

3. La fertilisation azotée

R. Blanchard¹, R. Meurs², C. Vandenberghe³, J. Pierreux⁴, O. Mahieu⁵, C. Collin⁶, V. Reuter⁷, G. Sinnaeve⁷, J.L. Herman⁸, E. Escarnot⁹, S. Crémer¹⁰, M. De Toffoli¹¹, S. Gofflot⁷, R. Lambert¹⁰, B. Bodson⁴ et B. Dumont⁴

1	Bilan de la saison culturale	3
	Influence des conditions climatiques de la saison 2017-2018 sur l'alimentation azotée des cultures	3
2	La fertilisation azotée en Froment d'hiver	5
2.1	Expérimentations et résultats de la saison 2017-2018	5
2.1.1	Résultats de l'essai fumure à Ath en 2018 (CARAH)	5
2.1.2	Résultats obtenus en région limoneuse (Lonzée)	7
2.2	Les éléments à considérer pour une recommandation pratique	12
2.3	La détermination pratique de la fertilisation azotée	16
2.4	Calcul de la fumure azotée pour 2019	19
2.4.1	Détermination de N.TER, fonction du contexte sol-climat	20
2.4.2	Détermination de N.ORG, fonction de la richesse organique du sol	22
2.4.3	Détermination de N.PREC, fonction du précédent	23
2.4.4	Détermination N.ETAT, en fonction de l'état de la culture	24

¹ ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Science – Phytotechnie – Production Intégrée des Céréales en Région Wallonne – Projet CePiCOP (DGARNE, du Service Public de Wallonie)

² Projet APE 2242 (FOREM) et projet CePiCOP (DGARNE, du Service Public de Wallonie)

³ ULiège – Gx-ABT – Axe Echanges Eau-Sol-Plantes – GRENeRA

⁴ ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Science – Phytotechnie

⁵ C.A.R.A.H. asbl. Centre Agronomique de Recherches Appliquées de la Province de Hainaut

⁶ Requasud – Laboratoire de la Province de Liège

⁷ CRA-W – Dpt Valorisation des productions – Unité Technologies de la transformation des produits

⁸ CRA-W – Dpt Productions et Filières – Unité Stratégies phytotechniques

⁹ CRA-W – Dpt Science du Vivant – Unité Amélioration des espèces et biodiversité

¹⁰ Centre de Michamps ASBL

¹¹ UCL – Earth & Life Institute – Pôle Agronomie

3. Fertilisation azotée

2.4.5	Détermination DE N.CORR	26
2.4.6	Calcul de la fumure	31

3 La fertilisation azotée en Escourgeon32

3.1	Les particularités de la saison culturale 2017-2018.....	32
3.2	Résultats des expérimentations en 2018.....	32
3.2.1	Analyse de l'essai fumure réalisé à Ath (CARAH)	32
3.2.2	Analyse de l'itinéraire technique réalisé à Lonzée (ULiège Gx-Abt).....	34
3.2.3	Analyse des résultats de l'essai fumure réalisé à Lonzée (ULiège Gx-Abt) sur la variété Etincel.....	35
3.2.4	Analyse des résultats de l'essai fumure réalisé à Lonzée (ULiège Gx-Abt) pour la variété hybride Smooth.....	36
3.2.5	Comparaison de variétés lignées et hybrides	38
3.3	Les éléments à considérer pour une recommandation pratique	39
3.4	Calcul de la fumure azotée pour 2019	42
3.4.1	Détermination de N.TER, fonction du contexte sol-climat.....	43
3.4.2	Détermination de N.ORGAN, fonction de la richesse organique du sol	44
3.4.3	Détermination de N.PREC, fonction du précédent.....	45
3.4.4	Détermination de N.ETAT, fonction de l'état de la culture	45
3.4.5	Détermination DE N.CORR	47
3.4.6	Calcul de la fumure	49

4 La fertilisation azotée en Epeautre50

4.1	Résultats expérimentaux obtenus sous des fertilisations minérales pour la saison 2017-2018.....	50
4.2	Analyse générale	53
4.3	Conclusion et conseil.....	55
4.4	La fertilisation organique en région froide Essais des années 2016 à 2018	56
4.4.1	Protocole expérimental	56
4.4.2	Analyse des rendements.....	57
4.4.3	Qualité de la récolte.....	59
4.4.4	Reliquats azotés	61
4.4.5	Conclusion.....	62

1 Bilan de la saison culturale

Influence des conditions climatiques de la saison 2017-2018 sur l'alimentation azotée des cultures

L'implantation des froments a été réalisée dans de bonnes conditions pour les semis les plus précoces jusqu'au semis de novembre. Ensuite, fin novembre, des précipitations importantes ont eu lieu et celles-ci se sont prolongées jusqu'en fin janvier. Les conditions d'implantation ont été plus compliquées pour les semis tardifs avec un hiver humide et froid. Malgré cet hiver pluvieux, c'est bien la sécheresse qui constitue l'épisode marquant de cette saison 2018 (Partie « 1 : Aperçu climatologique »).

A l'automne les températures ont été proches d'une année moyenne avec un mois d'octobre caractérisé par des températures supérieures à la normale. Un bon développement des froments en a résulté. Ensuite, l'hiver a été légèrement plus froid. Une chute des températures a notamment eu lieu durant le mois de février. Cette baisse des températures a eu pour impact de ralentir le développement des plantes. Quant aux précipitations hivernales, elles ont permis de reconstituer partiellement les réserves d'eau.

À la sortie de l'hiver, les résultats des analyses de sol montraient que l'azote était présent en quantités normales sur l'ensemble du profil azoté. Les fumures de référence du début de saison 2018 étaient donc un apport en trois fractions 60-60-65 en froment et 25-75-75 en escourgeon.

Ensuite, le mois de mars et d'avril ont connu des précipitations proches de la moyenne mais, par la suite, elles ont été inférieures aux normales de saison. Durant le mois d'avril, des températures élevées ont été observées. Elles ont accéléré le développement des plants.

Au vu des résultats de rendements, on a pu observer que certains types de sols permettaient de conserver de meilleurs rendements en présence d'un déficit hydrique. Les sols limoneux profonds (offrant une grande réserve utile en eau) avec une bonne structure ont enregistré de bons rendements tandis que les sols filtrants ou plus superficiels ont affiché un rendement plus faible.

Les maladies ont également été influencées par cette sécheresse. Lors de cette saison culturale, nous avons connu des plantes infectées par la septoriose, la rouille jaune sur les variétés sensibles ainsi qu'une présence importante de rouille brune (Article détaillé dans la partie « 5. Lutte intégrée contre les maladies »).

De très importantes présences de cécidomyies orange ont été observées. Lorsque ces attaques n'ont pas été contrôlées par des traitements insecticides bien positionnés, les rendements ont été fortement impactés (Article détaillé dans la partie « 6. Lutte intégrée contre les ravageurs »). En absence de traitements adéquats, les cultures de froment n'ont pas pu mettre à profit les fumures appliquées.

Enfin des précipitations faibles voire absentes liées à des températures souvent supérieures à la normale ont conduit à une récolte précoce des essais en froment d'hiver. Les premières récoltes

3. Fertilisation azotée

ont débuté la première semaine du mois de juillet. Les moissons étaient presque terminées dans la plupart des régions à la fin du mois de juillet.

La réponse à la fumure azotée a été limitée dans les terres avec des faibles réserves en eau surtout en froment et en épeautre. Les escourgeons ont moins souffert d'échaudage en juin dans la mesure où leur développement était déjà beaucoup plus avancé.

Les résultats des analyses de reliquats après récolte montrent que l'azote n'a pas été entièrement consommé, ce qui conduit à des valeurs de reliquat post-récolte parfois plus importantes qu'habituellement.

2 La fertilisation azotée en Froment d'hiver

R. Blanchard¹², R. Meurs¹³, C. Vandenberghe¹⁴, J. Pierreux¹⁵, O. Mahieu¹⁶, C. Collin¹⁷, V. Reuter¹⁸, G. Sinnaeve¹⁸, J.L. Herman¹⁹, B. Bodson¹⁵ et B. Dumont¹⁵

2.1 Expérimentations et résultats de la saison 2017-2018

Les résultats des essais sont présentés ci-dessous : l'un d'entre eux a été implanté dans la région de Gembloux (Lonzée) par la Faculté de Gembloux Agro Bio-Tech-ULiège et le second 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 à l'hectare, récolté sur la parcelle ;
- Le **rendement économique** représente le rendement phytotechnique du quel 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 terme de rendement économique qu'il faut retenir.

Le prix de vente retenu pour le froment en 2018 est de 180 €/T et le prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) est de 238.5€. Les rendements économiques qui seront repris dans ce chapitre seront donc exprimés selon le rapport 4.9 à savoir qu'1 kilogramme d'azote correspond à 4.9 kilogramme de froment (1 kg N = 4.9 kg de froment).

2.1.1 Résultats de l'essai fumure à Ath en 2018 (CARAH)

L'itinéraire technique qui a été suivi dans l'essai « fumure » mis en place par le CARAH est détaillé dans le Tableau 3.1. Cet itinéraire a été influencé par les conditions environnementales présentes sur la parcelle. C'est pourquoi, deux insecticides ont dû être employés afin de lutter contre les pucerons et ensuite contre les lémas et la cécidomyie. Enfin, le profil azoté du sol à

¹² ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Science – Phytotechnie – Production Intégrée des Céréales en Région Wallonne – Projet CePiCOP (DGARNE, du Service Public de Wallonie)

¹³ Projet APE 2242 (FOREM) et projet CePiCOP (DGARNE, du Service Public de Wallonie)

¹⁴ ULiège – Gx-ABT – Axe Echanges Eau-Sol-Plantes – GRENeRA

¹⁵ ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Science – Phytotechnie

¹⁶ C.A.R.A.H. asbl. Centre Agronomique de Recherches Appliquées de la Province de Hainaut

¹⁷ Requasud – Laboratoire de la Province de Liège

¹⁸ CRA-W – Dpt Valorisation des productions – Unité Technologies de la transformation des produits

¹⁹ CRA-W – Dpt Productions et Filières – Unité Stratégies phytotechniques

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

la sortie de l'hiver contenait 24.3 kg N/ha sur une profondeur de 90 cm.

Les résultats de cet essai réalisé avec la variété Henrik sont repris dans le Tableau 3.2 avec comme données les rendements phytotechniques et économiques, le poids à l'hectolitre, la teneur en protéines, l'indice Zélény et le rapport Z/P.

L'objet 1 de cet essai est le témoin sans apport d'azote minéral. Les objets 2 à 3 et 5 à 10 comportent des fumures en trois fractions. L'objet 6 est la fumure conseillée par le CARAH pour les conditions de la parcelle ; l'objet 7 se différencie de l'objet 6 par des apports d'engrais azotés sous forme de sulfonitrate 26 N/32S. Enfin, l'objet 4 est caractérisé par une fumure totale également de 175 kg N/ha appliquée en seulement deux fractions.

Tableau 3.1 – Conduite culturale de l'essai « fumure azotée » en 2018 à Ath (CARAH).

Intervention	Modalité/Date	Caractéristique
Choix variétal	Henrik	-
Date de semis	16-oct	300 grains/m ²
Précédent	Betteraves	-
Apport de fumure	14-mars	Tallage (T)
	29-mars	Tallage-Redressement (TR)
	11-avr	Redressement (R)
	16-mai	Dernière feuille (DF)
Désherbage	09-nov	Herold (0.6 l/ha) + AZ (0.08 l/ha)
	08-avr	Allié (20g/ha) + Starane Forte (0.3 l/ha)
Raccourcisseur	09-avr	Tempo (0.2 l/ha) + Cycifix (1 l/ha)
	27-avr	Medax Top (0.5 l/ha)
Fongicide	27-avr	Fandago (1L/ha)
	25-mai	Velogy Era (1L/ha)
	30-mai	Kestrel (0,6L/ha)
Insecticide	09-nov	Patriot (0,2L/ha)
	25-mai	Okapi (0,75 L/ha)
Récolte	16-juil	-

Rendements phytotechnique et économique

Le rendement phytotechnique maximal a été obtenu avec une fumure totale de 235 kg N/ha (80-75-85). Ce rendement s'élevait à 104,4 qx/ha. Les rendements phytotechniques observés pour les objets 4 à 9 ainsi que le rendement de l'objet 2, obtenus avec des fumures totales moindres sont certes plus faibles mais ne sont pas statistiquement différents de ce rendement maximal. Au niveau de rendement économique, l'optimum est aussi obtenu avec l'objet 10 avec un rendement de 92.9 qx/ha. Cependant, les fumures plus faibles ont également permis d'obtenir des rendements économiques statistiquement équivalents. Enfin, l'objet 7 était caractérisé par des apports contenant aussi du soufre (sulfonitrate), l'analyse statistique ne montre pas de différence significative du rendement suite à cet ajout de soufre.

Tableau 3.2 – Essai « fumure » à Ath (CARAH) en 2018.

N° Objet	T 14-mars	TR 29-mars	Red 11-avr	DF 16-mai	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg/hl]	Prot. [%]	Zel [ml]	Z/P
1	0	-	0	0	0	65,3	65,3	78,8	9,2	17,1	1,9
2	30	-	50	55	135	94,6	88,0	80,9	11,1	25,5	2,3
3	50	-	50	55	155	94,3	86,7	81,1	11,0	25,7	2,3
4	-	80	-	95	175	96,3	87,7	81,3 *	11,2	26,8	2,4
5	50	-	60	65	175	98,1	89,5	80,9	11,0	24,9	2,3
6	70	-	60	55	185	100,4	91,3	81,1	11,4	27,0	2,4
7**	70	-	60	55	185	99,2	90,1	80,9	11,3	26,3	2,3
8	60	-	60	75	195	101,1	91,5	81,2	11,4 *	28,2 *	2,5*
9	80	-	60	75	215	102,0	91,5	81,2	11,2	24,8	2,2
10	80	-	70	85	235	104,5 *	92,9 *	81,1	11,4	27,5	2,4

* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique, le rendement économique, le poids à l'hectolitre, la teneur en protéines, le Zélény et le rapport Zélény sur la teneur en protéine. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

**Avec du sulfonitrate 26N/32S

Poids à l'hectolitre (P/HL)

Le poids à l'hectolitre est le plus élevé pour l'objet 4 (81.3 kg/hl) et la valeur moyenne des poids à l'hectolitre est de 80.9 kg/hl.

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

L'objet 8 possède la valeur la plus élevée pour la teneur en protéines, l'indice Zélény ainsi que pour le rapport Z/P. Les moyennes de ces données sont de 11.0 pour la teneur en protéines, de 25.4 pour le Zélény et de 2.3 pour le rapport Z/P.

2.1.2 Résultats obtenus en région limoneuse (Lonzée)

À Lonzée, un essai fumure implanté après un précédent de pomme de terre, a été mis en place par l'Unité de Phytotechnie de Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège), en collaboration avec le Centre Pilote Wallon des Céréales et Olé-Protéagineux. Le Tableau 3.3 précise la conduite culturale de l'essai tandis que le Tableau 3.4 reprend les rendements obtenus. Toutes les opérations culturales ont pu être effectuées au moment le plus adéquat.

Cet essai réalisé sur la variété Edgar comportait trente-trois modalités de fumure différentes, variant à la fois sur la dose totale d'azote apportée et sur le fractionnement. Les objets 1 à 22 constituaient le protocole factoriel avec des apports de 60, 90 et 120 kg N/ha permettant le calcul des surfaces de réponse. Les objets 23 à 26, avec des fractions plus faibles (30 kg N/ha) complétaient ce protocole. Les objets 27 et 28 visaient à expérimenter des apports un peu plus conséquents au tallage pratiqués par certains agriculteurs, ils reposaient sur un apport commun de 80 et 40 kg N/ha au tallage et au redressement avec une accentuation de la fraction

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

à la dernière feuille. Ensuite les objets 29 à 31 permettent d'évaluer l'efficacité et/ou l'intérêt d'un quatrième apport au début de la floraison. Les objets 32 et 33 correspondaient à l'application du conseil du Livre Blanc 2018 en 3 ou 2 fractions pour les conditions de l'essai (fumure de référence – 10 N aux fractions de redressement et de dernière feuille en raison du précédent pomme de terre). Finalement, les objets 29 à 31 sont réalisés dans le cadre de l'étude de l'opportunité d'apports tardifs pour améliorer les qualités protéiniques pour les variétés planifiables.

Tableau 3.3 – Conduite culturale de l'essai « fumure azotée » 2018 à Lonzée.

Intervention	Modalité / Date	Caractéristique
Choix variétal	Edgar	-
Date de semis	13-oct	250 grains/m ²
Précédent	Pomme de terre	-
Apport de fumure	26-mars	Tallage (T)
	12-avr	Tallage-Redressement (TR)
	16-avr	Redressement (R)
	15-mai	Dernière feuille (DF)
	30-mai	Début floraison (Flo)
Désherbage	16-avr	Pacifica (300g) + Capri (250g) + Gratil (20g/ha) + huile (1L)
Raccourcisseur	19-avr	CCC 1L/ha
Fongicide	22-mai	Opus plus (1,5L/ha) + Bravo (1L/ha)
	06-juin	Aviator xpro (1,25L/ha)
Insecticide	26-mai	Karaté Zéon (50ml/ha)
Récolte	23-juil	-

Rendements phytotechnique et économique

Les résultats de cet essai aboutissent à une surface de réponse du rendement phytotechnique à la fertilisation azotée relativement lissée (Figure 3.1), signe du plafonnement de l'expression du potentiel de rendement engendré par les conditions de stress hydriques en fin de remplissage des grains. Cela signifie qu'une majorité des fumures appliquées donne des rendements équivalents d'un point de vue statistique. Le rendement phytotechnique maximal s'élevait à 113.7 qx/ha. Il a été obtenu avec une fumure totale de 240 kg N/ha (120-0-120). Des rendements statistiquement équivalents ont été obtenus avec des fumures totales beaucoup plus faibles et sont mis en évidence dans les cellules en gris dans la colonne « Rdt Phyto [qx/ha] » du Tableau 3.4.

Le rendement économique optimal s'élevait à 104,4 qx/ha et était obtenu avec 180 kg N/ha (30-90-60). Des fumures plus faibles (cellules en gris dans la colonne « Rdt eco [qx/ha] » du 3) ont également permis d'atteindre des rendements statistiquement équivalents. En effet, lorsque l'on tient compte du coût de l'engrais, et plus précisément du coût de l'engrais exprimé en équivalent rendement, on se rend rapidement compte que les fumures excessives n'apportent

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

pas un gain supplémentaire. Pour illustrer cela, la Figure 3.2 présente le rendement économique et le coût en équivalent rendement de la fertilisation appliquée, en fonction des doses totales croissantes d'engrais. Un apport insuffisant ne permettra pas au froment de disposer d'un nombre optimal de grains observés au mètre carré (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).

Tableau 3.4 – Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), nombre de grains/m² (grains/m²), de la quantité d'azote dans les grains (kg N/ha), du poids de 1000 grains PMG (g), du poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), de la teneur en protéines (%), du Zélény (ml) et du rapport Zélény sur la teneur en protéines qui ont été mesurés dans l'essai « fumure azotée » de Lonzée.

N° Objet	T 26 Mars	TR 12 Avril	R 16 Acril	DF 15 Mai	Deb flo 30 Mai	Total [KgN /ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	Nombre grains [grains /m ²]	Qtot N grains (Kg N /ha)	PMG [g]	P/HL [kg /hl]	Prot. [%]	Zélény [ml]	Z/P
1	-	-	-	-	-	0	80,3	80,3	15811	131	50,8	81,8	10,2	29,7	2,9
2	-	-	-	60	-	60	87,4	84,5	15541	157	56,2 *	83,2	11,2	37,1	3,3
3	-	-	60	-	-	60	100,2	97,3	19546	169	51,3	82,5	10,6	31,8	3,0
4	60	-	-	-	-	60	97,4	94,5	19093	163	51,0	82,2	10,5	30,7	2,9
5	-	-	60	60	-	120	104,6	98,7	19488	200	53,7	83,5	12,0	41,3	3,4
6	60	-	-	60	-	120	105,0	99,1	19623	195	53,6	83,3	11,6	40,0	3,5
7	60	-	60	-	-	120	105,9	100,1	21145	192	50,2	82,7	11,3	36,9	3,3
8	60	-	60	60	-	180	110,8	101,9	21384	222	51,8	83,3	12,5	43,5	3,5
9	-	-	-	90	-	90	94,7	90,2	17145	183	55,8	83,8	12,1	41,0	3,4
10	-	-	90	-	-	90	102,7	98,2	20078	180	51,2	83,0	11,0	36,0	3,3
11	90	-	-	-	-	90	100,0	95,6	19374	173	51,6	82,3	10,8	33,8	3,1
12	-	-	90	90	-	180	109,8	100,9	20033	219	54,9	83,7	12,5	43,4	3,5
13	90	-	-	90	-	180	111,1	102,3	21203	217	52,4	83,5	12,2	42,7	3,5
14	90	-	90	-	-	180	110,6	101,8	22208	213	49,9	82,7	12,0	41,0	3,4
15	90	-	90	90	-	270	113,1	99,9	22226 *	236	51,0	83,0	13,0	45,1	3,5
16	-	-	-	120	-	120	95,0	89,1	16921	192	56,2	83,9 *	12,6	43,7	3,5
17	-	-	120	-	-	120	108,1	102,2	20811	193	52,0	83,0	11,2	37,8	3,4
18	120	-	-	-	-	120	108,0	102,1	21606	193	50,0	82,7	11,2	36,6	3,3
19	-	-	120	120	-	240	112,9	101,1	21733	235	52,3	83,4	13,0	46,5 *	3,6
20	120	-	-	120	-	240	113,7 *	101,9	21818	233	52,2	83,4	12,8	45,8	3,6
21	120	-	120	-	-	240	113,1	101,3	21969	233	51,6	83,0	12,9	44,8	3,5
22	120	-	120	120	-	360	112,8	95,1	21606	240 *	52,2	82,8	13,3 *	45,4	3,4
23	30	-	90	60	-	180	113,3	104,4 *	22084	223	51,4	83,3	12,3	43,7	3,6
24	30	-	60	90	-	180	110,1	101,3	21018	223	52,5	83,6	12,6	44,9	3,6
25	90	-	30	-	-	120	104,4	95,6	21352	187	49,0	82,7	11,2	37,5	3,4
26	90	-	60	30	-	180	108,6	99,7	21282	212	51,1	83,0	12,2	41,4	3,4
27	80	-	40	80	-	200	112,0	102,1	21418	225	52,3	83,2	12,6	44,2	3,5
28	80	-	40	60	-	180	112,0	103,1	21501	220	52,1	83,5	12,3	43,2	3,5
29	90	-	30	30	30	180	110,8	102,0	21229	217	52,2	83,4	12,2	42,8	3,5
30	60	-	50	55	30	195	111,8	102,2	20907	224	53,6	83,5	12,5	44,9	3,6 *
31	60	-	50	25	30	165	108,0	99,9	20077	206	53,9	83,4	11,9	41,9	3,5
32	60	-	50	55	-	165	109,8	101,7	20827	212	52,7	83,5	12,1	42,3	3,5
33	-	80	-	85	-	165	109,1	101,0	19973	216	54,7	83,9	12,4	43,7	3,5

* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique (qx/ha), le rendement économique (qx/ha), le nombre de grains/m² (grains/m²), la quantité d'azote exportée par les grains (kgN/ha), le poids de mille grains (g), le poids à l'hectolitre (kg/hl), le taux de protéine (%), le zélény (ml) et la valeur du rapport Z/p. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

Les deux fumures qui avaient été préconisées lors du Livre Blanc de Février 2018 et adaptées selon les recommandations aux conditions de l'essai et de la culture ont permis d'atteindre des rendements phytotechniques et économiques optimum (en trois fractions : 60N au tallage – 50N au redressement – 55N à la dernière feuille ; en deux fractions : 80N au tallage-redressement –

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

85N à la dernière feuille).

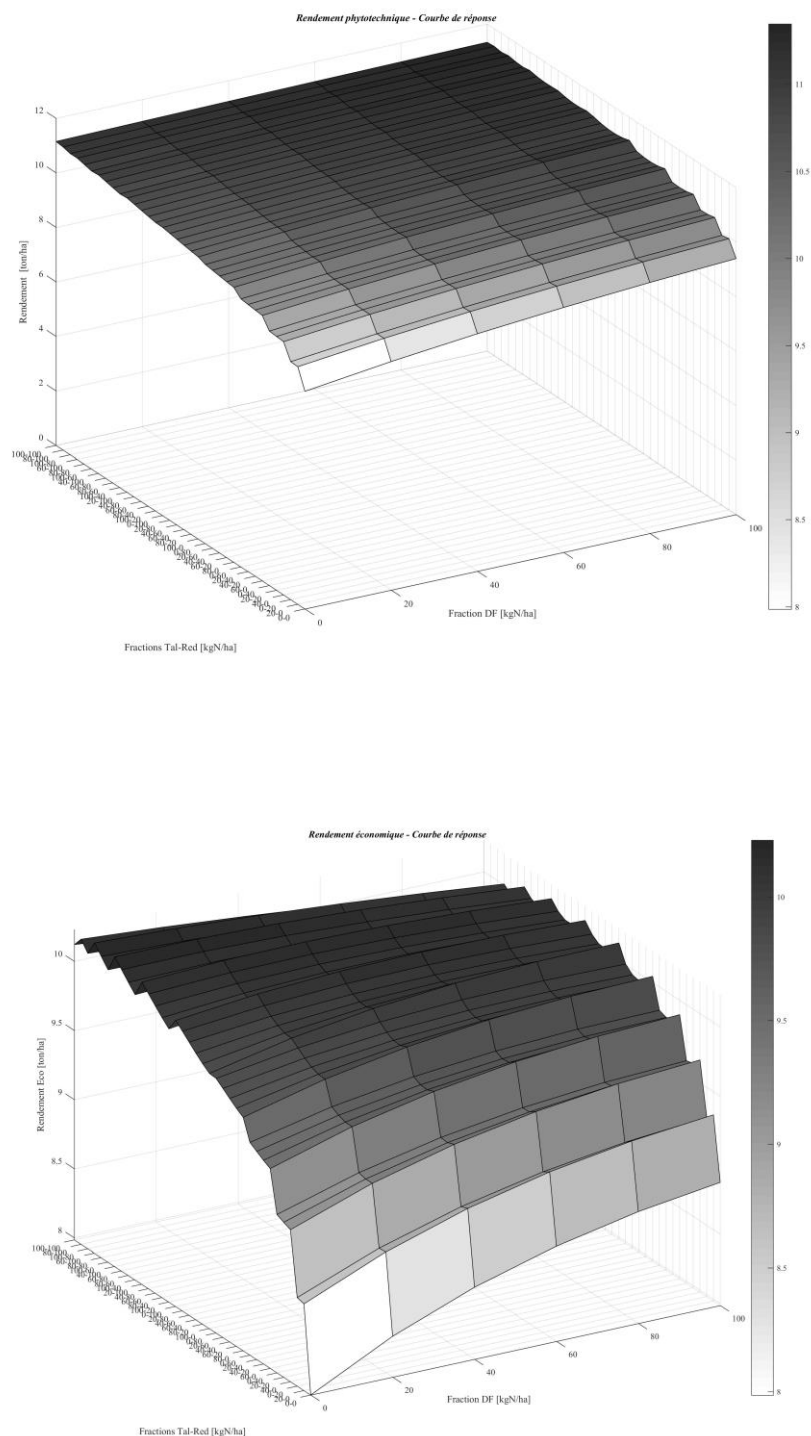


Figure 3.1 – Surface de réponse de l'essai fumure sur un plan à trois dimensions pour la variété Edgar. A gauche les rendements phytotechniques et à droite les rendements économiques - Lonzée 2018.

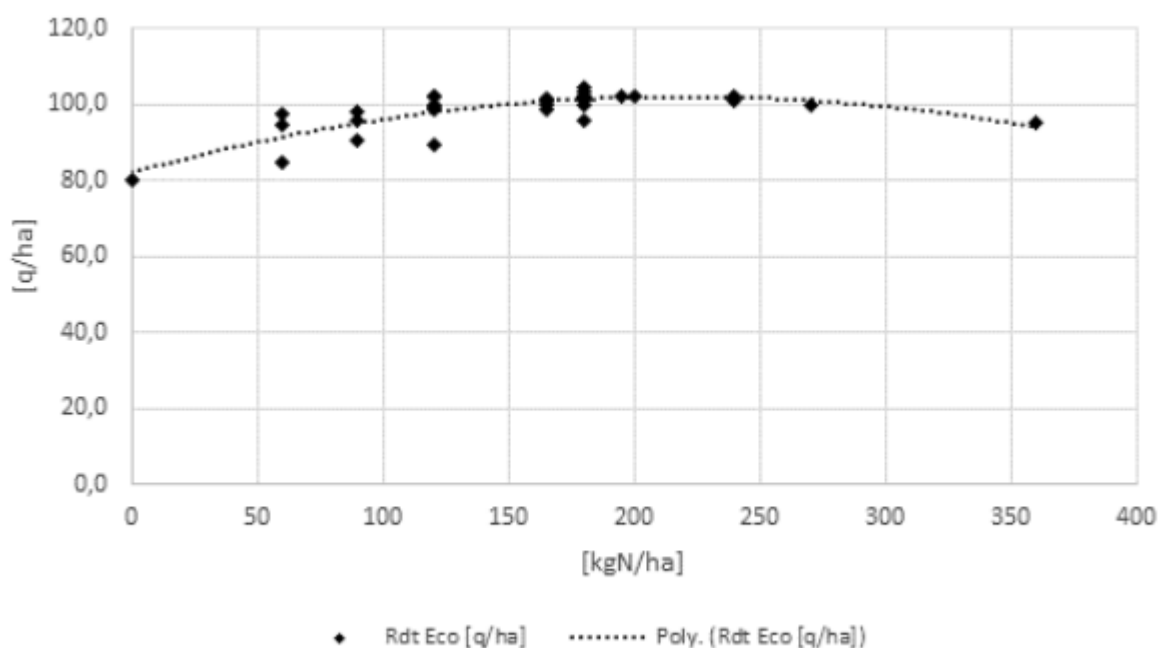


Figure 3.2 – Courbe de réponse du rendement économique du froment à la dose totale de fumure azotée appliquée – Essai Fumure N Lonzée 2018 Gx-ABT.

Pour une même dose totale apportée proche de l'optimum économique, on observe une légère variabilité sur les rendements, en fonction des différents fractionnements.

Le nombre moyen de grains par mètre carré est de 20.312. Il varie entre 15.811 pour l'objet sans fumure et de 22.226 pour l'objet 30. Pour les fumures proches de l'optimum économique, le nombre de grains par m² est de l'ordre de 21.000. Ce niveau est correct mais a sans doute été un peu limité par une fertilité des épis moyenne due au développement très rapide des plantes durant la fin de la montaison.

Heureusement le remplissage des grains, caractérisé par la mesure du poids de mille grains (PMG), a été excellent (> 52 g) dans cet essai grâce à la bonne réserve en eau du sol de la parcelle.

Poids à l'hectolitre (P/HL)

Les poids à l'hectolitre sont très élevés, supérieurs aux normes habituelles de réception. Parmi les fumures optimales d'un point de vue économique, les différences sont minimales.

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

Dans l'essai qui, l'objet 22 avec 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.

Pour les fumures proches de l'optimum économique, la teneur en protéines est toujours un peu

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

supérieure à 12 %, l'indice Zélény à 42 ml et le rapport Z/P à 3,5. Les différences observées entre modalités de fractionnement sont limitées. On notera que pour les fumures Livre Blanc en 3 ou 2 fractions, le fractionnement en deux apports permet, pour un rendement économique similaire à la modalité à trois applications, un léger gain de teneur en protéines de 0,3% et de 0,4 ml pour le Zélény.

Efficacité d'un quatrième apport sur la teneur en protéine

Les objets présents dans le Tableau 3.5 permettent de tester l'efficacité d'un quatrième apport d'azote au stade floraison. Les objets 30 et 31 sont conduits avec une fertilisation en 4 passages. Ces 2 objets sont dérivés de l'objet 32 (60-50-55 kg N/ha – fumure calculée selon le Livre Blanc 2018). En effet, l'objet 31 doit être comparé à l'objet 32, l'apport de dernière feuille (55 kg N/ha) a été divisé en une troisième et une quatrième fractions : un premier apport réduit au stade dernière feuille (25 kg N/ha) et ensuite un apport de 30 kg N/ha au début de la floraison. Par rapport à l'objet 32, l'objet 30 comporte un apport supplémentaire de 30 kg N/ha au début de la floraison. La fumure totale passe donc à 195 kg N/ha.

Tableau 3.5 – Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), nombre de grains/m² (grains/m²), de la quantité d'azote dans les grains (Kg N/ha), du poids de 1000 grains PMG (g), du poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), de la teneur en protéines (%), du Zélény (ml) et du rapport Zélény sur la teneur en protéines é observés dans l'essai « fumure azotée » pour les objets 8 et 30 à 32 de Lonzée.

N° Objet	T 26 Mars	TR 12 Avril	R 16 Acril	DF 15 Mai	Deb flo 30 Mai	Total [KgN /ha]	Rdt Phyto [qx /ha]	Rdt Eco [qx /ha]	Nombre grains [grains /m ²]	Qtot N grains (Kg N /ha)	PMG [g]	P/HL [kg /hl]	Prot. [%]	Zélény [ml]	Z/P
8	60	-	60	60	-	180	110,8	101,9	21384	222	51,8	83,3	12,5	43,5	3,5
30	60	-	50	55	30	195	111,8	102,2	20907	224	53,6	83,5	12,5	44,9	3,6
31	60	-	50	25	30	165	108	99,9	20077	206	53,9	83,4	11,9	41,9	3,5
32	60	-	50	55	-	165	109,8	101,7	20827	212	52,7	83,5	12,1	42,3	3,5

Le fractionnement de l'apport de dernière feuille entre une application limitée à ce stade et une seconde à la floraison 15 jours plus tard n'est pas intéressant tant au niveau du rendement que de la qualité des grains.

L'apport d'un supplément de fumure de 30 kg N/ha au stade floraison n'apporte qu'un demi quintal de rendement en plus (non significatif statistiquement) et un léger gain de protéines.

Ces gains ne sont pas rentabilisés compte tenu de l'accroissement du coût de fertilisation.

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 et a toujours eu 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 les risques 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 les reliquats d'azote après culture et en les limitant dans les horizons supérieurs du profil ;
- ❖ Epuisant les reliquats azotés 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 (émissions de N₂O, reliquat).

Les conditions climatiques lors de l'automne et de l'hiver 2018-2019

Entre le mois d'août et de décembre, la température est soit restée dans les normales saisonnières pour le mois de Septembre et de Novembre. Pour les autres mois, la température a été supérieure à la normale saisonnière (Tableau 3.6). La somme des températures est donc plus élevée pour ce début de saison culturale. Le nombre de jours de gel comptabilisés est à ce jour très faible, les premières vraies périodes de gel n'arrivant qu'en ce début février.

Ensuite, la pluviométrie pour le mois d'août jusqu'au mois de novembre y compris a été inférieure aux précipitations normales observées et ce plus particulièrement pour le mois de novembre. En effet, on a pu observer des précipitations de l'ordre de 28.8 mm plutôt que 67.9 mm qui sont normalement attendus. Ensuite, le mois de décembre a connu une pluviométrie ainsi que des températures plus importantes que les normales observées. Le mois de janvier a été plus chaud qu'à l'habitude (5.6°C en moyenne) mais pas nécessairement plus pluvieux. Tout comme décembre, le mois de janvier est caractérisé par un ensoleillement inférieur à la moyenne. La saison hivernale peut être considérée comme une saison humide. La première décade de février est aussi caractérisée par des précipitations abondantes.

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

Tableau 3.6 – Températures et précipitations moyennes enregistrées en 2018-2019 (Ernage - Gembloux).

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
Température moyennes Air [C°]						
Observées	18,9	14,8	11,5	6,8	5,3	5,6
Normales	17,1	14,1	10,6	6,2	3,3	2,5
Précipitations [mm]						
Observées	73,5	43,9	45,3	28,8	91,1	74
Normales	82	62,4	69,2	67,9	75,8	69

La situation moyenne du profil en azote minéral du sol au 5 février 2019

Au 5 février 2019, pas moins de 142 parcelles avaient déjà été échantillonnées par les services provinciaux du Hainaut(Ath) et de Liège (Tinlot), par le CRA-W Unité Fertilité des sols et Protection des eaux, par Gembloux Agro-bio Tech (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. L'échantillonnage des profils en froment d'hiver a été réalisé sur 90 cm.

Tableau 3.7 – 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 Gx-ABT et de l'unité de Phytotechnie de Gx-ABT.

	Année	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Profondeur (cm)	Nombre de situations	142	138	148	163	137	156	118	48	45	30
	0-30 cm	13	9	22	9	9	11	10	13	14	12
	30-60 cm	32	11	34	12	13	14	13	20	19	17
	60-90 cm	46	18	24	17	16	18	17	24	19	25
	Total 0-90 cm	91	39	79	39	38	43	40	57	52	54

Le Tableau 3.7 révèle que le profil moyen en sortie d'hiver est très riche en 2019, le niveau est même plus élevé qu'en 2017. Par rapport à la situation de l'an dernier, on observe une disponibilité en azote deux fois plus importante dans le profil moyen. Cette richesse est due à la faiblesse des rendements observés dans certaines cultures et aux températures élevées des sols durant la fin de l'été et l'automne qui ont stimulé la minéralisation.

Si on s'intéresse à la répartition de cet azote en profondeur, la première partie du profil (de 0 à 30 cm) contient 13 kg N/ha. La partie comprise entre 30 et 60 cm comporte 32 kg N/ha et le bas du profil compris entre 60 et 90 cm de profondeur est très riche puisqu'on y observe en moyenne 46 kg N/ha.

Une comparaison entre les résultats de l'année 2017 et 2019, nous montre également que l'azote est cette année principalement présent dans les deuxième et troisième horizons.

La Figure 3.3 illustre l'évolution de la quantité d'azote présente dans le profil du sol en fonction du temps. Entre les mois d'octobre et de janvier, l'azote présent initialement dans le premier horizon a migré vers les deuxième et troisième horizons. De 100 kg N/ha présent en octobre dans l'horizon 0-30 cm, on se retrouve en janvier avec en moyenne seulement 13 kg N/ha dans ce même horizon. Cette importante migration de l'azote est due à la lixiviation consécutive aux précipitations importantes que nous avons connues ces derniers mois.

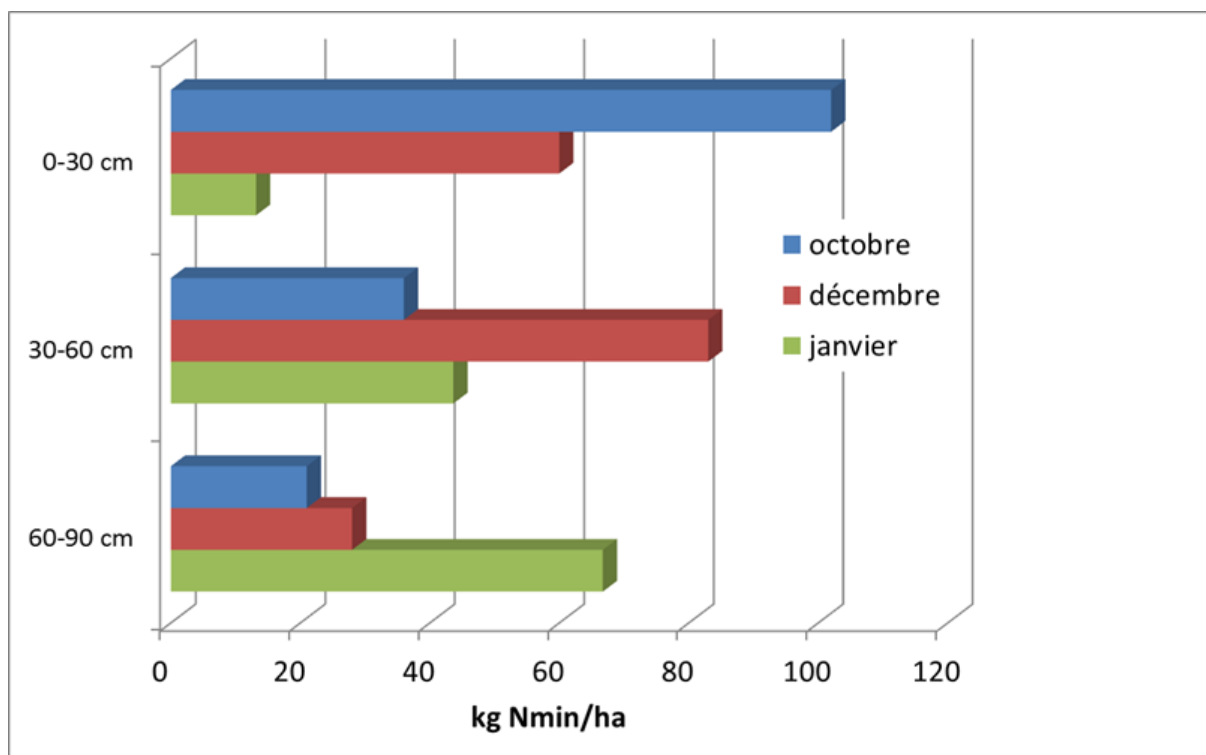


Figure 3.3 – Illustration de la lixiviation observée durant l'automne et l'hiver 2018-2019 après cultures de pommes de terre dans le réseau de surveillance de GRENERA. Quantités moyennes d'azote minéral en kg N/ha observées sur 35 parcelles en octobre et décembre et sur 53 parcelles en janvier.

Pour l'ensemble des différents précédents (Tableau 3.8), les valeurs des profils azotés sont donc supérieures aux valeurs normalement observées. Les profils les plus élevés sont pour les précédents culturaux de pomme de terre ainsi que des légumineuses. Dans ces deux situations, on retrouve 125 kg N/ha, dont la moitié est située entre 60 et 90 cm de profondeur. Les précédents lin, betteraves ainsi que colza et maïs montrent des profils azotés compris entre 64 kg N/ha et 89 kg N/ha. Enfin, après un précédent froment ou chicorée, des profils azotés moyens sont respectivement de l'ordre de 57 et 47 kg N/ha, ils sont un peu moins élevés en raison, sans doute, des rendements moins impactés par les conditions de l'année.

Tableau 3.8 – Profils azotés moyens (en kg N/ha) observés sur 90 cm en froment d'hiver à travers des différentes provinces de Wallonie pour différents précédents culturaux.

	Précédent	Betterave	P.d.Terre	Colza	Légumin.	Maïs	Lin	Froment	Chicorée
	Nb situation	29	53	12	7	18	6	4	13
Profondeur	0-30 cm	14	13	15	15	12	9	11	9
	30-60 cm	27	44	21	45	24	29	20	16
	60-90 cm	28	67	28	65	37	51	26	21
	Total 0-90 cm	70	124	64	125	73	89	57	47

Etat des cultures en sortie hiver

Dans les semis de la plateforme de Lonzée, à la date du 12 février 2019, les stades des froments

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

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 feuilles

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

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 :

<http://www.cereales.be/thematiques/fumures/froment/determiner-sa-fumure/>

- ❖ Les tableaux pratiques pour le calcul de votre fumure sur champs :

<http://www.cereales.be/thematiques/fumures/froment/determiner-sa-fumure/>

L'entièreté des documents présentés dans le Livre Blanc Céréales sont également disponibles sur le site internet (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.

Les fumures de référence pour la saison 2018-2019

La fumure de référence pour 2019 est basée sur les résultats d'une analyse pluriannuelle des essais fumure, ainsi que sur base des observations de ce début de saison décrites ci-avant.

Il est important de préciser que même si les profils azotés sont élevés. L'azote est majoritairement présent dans les deuxième et troisième horizons et peu dans l'horizon superficiel (à cause de la lixiviation que nous avons décrit au point b du chapitre 2.2). La fraction de tallage est donc, pour ces raisons, maintenue à 60 N. Les fractions de redressement et de dernière feuille sont réduites de 10 unités par rapport à une année normale.

La fumure en deux fractions sera réservée aux situations les plus favorables.

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, 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 devoir être réalisée pour éviter une surfertilisation de la culture, 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 2019 sont :

En trois fractions :

Fraction du tallage (1^{ère} fraction) :	60 N
Fraction du redressement (2^{ème} fraction) :	50 N
Fraction de la dernière feuille (3^{ème} fraction) :	65 N

En deux fractions :

Fraction intermédiaire « T-R »	90 N
Fraction de la dernière feuille	85 N

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

Restez attentifs aux communiqués CADCO 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 ;

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

- ❖ Besoin en paille élevé sur l'exploitation ;
- ❖ Dans les semis tardif (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 sera pour sa part encouragée dans les situations suivantes :

- ❖ Précédents culturaux laissant des reliquats élevés, tels qu'après une culture de légumineuse, légumes 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 talles) ;
- ❖ Sur des parcelles où les restitutions de matières organiques sont importantes et/ou fréquentes ;
- ❖ Productions de froment destinées à une valorisation en meunerie.

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.

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).

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 :

- ❖ Au sein d'une même exploitation, 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 chacune des fractions est déterminée juste avant l'application. La fumure totale d'azote ne doit jamais être définie à la sortie de l'hiver mais résulte, au moment du dernier apport, de l'addition des fractions définies les unes après les autres.

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

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

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

Nous insistons durant ce printemps 2019 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.

2.4 Calcul de la fumure azotée pour 2019

Les fumures de références en 2019 :

En trois fractions :

Fraction du tallage (1^{ère} fraction):	60 N
Fraction du redressement (2^{ème} fraction):	50 N
Fraction de la dernière feuille (3^{ème} fraction):	65 N

En deux fractions :

Fraction intermédiaire « T-R »	90 N
Fraction de la dernière feuille	85 N

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

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

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

La détermination de chacun des correctifs pour chaque fraction peut être calculée sur base des tableaux présentés ci-après.

2.4.1 Détermination de N.TER, fonction du contexte sol-climat

Cette détermination se fait en deux étapes : définition de l'indice TER de la parcelle sous l'angle pédo-climatique (1.1.) et valeurs de N.TER correspondantes pour chaque fraction (1.2.).

1.1 Définition de l'indice TER de la parcelle

TER = la somme des valeurs retenues dans les trois tableaux suivants

RÉGIONS	Nombre de fractions	Valeur
Famenne, Ardennes	3	3
Condroz, Fagne, Thudinie, Polders	2 ou 3	3
Hesbaye sèche, régions de Tournai, de Courtrai, d'Audenarde	2 ou 3	5
Toutes les autres régions	2 ou 3	4
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>		

Remarque:

Le choix d'une région déterminée entraîne déjà la prise en compte des caractéristiques des sols de cette région. Les rubriques « drainage » et « structure » permettent de prendre en compte des variations locales. Ainsi en Condroz, les sols ont par nature un moins bon drainage qu'en pleine Hesbaye, mais il existe des parcelles qui sont semblables à des bonnes terres de la région limoneuse (dont le drainage est donc EXCELLENT par rapport aux sols normaux du Condroz) et d'autres qui, par contre, restent gorgés d'eau très longtemps (pour qui le drainage doit être considéré comme MAUVAIS).

Au terme « drainage », on peut associer la rapidité de réchauffement des terres. Ainsi, en Basse et Moyenne Belgique mais aussi en Condroz ou en Polders, il existe des terres dites « froides » où le redémarrage de la culture est habituellement nettement plus lent que dans les autres terres de la région. Ces parcelles doivent être assimilées à des parcelles à drainage « MAUVAIS ».

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

DRAINAGE	Nombre de fractions	Valeur
Pour la région, le drainage de la parcelle est:		
MAUVAIS	3	-1
NORMAL	2 ou 3	0
EXCELLENT (<i>uniquement dans le Condroz, voir remarque ci-dessus</i>)	2 ou 3	+1
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle		

STRUCTURE ET ARGILE	Nombre de fractions	Valeur
Si mauvaise structure ou terre abîmée lors de la récolte précédente	3	-1
Si terre argileuse, très lourde	2 ou 3	-1
Sinon	2 ou 3	0
Inscrire ici la valeur pour votre parcelle		

Total des trois valeurs retenues = indice TER

1.2 Définition des valeurs de N.TER pour chaque fraction

Rechercher les valeurs de N.TER correspondant à l'indice TER calculé.

Indice TER	VALEUR DE N.TER POUR LA				
	3 fractions			2 fractions	
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction	Fraction intermédiaire	Fraction DF
TER 0 et 1	+ 25	+ 30	+ 5	Non recommandé	
TER 2	+ 20	+ 25	0	Non recommandé	
TER 3	+ 10	+ 20	0	+ 10	+ 20
TER 4	0	0	0	0	0
TER 5	- 15	- 15	+ 10	- 15	- 5

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

N. TER RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)					
Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1 ^{ère} fraction T	2 ^{ème} fraction R	3 ^{ème} fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					

2.4.2 Détermination de N.ORGANIQUE, fonction de la richesse organique du sol

1.3 Définition de la classe de richesse organique des sols pour la parcelle

Il s'agit ici de se placer dans une des catégories proposées en tenant compte beaucoup plus du régime des restitutions que des teneurs en matières organiques suite à l'analyse de sol. En effet, ces teneurs, même élevées, peuvent traduire une mauvaise dynamique et une lente minéralisation de la matière organique.

RÉGIME D'APPORT DES MATIÈRES ORGANIQUES	CLASSE ORGA
Restitutions organiques très faibles, pas d'apport d'effluent d'élevage, vente occasionnelle de pailles	1
Incorporation des sous-produits ou échange paille – fumier, apport modéré de matière organique tous les 3 à 5 ans	2
Apport important de matières organiques tous les 3 à 5 ans ou fréquence élevée de ces apports	3
Vieille prairie retournée depuis moins de 5 ans (=> <i>fractionnement en deux apports</i>)	4
<i>Inscrire ici la classe ORGA correspondant à votre cas</i>	

1.4 Détermination des valeurs de N.ORGANIQUE pour chaque fraction

CLASSES	3 fractions			2 fractions	
	1 ^{ère} fraction T	2 ^{ème} fraction R	3 ^{ème} fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	3 ^{ème} fraction DF
ORGA 1	+ 10	+ 10	0	Non recommandé	
ORGA 2	0	0	0	0	0
ORGA 3	-20	- 10	0	-30	0
ORGA 4	Apport en deux fractions recommandé			-30	-30

N.ORGANES RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)					
Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1 ^{ère} fraction T	2 ^{ème} fraction R	3 ^{ème} fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					

2.4.3 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 2019 dans 142 situations.

Tableau 3.9 – 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	0	0	0	0	0
Chicorées	+10	+10	0	Non recommandé	
Pois protéagineux, pois de conserverie, Féveroles, haricots	0	-10	-10	-10	-10
Colza	0	0	0	0	0
Lin	0	0	0	0	0
Pomme de terre	0	-10	-10	-10	-10
Maïs ensilage	0	0	0	Non recommandé	
Chaumes	+10	+10	0	Non recommandé	
Pailles sans azote et maïs 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 3.10, 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.

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

2.4.4 Détermination N.ETAT, en fonction de l'état de la culture

Suivant la fraction pour laquelle la détermination est effectuée, on se reportera au paragraphe correspondant, c'est-à-dire :

- Pour un apport en **trois fractions** :
 - 4.1. (tallage) ;
 - 4.2. (redressement ou intermédiaire) ;
 - 4.3. (dernière feuille).
- Pour un apport en **deux fractions** :
 - 4.2. (redressement ou intermédiaire) ;
 - 4.3. (dernière feuille).

4.1. Premier apport au TALLAGE :

Généralement, les situations où la densité en plante est trop faible sont rares.

STADE DE LA CULTURE AU DEBUT MARS	Valeur
3 feuilles ou moins	5
Début tallage (1 talle formée)	6
Plein tallage (2 talles au moins)	7
Fin tallage (4 talles au moins)	8
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	

DENSITE EN PLANTES PAR m ²	Valeur
Densité trop faible (moins de 100 plantes/m ²)	-1
Densité normale ou faible	0
Densité trop élevée (plus de 300 plantes/m ²)	+1
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	

ACCIDENTS CULTURAUX	Valeur
Si sol glacé, très refermé	-1
Si semis trop profond	-1
Si déchaussement	-1
Sinon	0
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

RESSUYAGE DU SOL	Valeur
Si sol gorgé en eau	-1
Si sol très bien ressuyé	+1
Sinon	0
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

Total des quatre valeurs retenues = indice ETAT

ETAT DE LA CULTURE	N.ETAT
ETAT 0, 1,2 ou 3	+ 30
ETAT 4	+ 20
ETAT 5	+ 10
ETAT 6	0
ETAT 7	- 10
ETAT 8	- 20
ETAT 9, 10	- 30

Vos parcelles	N.ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)
Parcelle 1	
Parcelle 2	

4.2. Second apport au REDRESSEMENT (apport en 3 fractions) ou INTERMEDIAIRE (apport en 2 fractions) :

Détermination de N.ETAT pour la fraction du redressement (apport en 3 fractions)

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
Végétation trop faible, couleur claire	+ 10
Végétation normale	0
Végétation trop forte, couleur vert foncé, bleuté	- 20
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

Pour caractériser l'aspect de la végétation à ce stade, il faut principalement prendre en compte la densité de talles et la couleur de la culture. Il faut cependant être prudent, la culture du froment ne doit pas ressembler à une prairie, sinon les risques dus à l'excès de densité deviennent trop importants. Tenir compte aussi des différences de coloration de feuillage d'une variété à l'autre.

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

Détermination de N.ETAT pour la fraction intermédiaire tallage-redressement (2 fractions)

En cas de doute, optez pour « densité normale ». Si vous avez opté pour une fumure en deux fractions, il est normal que la végétation soit de couleur un peu claire et de densité en talle plus faible que lorsqu'il y a eu une application au tallage.

DENSITE DE VEGETATION	Valeur
Densité trop faible	+ 10
Densité normale	0
Densité élevée	- 20
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

Vos parcelles	N.ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)
Parcelle 1	
Parcelle 2	

4.3. Dernier apport fraction de la DERNIERE FEUILLE

Détermination des valeurs de N.ETAT pour la fraction de la dernière feuille

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
Végétation trop faible	+ 10
Végétation normale	0
Végétation trop forte et/ou présence importante de maladies	- 20
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

Pour caractériser l'aspect de la végétation à ce stade, il faut prendre en compte principalement la vigueur et la couleur de la culture.

Vos parcelles	N.ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)
Parcelle 1	
Parcelle 2	

2.4.5 Détermination DE N.CORR

Ces correctifs éventuels permettent d'éviter des surdosages ou sous-dosages de fumure azotée lors de l'une ou l'autre des fractions.

Suivant la fraction pour laquelle la détermination est effectuée, on se reportera au paragraphe

correspondant, c'est-à-dire :

- Pour un apport en **trois fractions** :
 - 5.1 (tallage) ;
 - 5.2. (redressement ou intermédiaire) ;
 - 5.3 (dernière feuille).
- Pour un apport en **deux fractions** :
 - 5.2. (redressement ou intermédiaire) ;
 - 5.3 (dernière feuille).

51 Pour la fraction de TALLAGE

La fraction de tallage ne doit pas dépasser 100 unités par hectare. Si la culture présente trop de facteurs défavorables (terre mal drainée, à très mauvaise structure, précédent paille, densité insuffisante, plantes déchaussées), le potentiel de rendement de la culture est affaibli. Dans ce cas, tout excès de fumure contribuerait à le réduire encore.

Détermination de la valeur de N.CORR pour la fraction de tallage

	N.CORR
Si N.TER + N.PREC + N. ETAT est égal ou inférieur à 50 unités	0
Si N.TER + N.PREC + N. ETAT est supérieur à 50 unités	$50 - (N.TER + N.PREC + N. ETAT)^*$

* La valeur de N.CORR est dans ce cas toujours négative.

Vos parcelles	N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)
Parcelle 1	
Parcelle 2	

5.2. Pour la fraction de REDRESSEMENT (apport en trois fractions) ou INTERMEDIAIRE (apport en deux fractions)

a. Fraction de redressement (3 apports)

Pour éviter d'avoir un peuplement en épis trop dense, il faut tenir compte de la quantité d'azote qui a été appliquée lors de l'apport de tallage. En effet, dans certaines conditions pédoclimatiques (TER 4-5), la somme des deux premières fractions ne peut dépasser 120 unités sous peine de nuire au rendement par excès de densité et/ou d'accroître les risques de verse.

Dans le cas particulier de TER 3, si la quantité appliquée en 1^{ère} fraction plus celle prévue en

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

2^{ème} fraction dépasse 160 unités, on limite le 2^{ème} apport et on reporte la quantité en excès sur la 3^{ème} fraction.

Exemple:

Si 1 ^{ère} fraction appliquée=	80
2 ^{ème} fraction calculée=	90
Total=	170
N.CORR=	160-170= -10

Il faut apporter à la deuxième fraction:
90-10= 80 unités
et ajouter 10 unités à la 3^{ème} fraction prévue.

Dans le cas de TER 4 et 5 on ne reporte pas l'excédent de fumure.

Détermination de N.CORR pour la fraction de redressement

La détermination de N.CORR pour la fraction du redressement se fait en fonction de la somme des deux premières fractions (tallage appliquée + redressement calculée) et du type de terre TER (voir 1.1 page 20).

TYPE DE TER		VALEUR DE N.CORR.
TER 0, 1 et 2	Dans tous les cas	0
TER 3	Si 1 ^{ère} fraction appliquée + 2 ^{ème} fraction calculée= 150 N ou moins	0
	Sinon N.CORR= 150 N - 1 ^{ère} fraction appliquée - 2 ^{ème} fraction calculée...	
	N.CORR devra dans ce cas être ajouté à la fraction dernière feuille	...
TER 4 et 5	Si 1 ^{ère} fraction appliquée + 2 ^{ème} fraction calculée= 110 N ou moins	0
	Sinon N.CORR= 110 N - 1 ^{ère} fraction appliquée - 2 ^{ème} fraction calculée	...

Vos parcelles	N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES	REPORT ÉVENTUEL À LA DERNIÈRE FEUILLE (UNIQUEMENT SI TER 3)
Parcelle 1		
Parcelle 2		

b. Fraction intermédiaire (2 apports)

TYPE DE TER		VALEUR DE N.CORR.
TER 0, 1 et 2	Non recommandé	0
TER 3, 4 et 5	Si fraction calculée= 100 N ou moins	0
	Sinon N.CORR= 100 N - fraction calculée*	...

* Dans de rares situations comme par exemple TER 3, précédent chaume et végétation insuffisante

Vos parcelles	N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES
Parcelle 1	
Parcelle 2	

5.3. Pour la fraction de dernière feuille

Toujours pour éviter une sur-fumure ou une sous-fumure de la culture, il faut dans certains cas adapter la dernière fraction en fonction des deux premiers apports : cette adaptation doit à nouveau se faire en fonction des conditions pédoclimatiques (type de TER).

3. Fertilisation azotée en Froment d'hiver

a. Fumure en trois apports

TYPE DE TER		Valeur de N.CORR.
TER 0, 1 et 2	160 N - 1 ^{ère} fraction - 2 ^{ème} fraction = A Si A = 0 plus	0
	Si A = valeur inférieure à 0	A
TER 3	Si 1 ^{ère} fraction + 2 ^{ème} fraction + report éventuel de 2 ^{ème} fraction = 140 N ou plus	-20+report éventuel
	= plus de 80 N et moins de 140 N	0
	= 80 N ou moins	+ 10
	* En cas de report de 2 ^{ème} fraction sur la 3 ^{ème} (voir 5.2.)	
TER 4	Si 1 ^{ère} fraction + 2 ^{ème} fraction = 130 ou plus	- 20
	= plus de 60 N et moins de 130 N	0
	= 60 N ou moins	+ 10
TER 5	Si 1 ^{ère} fraction + 2 ^{ème} fraction = 100 N ou plus	- 20
	= plus de 40 N et moins de 100 N	0
	= 40 N ou moins	+ 10

Vos parcelles	N.CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)
Parcelle 1	
Parcelle 2	

b. Fumure en deux apports

TYPE DE TER		Valeur de N.CORR.
TER 3	Si fraction intermédiaire = 80 N ou moins	+10
TER 4	Si fraction intermédiaire = 60 N ou moins	+10
TER 5	Si fraction intermédiaire = 40 N ou moins	+10

Vos parcelles	N.CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)
Parcelle 1	
Parcelle 2	

2.4.6 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	50	-						
Dernière feuille	65	85						

(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	50	-						
Dernière feuille	65	85						

3 La fertilisation azotée en Escourgeon

R. Blanchard²⁰, R. Meurs²¹, C. Vandenberghe²², J. Pierreux²³, O. Mahieu²⁴, C. Collin²⁵, V. Reuter²⁶,
G. Sinnaeve⁷, J.L. Herman²⁷, B. Bodson²³ et B. Dumont²³

3.1 Les particularités de la saison culturale 2017-2018

Les semis ont été réalisés dans de bonnes conditions en début de l'automne et la levée s'est déroulée de manière optimale. Le développement des plantes s'est poursuivi normalement. Ensuite, un hiver pluvieux a succédé à l'automne. Cet hiver a été marqué par des vagues de froid assez tardives (de février jusque mi-mars). Celles-ci ont pu avoir eu un impact négatif sur le rendement des escourgeons.

En avril et les mois suivants, des températures relativement hautes ont été enregistrées. Ces températures ont conduit à un développement rapide des escourgeons. Ce développement rapide a pu donner, pour certaines variétés, des rendements plus faibles dus à un nombre d'épillets par épis moins importants.

Cette année, la maturité des grains a été rapide ce qui a conduit à une récolte dès la fin du mois de juin.

3.2 Résultats des expérimentations en 2018

Pour la saison 2017-2018, les résultats d'essais sur la fumure azotée proviennent des plateformes de Lonzée (ULiège Gx-ABT) et de Ath (CARAH). Une première analyse sera réalisée sur l'essai mené à Ath. Ensuite, les essais réalisés à Lonzée seront détaillés.

3.2.1 Analyse de l'essai fumure réalisé à Ath (CARAH)

Le Tableau 3.10 reprend l'itinéraire technique qui a été réalisé par le CARAH pour son essai « fumure » en escourgeon (variété : Kws Tonic).

Pour cet essai, deux désherbages ont eu lieu, un premier le 12 octobre et un second le 7 avril. Ce 7 avril, un premier raccourcisseur (Medax Top) a également été employé. Ensuite, une

²⁰ ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Science – Phytotechnie – Production Intégrée des Céréales en Région Wallonne – Projet CePiCOP (DGARNE, du Service Public de Wallonie)

²¹ Projet APE 2242 (FOREM) et projet CePiCOP (DGARNE, du Service Public de Wallonie)

²² ULiège – Gx-ABT – Axe Echanges Eau-Sol-Plantes – GRENeRA

²³ ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Science – Phytotechnie

²⁴ C.A.R.A.H. asbl. Centre Agronomique de Recherches Appliquées de la Province de Hainaut

²⁵ Requasud – Laboratoire de la Province de Liège

²⁶ CRA-W – Dpt Valorisation des productions – Unité Technologies de la transformation des produits

²⁷ CRA-W – Dpt Productions et Filières – Unité Stratégies phytotechniques

seconde utilisation d'un autre raccourcisseur (Etephon) a eu lieu fin avril. Au niveau de la protection fongique, une protection complète a eu lieu avec une modalité composée de deux traitements. Finalement, la récolte a pu être effectuée dès le 27 Juin.

Tableau 3.10 – Conduite culturale de l'essai « fumure azotée » réalisé en 2018 à Ath (CARAH).

Intervention	Modalité / Date	Caractéristique
Choix variétal	Kws Tonic	-
Date de semis	28-sept	250 grains/m ²
Précédent	Froment	-
Apport de fumure	14-mars	Tallage (T)
	29-mars	Avant épis à 1 cm
	12-avr	Redressement (R)
	02-mai	Dernière feuille (DF)
Désherbage	12-oct	Herold (0.6 l/ha)
	07-avr	Allié (20g/ha) + Starane Forte (0.3 l/ha)
Raccourcisseur	07-avr	Medax Top (0.8 l/ha)
	27-avr	Etephon (1L/ha)
Fongicide	11-avr	Fandago (1L/ha)
	27-avr	Aviator (1L/ha) + Bravo (1L/ha)
Insecticide	-	-
Récolte	27-juin	-

Rendements phytotechnique et économique

Pour le calcul du rendement économique, le prix de vente retenu pour l'escourgeon en 2018 est de 175 €/T et le prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) est de 238.5€ avec une TVA appliquée de 6%. Les rendements économiques repris dans ce chapitre seront donc exprimés selon le rapport 5.05 à savoir qu'1 kilogramme d'azote correspond à 5.05 kilogramme d'escourgeon (1 kg N = 5.05 kg d'escourgeon).

Le Tableau 3.11 donne les résultats de l'essai « fumure » mené dans le Hainaut par le CARAH sur la variété Kws Tonic. Les résultats de l'analyse statistique permettent de montrer qu'en 2018, toutes les modalités de fumures ont permis d'obtenir des rendements similaires statistiquement. L'apport d'une fumure azotée élevée n'a donc pas permis de maximiser le rendement.

Le meilleur rendement économique est atteint par la fumure 60-60-60 à 180 kg N/ha donnant 89.5 qx/ha. La fumure en deux apports (objet 6) n'a pas été pénalisante. Statistiquement, des fumures plus faibles de 120 et 140 kg N/ha (objets 2 et 3) permettaient d'atteindre un rendement économique similaire. L'apport supplémentaire de soufre au tallage (objet 8) n'a pas amélioré significativement les rendements.

Statistiquement, il n'y a pas de différence au niveau du nombre de grains par m² entre les différentes modalités de fumures. Cependant, on observe que la modalité 5, qui n'a reçu que 15 kg N/ha au tallage a le nombre de grains le plus faible après le témoin.

3. Fertilisation azotée en Escourgeon

Tableau 3.11 – Résultats de l’essai « fumures » réalisé en 2018 à Ath (CARAH) sur la variété Kws Tonic.
Ce tableau donne les fumures appliquées en fonction des stades de la culture (kg N/ha), la fumure totale (kg N/ha), le rendement phytotechnique et économique (qx/ha), le poids à l’hectolitre (kg/hl), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre de grains par mètre carré et le taux de protéines (%) pour cet essai.

N° Objet	T	Avant épi à 1 cm	Red	DF	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg/hl]	PMG	Nombre de grains par m²	Prot. [%]
	14-mars	29-mars	12-avr	02-mai							
1	0	-	0	0	0	69,5	69,5	68 *	48,7 *	14274	8,7
2	40	-	40	40	120	94,1	88,1	66,8	46,9	20067	11,2
3	40	-	50	50	140	95,1	88,0	66,0	45,8	20750	11,3
4	50	-	50	60	160	94,3	86,2	66,5	45,4	20769	11,4
5	15	-	75	75	165	91,4	83,1	66,0	46,6	19611	12,0*
6	-	100	-	80	180	97,1	88,0	66,6	47,1	20600	11,6
7	60	-	60	60	180	98,6 *	89,5 *	66,6	44,9	21979 *	11,6
8**	60	-	60	60	180	95,1	86,0	66,0	45,1	21103	11,5
9	70	-	60	70	200	95,7	85,6	65,5	45,6	20972	11,9
10	70	-	70	80	220	94,5	83,4	66,1	46,1	20483	11,8

* 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/m² et la teneur en protéines. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

** engrais contenant du soufre

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

Le témoin (0 kg N/ha) a maximisé le poids à l’hectolitre ainsi que le poids de mille grains. Ce constat est lié au faible nombre de grain par m², qui engendre un meilleur remplissage des grains présents. La fumure n’a que peu impacté le poids à l’hectolitre et le PMG en 2018.

Teneur en protéines

La teneur en protéines du témoin est la plus faible. Il n’y a statistiquement pas de différence entre les parcelles ayant reçu une fumure, toutes tournent autour de 11,5 %.

3.2.2 Analyse de l’itinéraire technique réalisé à Lonzée (ULiège Gx-Abt)

Le fractionnement de la fumure azotée a été étudié sur deux essais mis en place à Lonzée (Gx-ABT) ; le premier a été réalisé sur Etincel (variété lignée et brassicole), le second sur Smooth (variété hybride).

Tableau 3.12 – Conduite culturale des essais « fumure azotée » avec une variété lignée (Etincel) et une variété hybride (Smooth) réalisé à la Faculté de Gembloux Agro Bio-Tech, Uliège en 2018.

	Intervention	Modalité/Date	Caractéristique
Essai en escourgeon sur Smooth	Choix variétal	Smooth (H)	-
	Date de semis	04-oct	150 grains/m ²
Essai en escourgeon sur Etincel	Choix variétal	Etincel	-
	Date de semis	04-oct	200 grains/m ²
Itinéraire technique commun pour les essais en escourgeon	Précédent	Betteraves	-
	Apport de fumure	14-mars	Tallage (T)
		11-avr	Redressement (R)
		24-avr	Dernière feuille (DF)
	Désherbage	10-avr	Axial (1 l/ha) + Harmony M (100g/ha) + Gratil (30g/ha)
	Raccourcisseur	27-avr	Etephon (1,25 l/ha)
	Fongicide	04-mai	Bravo (1L/ha) + Velagy era (1L/ha)
	Insecticide	-	-
	Récolte	02-juil	-

3.2.3 Analyse des résultats de l'essai fumure réalisé à Lonzée (ULiège Gx-Abt) sur la variété Etincel

Les fumures maximales et optimales sont obtenues par calcul (courbes de réponse des rendements aux différents niveaux de la fumure azotée croissante).

Le Tableau 3.13 reprend la synthèse des données récoltées dans la cadre de cet essai. Ces résultats sont détaillés dans les point suivants :

Rendements phytotechnique et économique

L'analyse statistique nous montre que pour la variété lignée Etincel, la fumure qui a maximisé les rendements phytotechnique et économique était une fumure de 105 kg N/ha (75-35-0 ; kg N/ha). L'impasse de la fumure au tallage a entraîné, dans la plupart des cas, des pertes de rendements. Un apport de 35 unités d'azote au tallage a généralement permis d'atteindre de bon rendement.

Un faible apport, voir un apport nul au stade dernière feuille n'a, dans la plupart des cas, pas pénalisé le rendement phytotechnique de la variété Etincel. Ce résultat s'explique par la mauvaise valorisation de la dernière fraction d'azote en raison des conditions d'échaudage de 2018.

Néanmoins, la fumure calculée selon la méthode Livre Blanc pour les conditions de la parcelle permet d'atteindre un rendement économique statistiquement similaire à celle qui atteignait l'optimum économique.

3. Fertilisation azotée en Escourgeon

Poids à l'hectolitre (P/HL)

Les programmes ayant une fumure totale nulle ou faible (modalité 1 à 10) ont permis d'atteindre des P/hl plus élevés statistiquement.

Nombre de grains par mètre carré et poids de 1000 grains

Les modalités n'ayant pas reçu d'azote au tallage ont pour la plupart, un nombre de grains au m² plus faible statistiquement que les autres. En effet, le rendement potentiel est conditionné par le nombre de grains au m² et par le remplissage des grains. Une impasse au tallage a dans cette situation culturale clairement limité le nombre de grains formés par m² et a donc réduit le potentiel de rendement. Les poids de mille grains ont été faibles, signe d'un remplissage des grains freiné par les conditions climatiques favorisant l'échaudage en fin de végétation.

Tableau 3.13 – Résultats de l'essai « fumures » réalisé à Lonzée (Gx-ABT) sur la variété Etincel (ES18-03).
Ce tableau donne les fumures appliquées en fonction des stades de la culture (kg N/ha), la fumure totale (kg N/ha), le rendement phytotechnique et économique (qx/ha), le poids à l'hectolitre (kg/hl), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre de grains par mètre carré et la verse pour cet essai.

Etincel										
Objet	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]	PMG	Nombre de grains par m ²	Verse
1	-	-	-	0	71,2	71,2	69,1*	42,1 *	16909	7,9 *
2	-	35	-	35	84,8	83,0	68,1	39,5	21474	4,5
3	35	35	-	70	91,1	87,6	68,4	39,8	22900	5,0
4	70	35	-	105	94,8 *	89,5 *	68,3	38,6	24540	5,0
5	-	35	35	70	85,0	81,4	67,1	40,1	21193	3,8
6	35	35	35	105	89,7	84,4	68,5	39,7	22632	5,0
7	70	35	35	140	89,6	82,5	67,6	38,4	23344	3,8
8	-	70	-	70	88,2	84,7	67,2	38,3	23044	3,8
9	35	70	-	105	90,5	85,2	67,3	37,8	23942	3,1
10	70	70	-	140	91,2	84,1	67,0	37,8	24110	3,1
11	-	70	35	105	80,7	75,4	66,8	37,8	21332	2,8
12	35	70	35	140	92,1	85,1	66,5	37,6	24520 *	3,6
13	70	70	35	175	89,9	81,1	66,3	37,0	24316	2,7
14	-	70	70	140	78,4	71,4	66,7	37,1	21167	1,9
15	35	70	70	175	91,9	83,1	66,7	37,5	24533	3,0
16	70	70	70	210	87,5	76,9	66,4	36,8	23780	1,9
17	-	105	70	175	79,9	71,1	65,6	36,1	22158	1,8
18	35	105	70	210	87,6	77,0	65,6	36,3	24128	2,6
19	-	105	105	210	83,4	72,8	65,0	35,2	23679	2,1
20	55	55	50	160	91,9	83,8	66,7	37,6	24427	3,8

* 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/m² et de la verse (9 étant résistant). Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

3.2.4 Analyse des résultats de l'essai fumure réalisé à Lonzée (ULiège Gx-Abt) pour la variété hybride Smooth

Le Tableau 3.14 reprend la synthèse des données récoltées dans la cadre de cet essai. Ces résultats sont détaillés dans les point suivants :

Tableau 3.14 – Résultats de l'essai « fumures » réalisé à Lonzée (Gx-ABT) sur la variété Smooth (ES18-02).
Ce tableau donne les fumures appliquées en fonction des stades de la culture (kg N/ha), la fumure totale (kg N/ha), le rendement phytotechnique et économique (qx/ha), le poids à l'hectolitre (kg/hl), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre de grains par mètre carré et la verse pour cet essai.

Objet	Smooth (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]	PMG	Nombre de grains par m²	Verse
1	-	-	-	0	75,3	75,3	71,4	49,9	15106	9,0
2	-	35	-	35	88,8	87,0	71,4	48,7	18236	9,0
3	35	35	-	70	94,0	90,4	71,7	48,5	19387	9,0
4	70	35	-	105	100,1	94,8	71,9	49,8	20105	9,0
5	-	35	35	70	93,5	89,9	72,7 *	50,4	18551	9,0
6	35	35	35	105	99,7	94,4	71,8	51,3 *	19441	9,0
7	70	35	35	140	102,6	95,5	72,0	50,1	20490	9,0
8	-	70	-	70	96,2	92,7	71,4	47,7	20162	9,0
9	35	70	-	105	100,7	95,4	71,5	47,4	21256	9,0
10	70	70	-	140	104,1	97,0	71,7	50,1	20767	9,0
11	-	70	35	105	103,2	97,9	71,5	48,6	21230	9,0
12	35	70	35	140	107,7	100,6	71,7	48,7	22127	9,0
13	70	70	35	175	106,4	97,6	71,7	48,9	21776	9,0
14	-	70	70	140	105,6	98,5	71,9	49,6	21276	9,0
15	35	70	70	175	108,2	99,4	71,9	50,0	21646	9,0
16	70	70	70	210	107,9	97,3	71,1	49,9	21615	9,0
17	-	105	70	175	108,2	99,4	71,1	48,0	22539	9,0
18	35	105	70	210	112,3 *	101,7*	71,4	48,8	23027 *	9,0
19	-	105	105	210	107,3	96,7	70,6	48,5	22129	9,0
20	55	55	50	160	106,7	98,6	71,9	50,1	21289	9,0

* 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/m² et de la verse (9 étant résistant). Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

Rendement phytotechnique et économique

La variété hybride Smooth, cultivée dans les mêmes conditions que la variété Etincel, s'est comportée vis-à-vis de la fumure azotée de manière très différente. Même si le nombre de grains produits par m² était en moyenne un peu plus faible, le remplissage des grains a été nettement meilleur, il était en moyenne de 49 g contre 37 g seulement pour Etincel.

Contrairement à la variété lignée Etincel, la variété hybride Smooth a mieux répondu aux apports élevés d'azote. La fertilisation permettant de maximiser les rendements phytotechnique et économique a été obtenue avec une fumure de 210 kg N/ha (35-105-70) donnant respectivement 112.3 et 101.7 qx/ha.

Les modalités ayant statistiquement les rendements phytotechnique et économique les plus élevés sont celles qui ont reçu plus de 140 kg N/ha sur la saison culturale. De plus, pour autant que la fumure totale soit suffisante, cette variété hybride semble moins sensible que la variété lignée à une impasse ou une réduction de la fumure au tallage.

Les fumures recommandées selon la méthode du Livre Blanc pour la parcelle avec fraction de tallage (35-70-70) ou sans fraction de tallage (105-70) ont permis d'atteindre l'optimum économique.

3. Fertilisation azotée en Escourgeon

Nombre de grains par mètre carré et Poids de mille grains (PMG)

Les fumures totales les plus faibles ont engendré un nombre de grains par mètre carré statistiquement plus faible. Dans le cas où la fumure totale dépasse 105 kg N/ha, l'impasse de la fumure au tallage est compensée et n'impacte pas le nombre de grains par mètre carré ; les poids de 1000 grains très élevés varient assez peu entre modalités de fumure.

Poids à l'hectolitre (P/HL)

Les poids à l'hectolitre observés dans cet essai sont nettement plus élevés que ceux mesurés sur Etincel.

3.2.5 Comparaison de variétés lignées et hybrides

Ce n'est pas la première année qu'on constate une différence de comportement entre les variétés hybrides (Smooth) et lignées (Etincel). Cette différence de comportement est notamment marquée par l'utilité ou non d'une fumure au tallage. Cela pourrait être expliqué par une plus grande rusticité et une meilleure vigueur du système racinaire des hybrides choisis qui leur aurait permis de mieux résister à la sécheresse et de mieux valoriser l'azote situé en profondeur en sortie d'hiver.

La réponse à la fumure des variétés hybrides est également différente. En effet, dans le cadre d'une variété lignée, la réponse à la fumure n'augmente pas de manière continue (Figure 3.5) au contraire d'une variété hybride qui répond mieux à des fumures plus élevées comme illustré à la (Figure 3.6).

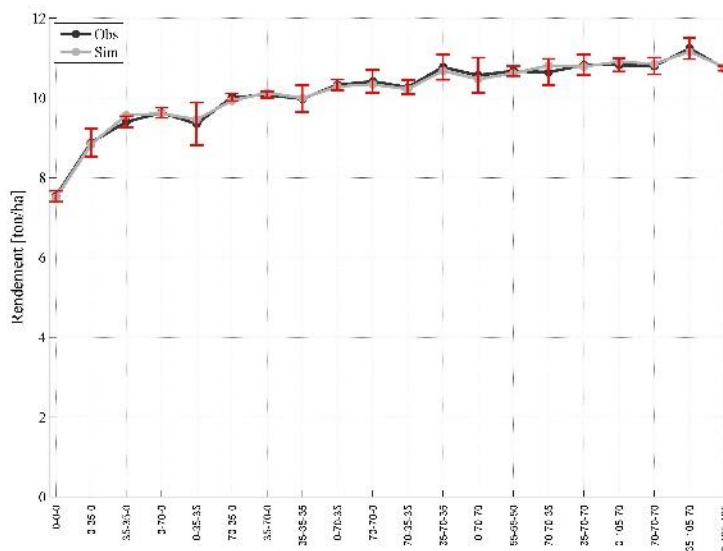


Figure 3.5 – Evolution du rendement (T/ha) observé en fonction des diverses fumures azotées (kg N/ha) apportées à la variété lignée Smooth.

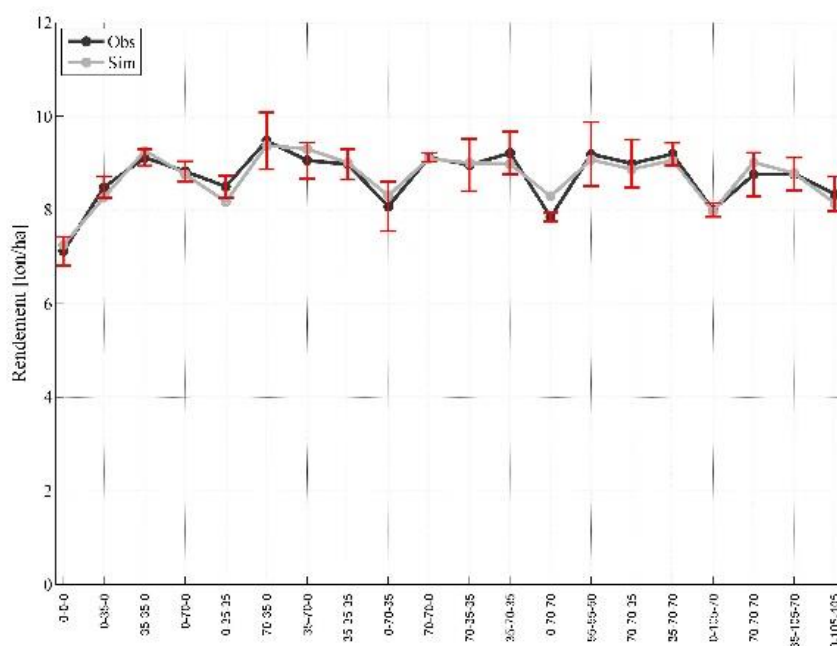


Figure 3.6 – Evolution du rendement (T/ha) observé en fonction des diverses fumures azotées (kg N/ha) apportées à la variété lignée Etincel.

3.3 Les éléments à considérer pour une recommandation pratique

Profil en azote minéral du sol en escourgeon

Seize parcelles d'escourgeon ont été échantillonnées en ce début d'année 2019 (Tableau 3.15). Les quantités d'azote disponibles dans les 90 premiers cm du profil sont plus élevées que l'année dernière mais les quantités d'azote sont néanmoins plus faibles que celles présentes en 2017.

Tableau 3.15 – 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 Gx-ABT et l'unité de phytotechnie de Gx-ABT.

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

On observe donc une quantité d'azote de 41 kg N/ha sur un profil de 0 à 90 cm, avec des extrêmes se situant à 3 et 44 kg N/ha. On n'observe pas, comme en froment, un appauvrissement très marqué de l'horizon 0-30 cm. La bonne croissance de la culture et les prélèvements en eau et en azote qui en résultent ont certainement freiné la lixiviation de l'azote

3. Fertilisation azotée en Escourgeon

présent dans le profil.

Etat des cultures en sortie d'hiver

Les cultures d'escourgeon ont pu se développer correctement durant l'automne et ont profité des températures hivernales supérieures à la normale durant les mois d'hiver pour multiplier les nombres de talles. Les cultures présentent donc, en général, une forte densité de talles ; mais comme les profils sont souvent riches en azote, elles ne montrent pas actuellement de signes de faim d'azote comme cela peut être le cas certaines années en fin d'hiver.

Les fumures de référence pour la saison 2018-2019

La fumure de référence pour 2019 est basée sur les résultats de l'analyse pluriannuelle, sur une analyse des résultats des essais « fumures » de 2018 ainsi que sur base des observations de ce début de saison.

La fumure de référence proposée en 2019 pour l'escourgeon **variété hybride** est de :

Fraction du tallage (1^{ère} fraction) :	25 N
Fraction du redressement (2^{ème} fraction) :	75 N
Fraction de la dernière feuille (3^{ème} fraction) :	75 N

La fumure de référence proposée en 2019 pour l'escourgeon **variété lignée** est de :

Fraction du tallage (1^{ère} fraction) :	45 N
Fraction du redressement (2^{ème} fraction) :	55 N
Fraction de la dernière feuille (3^{ème} fraction) :	60 N

Ces conseils de fumures doivent aussi être adaptés pour chaque parcelle en fonction des conditions culturales et de l'état de la culture au moment de l'application de la fraction. La dose à appliquer doit être calculée en fonction des correctifs proposés dans les tableaux repris dans les pages suivantes.

Considération pratique pour adapter le conseil en fonction des situations dans le cas d'une variété d'escourgeon

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 (ruissellement, lixiviation, émissions de N₂O) 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 kg N/ha dans la fumure de référence pour une variété hybride. Une dose d'azote trop importante (au-delà de 50 kg N/ha) 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.

Certaines situations, une impasse ou une réduction de la fraction de tallage est possible :

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

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

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 ;
- ❖ Parcelles dont les sols resteraient gorgés en eau au mois de mars (à l'image de 2012).

A partir du 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 quant à elle destinée à assurer le remplissage maximum des grains en maintenant une activité photosynthétique la plus longue possible et vise à assurer un transfert parfait des matières de réserve vers le grain. Pour autant que la fumure appliquée précédemment ait été correctement ajustée, la dose de référence à épandre à cette période est

3. Fertilisation azotée en Escourgeon

fixée à 75 kg N/ha pour les variétés hybrides et de 50 kg N/ha pour les variétés lignées.

Comme en froment, la formule générale pour le calcul des doses 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/>

3.4 Calcul de la fumure azotée pour 2019

Fumure de référence pour les **variétés hybrides** d'escourgeon :

Fraction du tallage (1^{ère} fraction) :	25 N
Fraction du redressement (2^{ème} fraction) :	75 N
Fraction de la dernière feuille (3^{ème} fraction) :	75 N

Fumure de référence pour les **variétés lignées** d'escourgeon :

Fraction du tallage (1^{ère} fraction) :	45 N
Fraction du redressement (2^{ème} fraction) :	55 N
Fraction de la dernière feuille (3^{ème} fraction) :	60 N

Les adaptations de chaque fraction se calculent comme ci-dessous.

3.4.1 Détermination de N.TER, fonction du contexte sol-climat

Cette détermination se fait en deux étapes : définition de l'indice TER de la parcelle sous l'angle pédo-climatique (1.1) et valeurs de N.TER correspondantes pour chaque fraction (1.2).

1.1. Définition de l'indice TER de la parcelle

TER = la somme des valeurs retenues dans les trois tableaux suivants

REGIONS	Valeur
Condroz, Famenne, Fagne, Thudinie, Polders, Ardennes	3
Hesbaye sèche, régions de Tournai, de Courtrai, d'Audenarde	5
Toutes les autres régions	4
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

DRAINAGE	Valeur
Pour la région, le drainage de la parcelle est:	
MAUVAIS	-1
NORMAL	0
EXCELLENT (uniquement dans le Condroz)	1
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

STRUCTURE ET ARGILE	Valeur
Si mauvaise structure	-1
Si terre argileuse, très lourde	-1
Sinon	0
<i>Inscrire ici la valeur pour votre parcelle</i>	

Total des trois valeurs retenues = indice TER

1.2. Définition des valeurs de N.TER pour chaque fraction

Rechercher les valeurs de N.TER correspondant à l'indice TER calculé.

Indice TER (Type de terre)	VALEUR DE N.TER POUR LA		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
TER 0 et 1	+ 15	+ 20	+ 5
TER 2	+ 15	+ 15	0
TER 3	0	+ 20	0
TER 4	0	0	0
TER 5	- 10	- 20	+ 10

3. Fertilisation azotée en Escourgeon

Vos parcelles	N.TER RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 49)		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			

3.4.2 Détermination de N.ORG, fonction de la richesse organique du sol

2.1. Définition de la classe de richesse organique des sols pour la parcelle

RÉGIME D'APPORT DES MATIÈRES ORGANIQUES	CLASSE ORGA
Restitutions organiques très faibles, pas d'apport d'effluent d'élevage, vente occasionnelle de pailles	1
Incorporation des sous-produits ou échange paille – fumier, apport modéré de matière organique tous les 3 à 5 ans	2
Apport important de matières organiques tous les 3 à 5 ans ou fréquence élevée de ces apports	3
Vieille prairie retournée depuis moins de 5 ans (=> <i>fractionnement en deux apports</i>)	4
Inscrire ici la classe ORGA correspondant à votre cas	

2.2. Détermination des valeurs de N.ORG pour chaque fraction

CLASSES	1 ^{ère} FRACTION	2 ^{ème} FRACTION	3 ^{ème} FRACTION
ORGA 1	+10	+10	0
ORGA 2	0	0	0
ORGA 3	-20	-10	0
ORGA 4	-30	-20	-10

Vos parcelles	N.ORG RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 49)		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			

3.4.3 Détermination de N.PREC, fonction du précédent

PRECEDENT CULTURAL	N.PREC. POUR		
	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}
	FRACTION		
Chaumes	0	0	0
Pailles avec azote	0	0	0
Pailles sans azote	0	0	0

Vos parcelles	N.PREC RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 49)		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			

3.4.4 Détermination de N.ETAT, fonction de l'état de la culture

a. Pour la fraction du TALLAGE

Détermination de l'état de la culture

STADE DE LA CULTURE AU DEBUT MARS	Valeur
Fin tallage	5
Plein tallage	4
Début tallage	3
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

DENSITE DE VEGETATION	Valeur
Densité trop faible	-1
Densité normale	0
Densité trop élevée	+1
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

ACCIDENTS CULTURAUX	Valeur
Si déchaussement, phytotoxicité d'herbicides	-1
Sinon	0
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

3. Fertilisation azotée en Escourgeon

RESSUYAGE DU SOL	Valeur
Si sol gorgé en eau	-1
Si sol très bien ressuyé	+1
Sinon	0
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

Total des quatre valeurs retenues = indice ETAT

Détermination des valeurs de N.ETAT pour la fraction du tallage

ETAT DE LA CULTURE	N.ETAT
ETAT 1	+ 30
ETAT 2	+ 20
ETAT 3	+ 10
ETAT 4	0
ETAT 5	- 10
ETAT 6	- 20
ETAT 7	- 30

Vos parcelles	N.ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES
Parcelle 1	
Parcelle 2	

b. Pour la fraction de REDRESSEMENT

Détermination de N.ETAT pour la fraction du redressement

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
Végétation trop faible ou irrégulière	+ 20
Végétation normale	0
Végétation trop forte	- 20

Vos parcelles	N.ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES
Parcelle 1	
Parcelle 2	

c. Pour la fraction de la DERNIERE FEUILLE

Détermination des valeurs de N.ETAT pour la fraction de dernière feuille

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
Végétation trop faible	+ 20
Végétation normale	0
Végétation trop forte et ou présence importante de maladies	- 20
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	

VOS PARCELLES	N.ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES
Parcelle 1	
Parcelle 2	

3.4.5 Détermination DE N.CORR

Ces correctifs permettent de corriger d'éventuels surdosages ou sous-dosages compte tenu des apports antérieurs.

5.1. Pour la fraction de tallage

La fraction de tallage ne doit pas dépasser 50 unités par hectare. Si la culture présente trop de facteurs défavorables (terre mal drainée, à très mauvaise structure, précédent paille sans azote, densité insuffisante, plantes déchaussées), le potentiel de rendement de la culture est affaibli. Dans ce cas, tout excès de fumure contribuerait à le réduire encore.

Détermination de la valeur de N.CORR pour la fraction de tallage

	N.CORR
Si N.TER + N.PREC + N.ETAT est égal ou inférieur à 50 unités	0
Si N.TER + N.PREC + N.ETAT est supérieur à 50 unités	$50 - (N.TER + N.PREC + N.ETAT)^*$

* La valeur de N.CORR est dans ce cas toujours négative.

Vos parcelles	N.CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES
Parcelle 1	
Parcelle 2	

3. Fertilisation azotée en Escourgeon

5.2. Pour la fraction de redressement

La détermination de N.CORR pour la fraction du redressement se fait en fonction de la somme des premières fractions (tallage appliquée + redressement calculée) et du type de terre TER (voir 1.1 indice TER, page 43).

TYPE DE TER		VALEUR DE N.CORR.
TER 0, TER 1,	Si fractions tallage + redressement = 160 ou moins	0
TER 2	Sinon N.CORR= 160 - fraction tallage - fraction redressement calculée	...
TER 3, TER 4	Si tallage + redressement = 140 ou moins	0
	Sinon N.CORR = 140 - fraction tallage - fraction redressement calculée	...
TER 5	Si fractions tallage + redressement = 120 ou moins	0
	Sinon N.CORR= 120 - fraction tallage - fraction redressement calculée	...

Si PREC paille enfouie sans azote remplacer les valeurs 160, 140 et 120 par respectivement 175, 155 et 135.

Vos parcelles	N.CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES
Parcelle 1	
Parcelle 2	

5.3. Pour la fraction de dernière feuille

N.CORR dépend de la somme des premières fractions réellement appliquées.

Si fraction tallage + fraction redressement	N.CORR.
= 55 N ou moins	+ 20
= + de 55 N	0

Vos parcelles	N.CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES
Parcelle 1	
Parcelle 2	

3.4.6 Calcul de la fumure

Variétés hybrides

FUMURE	DOSE REF.	N. TER	N. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
<i>Au tallage</i>	25						
<i>Au redress.</i>	75						
<i>A la dern. fe.</i>	75						

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

Variétés lignées

FUMURE	DOSE REF.	N. TER	N. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
<i>Au tallage</i>	45						
<i>Au redress.</i>	55						
<i>A la dern. fe.</i>	60						

4 La fertilisation azotée en Epeautre

E. Escarnot²⁸, R. Meza²⁹, S. Crémer³⁰, M. de Toffoli³¹, S. Gofflot³², G. Sinnaeve³², R. Lambert³⁰ et B. Dumont³³

Afin de toujours mieux orienter la fertilisation azotée au niveau de la dose et du fractionnement azoté en épeautre, le PIC-Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège – Unité de Phytotechnie), l'UCLouvain (ELIa-membre scientifique de Nitrawal), le Centre de Michamps asbl et le CRA-W (Unité Amélioration des espèces et biodiversité) mènent depuis 2011 des expérimentations en Région limoneuse et en Ardenne.

Cet article présente les résultats des essais 2017-18 menés en parallèle en Région limoneuse (Gembloux) et en Ardenne (Michamps). Cette saison, deux variétés ont été testées, à savoir Cosmos Sérénité, et ce pour explorer la diversité des réponses variétales. Les essais sont conduits avec une protection fongicide, une régulation de la croissance et un désherbage chimique, chacun adapté à chaque essai.

Les résultats présentés dans cet article visent, comme l'année dernière, à valider les conseils émis en Février 2017.

4.1 Résultats expérimentaux obtenus sous des fertilisations minérales pour la saison 2017-2018

Un protocole expérimental commun aux deux sites (à Gembloux et à Michamps) a été mis au point. Il est composé de 9 objets différents au sein duquel le fractionnement et les doses totales d'azote varient. Un dixième objet, spécifique à chaque site, a également été testé. Cet objet est le conseil que nous fournissons maintenant depuis 2017. Ces protocoles ont été testés sur les deux sites et sur les deux variétés (Cosmos et Sérénité).

Le prix de vente retenu pour l'épeautre est de 195 €/T et le prix de l'azote (ammonitrate 27%) a été considéré à 235 €/T. L'ensemble des rendements économiques qui seront repris dans ce point sont exprimés selon le rapport $4.5 [=235/(0.27*195)]$. Autrement dit, il faut produire 4.5 kg d'épeautre pour amortir 1 kg d'N appliqué.

L'itinéraire cultural, pour les deux sites, est repris ci-dessous dans le Tableau 3.16. Les rendements phytotechniques et économiques sont présentés dans le Tableau 3.17 pour la région

28 CRA-W – Dpt Science du Vivant – Unité Amélioration des espèces et biodiversité

29 CRA-W – Dpt Productions et filières – Unité Stratégies phytotechniques

30 Centre de Michamps ASBL

31 UCL – Earth & Life Institute – Pôle Agronomie

32 CRA-W – Dpt Valorisation des productions – Unité Technologies de la transformation des produits

33 ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Science – Phytotechnie

Ardenne et dans le Tableau 3.18 pour la région limoneuse. La Figure 3.7 présente quant à elle les graphiques des rendements agronomiques.

Résultats en Ardenne (Michamps)

Le comportement propre à chaque variété se retrouve dans la dynamique d'utilisation de l'azote. Cosmos, de façon surprenante, présentait un rendement moins élevé que Sérénité. En raison de la protection fongicide et d'une pression moyenne de rouille jaune à Michamps, nous écartons la sensibilité de Cosmos à la rouille jaune pour expliquer la différence de rendement. Nous soupçonnons une plus grande sensibilité de Cosmos au déficit hydrique.

Avec l'augmentation de la fertilisation de 0 à 50 et à 100 kg N/ha, le rendement de Sérénité est passé de 5722, à 6463 kg/ha et à 7106 kg/ha respectivement. Ensuite, la variété a atteint un plafond. Le rendement de Cosmos s'est quant à lui fortement accru avec les apports de 0 à 50 kg N/ha, respectivement 4505 et 5854 kg/ha, et continuait de façon régulière avec les apports de 50 à 180 kg N/ha (6012 à 6566 kg/ha).

L'analyse des rendements pour chaque modalité montre l'importance des deux fractions de tallage et de redressement pour l'année 2018. Toutefois, lorsque l'apport au tallage était conséquent, il arrive que l'apport au redressement n'ait pas été entièrement valorisé (modalités 8 et 9), et ce pour les deux variétés. Cependant, son absence a été préjudiciable (modalité 7) pour Cosmos.

Les fractions de 30 kg N/ha apportées à la dernière feuille, pour les apports totaux de 100 à 130 ou de 150 à 180 kg N/ha, ne sont pas nécessairement valorisées en termes de rendement. Les conditions sèches de cette saison ont pu, ici, jouer un rôle défavorable.

Tableau 3.16 – Itinéraire cultural des essais implantés à Gembloux et à Michamps.

Intervention	Gembloux – GxABT		Michamps – UCL	
	Modalité	Date	Modalité	Date
Précédent	Froment		Maïs	
Variétés	Sérénité et Cosmos		Sérénité et Cosmos	
Semis	250 grains/m ²	13-oct-17	250 grains/m ²	17-oct-17
Fumure	Tallage (T)	08-avril-18	Tallage (T)	11-avril-18
	Redressement (R)	16-avril-18	Redressement (R)	23-avril-18
	Dern. feuille (DF)	15-mai-18	Dern. feuille (DF)	14-mai-18
Désherbage	Pacifica (300g/ha)	16-avril-18	Atlantis (200g/ha)	24-avril-18
	+ Capri (200g/ha)		+ Capri (200g/ha)	
	+ Végétop (1L/ha)		+ Metro (30 g/ha)	
	+ Huile (1L/ha)		+ Huile (1L/ha)	
Régulateur	Cycocel (1L/ha)	19-avr-18	Stabulon (1L/ha)	02-mai-18
Fongicide	Opus team (1,5L/ha)	22-mai-18	Aviator Xpro (1.25L/ha)	23-mai-18
	+ Bravo (1L/ha)			
	Av. Xpro (1,25L/ha)	06-juin-18		
Insecticide	Karaté Zéon (50ml/ha) -		Néant	-

3. Fertilisation azotée en Epeautre

Récolte	-	23-juil.-18	-	07-août-18
---------	---	-------------	---	------------

Pour Cosmos, des rendements équivalents à l'optimum économique ont été atteints, dès qu'une application de 50 kg N/ha était réalisée au tallage. Pour atteindre des rendements équivalents à l'optimum économique avec Sérénité, il fallait au moins appliquer 100 kg N/ha, soit en dose unique au redressement, soit en répartissant la dose au tallage (50 kg N/ha) et au redressement (50 kg N/ha).

