

4. La fumure azotée

F. Vancutsem¹, B. Seutin², J-P. Destain³, C. Roisin⁴, B. Monfort⁵, C. Vandenberghe⁶, J-M. Marcoen⁶,
E. Escarnot⁷, R. Lambert⁸, M. De Toffoli⁸, B. Bodson¹

1	La fumure en froment	2
1.1	Bilan de l'année écoulée	2
1.2	Expérimentation, résultats, perspectives	2
1.2.1	Résultats obtenus dans les deux essais sur froment d'hiver à Lonzée et Les Isnes	3
1.2.2	Résultats obtenus sur froment d'hiver à Michamps en terre « froide »	10
1.2.3	Résultats obtenus sur froment de printemps à Lonzée	13
1.2.4	Exemple de calcul d'optimum économique	16
1.2.5	Conclusion des expérimentations 2010	19
1.3	Recommandations pratiques	19
1.3.1	Azote minéral du sol sous froment d'hiver, situation au 10 février 2011	19
1.3.2	Les objectifs	21
1.3.3	Les principes de base de la fixation de la fumure azotée	22
1.3.4	Le rythme d'absorption de l'azote par la culture	22
1.3.5	La détermination pratique de la fumure	24
1.3.6	Les modalités d'application des fumures	25
2	La fumure en escourgeon	45
2.1	Aperçu de l'année	45
2.2	Résultats des expérimentations sur le site de Lonzée	45
2.2.1	La fumure optimale à Lonzée en 2010	45
2.3	Evolution de la fumure azotée économiquement optimale quand les prix de vente de la récolte ou d'achat de l'engrais azoté varient	47
2.4	Les recommandations pratiques	50
2.4.1	Conditions particulières de 2011, profil en azote minéral du sol en escourgeon	50
2.4.2	Les principes de base de la détermination de la fumure azotée	51
2.4.3	La détermination pratique de la fumure	51
2.4.4	Les modalités d'application de la fumure azotée	51

¹ Gx-ABT – Unité de Phytotechnie des régions tempérées

² Gx-ABT – Unité de Phytotechnie des régions tempérées – Production intégrée des céréales en Région Wallonne, subsidié par la DGARNE du Ministère de la Région Wallonne

³ Directeur Général ff du CRA-W

⁴ CRA-W – Dpt Agriculture et milieu naturel – Unité Fertilité des sols et protection des eaux

⁵ Projet APE 2242 (FOREM) et projet CePiCOP (DGARNE – Ministère de l'Agriculture et de la Ruralité de la RW)

⁶ Gx-ABT – Unité de Science du sol - Grenera

⁷ CRA-W – Dpt Sciences du Vivant – Unité Amélioration des Espèces et Biodiversité

⁸ UCL – Eart of Life Institute – Pôle Agronomie

1 La fumure en froment

1.1 Bilan de l'année écoulée

Dans le Livre blanc de février 2010, l'apport de la fumure azotée en trois fractions avait été recommandé dans la plupart des situations suite à deux constats :

- Les profils sortie hiver étaient considérés comme très pauvres après la plupart des précédents ($< 50 \text{ kg N/ha}$) hormis pour les précédents pois et légumes ;
- Le faible développement des cultures de froment en sortie hiver.

Au vu des conditions météo du printemps et de l'été, ces recommandations se sont pleinement justifiées. Un premier déficit hydrique durant les deux dernières décades d'avril a imposé un frein de la croissance des froments implantés tardivement ou sur des sols très séchants ainsi que des froments dont le système racinaire était déficient. Dans ce cas, la culture présentait une biomasse trop faible, un nombre d'épis/ m^2 insuffisant et des épis de petite taille. Les fractions de tallage et redressement n'ont pas toujours pu compenser ce manque de croissance. Dans les bonnes terres, les froments correctement implantés n'ont pas ou peu subi ce stress.

Une deuxième période de stress hydrique en juin a induit un manque de fertilité des épis ainsi qu'un mauvais remplissage des grains. Dans les situations où la culture avait déjà été pénalisée en avril et présentait un moins bon enracinement, la fraction de dernière feuille n'a pas été entièrement prélevée par la culture et n'a pas pu participer pleinement au remplissage du grain. