

# 4. La fumure azotée

---

R. Meza<sup>1</sup>, B. Monfort<sup>2</sup>, B. Dumont<sup>3</sup>, O. Mahieu<sup>4</sup>, C. Roisin<sup>5</sup>, C. Vandenberghe<sup>6</sup>, L. Blondiau<sup>4</sup>, C. Collin<sup>7</sup>,  
J-P. Destain<sup>8</sup>, et B. Bodson<sup>8</sup>

<b>1</b>	<b>La fumure en froment .....</b>	<b>3</b>
1.1	Bilan de la saison 2013-2014 .....	3
1.2	Expérimentation, résultats, perspectives .....	4
1.2.1	Résultats obtenus dans l'essai de Loncée.....	4
1.2.2	Résultats de l'essai micro-capteurs - Impact de la fumure sur le taux de protéines .....	7
1.2.3	Essai de comparaison de fumures réalisé à Ath .....	8
1.3	Recommandations pratiques.....	9
1.3.1	Azote minéral du sol sous froment d'hiver, situation au 10 février 2015.....	9
1.3.2	Les objectifs .....	12
1.3.3	Les principes de base de la fixation de la fumure azotée .....	12
1.3.4	Le rythme d'absorption de l'azote par la culture .....	13
1.3.5	La détermination pratique de la fumure .....	15
1.3.6	Les modalités d'application des fumures.....	16
1.3.7	Calcul de la fumure azotée pour 2014.....	19

---

<sup>1</sup> ULg – Gx-ABT – Unité de Phytotechnie des régions tempérées – Production intégrée des céréales en Région Wallonne, subsidié par la DGARNE du Service Public de Wallonie

<sup>2</sup> Projet APE 2242 (FOREM) et projet CePicOP (DGARNE – Ministère de l'Agriculture et de la Ruralité du Service Public de Wallonie)

<sup>3</sup> ULg – Gx-ABT – Unité de Mécanique et Construction

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

<sup>5</sup> CRA-W – Dpt Agriculture et milieu naturel – Unité Fertilité des sols et protection des eaux

<sup>6</sup> ULg – Gx-ABT – Unité de Science du sol – Grenera

<sup>7</sup> Requasud – Laboratoire de la Province de Liège

<sup>8</sup> ULg – Gx-ABT – Unité de Phytotechnie des régions tempérées

<b>2</b>	<b>La fumure en escourgeon.....</b>	<b>34</b>
2.1	Les particularités de l'année culturale 2013-2014.....	34
2.2	Résultats des expérimentations en 2014.....	34
2.2.1	L'essai fumure à Ath en 2014.....	34
2.2.2	La fumure azotée aux Isnes en 2014.....	35
2.2.3	Fumure azotée économiquement optimale à Gembloux en moyenne depuis 2004 à 2014.....	35
2.2.4	La forme de l'engrais (solide ou liquide) influence son efficacité.....	36
2.3	Les recommandations pratiques.....	37
2.3.1	Conditions particulières de 2015, profil en azote minéral du sol en escourgeon et état des cultures en sortie d'hiver.....	37
2.3.2	La détermination pratique de la fumure.....	38
2.3.3	Les modalités d'application de la fumure azotée.....	38
2.3.4	Calcul de la fumure azotée pour 2015.....	39
<b>3</b>	<b>Fumure azotée de l'épeautre en région limoneuse et en région froide d'Ardenne.....</b>	<b>46</b>
3.1	Introduction.....	46
3.2	Conditions climatiques.....	47
3.3	Résultats et analyse.....	48
3.3.1	Région limoneuse – Gembloux.....	49
3.3.2	Région froide d'Ardenne – Michamps.....	52
3.4	Conclusion.....	56

# 1 La fumure en froment

## 1.1 Bilan de la saison 2013-2014

La saison 2013-2014 a débuté dans d'excellentes conditions climatiques, surtout au début du mois d'octobre, qui ont permis à de nombreux agriculteurs de commencer leurs semis sous un temps sec, ensoleillé et avec des températures relativement élevées, jusqu'au début de la deuxième décennie du mois d'octobre. Les semis du mois de novembre ont été perturbés par les pluies durant toute la première décennie. Les semis du mois de décembre ont été effectués dans de meilleures conditions que ceux réalisés au mois de novembre.

La saison a été marquée par un automne aux températures supérieures aux moyennes saisonnières et par un hiver doux et clément. Les gelées hivernales ont été absentes ou quasi selon les régions.

Des températures nettement supérieures à la normale ont été enregistrées jusqu'à la fin avril, période pendant laquelle les précipitations ont été inférieures à la normale.

Une conséquence majeure de cette absence d'hiver fut la croissance continue des cultures. En sortie d'hiver certains stades de développement étaient très avancés, enregistrant pour certains une avance de 1 à 3 semaines par rapport aux années considérées comme normales. Le tableau 4.1 présente les dates des stades enregistrés depuis 2011. Rappelons que l'hiver 2013 a été long.

**Tableau 4.1 – Stades enregistrés dans la culture de froments depuis 2011 - Lonzée.**

Année de récolte	Semis	Densité	Variété	Stades		
				Tallage	Redressement	Dernière Feuille
2011	25/10/2010	250g/m <sup>2</sup>	KWS Ozon	16-mars	14-avr	11-mai
2012	20/10/2011	250g/m <sup>2</sup>	KWS Ozon	19-mars	5-avr	16-mai
2013	19/10/2012	250g/m <sup>2</sup>	KWS Ozon	8-avr	29-avr	28-mai
<b>2014</b>	21/10/2013	250g/m <sup>2</sup>	KWS Ozon	12-mars	7-avr	6-mai

Le développement hâtif des cultures au cours de l'hiver 2014 s'est résorbé au cours de la saison.

Jusqu'au stade dernière feuille, l'ensemble des interventions dans la culture a pu être réalisé sans problèmes majeurs et aux stades adéquats.

La pluviosité et les températures du mois de juillet ont été légèrement plus élevées que la normale. Pour le mois d'août, les températures ont été en dessous des normales et la pluviosité a été supérieure aux normales saisonnières. L'été 2014 peut dès lors être considéré comme un été pluvieux.

De façon générale, la moisson se dessinait comme une moisson facile et sans trop de problèmes. Certains agriculteurs avaient même commencé leur moisson vers le 20 juillet (ce qui s'est révélé un peu trop tôt dans certains cas) tandis que dans les essais de froment, les premières parcelles ont été battues à partir du 2 août. C'est à partir du 6 août que la pluie a perturbé le bon déroulement de la moisson, la rendant épisodique avec en prime des taux d'humidité des grains élevés. Chez beaucoup d'agriculteurs, comme dans nos essais, la fin de la moisson n'a pu avoir lieu qu'à la première semaine du mois de septembre. Ces mauvaises conditions à la récolte ont influencé négativement la qualité des grains mais également la qualité de la paille.

### **1.2 Expérimentation, résultats, perspectives**

Ci-dessous, les résultats de 3 essais sont présentés. Deux d'entre eux ont été mis en place dans la région de Gembloux (Lonzée et Gembloux) et le dernier a été implanté à Ath.

#### **1.2.1 Résultats obtenus dans l'essai de Lonzée**

L'essai fumure à Lonzée, implanté après précédent betterave, a été mis en place par l'Unité de Phytotechnie des Régions Tempérées de Gembloux Agro-Bio Tech (ULg), en collaboration avec l'Unité Fertilité des sols et Protection des eaux du CRA-W.

Remarque : au cours de la nuit du 20 mai, un orage violent a frappé le site de Lonzée, ce qui a provoqué le déchiquetage des dernières feuilles ainsi que le sectionnement de certaines tiges. Malgré ces dégâts, les rendements observés ont été élevés, dépassant les 10 tonnes par hectare. De plus, la variabilité dans l'essai était tout à fait correcte. Dès lors, les résultats sont entièrement exploitables.

Le tableau 4.2 précise la conduite culturale de l'essai.

**Tableau 4.2 – Conduite culturale de l'essai « fumure azotée » 2014 à Lonzée.**

Variété	<b>KWS Ozon</b>	Panifiable
Date de semis	21-oct	250 gr/m <sup>2</sup>
Précédent	Betterave	
Teneur en N total en sortie hiver sur 90cm (uN)	64	
Apport de fumure	12-mars	Tallage (T)
	07-avr	Redressement (Red)
	06-mai	Dernière feuille (DF)
Désherbage	01-avr	Capri (200g/ha) + Pacifica (200g/ha) + Primus (80ml/ha) + Huile (1l/ha)
Raccourcisseur	10-avr	CCC 1L/ha
Fongicide	10-avr	Horizon EW (1L/ha)
	16-mai	Aviator Xpro (1,25L/ha)
	06-juin	Opus plus (1,5L/ha)
Insecticide	néant	
Récolte	03-août	

Tableau 4.3 – Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), nombre d'épis/m<sup>2</sup>, poids de 1 000 grains PMG (g) et poids à l'hectolitre PHL (kg/hl) observés dans l'essai « fumure azotée » de Lonzée 2014 – Variété KWS Ozon, précédent betteraves.

N° Objet	Fumure azotée (uN/ha)				KWS Ozon				
	T 12-mars	R 7-avril	DF 6-mai	Total	Rdt phytot (qx/ha)	Rdt Eco (qx/ha)	Nbre épis/m <sup>2</sup>	PMG (g)	PHL (kg/hl)
1	0	0	0	<b>0</b>	68	68	328	58	77
2	50	-	-	<b>50</b>	93	89	388	55	79
3	-	50	-	<b>50</b>	93	89	405	56	79
4	-	-	50	<b>50</b>	90	86	414	56	79
5	50	50	-	<b>100</b>	105	98	455	54	80
6	50	-	50	<b>100</b>	102	95	446	56	80
7	-	50	50	<b>100</b>	98	91	426	56	80
8	50	50	50	<b>150</b>	110	100	460	55	80
9	50	50	75	<b>175</b>	111	99	413	55	80
10	50	50	100	<b>200</b>	112	98	445	54	81
11	50	50	125	<b>225</b>	113	97	462	55	81
12	50	75	50	<b>175</b>	111	99	504	54	81
13	50	75	75	<b>200</b>	112	98	463	54	81
14	50	75	100	<b>225</b>	115	99	522	54	81
15	75	75	-	<b>150</b>	109	99	414	54	80
16	75	-	75	<b>150</b>	111	100	415	53	81
17	-	75	75	<b>150</b>	109	98	445	55	80
18	75	75	75	<b>225</b>	114	98	487	54	81
19	75	75	50	<b>200</b>	112	98	466	54	81
20	75	75	100	<b>250</b>	<b>117*</b>	99	<b>519*</b>	53	81
21	-	75	50	<b>125</b>	105	97	413	55	80
22	75	-	50	<b>125</b>	109	100	392	55	81
23	-	75	100	<b>175</b>	110	97	441	55	81
24	75	-	100	<b>175</b>	114	<b>102*</b>	430	55	81
25	100	-	-	<b>100</b>	104	97	443	54	80
26	-	100	-	<b>100</b>	103	96	463	56	80
27	-	-	100	<b>100</b>	100	93	375	56	80
28	100	-	50	<b>150</b>	109	99	445	54	81
29	-	100	50	<b>150</b>	110	100	492	55	80
30	100	-	75	<b>175</b>	113	100	474	55	81
31	-	100	75	<b>175</b>	110	97	417	55	80
32	100	100	-	<b>200</b>	109	95	453	53	81
33	100	-	100	<b>200</b>	112	98	428	53	81
34	-	100	100	<b>200</b>	109	95	459	55	80
35	100	100	100	<b>300</b>	112	91	464	52	81
<b>36 - LB</b>	50	60	75	<b>185</b>	113	100	422	55	81
<b>37 - LB</b>	80	-	105	<b>185</b>	113	100	469	55	81

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

Pour bien interpréter l'analyse des résultats, voici quelques remarques :

- Le rendement phytotechnique est défini comme le rendement brut obtenu sur la parcelle ;
- Le rendement économique représente la valeur de la production (rendement phytotechnique) de laquelle on déduit l'équivalent (qx/ha) correspondant au coût de l'engrais azoté mis en œuvre.

L'ensemble des rendements économiques repris dans ce point « Expérimentation, résultats, perspectives » est exprimé selon le rapport 7 (1 kg N = 7 kg de froment). Le prix de vente retenu pour le froment est de 160 €/T et le prix de l'azote à la tonne (ammonitrate 27%) est de 300 €.

Le tableau 4.3 reprend les rendements obtenus pour l'essai.

Le rendement phytotechnique maximal, de 117 qx/ha, a été obtenu avec une fumure totale de 250kg N/ha (75-75-100). D'autres fumures totales comprises entre 175 et 300 kg N/ha (avec différents fractionnements) ont également permis d'atteindre des rendements statistiquement équivalents (valeurs grisées dans le tableau 4.3).

La fumure maximale de 300kg N/ha en 3 apports (100-100-100) a obtenu un rendement plus faible que le maximum observé mais il lui est statistiquement semblable.

Les fumures « Livre blanc » en 2 ou 3 apports (80-105 et 50-60-75) ont conduit à un rendement statistiquement équivalent au rendement maximal.