Nous observons que la meilleure réponse économique à la fertilisation a été obtenue sous le conseil Livre Blanc pour Cosmos, et ne se situait qu'à deux équivalents q/ha pour la variété Sérénité (Tableau 3.17).

Le conseil de fertilisation en épeautre émis par le Livre Blanc pour la région Ardenne a donc bel et bien permis d'atteindre des objectifs de rendements agronomique et économique qui se classent toujours dans le groupe de tête des réponses à la fertilisation.

Tableau 3.17 – Rendements phytotechniques (q/ha) et économiques (eq.q/ha), observés dans l'essai « fumure azotée épeautre » 2018 – Variété Sérénité et Cosmos - Michamps.

Objet					Cosmos	Sérénité		
	T	R	DF		Rdt	Rdt	Rdt	Rdt
	11	23	14	Total	Phyto	Eco	Phyto	Eco
	avr	avr	mai	[kg N/ha]	[q/ha]	[q/ha]	[q/ha]	[q/ha]
1	0	0	0	0	45,1	45,1	57,2	57,2
2	50	-	-	50	58,5	56,3	64,6	62,4
3	50	50	-	100	60,1	55,7	71,1	66,6
4	50	50	30	130	60,8	54,9	68,8	63,0
5	75	75	-	150	63,0	56,3	70,4	63,8
6	75	75	30	180	65,7	57,6	68,7	60,7
7	100	-	-	100	60,8	56,4	69,2	64,7
8	100	50	-	150	64,1	57,4	71,3	64,6
9	100	75	-	175	61,9	54,1	69,6	61,8
10	75	30	0	105	62,9	58,3	68,7	64,0

* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique ou le rendement économique. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale suivant un test post-hoc LSD (Least Significant Difference).

Résultats en Région limoneuse (Gembloux)

Le comportement propre à chaque variété observée à Michamps, se retrouve, dans une moindre mesure, à Gembloux : Cosmos présentait de nouveau un rendement moins élevé que Sérénité. Cependant, les pertes de rendement sont plus faibles et limitées à ~3-5q/ha. A nouveau, la sensibilité à la sécheresse pourrait être le facteur explicatif de ces rendements plus faibles.

De façon générale, pour atteindre des rendements équivalents à l'optimum de rendement agronomique avec Cosmos ou Sérénité, il fallait au moins appliquer 100 kg N/ha, soit en dose unique au redressement, soit en répartissant la dose au tallage (50 kg N/ha) et au redressement

(50 kg N/ha).

Comme nous l'avions proposé en Février 2017, dans les deux cas, le schéma optimal incluait une dose complémentaire à la dernière feuille. Des rendements statistiquement équivalents étaient cependant atteints en omettant cette troisième fraction.

Notons que le schéma de fertilisation le plus fort sur les deux premiers apports de tallage et redressement (100-75-0 kg N/ha) avait un impact négatif sur les rendements des deux variétés.

Les rendements économiques ont répondu sensiblement de la même façon à la fertilisation azotée que les rendements agronomiques.

Nous observons que la réponse du rendement économique au conseil de fertilisation recommandé par le Livre Blanc permettait pour les deux variétés d'obtenir des rendements statistiquement équivalents aux optimums, avec une légère différence moyenne de quelques quintaux.

Le conseil de fertilisation en épeautre émis par le Livre Blanc pour la région Limoneuse a donc bel et bien permis d'atteindre des objectifs de rendements agronomique et économique qui se classent toujours dans le groupe de tête des réponses à la fertilisation.

Tableau 3.18 – Rendements phytotechniques (qx/ha) et économiques (eq.q/ha), observés dans l'essai « fumure azotée épeautre » 2018 – Variété Sérénité et Cosmos - Gembloux.

Objet					Cosmos		Sérénité	
	T 11 avr	R 23 avr	DF 14 mai	Total [kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]
1	0	0	0	0	85.5	85.5	90.3	90.3
2	50	0	0	50	92.4	90.1	97.9	95.7
3	50	50	0	100	100.5	96.0	103.7	99.3
4	50	50	30	130	102.0	96.2	95.7	89.9
5	75	75	0	150	95.2	88.5	101.2	94.5
6	75	75	30	180	98.2	90.1	104.8	96.7
7	100	0	0	100	101.9	97.5	98.4	93.9
8	100	50	0	150	97.3	90.6	104.7	98.0
9	100	75	0	175	93.5	85.7	97.9	90.1
10	75	60	0	135	99.6	93.6	102.3	96.3

* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique ou le rendement économique. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale suivant un test post-hoc LSD (Least Significant Difference).

4.2 Analyse générale

La saison plutôt sèche a vraisemblablement perturbé la disponibilité de l'azote du sol pour la plante, engendrant une réponse partiellement limitée à la fertilisation azotée. Cet effet plateau s'est surtout marqué en région Ardenne, le site d'essai en région limoneuse ayant montré substantiellement plus de contraste dans ses réponses aux différents schémas de fertilisation.

3. Fertilisation azotée en Epeautre

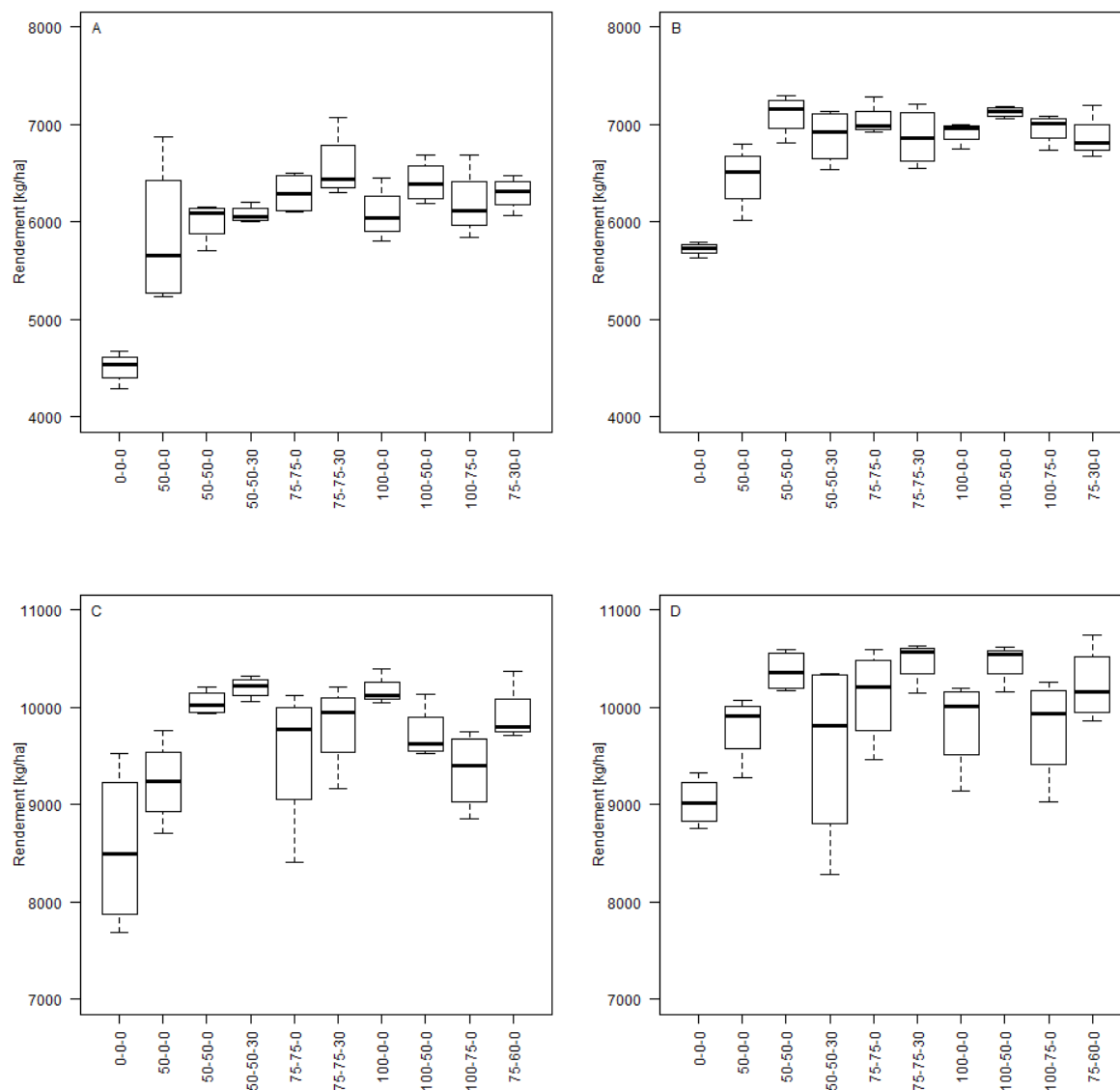


Figure 3.7 – Rendements phytotechniques (q/ha) observés dans les essais de Michamps sur les variétés Cosmos (A) et Sérénité (B) et de Gembloux sur les variétés Cosmos (C) et Sérénité (D).

D'une manière globale, sur les deux sites et pour les deux variétés, il fallait au moins appliquer 100 kg N/ha, soit en dose unique au redressement, soit en répartissant la dose au tallage et au redressement (exemple : 50-50-0 kg N/ha). Les schémas qui reposaient sur un apport de 75 kg N/ha au tallage et au redressement se sont aussi d'une manière générale toujours bien classés, tant sur le rendement phytotechnique que sur le rendement économique.

En Ardenne, les résultats de la saison 2017-2018 confirment qu'une fumure totale de l'ordre de 100 kg N/ha était suffisante pour atteindre les objectifs de production et de rentabilité pour l'épeautre.

Similairement, en région limoneuse, les résultats de la saison 2017-2018 confirment qu'une fumure totale de l'ordre de 100 à 130 kg N/ha était suffisante pour atteindre les objectifs de

production et de rentabilité pour l'épeautre.

4.3 Conclusion et conseil

L'étude pluriannuelle menée en 2017 avait démontré l'importance des fractions de tallage et de redressement dans l'élaboration du rendement. Nous recommandions une dose totale de 135 à 150 kg N/ha pour la région limoneuse et de 105 à 120 kg N/ha en région froide. Nous avons constaté qu'un fractionnement dégressif était le plus adapté à l'épeautre.

Ainsi, nous recommandions les propositions de schémas de fractionnement suivants (sans apport de dernière feuille) :

En région limoneuse : 75-60-0 (135 kg N/ha) et 90-60-0 (150 kg N/ha)

En Ardenne : 60-45-0 (105 kg N/ha), 75-30-0 (105 kg N/ha), 75-45-0 (120 kg N/ha) et 75-30-30 (135 kg N/ha).

Dans le cadre de contrats spécifiques, nous restons convaincus qu'un apport réalisé à la dernière feuille visant à augmenter la teneur en protéines est possible. Mais celui-ci doit rester limité, et nous recommandons d'ajouter 30 kg N/ha au troisième apport.

Pour une bonne fertilisation de l'épeautre, nous recommandons :

- D'appliquer un schéma de fertilisation dégressif***
- D'appliquer une fraction de 75kg N/ha au tallage***
- D'appliquer une fraction de redressement de l'ordre de 60kg N/ha en région limoneuse et de l'ordre de 30kg N/ha, à maximum 45kg N/ha, en région plus froide comme l'Ardenne***
- De ne pas appliquer de fraction de dernière feuille, sauf si un contrat spécifique pour la protéine a été établi ; dans ce cas, il est recommandé de limiter l'apport à 30kg N/ha***

4.4 La fertilisation organique en région froide Essais des années 2016 à 2018

E. Escarnot³⁴, S. Crémer³⁵, M. De Toffoli³⁶, S. Gofflot³⁷, G. Sinnaeve³⁷ et R. Lambert³⁵

Afin de répondre aux questions concernant les apports de fertilisants organiques en région froide, un essai est mené depuis trois années, en Ardenne, au centre Agri-environnemental de Michamps.

4.4.1 Protocole expérimental

Cet essai est conduit de manière à se rapprocher des conditions de l'agriculture biologique et aucune protection fongicide, aucun régulateur de croissance, aucun herbicide ni insecticide n'ont été appliqués sur la culture d'épeautre. Le semis a été réalisé à 300 grains/m². Aucun désherbage mécanique n'a été effectué sur l'essai car cela ne fut pas nécessaire. Le Tableau 3.19 présente les différentes interventions.

Tableau 3.19 – Itinéraire cultural des essais implantés à Michamps pour les saisons 2016-2016, 2016-2017, 2017-2018.

Année culturale	2015-2016	2016-2017	2017-2018
Précédent	Avoine fourrager	Avoine fourrager	Maïs ensilage
Date de semis	12/10/2015	03/10/2016	17/10/2017
Variété	Cosmos	Sérénité	Sérénité
Application d'engrais minéral	31/3, 22/4, 19/5	6/4, 4/5, 9/6	-
Application d'engrais organique ou de ferme	04/04/16 fientes volaille 05/04/16 fumier de bovin	13/04	06/04 organique du commerce 26/3 fumier de bovin et fientes volailles
Date de récolte	17/08	07/08	07/08

Le protocole théorique comprend six modalités de fertilisation qui sont présentées dans le Tableau 3.20.

³⁴ CRA-W – Dpt Science du Vivant – Unité Amélioration des espèces et biodiversité

³⁵ Centre de Michamps ASBL

³⁶ UCL – Earth & Life Institute – Pôle Agronomie

³⁷ CRA-W – Dpt Valorisation des productions – Unité Technologies de la transformation des produits

Tableau 3.20 – Protocole théorique de l’essai : type d’engrais, dose et fractionnement.

	Objet	T	R	DF	Total
1	Témoin zéro	0	0	0	0
2	Engrais minéral	50	50	50	150
2	Engrais organique du commerce	70			70
3	Fumier de bovin composté	150			150
4	Fumier de bovin composté	230			230
5	Fumier de volaille	150			150
6	Fumier de volaille	230			230

En 2015-2016 et 2016-2017 la modalité 2 correspondait à de l’azote minéral (150 kg N/ha en trois apports identiques) et en 2017-2018 à de l’engrais organique du commerce (un équivalent de 70 kg N/ha avec du 10-4-0 à base de poudre de viande et farine de plume). La modalité 2 avait été basée sur les résultats de l’essai mené en fertilisation azotée minérale au centre de Michamps depuis plusieurs années afin d’avoir une base de comparaison. Après ces deux années d’essai nous avons choisi de comparer avec de l’engrais organique du commerce dont le processus d’utilisation par la plante est plus proche des engrais de ferme que l’engrais minéral. La dose d’engrais organique du commerce a été choisie sur base des pratiques habituelles. En effet, en raison du coût élevé de cet engrais, les agriculteurs n’épandent pas de doses équivalentes à 150 kg N/ha.

Par ailleurs, les engrais de ferme sont vendus avec des doses théoriques de richesse en azote sur base desquelles les apports sont réalisés mais des analyses a posteriori montrent des concentrations différentes, ce qui engendre des apports en équivalent de kg N/ha légèrement différents d’année en année et de modalité en modalité. Le Tableau 3.21 reprend les valeurs réelles d’apport en équivalent de kg N/ha.

Les conditions météorologiques des trois années d’essais ont été très contrastées. La campagne 2015-2016 fut caractérisée par une pluviométrie très élevée, 750 l/m² entre le 1^{er} octobre 2015 et le 15 août 2016, surtout au printemps avec des pluies intenses le 27 mai, le 30 mai et le 2 juin (plus de 25 l/m² par jour). L’ensoleillement était réduit et montrait une très grande variabilité journalière, surtout de début mai à la mi-août. En 2016-2017, le printemps et le début de l’été ont été relativement secs et la pluviométrie a été plus abondante à partir de début juillet. Les températures moyennes ont été relativement élevées au notamment aux mois de juillet et d’août. En 2017-2018, l’hiver fut rigoureux puis le printemps est arrivé précocement en avril et mai avec des températures plus élevées que les normales. Des températures très élevées ont été observées en juin et en juillet associées à un déficit hydrique marqué en raison des faibles pluies.

4.4.2 Analyse des rendements

Après les rendements très faibles en 2016, dus à un manque d’ensoleillement et une grande pluviosité au printemps, et les rendements très élevés en 2017, l’année 2018 a offert des rendements se situant entre ces deux extrêmes. En effet, la sécheresse printanière de 2018 a touché l’essai où les sols peu profonds et caillouteux ne disposent pas de réserve hydrique importante, et a impacté négativement le rendement. La moyenne de l’essai était de 3544 kg/ha en 2016, de 6946 kg/ha en 2017 et 5322 kg/ha en 2018.

3. Fertilisation azotée en Epeautre

Les résultats de l'année 2018 confirment les observations des années précédentes. Un apport d'engrais de ferme permet d'augmenter significativement le rendement.

Tableau 3.21 – Etude de la réponse de l'épeautre à la fumure organique dans l'essai de Michamps pour les saisons 2015-2016, 2016-2017 et 2017-2018.

2016		Cosmos						
	Objet	T	R	DF	Total	Rendement phytotechnique	PHL	Effic.
					(kg N/ha)	(qx/ha)	(kg/hl)	(-)
1	Témoin zéro	0	0	0	0	29	33	-
2	Minéral	50	50	50	150	44	29	10,2
3	Fumier bovin composté	145	-	-	145	32	35	2,4
4	Fumier bovin composté	222	-	-	222	34	34	2,3
5	Fientes de volaille	175	-	-	175	35	34	3,2
6	Fientes de volaille	270	-	-	270	38	33	3,3
2017		Sérénité						
	Objet	T	R	DF	Total	Rendement phytotechnique	PHL	Effic.
					(kg N/ha)	(qx/ha)	(kg/hl)	(-)
1	Témoin zéro	0	0	0	0	67	37	-
2	Minéral	50	50	50	150	72	35	3,7
3	Fumier bovin composté	133	-	-	133	68	37	0,9
4	Fumier bovin composté	203	-	-	203	68	38	0,6
5	Fientes de volaille	156	-	-	156	71	37	2,7
6	Fientes de volaille	244	-	-	244	71	38	1,6
2018		Sérénité						
	Objet	T	R	DF	Total	Rendement phytotechnique	PHL	Effic.
					(kg N/ha)	(qx/ha)	(kg/hl)	(-)
1	Témoin zéro	0	0	0	0	46	38	-
2	Engrais organique	70	-	-	70	53	42	10,0
3	Fumier bovin composté	188	-	-	188	54	43	3,8
4	Fumier bovin composté	288	-	-	288	53	36	2,4
5	Fientes de volaille	141	-	-	141	54	41	5,3
6	Fientes de volaille	221	-	-	221	59	40	5,8

T : tallage, R : redressement, DF : dernière feuille ; PHL : poids à l'hectolitre ; Effic. : coefficient d'efficacité

En 2018, alors que le rendement du témoin sans fertilisation azotée était de 4631 kg/ha, les

autres modalités avec apport d'engrais organique (70 kg N/ha), de fumier de bovin (188 ou 288 kg N/ha) ou de fientes (141 ou 221 kg N/ha) oscillaient entre 5319 et 5921 kg/ha. Le maximum était obtenu avec la dose élevée de fientes (221 kg N/ha) dont le rendement (5921 kg/ha) était significativement supérieur aux autres modalités avec engrais dont les rendements, sans différences significatives entre eux, étaient compris entre 5319 et 5373 kg/ha (Tableau 3.21).

Cette année d'essais permet de confirmer la meilleure efficacité des fientes de volaille par rapport au fumier de bovin. Le coefficient d'efficacité (gain de rendement par équivalent kilo d'azote apporté) oscillait entre 2.4 et 3.8 pour le fumier de bovin alors qu'il se situait entre 5.3 et 5.8 pour les fientes de volaille. L'efficacité de l'engrais organique avec un coefficient à 10 est en partie expliquée par le fait que le niveau d'azote total est plus faible que dans le cas des autres engrais.

En ce qui concerne le poids à l'hectolitre (ou poids spécifique), les observations des trois années montrent que le poids spécifique obtenu avec de l'engrais minéral était plus faible que ceux sous engrais organiques qui sont assez similaires entre eux. Le poids spécifique est un critère commercial plutôt que physiologique ou technologique. Il est hérité du temps où les transactions étaient basées plus sur le volume que sur le poids. Le poids spécifique est influencé par deux éléments principaux. Le premier est la densité de remplissage de l'enveloppe des grains, celle-ci est souvent favorisée par une teneur en protéines élevée en raison de la meilleure agglomération de l'amidon dans la matrice protéique. Cependant dans le cas présent, nous observons simultanément une bonne teneur en protéines et un faible poids spécifique. Le second est l'aptitude à l'agencement spatial des grains les uns par rapport aux autres et serait essentiellement variétal ; à densité égale les grains plus petits laissent plus d'interstices engendrant un poids spécifique plus faible. Dans le cas de l'épeautre, la proportion de balles influencera aussi le poids spécifique. Dans le cas présent, le poids spécifique plus faible sous fertilisation minérale pourrait s'expliquer par des grains plus gros qui engendrent une ouverture plus ample des balles et donc un moins bon agencement spatial.

4.4.3 Qualité de la récolte

Deux années de résultats sur la teneur en protéines nous permettent de mieux évaluer l'impact de la fertilisation sur la teneur en protéines. La teneur en protéines du grain d'épeautre est calculée avec le facteur de conversion de 5.7 car le marché requiert des épeautres panifiables, même si la majorité de la production est valorisée en alimentation animale. De plus, cela permet une comparaison avec le froment pour lequel le même facteur de conversion est utilisé.

L'effet de l'apport d'azote minéral par rapport au témoin zéro est clair, les teneurs étaient de 13.8 et 13.6 % alors qu'elles étaient de 15.4 et 15.3 % pour le témoin minéral respectivement pour 2016 et 2017. La teneur en protéines de la production sous témoin minéral est assez indépendante des conditions météorologiques et indépendante du rendement dans le cas présent.

En revanche, la production avec de l'engrais de ferme montrait des teneurs en protéines plus élevées pour la récolte 2017, en moyenne 14.8 % que pour 2016, en moyenne 13.8 %. Les différences entre les modalités de fertilisation étaient faibles pour l'année 2016. De plus, les apports de fumier de bovin et le faible apport de fientes de volaille offraient des teneurs en

3. Fertilisation azotée en Epeautre

protéines très proches de celle du témoin zéro. Ces résultats s'expliquent par la mauvaise assimilation de l'azote organique en 2016 en raison des conditions météorologiques difficiles.

Pour chaque année, les apports de fumier de bovin, quelle que soit la dose, offraient des teneurs en protéines similaires, 13.6 % avec 145 et 222 kg N/ha en 2016 et 14.5 et 14.6 % avec 133 et 203 kg N/ha en 2017.

En 2016, les apports de fientes de volaille ont permis d'obtenir des teneurs en protéines du même ordre de grandeur 13.9 et 14.2 % que celles du fumier de bovin, probablement encore en raison de la mauvaise assimilation de l'azote en raison des conditions météorologiques. En 2017 en revanche, l'apport le plus important de fientes de volaille 244 kg N/ha a permis d'obtenir une teneur en protéines aussi importante que celle de l'azote minéral, avec 15.3 % (Figure 3.8).

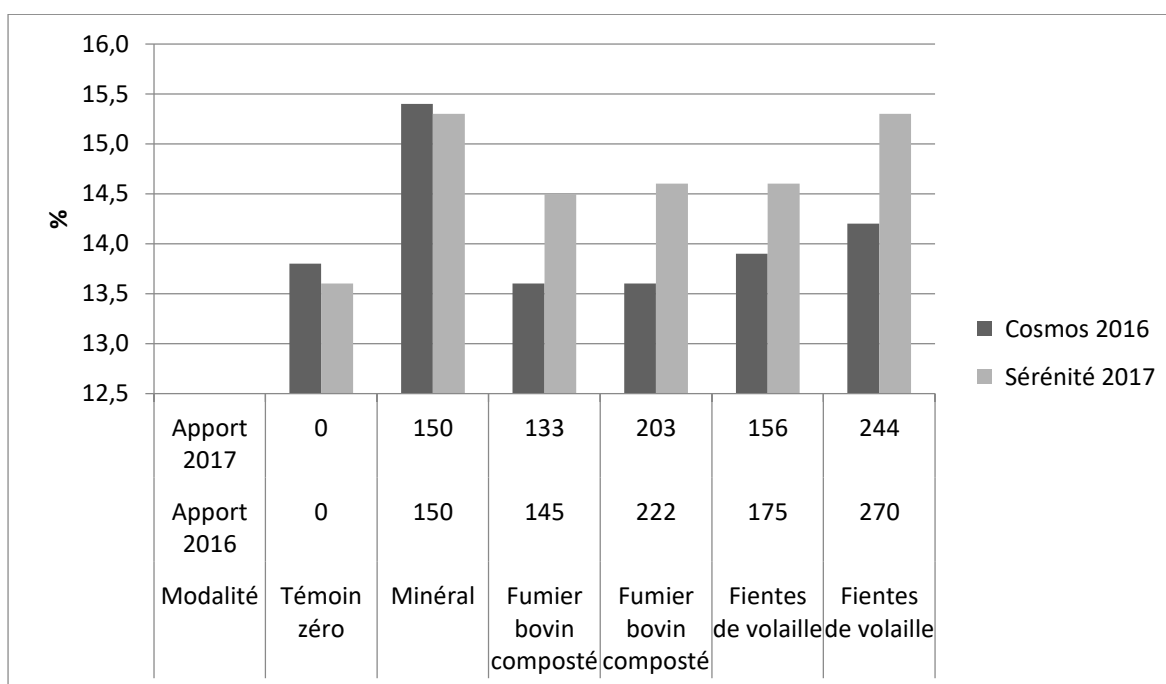


Figure 3.8 – Teneurs en protéines (N*5.7 %) selon les modalités de fertilisation (quantités apportées en kg N/ha) dans les essais réalisés à Michamps pour les saisons 2015-2016 et 2016-2017.

L'impact des différentes fumures sur l'indice de Hagberg est très faible, aucune différence importante n'a été observée. En ce qui concerne l'indice de Zélény et le ratio Z/P, ils étaient légèrement plus faibles pour le témoin zéro (41 ml et 2.8), qui avait également une teneur en protéines moindre. Les autres modalités offraient des indices de Zélény (47 à 51 ml) et des ratios Z/P (2.9 à 3.0) similaires (Tableau 3.22).

Tableau 3.22 – Indices de Hagberg, de Zélény et ratio Zélény/Protéines (Z/P) selon les modalités de fertilisation organique dans les essais réalisés à Michamps pour la saison 2016-2017.

Objet			Hagberg C15	Zélény	Z/P	
			(kg N/ha)	(s)	(mL)	
1	Témoin zéro		0	336	41	2,8
2	Minéral		150	365	51	3,0
3	Fumier bovin composté		133	351	47	3,0
4	Fumier bovin composté		203	369	43	2,7
5	Fientes de volaille		156	327	47	2,9
6	Fientes de volaille		244	347	49	2,9

4.4.4 Reliquats azotés

En 2017 et 2018, les reliquats azotés (nitrate et ammonium) effectués à l'automne/hiver qui suit la récolte des essais, ne montrent pas de différences significatives en fonction du type ni du niveau de fertilisation. Nous constatons que la fertilisation avec la dose élevée de fientes de volaille donne chaque année le reliquat le plus élevé. En comparant les deux années, nous observons une valeur plus faible en 2018, vraisemblablement due à la date d'échantillonnage plus précoce et à une moindre minéralisation post récolte. Avec des reliquats moyens de 70 et 57 kg Nmin/ha respectivement pour les récoltes 2017 et 2018, les valeurs peuvent être qualifiées d'élèves en 2017 et de faibles en 2018, au regard des reliquats d'azote potentiellement lessivable mesurés en haute Belgique pour les années et la classe de culture (A3) considérées. En effet les reliquats d'APL sont plus faibles en 2017 qu'en 2018 (Figure 3.9 et Figure 3.10).

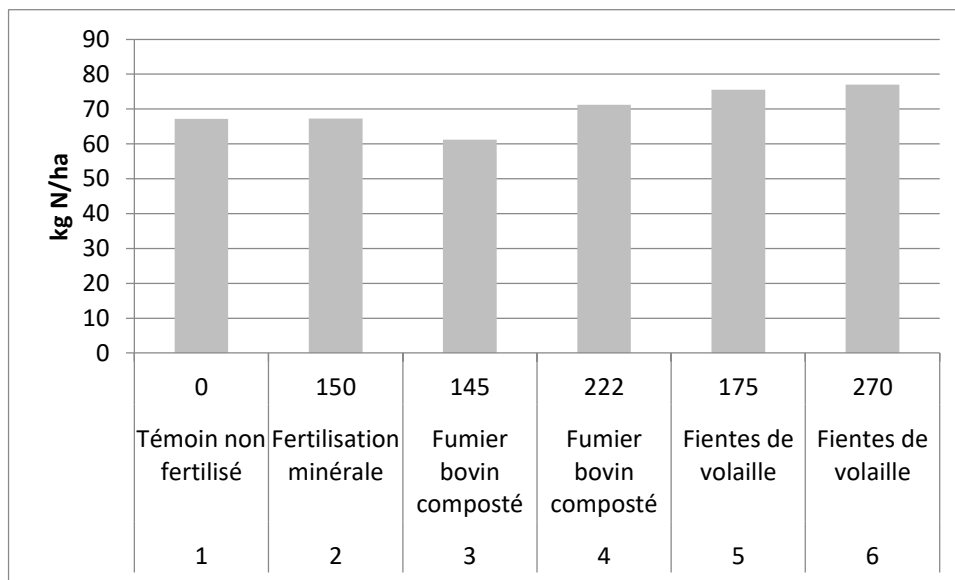


Figure 3.9 – Reliquat en azote minéral sur 90 cm selon les modalités de fertilisation azotée de l'épeautre récolté en 2017 ; Michamps, hiver 2017.

3. Fertilisation azotée en Epeautre

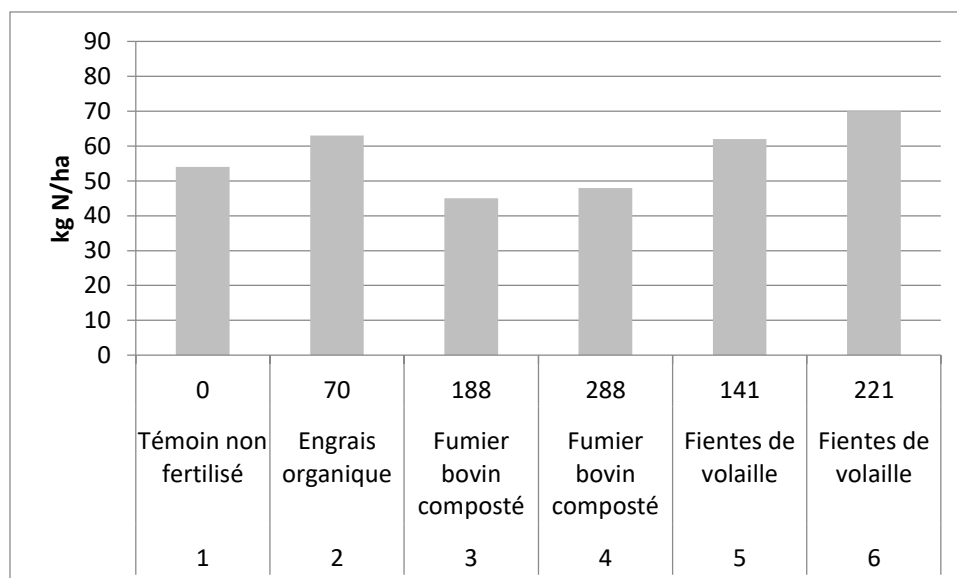


Figure 3.10 – Reliquat en azote minéral sur 90 cm selon les modalités de fertilisation azotée de l'épeautre récolté en 2018 ; Michamps, automne 2018.

4.4.5 Conclusion

L'étude de la fertilisation azotée minérale (cf. point 4.1 page 50) permet de calculer la rentabilité des apports, ce qui est malheureusement plus complexe pour une étude faisant intervenir des engrais de ferme. Une telle étude serait basée sur le coût de l'apport d'azote uniquement alors que les engrais de ferme servent également de fumure de fond grâce à leur richesse en phosphore et en potasse. Leur prix est donc basé sur les teneurs en différents minéraux leur conférant une valeur plus élevée en €/tonne que l'engrais minéral. Pour les fermes qui ont une production animale, ces engrais sont un sous-produit qu'elles ont l'opportunité de valoriser en respectant certaines normes. Finalement, le coût de ces engrais réside principalement dans leur gestion et l'opération d'épandage.

Quant aux engrais organiques du commerce, leur prix très élevé engendre forcément un bilan économique négatif mais leur utilisation peut se justifier lorsque la structure de l'exploitation, l'indisponibilité d'engrais de ferme ou un cahier des charges particulier l'exige. Les exploitations sans production animale devraient probablement dans ce cas plutôt favoriser l'échange paille/fumier en raison des effets bénéfiques des engrais de ferme. En effet, même si leur efficacité est variable selon les années, l'apport d'engrais de ferme est toujours bénéfique pour la culture et la parcelle : effets positifs sur la teneur en matière organique, la structure du sol, l'activité biologique, la régulation du pH et de l'eau du sol. Les effets des engrais de ferme ne sont pas totalement visibles sur une seule année de culture. Ils apportent des éléments qui ont des impacts pendant plusieurs années mais qui sont difficilement quantifiables. Il est donc nécessaire de les considérer dans leur globalité à l'échelle de la rotation.