Pour l'agriculteur, c'est le rendement économique qu'il faut retenir. En observant la colonne « Rdt Eco » du tableau 4.3, le rendement optimum est de 102 qx/ha et est obtenu avec une fumure de 175 kg N/ha en 2 fractions (75-0-100).

Les fumures conseillées par le « Livre Blanc » ont également permis d'atteindre des rendements économiques statistiquement équivalents au rendement optimal.

Les fractionnements surlignés en gris dans la colonne « Rdt Eco » du tableau 4.3 correspondent aux fumures ayant un rendement équivalent au plus élevé. La fumure la plus faible permettant d'atteindre un rendement économique équivalent au maximum est de 100 kg N/ha (50-50-0).

#### Nombre d'épis/m<sup>2</sup>

Pour la grande majorité des modalités des fumures azotées testées, le nombre d'épis/m<sup>2</sup> est supérieur à 400 épis (résultats semblables à ceux obtenus en 2013). L'année 2014 peut donc être également considérée comme une année normale du point de vue du potentiel de rendement. Pour que le froment exprime pleinement son potentiel de rendement, une densité modérée d'épis au mètre carré, de l'ordre de 400 à 500 épis, est nécessaire.

Durant la saison, la culture a bénéficié d'une luminosité optimale, d'eau et d'éléments nutritifs en suffisance, ce qui est très important pour le développement de la culture et donc pour le rendement. Cela explique notamment pourquoi les rendements en 2014 ont été élevés.

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

Le remplissage du grain (PMG) a été optimal en 2014. En effet, il a été supérieur à la normale pour l'ensemble des modalités d'application, c'est-à-dire d'environ 55g pour 1.000 grains.

Le poids à l'hectolitre (PHL) pour l'ensemble des modalités d'application de la fumure azotée a atteint au minimum 77 kg/hl, avec un maximum de 81 kg/hl.

### 1.2.2 Résultats de l'essai micro-capteurs - Impact de la fumure sur le taux de protéines

L'expérimentation avec des micro-capteurs de données climatiques mise en place depuis 6 ans par Gembloux Agro-Bio Tech (ULg), en collaboration avec le CRA-W, comporte 16 modalités de fumure comparées avec un témoin (0N) et permet d'étudier les différents effets climatiques à l'échelle micro-locale. L'objectif de ces recherches est d'adapter plus finement la fertilisation azotée aux conditions de la parcelle et de la culture.

Le précédent cultural était de la féverole et selon la méthode de calcul du Livre Blanc, la fumure azotée conseillée était de 155 kg N/ha (50-40-65). Les résultats obtenus dans cet essai, pour la variété Edgar, sont présentés en figure 4.1. L'azote minéral total présent dans le profil après l'hiver était de 102 kg N/ha.

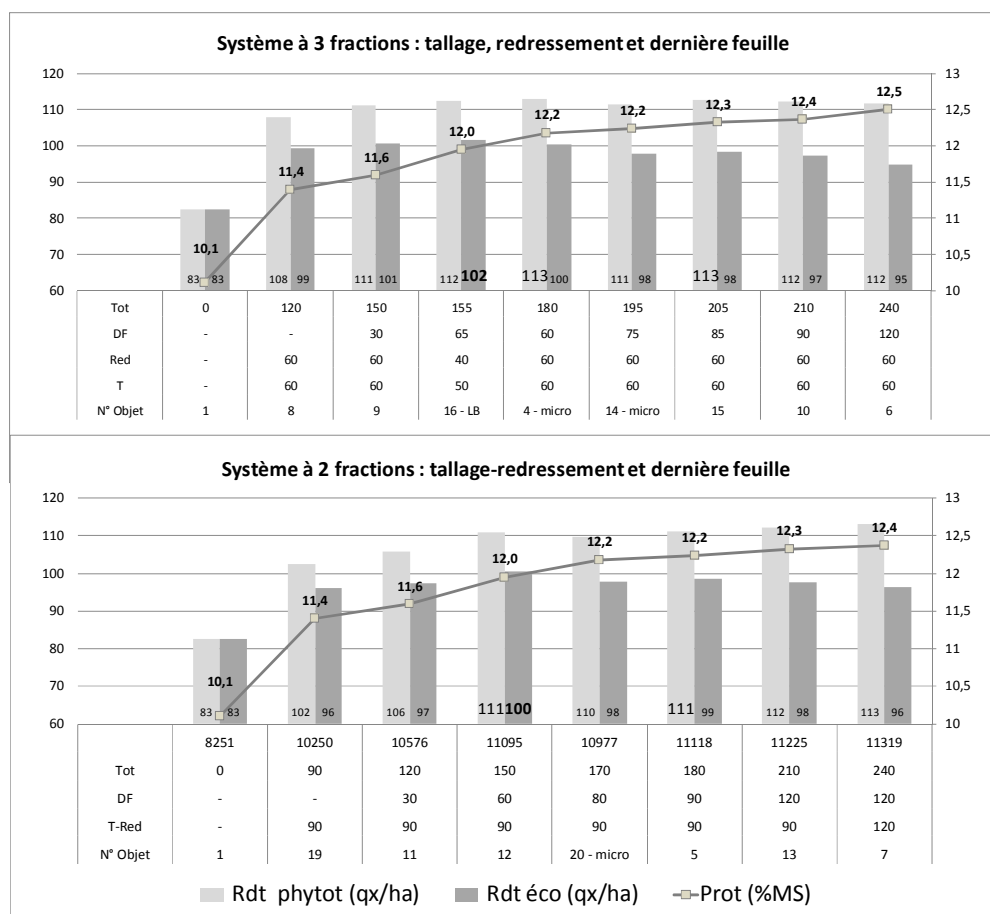


Figure 4.1 – Rendements phytotechniques, rendements économiques (qx/ha) et teneurs en protéines (%) dans l'essai micro-capteurs (2014) - Gembloux.

Dans cet essai, comme dans l'essai précédent, les rendements phytotechniques ont été élevés quel que soit le système de fractionnement utilisé (2 ou 3 fractions). Ces rendements élevés peuvent s'expliquer par le fait que la quantité d'azote minéral total en sortie d'hiver était très

élevée (suite au précédent févérole). Le rendement du témoin sans apport de fumure azoté le confirme : 83 qx/ha (voir figure 4.1).

Le rendement phytotechnique maximal pour 2 ou 3 fractions est de 113 qx/ha. Ce rendement a été obtenu avec les fumures totales de 180 et de 205 kg N/ha pour le système à 3 fractions, alors que pour celui à 2 fractions, la fumure totale est 240 kg N/ha. Les rendements obtenus, dans les deux systèmes, à partir de 150 kg N/ha ne sont pas statistiquement différents du rendement le plus élevé.

Le rendement économique maximal est de 102 qx/ha et a été obtenu avec une fumure totale de 155 kgN/ha, appliquée dans le système à trois fractions (50-40-65). Les fumures à partir de 120 kgN/ha jusqu' à 205 kgN/ha ont obtenu un rendement économique statistiquement équivalent au plus élevé.

Dans le système à deux fractions, le rendement économique le plus élevé est de 100 qx/ha avec une fumure totale de 150 kgN/ha (60-90). Dans ce système, tous les fractionnements étudiés ont un rendement statistiquement équivalent.

La variété Edgar est une variété à caractère panifiable. Les teneurs en protéines observées pour cette variété sont les suivantes (figure 4.1) :

- 10.1% (pour le témoin) ;
- 12.5% (pour la fumure à dose maximale en trois apports) ;
- 12.6% (pour la fumure à dose maximale en deux fractions).

La figure 4.1 indique clairement que l'augmentation de la fumure, principalement lors de la dernière fraction, permet d'accroître la teneur en protéines. Ce constat est aussi valable pour les deux systèmes de fractionnement, à savoir en deux ou en trois apports.

Avec un excès de fumure par rapport à celle engendrant l'optimum économique, le taux en protéines est plus élevé. En effet, le rendement économique commence à diminuer à partir de 210 kgN/ha dans cet essai.

### **1.2.3 Essai de comparaison de fumures réalisé à Ath**

Pour la saison 2013-2014, le CARAH a mis en place un essai de comparaison entre 8 modalités de fumure azotée sur la variété Henrik après précédent maïs ensilage. L'objet 5 permet de tester le conseil donné par le laboratoire.

L'analyse statistique montre une différence significative entre le témoin (objet 1) et les fumures azotées (objets de 2 à 8) pour les rendements phytotechniques et économiques.

Le rendement phytotechnique le plus élevé est obtenu avec la fumure de 240 kg N/ha. Entre les fumures testées, il n'y a pas de différence significative pour le rendement phytotechnique.



Tableau 4.4 – Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), poids à l'hectolitre PHL (kg/hl) et taux de protéines (%) observés dans l'essai « fumure azotée » de Ath 2014 – Variété Henrik, précédent maïs ensilage.

N° Objet	Fumure azotée (uN/ha)				Henrik				
	T 17-mars	R 8-avril	DF 9-mai	Total	Rdt phytot (qx/ha)	Rdt Eco (qx/ha)	PHL (kg/hl)	Zélény	Protéines
1	-	-	-	<b>0</b>	84	84	75,8	11,0	8,5
2	40	40	40	<b>120</b>	122	<b>114*</b>	78,3	18,3	9,8
3	50	50	50	<b>150</b>	124	<b>114*</b>	78,9	22,0	10,4
4	60	60	60	<b>180</b>	122	110	78,7	22,8	10,9
5	70	60	80	<b>210</b>	124	109	78,4	25,1	11,4
6	100	40	70	<b>210</b>	126	112	78,8	20,1	11,1
7	80	70	90	<b>240</b>	<b>129*</b>	112	78,2	23,0	11,8
8	90	80	100	<b>270</b>	124	105	78,1	21,4	11,5

\* Les valeurs en gras représentent le rendement phytotechnique maximal observé et le rendement économique maximal. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale.

Les fumures totales de 120 et 150 kg N/ha donnent le rendement économique optimal, qui est de 114 qx/ha.

Pour une variété fourragère, la teneur en protéines n'est pas cruciale ; une fumure totale de 120 (40-40-40) kg N/ha permettant de garantir un bon rendement était donc suffisante.

Dans cette situation culturale, les quantités d'azote présentes dans le sol en sortie d'hiver étaient relativement faibles (39 kg N/ha sur 90 cm), ce qui a conduit à une préconisation de fumure assez élevée (210 kg N/ha) par le laboratoire d'analyse.

### **1.2.4 Enseignements**

Les résultats de ces trois essais démontrent, une fois de plus, que les préconisations de fumure, selon le calcul proposé par le Livre Blanc, permettent d'atteindre ou de s'approcher de très près de la fumure économiquement optimale même dans le cas de rendements très élevés tournant autour des 11 à 12 T de grains par hectare.

## **1.3 Recommandations pratiques**

### **1.3.1 Azote minéral du sol sous froment d'hiver, situation au 10 février 2015**

#### **1.3.1.1 Climat en automne et hiver 2014-2015**

Les températures du mois d'août ont été légèrement inférieures à la normale (tableau 4.5). Les températures des mois de septembre, octobre et novembre ont été supérieures, voire bien

#### 4. La fumure azotée

supérieures, à la normale. Les températures du mois de décembre et janvier sont dans la normale.

La pluviosité observée au mois d'août a été largement supérieure à la normale, elle était normale durant le mois de septembre. Durant les mois d'octobre et novembre, la pluviosité a été inférieure à la normale. La fin de l'année 2014 (décembre), comme le début de l'année 2015 (janvier), ont enregistré des pluviosités bien supérieures à la normale.

Les conditions de minéralisation à la fin de l'été et durant l'automne ont donc été correctes.

**Tableau 4.5 – Températures et précipitations moyennes enregistrées en 2014-2015 (Ernage - Gembloux).**

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
Température moyenne (°C)						
Observée	16,2	15,8	13,5	8,5	3,7	3,1
Normale	17,1	14,1	10,6	6,2	3,3	2,5
Précipitations (mm)						
Observées	136	69	56	36	96	98
Normales	82	62	69	68	76	69

#### 1.3.1.2 Situation moyenne du profil en azote minéral du sol au 10 février 2015

Un échantillonnage des profils en froment d'hiver a été réalisé sur 90 cm (tableau 4.6) dans 137 situations culturales. Ces profils ont été réalisés par l'Unité Fertilité des sols et Protection des eaux du CRA-W, par Grenera de Gx-ABT ainsi que par les laboratoires provinciaux de Liège (Tinlot) et du Hainaut (Ath).

**Tableau 4.6 – Profil en azote minéral du sol sur 90 cm pour différents précédents (kg N-NO<sub>3</sub>/ha).**

	Précédents	Betterave	Pomme de terre	Colza	Légumineuses (pois, féveroles, )	Maïs	Lin	Froment	Chicorée	Endives	Orges de printemps	Epinards
	<b>Nb de situations</b>	<b>34</b>	<b>33</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
Profondeur	0-30 cm	9	10	9	10	9	11	10	6	6	12	10
	30-60 cm	11	16	15	18	12	15	14	7	7	13	15
	60-90 cm	11	20	20	23	14	17	23	8	8	15	16
<b>Total</b>	<b>0 - 90 cm</b>	<b>30</b>	<b>46</b>	<b>44</b>	<b>51</b>	<b>35</b>	<b>43</b>	<b>47</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>41</b>	<b>40</b>
	Min	12	15	26	11	13	17	34	10	17	26	25
	Max	109	128	78	95	102	65	62	30	26	54	48

Après cultures de betteraves et de pommes de terre, les reliquats moyens sont un peu plus faibles que les années précédentes. Ces moyennes masquent cependant une grande variabilité attribuable aux dates de récolte étalées pour ces deux cultures. A cela s'ajoutent les différents débouchés en culture de pomme de terre qui laissent des reliquats plus ou moins importants. Pour les autres cultures, les reliquats sont proches des mesures réalisées les années antérieures.

Les résultats des profils obtenus au moment d'écrire cet article sont similaires à ceux observés en février 2014 ; ils sont à nouveau caractérisés par des horizons 0-30 cm et 30-60 cm

contenant des teneurs en nitrates plutôt faibles, par contre l'horizon 60-90 cm est souvent légèrement plus riche en azote. Au-delà de 90 cm, le stock en nitrates, non mesuré, est probablement élevé, en particulier pour les précédents culturaux favorables à la minéralisation automnale comme la pomme de terre et les légumineuses.

Les profils observés en Hainaut après précédent maïs sont en moyenne un peu plus riches qu'en Hesbaye ; ce constat peut s'expliquer par le niveau de restitution de matières organiques souvent un peu plus élevé suite à la fréquence plus élevée d'exploitations mixtes et des taux de liaison au sol (LS) plus souvent proches de 1 dans cette région.

Le tableau 4.7 présente la comparaison des résultats moyens des 10 dernières années de reliquats en azote minéral (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) présent dans l'horizon 0-90cm du sol en culture de froment d'hiver. Ce tableau montre une évolution favorable des reliquats azotés dans le sol. En effet, au cours des 3 dernières années, la moyenne des reliquats sur l'horizon de sol 0-90 cm est plus faible que ce qui avait été mesuré avant 2013. Cette diminution doit être analysée en tenant compte du nombre de situations échantillonnées qui a fortement augmenté ces 3 dernières années. Néanmoins, si on analyse les reliquats mesurés depuis 2006, on observe une décroissance de ceux-ci aux cours des années ; cette évolution illustre une meilleure adéquation entre les fertilisations azotées et les besoins des cultures précédant le froment d'hiver.

**Tableau 4.7 – Comparaison pour les 10 dernières années des réserves en azote minéral du profil du sol (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) –CRA-W, Services provinciaux (Ath et Tinlot) et Grenera de GxABT.**

	Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Moy.
	Nb de situations	12	11	33	25	30	45	48	118	156	<b>137</b>	
Profondeur (cm)	0-30	23	15	15	13	12	14	13	10	11	<b>9</b>	14
	30-60	24	26	25	21	17	19	20	13	14	<b>13</b>	19
	60-90	16	21	31	19	25	19	24	17	18	<b>16</b>	21
	<b>Total 0-90</b>	<b>63</b>	<b>62</b>	<b>71</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>52</b>	<b>57</b>	<b>40</b>	<b>43</b>	<b>38</b>	<b>53</b>
	90-120	10	12	18	10	12	14	*	*	*	*	13
	120-150	9	11	17	7	12	13	*	*	*	*	12
	<b>Total 0-150</b>	<b>82</b>	<b>85</b>	<b>106</b>	<b>70</b>	<b>78</b>	<b>78</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>*</b>	<b>83</b>

\* : pas de mesures réalisées.

### 1.3.1.3 Etat des cultures en sortie d'hiver

Dans les semis de la plateforme de Lonzée, à la date du 10 février, les stades des froments observés dans les essais « dates de semis » sont :

- Semis de mi-octobre : tallage ;
- Semis de mi-novembre : 2-3 feuilles ;
- Semis de mi-janvier : levée.

Dans la majorité des emblavements, quelle que soit la région, les cultures sont en bon état et ont atteints des stades de développement normaux.

##### **1.3.1.4 Conseils en fonction de l'état des cultures**

Compte tenu des résultats obtenus dans les essais « fumure » au cours des dernières années dans lesquels les fumures calculées sur base de la méthode du Livre Blanc permettaient d'atteindre l'optimum économique et vu que les conditions climatiques rencontrées depuis les semis, les profils mesurés et l'état des cultures sont proches de la normale, la fumure de référence reste d'application (voir 1.3.5.1).

Le schéma de fumure en 3 fractions sera donc privilégié dans la majorité des situations en raison du niveau faible des disponibilités dans les horizons supérieurs du profil.

Le schéma de fumure en 2 fractions sera pour sa part réservé aux froments semés précocement après des précédents récoltés durant l'été.

##### **1.3.2 Les objectifs**

Le raisonnement de la fumure selon la méthode du « Livre blanc » a pour objectif principal de s'approcher le plus près possible de **l'optimum économique** (rendement moins coûts de la fertilisation). Le raisonnement de la fumure est intégré dans un mode de conduite de la culture où la densité de végétation est modérée et où les interventions visant à protéger la culture de la verse et des maladies cryptogamiques sont raisonnées en fonction de leur rentabilité.

*Le fractionnement et la répartition des doses entre fractions recommandées permettent :*

- de réduire les risques de verse et de développement des maladies ;
- de satisfaire aux normes technologiques.

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

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

##### **1.3.3 Les principes de base de la fixation de la fumure azotée**

La fumure minérale azotée du froment d'hiver est calculée en confrontant **les besoins de la culture** (de l'ordre d'un peu plus de 3 kg d'azote par quintal de grains produits) et **les sources naturelles d'azote minéral dans le sol** que sont le reliquat de la culture précédente et la minéralisation nette de l'humus et des résidus de récolte.

Il faut, pour réaliser un ajustement de la fumure, disposer d'une bonne estimation de l'azote fourni par ces sources naturelles qui varie en fonction du type de précédent, de la nature du sol, du climat et de la gestion organique.

Le rythme d'absorption de l'azote par le froment est faible en début de culture et s'intensifie à partir du stade redressement. Il devient très important à l'approche du stade dernière feuille. C'est quasi 50 % du prélèvement total d'azote qui se produira encore à partir de ce stade.

Le rythme de minéralisation est quasi parallèle à celui du prélèvement par la plante, mais il est nettement insuffisant pour couvrir les besoins de la plante, sauf dans le cas d'apports organiques très élevés et pour certains précédents légumineuses. Les quantités fournies par la minéralisation sont généralement inférieures à 100 kg N/ha.

Le fractionnement de la fumure permet une alimentation continue et adaptée de la plante à chaque situation. Il accroît le rendement, garantit la qualité technologique de la récolte et permet d'utiliser avec plus d'efficacité chaque dose apportée.

On observe que l'utilisation réelle (emploi de l'azote lourd  $^{15}\text{N}$ ) de chaque fraction de la fumure est positivement influencée par le rythme d'absorption de l'azote par la culture. Par conséquent, pour l'apport hâtif de tallage, le coefficient d'utilisation (55 %) est sensiblement inférieur à celui de redressement (70 %) et de dernière feuille (75 % et plus).

### 1.3.4 Le rythme d'absorption de l'azote par la culture

*La culture peut être scindée en trois phases :*

#### 1.3.4.1 Du semis à la fin tallage

La culture absorbe de 50 à 65 unités d'azote. Elle trouve principalement cet azote dans les reliquats de la culture précédente présents dans les couches supérieures du sol (0 à 50 - 60 cm) et les fournitures par la minéralisation automnale (surtout) et du début du printemps.

L'importance et les parts respectives de ces sources d'azote peuvent varier en fonction des situations pédoclimatiques et culturales (figure 4.2).

Le complément qui doit être éventuellement apporté par la fraction de sortie d'hiver de la fumure en dépend largement. Ainsi, une culture semée début octobre dans de bonnes conditions pourra plus facilement mettre à profit les fournitures azotées du sol présentes avant l'hiver et explorer une plus grande partie du profil. En sortie d'hiver, elle aura déjà produit un nombre suffisant de talles et absorbé l'azote nécessaire. Une fumure azotée à cette époque sera donc inutile. A l'inverse, une culture implantée plus tardivement dans un sol dont la structure serait abîmée, présentera des difficultés à se procurer dans le sol les faibles réserves du fait notamment du développement racinaire peu important. Un apport d'engrais azoté en surface permettra à la culture de couvrir ses besoins indispensables pour produire un nombre suffisant de talles.

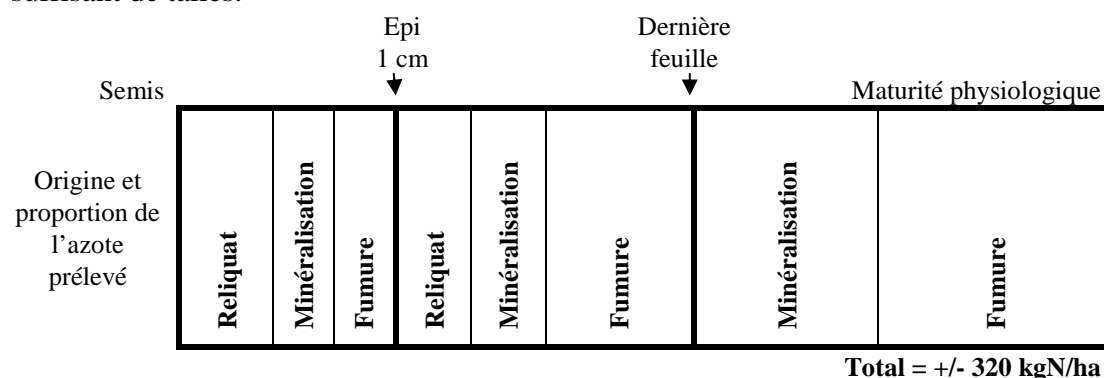


Figure 4.2 – Absorption d'azote par le froment d'hiver et son origine.

##### **1.3.4.2 Du stade redressement (épi à 1 cm) au stade dernière feuille**

Durant la mise en place de l'appareil photosynthétique (le feuillage) et le développement de l'épi, les besoins deviennent importants. La culture absorbe pendant cette phase une bonne centaine de kg N/ha. Cet azote sera fourni par :

- la minéralisation, qui avec le retour des bonnes températures au niveau du sol (entre la mi-avril et la mi-mai), peut selon les situations déjà fournir de 20 à 60 kg N/ha ;
- la descente du système racinaire dans le profil qui permettra d'exploiter les reliquats plus ou moins importants présents dans les couches profondes ;
- l'apport d'engrais azoté qui devra être bien adapté en tenant compte des fournitures du sol (minéralisation et reliquats) et de l'état de la culture. Cette fraction de la fumure permet en effet de réguler la densité de tiges qui montent en épi de manière à optimiser le rendement photosynthétique de la culture (400 à 500 épis/m<sup>2</sup>) et à limiter les risques de verse.

##### **1.3.4.3 Du stade dernière feuille à la maturité**

Plus de deux tiers de la matière sèche est produite durant cette période, le rendement en grains sera directement fonction de la qualité et de la durée de l'activité photosynthétique des surfaces vertes de la culture. L'alimentation azotée ne peut pas, pendant cette phase, être limitante sous peine de réduction du potentiel de rendement et de la teneur en protéines du grain.

La minéralisation est, à ce moment, très active. Selon la teneur et surtout la qualité de la matière organique du sol, elle peut fournir de 30 à 80 unités d'azote à la culture.

En général, au stade dernière feuille, le système racinaire a atteint sa profondeur maximale (1,5 mètre dans les bons sols) et a épuisé les réserves du sol. Cependant, dans les situations plus difficiles où la culture a rencontré des difficultés de développement racinaire, le stock encore présent en profondeur peut être exploité tardivement par les racines.

L'apport d'une quantité élevée d'engrais au stade dernière feuille permet d'alimenter en suffisance la culture pour assurer une fertilité maximale des épis, un bon remplissage et une qualité maximale des grains. L'importance de la dose d'azote à fournir dépend du niveau des deux autres sources (stock éventuel encore présent dans le sol et minéralisation) et du potentiel de rendement pouvant raisonnablement être atteint par la culture compte tenu de son état et des conditions culturales.

Lorsque l'ajustement de chaque fraction d'azote a été correctement réalisé, le reliquat en N minéral du sol à la récolte est minime (+/- 20 kg N/ha) et localisé en surface (0-30 cm).

### 1.3.5 La détermination pratique de la fumure

#### 1.3.5.1 Les principes

Le mode de raisonnement de la fumure est basé sur les principes suivants :

- **chaque parcelle doit être considérée individuellement.** Dans une même exploitation, les conditions culturales varient souvent entre parcelles (passé cultural, évolution de la culture) ;
- **la dose de chacune des fractions est déterminée juste avant l'application.** La fumure totale d'azote n'est pas 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 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).

Le calcul de la dose à apporter à chacune des 2 ou 3 fractions est basé sur une dose de référence à laquelle on ajoute ou soustrait des quantités d'azote qui reflètent l'influence des conditions particulières de la parcelle et de la culture qui y pousse.

#### Deux fumures de référence :

##### En trois fractions

<b>Fraction du tallage :</b>	<b>50 N</b>
<b>Fraction du redressement :</b>	<b>60 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille :</b>	<b>75 N</b>

##### En deux fractions :

<b>Fraction intermédiaire (tallage-redressement) :</b>	<b>80 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille :</b>	<b>105 N</b>

*Ces conditions particulières ont été regroupées sous 5 termes correctifs :*

- le contexte pédoclimatique de la parcelle (N.TER) ;
- le régime d'apport de matières organiques dans la parcelle (N.ORG) ;
- les caractéristiques de la culture qui précédait la céréale (N.PREC) ;
- l'état de la culture au moment de l'application (N.ETAT) ;
- des facteurs de correction (N.CORR).

Pour chaque fraction

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

La dose de référence est déterminée chaque année en sortie d'hiver en fonction de l'état de culture, de la richesse moyenne observée dans les profils azotés effectués dans des parcelles bien connues.

Les termes correctifs sont déterminés sur base d'une série de propositions simples qui permettent à l'agriculteur d'identifier la situation propre de chaque culture.

Les termes correctifs ne prennent pas seulement en compte les possibilités d'utilisation d'azote présent dans le sol, mais aussi le potentiel de rendement que les conditions culturales rencontrées permettent.

Il n'y a donc pas nécessité de calculer la fumure sur base d'un objectif de rendement, celui-ci est adapté en fonction des choix de situation réalisés à partir des observations faites en culture.

Les modalités de calcul des doses à apporter à chaque parcelle sont exposées en détail dans le paragraphe 1.3.7 « Calcul de la fumure azotée pour 2015 » (page 19).

### **1.3.6 Les modalités d'application des fumures**

#### **1.3.6.1 Les moments d'application**

Deux modalités de fractionnement de la fumure azotée sont envisageables :

- **Apport en 3 fractions :**
  - Tallage
  - Redressement
  - Dernière feuille
- **Apport en 2 fractions :**
  - Intermédiaire tallage-redressement
  - Dernière feuille

##### **1.3.6.1.1 Fumure azotée en trois apports**

###### **Fraction tallage**

En cas de nécessité d'apporter de l'engrais azoté en sortie d'hiver, la première application ne doit être réalisée que lorsque les conditions climatiques sont redevenues favorables et que la culture a repris vigueur. Selon les années, la date d'application pourra donc se situer entre le début et la fin mars, voire au début avril lorsque l'hiver est particulièrement long.

Contrairement aux apparences et croyances de certains, des applications trop hâtives d'engrais (en février par exemple) n'apportent jamais de supplément de rendement; au contraire, ces applications sont moins profitables à la culture. Elles sont réalisées à un moment où les prélèvements par la culture sont quasi inexistantes et où l'engrais apporté est exposé aux aléas climatiques : lessivage si pluviosité très importante et entraînement par ruissellement en cas d'application sur sol gelé suivi de dégel en surface accompagné de précipitations.

Au début du printemps, les besoins de la culture sont encore peu importants et un retard dans l'application de fumure n'a pas de conséquence néfaste sur le rendement.



### Fraction redressement

**L'apport de cette fraction doit être fait au stade fin tallage-redressement**, soit dans nos régions entre le 15 et le 30 avril, en moyenne autour de 20 - 25 avril, suivant l'état de développement de la culture. Un retard important dans l'application de cette fraction peut être préjudiciable au potentiel de rendement de la culture.

### Fraction dernière feuille

Cette fraction doit être idéalement appliquée entre les stades dernière feuille pointante et dernière feuille complètement déployée. A ce moment, elle n'a plus d'influence sur le peuplement en épis mais peut encore augmenter le nombre de grains par épis. Appliquée plus tôt, elle favorisera la montée de tardillons qui nuiront au rendement; postposée, elle risque fort de perdre en efficacité.

#### 1.3.6.1.2 Fumure azotée en deux apports

### Fraction intermédiaire

Dans toutes les situations culturales où la culture a accès en suffisance aux réserves présentes dans le sol en sortie d'hiver, la date d'application du premier apport se fera au début avril en fin tallage, 10 à 15 jours avant le redressement. Cette fraction permettra de couvrir les besoins jusqu'au stade dernière feuille. Remplaçant les applications de tallage et de redressement, elle permet de limiter le nombre d'interventions dans la culture.

### Fraction dernière feuille

Les modalités d'application sont identiques dans le rythme d'apport de l'azote en deux ou trois fractions (voir ci-dessus).

#### 1.3.6.1.3 Une fraction complémentaire à l'épiaison ?

Lorsque la fumure a été correctement calculée, un apport d'azote supplémentaire à l'épiaison ne se justifie pas : les accroissements de rendement étant quasi nuls; cela aboutit à surfumer la culture et donc à augmenter le reliquat laissé par la culture.

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, peut s'avérer préjudiciable (difficulté de récolte, perte de qualité, indice de chute de Hagberg insuffisant).

Cependant, dans des circonstances exceptionnelles (faible minéralisation, absence de maladies et de verse, potentiel de rendement très élevé) ou lorsque la culture marque des signes évidents de faim d'azote (fumure mal adaptée), une application modérée (20-30 unités) peut être envisagée au stade épiaison.

Ce complément de fumure permet dans ces cas précis, mais uniquement dans ces cas-là, d'augmenter quelque peu le rendement et d'améliorer la qualité de la récolte (pour les variétés de bonne valeur technologique).

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

##### **1.3.6.2 Deux ou trois fractions ?**

L'analyse des conditions culturales qui prévalaient dans les essais où le fractionnement en deux apports s'avère pénalisant permet déjà d'exclure le recours à cette modalité d'application de la fumure dans un certain nombre de situations culturales.

Une fumure de tallage et donc un fractionnement en **trois apports 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, ... plus généralement dans 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 ;
- sol avec de faibles disponibilités en azote en sortie hiver.

Une fumure de tallage et donc un fractionnement en **trois apports est plus prudent** dans les situations culturales suivantes :

- les parcelles où l'indice TER est égal ou inférieur à 3 ;
- les parcelles à très faibles restitutions de matières organiques ;
- les parcelles semées tardivement (à partir de la dernière décade de novembre) ;
- les exploitations où les besoins en pailles sont importants ;
- les exploitations où l'on ne dispose pas de l'équipement pour épandre de manière suffisamment homogène une dernière fraction très importante ;
- les précédents culturaux : froment, autres céréales et maïs grain.

L'impasse sur la fumure de tallage et donc un fractionnement en **deux apports est particulièrement indiqué** dans le cas de :

- semis précoces puisqu'en sortie d'hiver ils ont déjà produit un nombre suffisant de talles ;
- précédents culturaux laissant des reliquats élevés ; légumineuses, pomme de terre, colza, légumes, ... ;
- parcelles où les restitutions de matières organiques sont importantes et/ou fréquentes ;
- parcelles où en sortie d'hiver la densité de plantes est trop élevée ;
- productions de froment destinées à une valorisation en meunerie.

### 1.3.7 Calcul de la fumure azotée pour 2015

#### Deux fumures de références :

En trois fractions : fractionnement à privilégier dans la majorité des situations en 2014.

<b>Fraction du tallage (1<sup>ère</sup> fraction):</b>	<b>50 N</b>
<b>Fraction du redressement (2<sup>ème</sup> fraction):</b>	<b>60 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille (3<sup>ème</sup> fraction):</b>	<b>75 N</b>

En deux fractions : fractionnement à réserver aux situations où l'azote est directement disponible pour le froment et en quantité suffisante (précédents pomme de terre, colza, légumineuses) et dans les cultures présentant déjà deux talles à la mi-février (semis et régions précoces).

<b>Fraction intermédiaire « T-R »</b>	<b>80 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille</b>	<b>105 N</b>

#### *Cas où l'application de la fumure en deux apports doit être évitée :*

- *Problème de structure*
- *Problème de drainage*
- *Sol glacé, dégâts d'hiver ou d'herbicide, déchaussement, ...*
- *Besoin en paille élevé sur l'exploitation*
- *Semis tardif (décembre) et précédent arraché tardivement (épuisement du profil N)*
- *Végétation trop claire en sortie hiver*
- *Classe N ORGA 1 (voir définition de la classe de richesse des matières organiques, page 22 de cet article)*

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

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

Les adaptations de chaque fraction se calculent sur base des tableaux présentés ci-après.

### **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

<b>RÉGIONS</b>	<b>Nombre de fractions</b>	<b>Valeur</b>
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 ».

<b>DRAINAGE</b>	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
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>		

<b>STRUCTURE ET ARGILE</b>	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
<i>Inscrire ici la valeur pour votre parcelle</i>		

**Total des trois valeurs retenues = indice TER à reporter dans le tableau 1.2.**

## 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 <sup>ère</sup> fraction	2 <sup>ème</sup> fraction	3 <sup>ème</sup> 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

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

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

### 2.1 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, <b>apport modéré</b> de matière organique tous les 3 à 5 ans	2
<b>Apport important</b> de matières organiques tous les 3 à 5 ans ou <b>fréquence élevée</b> 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>	

### 2.2 Détermination des valeurs de N.ORGANIQUE pour chaque fraction

CLASSES	3 fractions			2 fractions	
	1 <sup>ère</sup> fraction T	2 <sup>ème</sup> fraction R	3 <sup>ème</sup> fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	3 <sup>ème</sup> fraction DF
ORGA 1	+ 10	+ 10	0	Non recommandé	
ORGA 2	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
ORGA 3	-20	- 10	0	<b>-30</b>	<b>0</b>
ORGA 4	Apport en deux fractions recommandé			<b>-30</b>	<b>-30</b>

<b>N. ORGA RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)</b>					
Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1 <sup>ère</sup> fraction T	2 <sup>ème</sup> fraction R	3 <sup>ème</sup> fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					
Parcelle 3					

### **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.

PRECEDENT CULTURAL	N.PREC POUR				
	3 fractions			2 fractions	
	1 <sup>ère</sup> T	2 <sup>ème</sup> R	3 <sup>ème</sup> DF	T-R	3 <sup>ème</sup> DF
Betteraves et chicorées arrachées en octobre	0	0	0	0	0
Betteraves et chicorées arrachées en novembre ou décembre	+10	+10	0	Non recommandé	
Pois protéagineux	0	-20	-10	-20	-10
Féveroles, pois de conserverie, haricots	0	-20	-10	-20	-10
Colza	0	-10	0	0	-10
Lin	0	-10	0	0	-10
Pomme de terre	0	-10	-10	-10	-10
Maïs ensilage	+10	+10	0	Non recommandé	
Chaumes	+10	+10	0		
Pailles sans azote et maïs grain	+10	+10	0		
Ray-grass de 2-3 ans ou prairies temporaires	0	0	0	0	0
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 4.6 : 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.

<b>N. PREC RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)</b>					
Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1 <sup>ère</sup> fraction T	2 <sup>ème</sup> fraction R	3 <sup>ème</sup> fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					
Parcelle 3					

#### **4 Détermination de N.ETAT, 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 Pour la fraction du TALLAGE**

###### *4.1.1 Détermination de l'état de la culture*

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

<b>STADE DE LA CULTURE AU DEBUT MARS</b>	<b>Valeur</b>
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
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	



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

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

<b>RESSUYAGE DU SOL</b>	<b>Valeur</b>
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 à reporter dans le tableau  
4.1.2.**

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

<b>ETAT DE LA CULTURE</b>	<b>N.ETAT</b>
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

<b>Vos parcelles</b>	<b>N. ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)</b>
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

**4.2 Pour la fraction de REDRESSEMENT (apport en 3 fractions) ou INTERMEDIAIRE (apport en 2 fractions)**

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

<b>ASPECT DE LA VÉGÉTATION</b>	<b>N.ETAT</b>
Végétation trop faible, couleur claire	+ 10
Végétation normale	0
Végétation trop forte, couleur vert foncé, bleuté	- 20

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.

**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.

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

<b>Vos parcelles</b>	<b>N. ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)</b>
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

### 4.3 Pour la 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	
Parcelle 3	

## 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) ;
  - 5.2.1 (redressement ou intermédiaire) ;
  - 5.3 (dernière feuille).
- Pour un apport en **deux fractions** :
  - 5.2.2 (redressement ou intermédiaire) ;
  - 5.3 (dernière feuille).

### 5.1 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.

#### 4. La fumure azotée

##### 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	
Parcelle 3	

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

### 5.2.1 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<sup>ère</sup> fraction plus celle prévue en 2<sup>ème</sup> fraction dépasse 160 unités, on limite le 2<sup>ème</sup> apport et on reporte la quantité en excès sur la 3<sup>ème</sup> fraction.

Exemple:

Si 1 <sup>ère</sup> fraction appliquée=	80
2 <sup>ème</sup> 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<sup>ème</sup> 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 <sup>ère</sup> fraction appliquée + 2 <sup>ème</sup> fraction calculée= 160 N ou moins	0
	Sinon N.CORR= 160 N - 1 <sup>ère</sup> fraction appliquée - 2 <sup>ème</sup> fraction calculée... N.CORR devra dans ce cas être ajouté à la fraction dernière feuille	...
TER 4 et 5	Si 1 <sup>ère</sup> fraction appliquée + 2 <sup>ème</sup> fraction calculée= 120 N ou moins	0
	Sinon N.CORR= 120 N - 1 <sup>ère</sup> fraction appliquée - 2 <sup>ème</sup> fraction calculée	...

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

### 5.2.2 *Fraction intermédiaire (2 apports)*

TYPE DE TER		VALEUR DE N.CORR.
TER 0, 1 et 2	<b>Non recommandé</b>	<b>0</b>
TER 3, 4 et 5	Si fraction calculée= 120 N ou moins	<b>0</b>
	Sinon N.CORR= 120 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	
Parcelle 3	

### 5.3 Pour la fraction de dernière feuille

Toujours pour éviter une surfumure 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).

#### 4. La fumure azotée

##### 5.3.1 Fumure en trois apports

TYPE DE TER		Valeur de N.CORR.
TER 0, 1 et 2	180 N - 1 <sup>ère</sup> fraction - 2 <sup>ème</sup> fraction = A	
	Si A = 0 plus Si A = valeur inférieure à 0	0 A
TER 3	Si 1 <sup>ère</sup> fraction + 2 <sup>ème</sup> fraction + report éventuel de 2 <sup>ème</sup> fraction = 160 N ou plus	-20+report éventuel
	= plus de 100 N et moins de 160 N	0
	= 100 N ou moins	+ 10
	* En cas de report de 2 <sup>ème</sup> fraction sur la 3 <sup>ème</sup> (voir 5.2.)	
TER 4	Si 1 <sup>ère</sup> fraction + 2 <sup>ème</sup> fraction = 150 ou plus	- 20
	= plus de 80 N et moins de 150 N	0
	= 80 N ou moins (*)	+ 10
TER 5	Si 1 <sup>ère</sup> fraction + 2 <sup>ème</sup> fraction = 120 N ou plus	- 20
	= plus de 60 N et moins de 120 N	0
	= 60 N ou moins (*)	+ 10

Vos parcelles	N.CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

##### 5.3.2 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	
Parcelle 3	

## 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. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
	3 fractions	2 fractions						
Tallage	50	-						
Intermédiaire T-R		80						
Redressement	60	-						
Dernière feuille	75	105						

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

### Parcelle 2

FUMURE	DOSE REF.		N. TER	N. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
	3 fractions	2 fractions						
Tallage	50	-						
Intermédiaire T-R		80						
Redress.	60	-						
Dernière feuille	75	105						

### Parcelle 3

FUMURE	DOSE REF.		N. TER	N. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
	3 fractions	2 fractions						
Tallage	50	-						
Intermédiaire T-R		80						
Redress.	60	-						
Dernière feuille	75	105						

## 7 Exemple de calcul de la fumure pour le froment d'hiver

Ferme de la région d'Éghezée, orientée principalement sur la culture. Parcelle à drainage normal, froment semé à la mi-octobre après betteraves feuilles enfouies récoltées le 10 octobre.

### Fractionnement en trois apports

#### Fumure de tallage

1. Détermination de N.TER		
Région.....	4	
Drainage .....	0	
Structure .....	0	
Total TER .....	4	N.TER = 0
2. Détermination de N.ORGANISATION		
ORGANISATION = 2.....		N.ORGANISATION = 0
3. Détermination de N.PRECIPITATION		
Bett. fe. enf. ....		N.PRECIPITATION = 0
4. Détermination de N.ÉTAT		
Stade plein tallage.....	6	
Densité normale.....	0	
Accidents culturels .....	0	
Sol très bien ressuyé .....	0	
Total ETAT .....	6	N.ÉTAT = 0
5. Détermination de N.CORRECTION		
N.TER + N.PRECIPITATION + N.ÉTAT = 0 .....		N.CORRECTION = 0

$$\text{Dose de tallage} = 50 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 50$$

#### Fumure de redressement

1. Détermination de N.TER		
TER.....	4	N.TER = 0
2. Détermination de N.ORGANISATION		
ORGANISATION.....	2	N.ORGANISATION = 0
3. Détermination de N.PRECIPITATION		
Bett. fe. enf. ....		N.PRECIPITATION = 0
4. Détermination de N.ÉTAT		
Végétation normale.....		N.ÉTAT = 0
Dose de redressement: 60 + 0 + 0 + 0 + 0 = 60		
5. Détermination d'un éventuel N.CORRECTION		
..... Fraction de tallage + fraction redressement = 30 + 60 = 90		
..... On ne dépasse pas le maximum de 150 N d'où .....		N.CORRECTION = 0

$$\text{Dose de redressement} = 60 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 60$$

#### Fumure de dernière feuille

1. Détermination de N.TER		
TER.....	4	N.TER = 0
2. Détermination de N.ORGANISATION		
ORGANISATION.....	2	N.ORGANISATION = 0
3. Détermination de N.PRECIPITATION		
Bett. fe. enf. ....		N.PRECIPITATION = 0
4. Détermination de N.ÉTAT		
Végétation normale.....	ÉTAT 2	N.ÉTAT = 0
5. Détermination de N.CORRECTION		
La somme des 2 premières fractions = 90 N.....		N.CORRECTION = 0

$$\text{Dose de la dernière feuille} = 75 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 75 \text{ N}$$

La fumure de la parcelle est 50 N + 60 N + 75 N soit 185 N au total.



Fractionnement en deux apports**Fumure de la fraction intermédiaire**

1. Détermination de N.TER  
TER ..... 4 ..... N.TER = 0
2. Détermination de N.ORGANISATION  
ORGANISATION ..... 2 ..... N.ORGANISATION = 0
3. Détermination de N.PRECIPITATION  
Bett. fe. enf ..... N.PRECIPITATION = 0
4. Détermination de N.ÉTAT  
Densité normale ..... N.ÉTAT = 0  
Dose de redressement:  $80 + 0 + 0 + 0 - 20 = 60$
5. Détermination d'un éventuel N.CORRECTION  
..... On ne dépasse pas le maximum de 120 N d'où ..... N.CORRECTION = 0

$$\text{Dose de redressement} = 80 + 0 + 0 + 0 + 0 = 80$$

**Fumure de dernière feuille**

1. Détermination de N.TER  
TER ..... 4 ..... N.TER = 0
2. Détermination de N.ORGANISATION  
ORGANISATION ..... 2 ..... N.ORGANISATION = 0
3. Détermination de N.PRECIPITATION  
Bett. fe. enf ..... N.PRECIPITATION = 0
4. Détermination de N.ÉTAT  
Végétation normale ..... ETAT 2 ..... N.ÉTAT = 0
5. Détermination de N.CORRECTION  
Première fraction = 80 ..... N.CORRECTION = 0

$$\text{Dose de la dernière feuille calculée} = 105 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 105 \text{ N}$$

La fumure de la parcelle est 80 N + 105 N soit 185 N au total.

## 2 La fumure en escourgeon

### 2.1 Les particularités de l'année culturale 2013-2014

La caractéristique principale de l'année de récolte 2014 a été la précocité de la végétation suite à un hiver particulièrement doux. Cela s'est traduit par l'apparition du stade redressement vers le 10 mars avec une avance d'une bonne quinzaine de jours, avance qui se maintiendra jusqu'à la récolte en début juillet. Cette précocité n'était pas sans rappeler la saison 2007, et contrastait avec l'année précédente (récolte 2013) où la végétation avait en sortie d'hiver un retard de plus de 4 semaines.

L'hiver doux a eu aussi pour conséquence de favoriser une densité de végétation importante, ce qui contrastait également avec l'année précédente. En outre à Lonzée dès le stade tallage de l'oïdium était présent sur cette végétation très dense ce qui justifiait l'impasse de la première fraction de fumure azotée à ce stade.

Enfin l'analyse des résultats à la récolte montre que les meilleurs rendements en 2014 à Gembloux étaient atteints avec une fumure azotée plus importante que la moyenne et que ce renforcement devait être apporté au dernier apport du stade dernière feuille.

### 2.2 Résultats des expérimentations en 2014

En 2014 les résultats d'essais sur la fumure azotée proviennent des plateformes des Isnes (Gx-ABT) et de Ath (CARAH).

#### 2.2.1 L'essai fumure à Ath en 2014

Le tableau suivant donne les résultats de l'essai « fumures » mené dans le Hainaut par le CARAH sur la variété Pélican.

**Tableau 4.8 – Essai « fumures » à Ath (CARAH) en 2014.**

	Fumures (KgN/ha)			TOT	Rendement Kg/ha	Prot % de MS
	Fract.1	Fract.2	Fract.3			
1	0	0	0	0	10467	9,5
2	40	40	40	120	12222	11,1
3	40	40	50	130	12145	11,3
4	40	50	50	140	12219	11,4
5	50	50	50	150	11883	11,7
6	50	50	60	160	11741	11,3
7	0	100	60	160	11624	11,8
8	50	50	70	170	11947	11,6
9	60	50	70	180	12127	12,0
10	60	60	80	200	11622	11,9

Le témoin 0N se situait à 105 qx et la fumure maximale ne devait pas dépasser 120 N, la 1<sup>ère</sup> fumure testée qui donnait déjà le maximum des rendements (122 qx) de l'essai.

### 2.2.2 La fumure azotée aux Isnes en 2014

Deux essais jointifs mis en place aux Isnes (Gx-ABT) ont étudié le fractionnement de la fumure azotée en 2014 ; le premier a été réalisé sur Etincel (brassicole et variété lignée), le second sur Volume (variété hybride).

Tableau 4.9 – Essais « fumures » aux Isnes (Gx-ABT) sur Volume et Etincel en 2014.

					Volume		Etincel	
	tal 24/2	red 11/3	df 8/4	tot	rdt	prot	RDT	prot
1	0	0	0	0	5902	7,8	6546	6,9
2	35	0	0	35	7903	7,7	8340	6,7
3	70	0	0	70	9958	8,3	9651	7,4
4	140	0	0	140	11873	9,6	11698	9,1
5	0	70	0	70	10065	8,6	9855	7,6
6	0	105	0	105	11146	9,2	11021	8,8
7	0	140	0	140	11887	10,0	11802	9,5
8	0	70	70	140	11899	10,1	11494	9,4
9	0	70	105	175	12543	10,6	11985	10,4
10	0	70	140	210	12431	11,5	12048	10,8
11	0	105	35	140	11926	10,0	11608	9,1
12	0	105	70	175	11958	10,6	12283	10,3
13	0	105	105	210	12633	10,8	12589	11,3
14	35	35	0	70	9627	8,1	10012	7,4
15	35	70	0	105	11066	8,9	11256	8,5
16	35	105	0	140	11828	9,7	12006	9,1
17	35	70	35	140	11923	9,5	11588	9,4
18	35	70	70	175	12381	10,4	12082	9,9
19	35	70	105	210	12333	11,3	<b>12748</b>	10,5
20	70	35	0	105	10987	8,9	11299	8,2
21	70	70	0	140	11827	9,8	11790	9,0
22	70	105	0	175	12053	10,4	12385	9,9
23	70	35	35	140	11691	9,8	11733	9,1
24	70	35	70	175	12480	10,0	12278	9,9
25	70	35	105	210	<b>12868</b>	11,1	12506	11,2
moyennes de l'essai					11327	9,7	11304	9,2

Dans les 2 essais, les rendements observés les plus élevés sont identiques (127,5-128,7 qx) et obtenus avec une fumure totale de 210 uN (optimum économique à 187-188 uN quand le prix de vente de la récolte est à 150 €/t et le prix d'achat de l'engrais à 300 €/t).

Dans les deux essais, les meilleurs rendements sont obtenus avec une fumure de dernière feuille de 105 uN, alors qu'en 2012 et en 2013 les meilleurs rendements étaient obtenus avec une fraction de dernière feuille ne dépassant pas 35 uN.

### 2.2.3 Fumure azotée économiquement optimale à Gembloux en moyenne depuis 2004 à 2014

Le tableau 4.10 suivant fournit, pour tous les essais sur la fumure azotée réalisés à Loncée et aux Isnes (Gx-ABT) entre 2004 et 2014, les fumures maximales et économiquement optimales et leurs rendements correspondants. Tenant compte d'un prix de vente de la récolte à 160 €/t (prix d'objectif espéré) et d'un prix de l'engrais de 300 €/t, la **fumure économique optimale** moyenne se situe à 158 uN/ha et a conduit à un rendement moyen de 106 qx/ha. Cette fumure optimale de 25 uN/ha inférieure à la fumure donnant le rendement maximal n'a diminué en moyenne le rendement de l'escourgeon que de moins d'un quintal à l'hectare !

Tableau 4.10 – Fumures maximales et optimales (et rendements correspondants) et leurs moyennes dans les essais « fumures » de 2004 à 2014 à Gembloux (Gx-ABT).

Année-essai	rdt 0N	RDTmax	Nmax	RDTopt	Nopt
ES04-03	6397	10362	142	10301	124
ES05-11	6261	11481	187	11400	164
ES06-12	5455	8161	170	8032	133
ES06-10	5386	9019	189	8901	155
ES07-04	7763	11147	145	11072	124
ES08-04	5510	9348	201	9221	164
ES08-06	6651	9461	133	9385	111
ES09-07	5033	11694	189	11629	170
ES10-05	7046	11719	208	11607	176
ES10-04	5648	10625	211	10517	180
ES11-04	4179	10829	172	10776	157
ES11-03	4474	10611	220	10516	193
ES12-05	3804	9774	179	9709	160
ES12-03	3564	9488	190	9415	169
ES13-06 Saskia	5904	10565	142	10513	127
ES13-06 Volume	7209	12319	193	12231	168
ES14-05	5902	12868	212	12791	189
ES14-09	6546	12751	214	12661	188
<b>moyenne 04-14</b>	<b>5707</b>	<b>10679</b>	<b>183</b>	<b>10593</b>	<b>158</b>

Les récoltes 2006, 2008 et 2012 étaient des années à faible rendement couplées à des fumures optimales relativement élevées pouvant être très différentes selon la variété alors que 2004 et 2007 permettaient de très bons rendements avec peu de fumure azotée. 2005 était aussi une année à gros rendement mais nécessitant aussi une fumure azotée importante. En sortie d’hiver, 2007 était assez semblable à 2014 du point de vue de la précocité ; on y avait aussi observé de très bons rendements mais avec une fumure optimale nettement plus faible qu’en 2014 !

Finalement que retenir sinon que le niveau de la fumure azotée optimale de même que le niveau du rendement qui en découle dépendent essentiellement du climat de l’année et ne sont pas corrélés. Le potentiel génétique de la variété intervient également (voir 2008, 2010, 2011, 2013 par exemple) mais son expression en rendement n’est pas prévisible et dépend plus du climat de l’année que de la fumure azotée.

La fumure moyenne constitue une bonne référence mais qu’il convient d’adapter chaque année à la parcelle.

#### **2.2.4 La forme de l’engrais (solide ou liquide) influence son efficacité**

Plusieurs types d’engrais azotés ont de nouveau été testés en 2014 à Lonzée, et plus spécifiquement l’engrais appliqué en solution (N39 %) ou en solide (N27 %). En 2013 on avait observé une moindre efficacité de l’engrais apporté sous forme de solution azotée (N39 %).

En 2014 vu la précocité du stade redressement, aucune fumure azotée n’a été apportée pendant le tallage.

Deux modalités ont été testées avec la solution azotée N39%. Soit toute la fumure azotée a été apportée sous forme liquide N39% d'abord au redressement puis en stade avancé du 2<sup>ème</sup> nœud pour éviter de brûler la dernière feuille. L'autre modalité testée avec la solution azotée N39% était d'apporter cet engrais au redressement, la fraction de dernière feuille étant apportée sous forme solide N27%. L'essai comparait également l'engrais apporté sous forme d'urée (U46%)

Tableau 4.11 – Comparaisons des formes d'engrais azotés à Gembloux (Gx-ABT) en 2014.

		0-40-30	0-90-50	0-105-105		
engrais		0N	70 N	140N	210N	
1	N27 %	5876	10216	12134	12410	<b>10159</b>
2	U46%	6567	9841	11984	12724	<b>10279</b>
3	N39% (T-R-2N)	6011	9584	11151	12097	<b>9711</b>
4	N39% (T-R) N27%	6239	9734	11532	12487	<b>9998</b>
		<b>6173</b>	<b>9844</b>	<b>11700</b>	<b>12430</b>	

Apporter toute la fumure azotée sous forme liquide en avançant l'application de Dernière feuille au stade 2 nœuds pour éviter les brûlures ne permet jamais d'atteindre le même niveau de rendement obtenu avec l'engrais solide (différences toujours significatives).

Les engrais solides N27% et U46% donnent des résultats moyens équivalents en 2013 et 2014 (pas de différence significative).

La combinaison de l'apport au redressement sous forme liquide (N39%) puis sous forme solide (N27%) au stade Dernière feuille permettait en 2014 d'atteindre les mêmes rendements en moyenne et à la fumure maximale que les engrais solides (N27% et U46%) (pas de différence significative pour les moyennes en 2014). En 2013 cette combinaison ne permettait jamais d'atteindre les meilleurs rendements (différences toujours significatives).

## 2.3 Les recommandations pratiques

### 2.3.1 Conditions particulières de 2015, profil en azote minéral du sol en escourgeon et état des cultures en sortie d'hiver

Tableau 4.12 – Profils moyens en azote minéral du sol observés sous culture d'escourgeon en sortie d'hiver.

	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
0-30	6	5	8	9	10	9
30-60	5	5	8	9	12	7
60-90	5	8	10	12	10	9
Total	16	18	26	30	32	25

Vingt et une parcelles d'escourgeon ont été échantillonnées en ce début d'année 2015. Les quantités d'azote disponibles dans les 90 premiers cm du profil sont basses comme l'an passé, légèrement inférieures à la moyenne des dernières années. Elles s'élèvent à 16 kg N/ha en moyenne, avec des extrêmes se situant à 10 et 32 kg N/ha.

Le profil sous sol nu à Lonzée est de 62 kg N-NO<sub>3</sub> et montre que l'escourgeon y a déjà prélevé plus ou moins 40 uN provenant de la minéralisation du sol.

En ce début février, suite au climat particulièrement doux depuis le semis jusqu'à la mi-janvier, les escourgeons sont bien développés avec en Hesbaye une densité de population qui peut être encore plus forte que l'an passé. Concernant les stades, le temps plus froid de ces dernières semaines freine un peu le développement, mais l'avance des stades est toujours bien réelle. Les parcelles et/ou les variétés les plus précoces sont maintenant vraiment en fin tallage et donc très proches du redressement : les épis des plus gros talles sont en phase AB et déjà bien formés et visibles avec une loupe tout comme deviennent bien visibles les ébauches des nœuds de la tige à la base de ces épis. Certaines commencent à « moutonner » (touffes éparses en début redressement).

D'une manière générale, le conseil est de ne pas renforcer la 1<sup>ère</sup> fraction de la fumure azotée qui reste de 20 uN dans la fumure de référence.

Dans les parcelles les plus précoces proches du redressement, il est conseillé d'appliquer, dès la sortie de l'hiver et la reprise de la végétation, les ensembles des fumures de tallage et de redressement sans toutefois dépasser un total de 115 uN.

### **2.3.2 La détermination pratique de la fumure**

La fumure azotée doit être raisonnée pour chaque parcelle individuellement.

#### **Fumure de référence pour l'escourgeon :**

Fraction du tallage (1 <sup>ère</sup> fraction) :	20 N
Fraction du redressement (2 <sup>ème</sup> fraction) :	70 N
Fraction de la dernière feuille (3 <sup>ème</sup> fraction) :	60 N

### **2.3.3 Les modalités d'application de la fumure azotée**

#### **2.3.3.1 La fraction au tallage**

**En région limoneuse et sablo-limoneuse**, dans les parcelles à bonne minéralisation ou dans des cultures très denses en sortie d'hiver, des conditions climatiques favorables devraient conduire à faire l'impasse de la fumure de tallage en cumulant la dose prévue à ce stade avec la fumure de redressement. **La fumure de référence devient alors : 0 N – 90 N – 60 N.**

Lorsqu'on fait l'impasse de la fumure du tallage, il est important de respecter le stade d'application de la fumure du redressement. Faire l'impasse de toute fumure avant le stade 1<sup>er</sup> nœud est souvent très pénalisant. Il est préférable d'anticiper et d'appliquer la fumure tallage + redressement quelques jours avant le stade « épis à 1 cm ».

Il ne convient pas de faire l'impasse sur la fumure de tallage dans les parcelles peu fertiles ou trop froides, même en Hesbaye ou encore lorsque comme en 2012 les sols restent gorgés en eau au mois de mars. Mais une dose d'azote trop importante (au delà de 50 unités) aurait comme effet 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, ...).

Une majoration des doses préconisées ne peut se concevoir que dans les situations particulières : dans le cas d'une emblavure claire ou peu développée à la sortie de l'hiver (cas de semis tardifs ou suite à l'arrêt précoce de la végétation à l'arrière-saison, déchaussement, ...).

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

### **2.3.3.2 La fraction au redressement**

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, ... Pour ces raisons, **la somme des fractions tallage et redressement devrait être limitée à 115 N.**

### **2.3.3.3 La fraction à la dernière feuille**

Cette dernière fraction est destinée à assurer le remplissage maximum des grains en maintenant une activité photosynthétique la plus longue possible et 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 fixée à 60 kg N/ha.

### **2.3.4 Calcul de la fumure azotée pour 2015**

**Fumure de référence pour l'escourgeon :**

**Fraction du tallage (1<sup>ère</sup> fraction) : 20 N**

**Fraction du redressement (2<sup>ème</sup> fraction) : 70 N**

**Fraction de la dernière feuille (3<sup>ème</sup> fraction) : 60 N**

Lorsqu'on fait l'impasse de la fumure du tallage, il est important de respecter le stade d'application de la fumure du redressement. Faire l'impasse de toute fumure avant le stade 1<sup>er</sup> nœud est souvent très pénalisant. Il est préférable d'anticiper et d'appliquer la fumure tallage + redressement quelques jours avant le stade « épis à 1 cm ».

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

## 8 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 à reporter dans le tableau 1.2.**

### 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 <sup>ère</sup> fraction	2 <sup>ème</sup> fraction	3 <sup>ème</sup> 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

Vos parcelles	N.TER RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 45)		
	1 <sup>ère</sup> fraction	2 <sup>ème</sup> fraction	3 <sup>ème</sup> fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			



## 9 Détermination de N. ORGA, fonction de la richesse organique du sol

### 1.3 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 (=> fractionnement en deux apports)	4
<i>Inscrire ici la classe ORGA correspondant à votre cas</i>	

### 1.4 Détermination des valeurs de N. ORGA pour chaque fraction

CLASSES	1 <sup>ère</sup> FRACTION	2 <sup>ème</sup> FRACTION	3 <sup>ème</sup> FRACTION
ORGA 1	+10	+10	0
ORGA 2	0	0	0
ORGA 3	-20	-10	0
ORGA 4	-30	-20	-10

Vos parcelles	N. ORGA RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 45)		
	1 <sup>ère</sup> fraction	2 <sup>ème</sup> fraction	3 <sup>ème</sup> fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			
Parcelle 3			

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

PRECEDENT CULTURAL	N. PREC. POUR		
	1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>	3 <sup>ème</sup>
Chaumes	0	0	0
Pailles avec azote	0	0	0
Pailles sans azote	+ 25	+ 15	0

Vos parcelles	N. PREC RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 45)		
	1 <sup>ère</sup> fraction	2 <sup>ème</sup> fraction	3 <sup>ème</sup> fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			

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

### 1.5 Pour la fraction du TALLAGE

#### 1.5.1 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>	

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 à reporter dans le tableau 4.1.2.**

#### 1.5.2 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	

### 1.6 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	

### 1.7 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
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

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

## 12 Détermination DE N.CORR

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

### 1.8 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.

#### 4. La fumure azotée

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

#### 1.9 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).

TYPE DE TER		VALEUR DE N.CORR.
TER 0, TER 1,	Si fractions tallage + redressement = 155 ou moins	0
TER 2	Sinon N.CORR= 155 - fraction tallage - fraction redressement calculée	...
TER 3, TER 4	Si tallage + redressement = 135 ou moins	0
	Sinon N.CORR = 135 - fraction tallage - fraction redressement calculée	...
TER 5	Si fractions tallage + redressement = 115 ou moins	0
	Sinon N.CORR= 115 - fraction tallage - fraction redressement calculée	...

Si PREC paille enfouie sans azote remplacer les valeurs 155, 135 et 115 par respectivement 170, 150 et 130.

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

#### 1.10 Pour la fraction de dernière feuille

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

Si fraction tallage + fraction redressement	N.CORR.
= 80 N ou moins	+ 20
= + de 80 N	0

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

### 13 Calcul de la fumure

FUMURE	DOSE REF.	N. TER	N. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
<i>Au tallage</i>	20						
<i>Au redress.</i>	70						
<i>A la dern. fe.</i>	60						

- (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.

LES CONSEILS DE FUMURE AZOTEE DE  
L'ORGE D'HIVER À DESTINATION  
BRASSICOLE SONT REPRIS DANS LE  
CHAPITRE « ORGE BRASSICOLE ».

### 3 Fumure azotée de l'épeautre en région limoneuse et en région froide d'Ardenne

R. Meza<sup>9</sup>, E. Escarnot<sup>10</sup>, M. De Toffoli<sup>11</sup>, R Lambert<sup>12</sup>, G. Sinnaeve<sup>13</sup>, B. Bodson<sup>14</sup>

#### 3.1 Introduction

Même si l'épeautre est une espèce proche du froment, ses besoins en azote ainsi que le fractionnement optimal de la fumure ne sont pas encore connus précisément.

Il est par conséquent important d'évaluer via des essais en champs les besoins et les systèmes de fractionnement les plus adaptés au bon développement de la culture afin d'en tirer un rendement phytotechnique, mais surtout économique optimal.

Pour combler ce manque de connaissance du point de vue de la fertilisation azotée, Gembloux Agro-Bio Tech (ULg - Unité de Phytotechnie tempérée), l'UCL (ELIa-membre scientifique de Nitrawal), le Centre de Michamps asbl et le CRA-W (Unité Amélioration des espèces et biodiversité) ont mené des expérimentations en parallèle depuis 2011 en région limoneuse (Gembloux) et en région froide (Ardenne à Michamps) avec la variété Cosmos, variété d'épeautre la plus cultivée en Belgique.

Depuis quelques années, le prix de l'épeautre ne cesse d'augmenter. Cette augmentation se justifie notamment par une demande de plus en plus importante de l'étranger. De plus, le prix de vente de l'épeautre est supérieur à celui du blé. Ce qui entraîne un regain d'intérêt pour cette culture, non seulement dans les régions habituelles (région froide d'Ardenne) mais également en région limoneuse.

Au vu des rendements très élevés atteints dans certaines parcelles, la question était posée de savoir si les fumures « référence » habituellement recommandées pour cette culture étaient suffisantes pour atteindre le rendement économique optimal ou s'il fallait plutôt recommander aux agriculteurs de se baser sur la fumure conseillée en froment d'hiver par le Livre Blanc pour calculer leur fumure azotée adaptée à la parcelle et à la culture en place.

---

<sup>9</sup> ULg – Gx-ABT – Unité de Phytotechnie des régions tempérées – Production intégrée des céréales en Région Wallonne, subsidié par la DGARNE du Service Public de Wallonie

<sup>10</sup> CRA-W – Dpt Science du vivant – Unité Amélioration des espèces et biodiversité

<sup>11</sup> UCL – Earth & Life Institute – Pôle agronomie

<sup>12</sup> Laboratoire d'analyses de sols du réseau REQUASUD – Province du Luxembourg

<sup>13</sup> CRA-W – Dpt Valorisation des productions – Unité Technologies de la transformation des produits

<sup>14</sup> ULg – Gx-ABT – Unité de Phytotechnie des régions tempérées

### **3.2 Conditions climatiques**

Avant de présenter les résultats, voici un résumé des conditions climatiques des années d'essai depuis 2011 et de leurs faits marquants, qui restent déterminants au déroulement des cultures.

#### **Semis 2010 – Récolte 2011 :**

Saison marquée par un hiver précoce et une longue période de sécheresse qui s'est étalée depuis le début du mois de mars jusqu'au mois de juin. Cette sécheresse printanière a freiné le développement végétatif qui, en fin de saison, était assez faible.

A l'épiaison, les pluies sont réapparues permettant de compenser partiellement le déficit de biomasse grâce à une translocation optimale des assimilats et un bon remplissage des grains. Notons cependant que ces pluies sont survenues d'une manière très hétérogène sur le territoire wallon et qu'elles n'ont, dans certains cas, pas permis de combler le retard de croissance de la culture. De plus, les cultures implantées sur des sols superficiels ou ayant une mauvaise structure ont fortement souffert de la sécheresse. La pression des maladies était faible pour cette année.

#### **Semis 2011 - Récolte 2012 :**

À la fin du mois de janvier lors de l'arrivée brusque du gel sur les plantes, on aurait pu avoir des appréhensions mais les cultures ont bien résisté.

Le redémarrage des cultures a été assez rapide grâce à des températures et un ensoleillement supérieurs à la moyenne durant le mois de mars. Le mois d'avril fut très pluvieux et frais, cela a favorisé l'apparition de maladies comme la rouille jaune et la septoriose. De plus, les couches supérieures du sol ont été gorgées d'eau avec à la clé une faible minéralisation et un prélèvement d'azote limité par la culture.

Dès le début du remplissage des grains, on a constaté une fertilité moyenne des épis probablement due aux conditions froides et au manque d'ensoleillement du mois d'avril.

A la récolte, les agriculteurs ont constaté des écarts de rendement importants entre parcelles, mais pour certaines d'entre elles, les rendements étaient tout à fait acceptables voire supérieurs à ceux attendus.

#### **Semis 2012 - Récolte 2013 :**

Malgré le fait que les mois d'octobre et de novembre aient été marqués par de fortes précipitations, l'implantation des semis par épisodes s'est réalisée dans d'assez bonnes conditions.

Le mois de décembre a été doux et humide, l'hiver s'est réellement installé à la mi-janvier. Nous avons eu une longue période de froid avec des températures négatives durant le mois de mars et jusqu'à la première décennie d'avril. Ce froid tardif a entraîné un retard dans la reprise

de la végétation. Le mois d'avril a été doux et plus sec alors que le mois de mai a été marqué par des précipitations accompagnées de températures trop basses pour la saison.

Le climat doux et sec des mois de juin et juillet a été favorable au remplissage des grains. Le retard des cultures, suite à un hiver long et froid, a pu être rattrapé grâce à ces bonnes conditions climatiques.

#### **Semis 2013- Récolte 2014 :**

De nombreux agriculteurs ont commencé leurs semis au début du mois d'octobre sous un temps sec, ensoleillé et avec des températures relativement élevées.

La saison a ensuite été marquée par un automne aux températures supérieures aux moyennes saisonnières et par un hiver doux et clément. Les gelées hivernales ont été absentes ou quasi inexistantes selon les régions, ayant pour conséquence un développement très avancé des cultures en sortie d'hiver. Due aux conditions clémentes de l'hiver, la pression de rouille jaune a été très forte. Celle-ci était présente dans nos champs dès la mi-février et beaucoup d'agriculteurs ont eu du mal à la maîtriser.

La pluviosité et les températures du mois de juillet ont été légèrement plus élevées que la normale. Le mois d'août fut marqué par une pluviosité abondante, rendant la moisson difficile.

### **3.3 Résultats et analyse**

Les rendements présentés ci-dessous sont les rendements phytotechniques et économiques des essais réalisés à Gembloux et à Michamps.

Le rendement phytotechnique (Rdt phytot) est défini comme le rendement brut obtenu sur la parcelle.

Le rendement économique (Rdt éco) représente la valeur de la production (obtenue à la parcelle) à laquelle on déduit l'équivalent (qx/ha) correspondant aux coûts de l'engrais azoté mis en œuvre.

L'ensemble des rendements économiques sont calculés selon le rapport 4.1 (1 kg N = 4.1 kg d'épeautre). Le prix de vente retenu pour l'épeautre est de 270 €/T et le prix de l'azote à la tonne (ammonitrate 27 %) est de 300 €. Ces prix proviennent de la moyenne obtenue au mois de décembre de chaque année depuis 2011.

Le protocole expérimental est composé de 20 objets différents dont le fractionnement et les doses totales varient. Les modalités des objets sont identiques pour les 2 essais (à Gembloux et à Michamps), à la seule exception de l'objet 20.

En effet, les fumures « référence », provenant de la littérature sur l'épeautre, ont été testées avec l'objet 20 : fumure de 160 kg N/ha (45-55-60) à Gembloux et de 145 kg N/ha (40-50-55) à Michamps.



Des courbes de réponses à l'azote ont pu être établies pour chaque année et pour chaque site. Ces résultats théoriques seront présentés après ceux du rendement économique des essais.

Signalons que tant à Michamps qu'à Gembloux, aucun problème de verse n'a été enregistré depuis 2011.

Le tableau 4.13 récapitule les dates de semis, d'application des fractions de la fumure azotée et les dates de récolte par année et pour chaque site d'expérimentation.

**Tableau 4.13 – Dates de semis, d'application de la fumure azotée et de la récolte par année et par site.**

<b>Gembloux</b>					
Année de récolte	Semis	Tallage	Redressement	Dernière feuille	Récolte
2011	22-oct-10	15-mars	14-avr	09-mai	02-août
2012	14-oct-11	16-mars	05-mai	16-mai	10-août
2013	24-oct-12	08-avr	29-avr	28-mai	12-août
2014	14-nov-13	12-mars	15-avr	14-mai	18-août
<b>Michamps</b>					
Année de récolte	Semis	Tallage	Redressement	Dernière feuille	Récolte
2011	22-oct-10	22-mars	28-avr	16-mai	16-août
2013	19-oct-12	08-mai	16-mai	07-juin	20-août
2014	04-oct-13	04-avr	24-avr	21-mai	17-août

### **3.3.1 Région limoneuse – Gembloux**

Le tableau 4.14 présente l'analyse statistique et les rendements phytotechniques et économiques (qx/ha) de 2011 à 2014 des essais implantés en région limoneuse (Gembloux).

Il montre que les rendements phytotechniques maximaux varient entre 86 et 100 qx/ha, en fonction de l'année, et ceux-ci ne sont pas nécessairement atteints avec les fumures les plus élevées. Le rendement économique optimal varie entre 81 et 95 qx/ha selon les essais. Les fumures permettant d'atteindre ou d'approcher le rendement économique optimal diffèrent fortement d'une année à l'autre.

Le tableau 4.14 présente une synthèse des rendements économiques théoriques issus de la courbe de réponse. Ces rendements proviennent d'une intrapolation des résultats obtenus au champ.

#### 4. La fumure azotée

Tableau 4.14 – Analyse statistique, rendements phytotechniques et économiques (qx/ha) - Gembloux.

Gembloux				2011	2012	2013	2014					
Précédent				Froment	Froment	Froment	Betteraves					
Teneur en N total en sortie hiver sur (60 cm) (uN)				15	22	30	27					
Dunnett				8	11	8	10					
PPDS 05				5	7	5	6					
CV				5	6	4	6					
Rendements (qx/ha)												
N° Objet	Fumure azotée ( kg N/ha)				2011		2012		2013		2014	
	T	R	DF	Total	Rdt phytot	Rdt éco	Rdt phytot	Rdt éco	Rdt phytot	Rdt éco	Rdt phytot	Rdt éco
1	-	-	-	0	57	57	50	50	69	69	61	61
2	50	-	-	50	73	71	70	68	82	80	68	66
3	-	50	-	50	64	62	67	65	93	91	70	68
4	-	-	50	50	63	61	63	61	81	79	64	62
5	50	50	-	100	83	78	80	76	94	89	75	71
6	50	-	50	100	71	67	79	75	96	92	73	69
7	-	50	50	100	74	70	79	75	94	90	65	61
8	50	50	50	150	89	83	84	78	95	89	79	73
9	100	-	-	100	85	81	79	75	97	93	78	74
10	-	100	-	100	76	72	80	76	<b>99</b>	<b>95*</b>	76	72
11	-	-	100	100	68	64	64	59	92	88	85	<b>81*</b>
12	100	100	-	200	<b>100*</b>	<b>91*</b>	84	76	94	86	81	72
13	100	-	100	200	95	87	92	84	92	84	75	67
14	-	100	100	200	86	78	<b>95*</b>	<b>87*</b>	82	74	75	67
15	100	100	100	300	<b>100*</b>	87	81	69	88	76	67	55
16	75	75	-	150	94	88	84	78	96	90	77	71
17	75	-	75	150	89	83	87	80	98	92	84	78
18	-	75	75	150	81	74	85	79	97	91	<b>86*</b>	80
19	75	75	75	225	99	89	84	75	98	88	82	73
20	45	55	60	160	90	83	87	80	97	91	79	73

\* Les valeurs en gras représentent les valeurs les plus élevées obtenues par année pour les rendements phytotechnique et économique. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents au rendement phytotechnique et économique optimal. Les rendements en italique sont ceux qui ne sont pas significativement différents au témoin.

Dans le tableau 4.15, différentes fumures sont présentés selon la :

- Courbe de réponse : le premier fractionnement équivaut au rendement le plus faible qui est statistiquement semblable au rendement le plus élevé, obtenu avec le 2<sup>ème</sup> fractionnement.
- Référence bibliographique : fumure renseignée par la littérature comme étant la référence.
- Méthode « froment Livre Blanc » : Fumures en 3 et 2 fractions issues de la méthode de calcul préconisée dans le Livre Blanc (LB) pour la fumure du froment d’hiver et calculées annuellement pour les conditions de l’essai.

Tableau 4.15 – Rendements économiques obtenus selon différentes fumures - Gembloux.

Année de récolte	Fumure selon :	Fractionnement ( kg N/ha)				Rdt éco (qx/ha)
		T	R	DF	Total	
2011	Courbe de réponse	75	75	-	150	87
		100	100	-	200	<b>92*</b>
	Référence Bibliographique	45	55	60	160	81
	Méthode "froment LB"	60	70	75	205	85
80		-	105	185	84	
2012	Courbe de réponse	50	50	50	150	79
		-	100	100	200	<b>85*</b>
	Référence Bibliographique	45	55	60	160	79
	Méthode "froment LB"	60	70	75	205	78
80		-	105	185	82	
2013	Courbe de réponse	25	50	-	75	90
		-	100	-	100	<b>95*</b>
	Référence Bibliographique	45	55	60	160	90
	Méthode "froment LB"	60	70	75	205	87
80		-	105	185	85	
2014	Courbe de réponse	50	50	75	175	72
		25	-	100	125	<b>78*</b>
	Référence Bibliographique	45	55	60	160	71
	Méthode "froment LB"	50	60	75	185	71
80		-	105	185	74	

\* Les valeurs en gras représentent les valeurs les plus élevées obtenues par année pour le rendement économique. Les cases grisées sont les rendements statistiquement équivalents au rendement économique optimal.

L'interprétation de ces résultats est réalisée par année.

#### Récolte 2011 :

Selon la courbe de réponse, la fumure optimale totale devait être entre 150 (75-75-0) et 200 (100-100-0) kg N/ha. Le rendement des fumures « référence » et « froment LB » était significativement inférieur alors que le total d'azote apporté se situait dans la fourchette de 150-200 kg N/ha.

Au vu des résultats, la quantité de fumure totale apportée ne semble pas avoir été le facteur le plus important mais c'est plutôt le mode de fractionnement. Au cours de cette saison marquée par des conditions climatiques très sèches durant tout le printemps, les fractionnements privilégiant les deux premières fractions très élevées s'avéraient être les meilleurs.

#### Récolte 2012 :

Selon la courbe de réponse la fumure totale optimale devait être entre 150 (50-50-50) et 200 (0-100-100) kg N/ha, comme pour la récolte 2011. Le fractionnement devait cependant être différent puisque la fraction de dernière feuille devait être très élevée.

Le rendement de la fumure « référence » et celui de la fumure « froment Livre Blanc » en 2 fractions sont statistiquement équivalents au rendement économique optimal, qui est de 85 qx/ha.

La fumure calculée selon le Livre Blanc en trois fractions ne donne pas un rendement statistiquement semblable à celui obtenu avec la fumure optimale.

##### **Récolte 2013 :**

La courbe de réponse indique qu'une fumure totale atteignant 100 kg N/ha (0-100-0) était nécessaire pour obtenir un rendement optimal. Le fractionnement de 25-50-0 a permis également d'avoir un rendement satisfaisant avec 90qx/ha. Remarquons que ce fractionnement correspond à la fumure la plus faible permettant d'obtenir un bon rendement.

Le rendement de la fumure « référence » est statistiquement semblable à celui de la fumure optimale. Notons cependant que cette fumure de référence est fort élevée.

Les fumures selon la méthode « froment Livre Blanc » ne donnent pas de rendements satisfaisants.

La fraction appliquée au redressement était la fumure clé pour obtenir un rendement satisfaisant.

##### **Récolte 2014 :**

La courbe de réponse indique qu'une fumure totale entre 125 (25-0-100) et 175 (50-50-75) kg N/ha permettait d'avoir des rendements économiques statistiquement équivalents.

La fumure « référence », de même que la fumure « froment LB » en 3 fractions donnent des rendements non satisfaisants, avec 71 qx/ha. La fumure en 2 fractions (80-0-105) a atteint un rendement statistiquement semblable à l'optimal.

### **3.3.2 Région froide d'Ardenne – Michamps**

Le tableau 4.16 présente l'analyse statistique ainsi que les rendements phytotechniques et économiques (qx/ha) obtenus pour les essais de 2011 à 2014 à Michamps. Notons que les résultats de l'essai de 2012 ne sont pas repris dans le tableau car cet essai a été fortement endommagé par des mulots et n'a pu être récolté.

Le rendement phytotechnique maximal varie entre 69 et 95 qx/ha selon l'année. Le rendement économique optimal varie entre 63 et 88 qx/ha. Les fumures permettant d'atteindre ou d'approcher le rendement économique optimal diffèrent d'une année à l'autre.

Tableau 4.16 – Analyse statistique, rendements phytotechniques et économiques (qx/ha) - Michamps.

Michamps	2011	2013	2014
Précédent	Avoine	Prairie temp.	Prairie temp.
Teneur en N total en sortie hiver sur (60 cm) (uN)	52	43	33
Dunnett	7	4	6
PPDS 05	5	2	4
CV	5	3	4

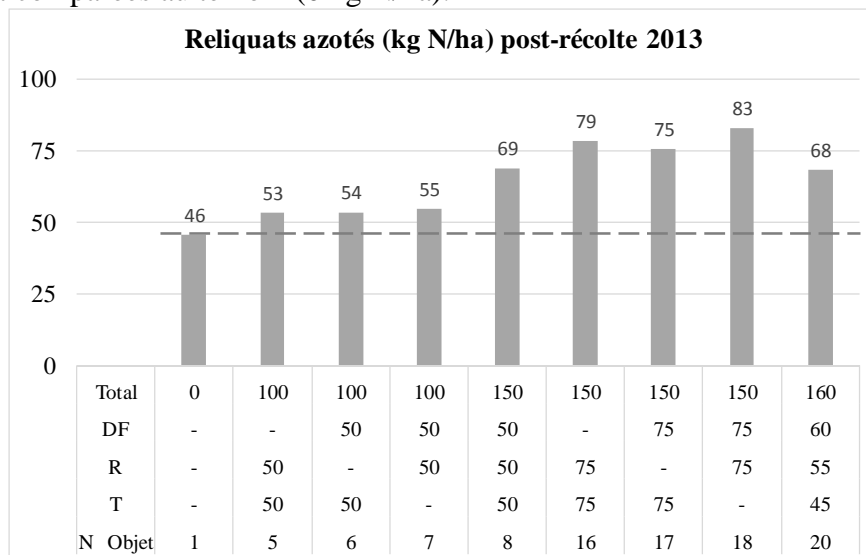
		Rendements (qx/ha)								
N° Objet	Fumure azotée ( kg N/ha)			Total	2011		2013		2014	
	T	R	DF		Rdt phytot	Rdt éco	Rdt phytot	Rdt éco	Rdt phytot	Rdt éco
1	-	-	-	0	44	44	47	47	57	57
2	50	-	-	50	58	56	60	58	78	76
3	-	50	-	50	56	54	59	57	76	74
4	-	-	50	50	51	49	56	54	71	69
5	50	50	-	100	67	63	66	62	88	84
6	50	-	50	100	66	62	65	61	86	82
7	-	50	50	100	61	57	65	60	84	79
8	50	50	50	150	69	62	<b>69*</b>	<b>63*</b>	93	87
9	100	-	-	100	70	66	63	59	82	78
10	-	100	-	100	60	56	63	59	84	80
11	-	-	100	100	57	53	59	55	76	71
12	100	100	-	200	78	69	67	58	91	83
13	100	-	100	200	79	71	67	59	96	<b>88*</b>
14	-	100	100	200	71	62	67	59	91	82
15	100	100	100	300	<b>83*</b>	70	<b>69*</b>	57	92	80
16	75	75	-	150	78	<b>72*</b>	67	60	90	84
17	75	-	75	150	70	64	67	61	<b>95*</b>	<b>88*</b>
18	-	75	75	150	62	56	67	61	88	81
19	75	75	75	225	79	70	67	58	94	85
20	40	50	55	145	71	65	67	61	87	81

\* Les valeurs en gras représentent les valeurs les plus élevées obtenues par année pour les rendements phytotechnique et économique. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents au rendement phytotechnique et économique optimal. Les rendements en italique sont ceux qui ne sont pas significativement différents au témoin.

#### 4. La fumure azotée

Pour cet essai, une analyse des reliquats azotés post-récolte a été réalisée pour l'ensemble des objets (1 à 20) en 2013 et 2014. Cette analyse a été effectuée sur une profondeur de 60 cm.

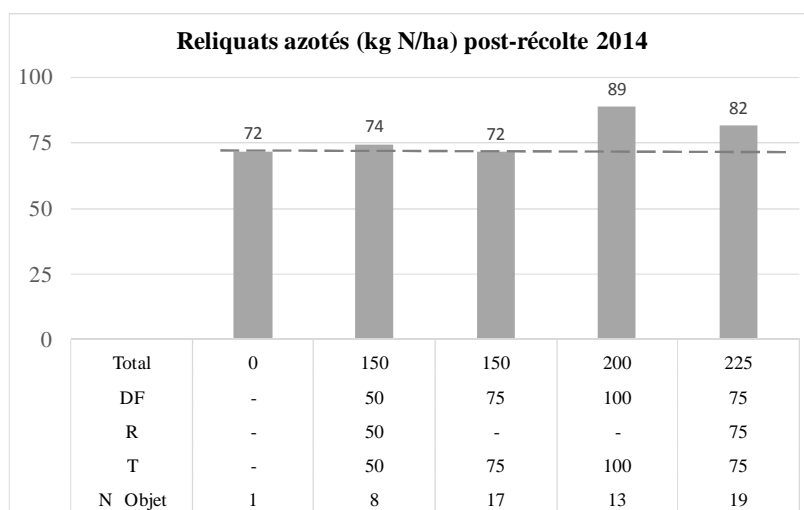
La figure 4.3 représente la quantité des reliquats azotés (kg N/ha) des fumures ayant permis d'obtenir un rendement économique optimal ou statistiquement équivalent en 2013. Ces fumures sont comparées au témoin (0 kg N/ha).



**Figure 4.3 – Reliquats azotés des fumures ayant un rendement économique optimal ou statistiquement équivalent – Michamps 2013.**

Les fumures totales à partir de 150kg N/ha laissent un reliquat azoté plus élevé que le témoin non fertilisé.

Lors de la récolte 2014, des prélèvements de sol ont également été effectués afin de quantifier les reliquats d'azote. La figure 4.4 compare les reliquats azotés (kg N/ha) des fumures ayant permis d'obtenir un rendement économique optimal ou statistiquement équivalent à celui-ci.



**Figure 4.4 – Reliquats azotés des fumures ayant un rendement économique optimal ou statistiquement équivalent – Michamps 2014.**

En 2014, les fumures totales de 150 kg N/ha présentent un reliquat azoté équivalent au témoin non fertilisé. A partir de 200 kg N /ha d'apport total, le reliquat d'azote augmente légèrement.

La lecture du tableau 4.17, représentant les rendements économiques obtenus selon différentes fumures à Michamps, doit se réaliser de la même manière que le tableau 4.15. Rappelons cependant que la fumure « référence » est de 145 kg N/ha et que les fumures selon la méthode « froment Livre Blanc » sont différentes de celles à Gembloux, car elles tiennent compte du précédent cultural et de la région de culture.

**Tableau 4.17 – Rendements économiques obtenus selon différentes fumures - Michamps.**

Année de récolte	Fumure selon :	Fractionnement ( kg N/ha)				Rdt éco (qx/ha)
		T	R	DF	Total	
2011	Courbe de réponse	75	50	-	125	68
		100	50	100	250	<b>73*</b>
	Référence Bibliographique	40	50	55	145	64
	Méthode "froment LB"	70	90	75	235	68
90		-	125	215	72	
2013	Courbe de réponse	75	-	100	175	60
		50	50	50	150	<b>62*</b>
	Référence Bibliographique	40	50	55	145	62
	Méthode "froment LB"	60	80	75	215	61
90		-	125	215	58	
2014	Courbe de réponse	25	100	-	125	84
		100	-	100	200	88
	Référence Bibliographique	40	50	55	145	85
	Méthode "froment LB"	60	80	75	215	85
90		-	125	215	<b>89*</b>	

#### Récolte 2011 :

La courbe de réponse indique qu'une fumure totale de 250 (100-50-100) kg N/ha était nécessaire pour obtenir un rendement économique maximal de 73 qx/ha. Cependant, une fumure de 125 (75-50-0) kg N/ha permettait également d'atteindre un rendement statistiquement équivalent.

La fumure « référence », dont la fumure totale s'élevait à 145 kg N/ha n'a pas permis d'obtenir un rendement satisfaisant.

Les fumures calculées selon la méthode « froment Livre Blanc » procurent un rendement statistiquement semblable à l'optimum.

Durant cette année, comme à Gembloux, la fraction tallage semble avoir joué un rôle important pour le bon développement de la culture et ainsi garantir un bon rendement.

##### **Récolte 2013 :**

Les niveaux de rendements ont été très faibles par rapport à 2011 et 2014.

La courbe de réponse indique qu'une fumure totale de 150 (50-50-50) kg N/ha était nécessaire pour obtenir un rendement maximal de 62 qx/ha.

La fumure « référence » permet d'atteindre un très bon rendement avec une dose totale de 145 kg N/ha. La fumure « froment LB » en 3 fractions donne également un rendement élevé, mais avec un apport en azote beaucoup plus important que pour la fumure « référence ».

##### **Récolte 2014 :**

Les résultats issus de la courbe de réponse montrent que le rendement économique maximal est atteint avec la fumure en 2 fractions calculée selon la méthode « froment Livre Blanc » (215 kg N/ha), à savoir 89 qx/ha. Statistiquement, le même rendement peut être obtenu avec une fumure de seulement 125 kg N/ha selon la courbe de réponse.

La fumure « référence » (145 kg N/ha) permet également d'obtenir un rendement statistiquement équivalent à l'optimum.

### **3.4 Conclusion**

Les essais réalisés parallèlement à Michamps et à Gembloux depuis 2011 apportent des informations importantes afin de mieux comprendre la fumure azotée de l'épeautre.

Une première constatation est que le potentiel de rendement entre les deux régions est différent, avec un rendement observé nettement plus élevé en région limoneuse.

De plus, la fertilisation azotée de la culture doit être étudiée selon la région et selon les conditions climatiques de l'année, notamment après l'hiver. En effet, si l'hiver se prolonge, la fraction tallage devient très importante et ceci d'autant plus que le sol se réchauffe lentement et ne minéralise que tardivement.

Dans les essais de Michamps (2013 et 2014), la fumure « référence » s'est avérée très proche de celle permettant d'atteindre l'optimum économique. En 2011, il fallait renforcer l'apport de tallage en maintenant les deux autres apports.

À Gembloux, en région limoneuse, les réponses sont très divergentes d'une saison à l'autre et ne permettent pas de recommander une conduite de la fertilisation « passe-partout ».

Les essais réalisés durant ces 4 dernières années ont permis de confirmer que la fertilisation azotée de l'épeautre doit être réfléchie et adaptée selon les régions et les conditions climatiques de l'année. De plus, les particularités de la parcelle doivent également être prises en compte pour pouvoir réaliser une fertilisation optimale.

Des années complémentaires d'essai sont dès lors nécessaires pour pouvoir confirmer ces observations et définir au mieux le fractionnement adéquat pour chaque région.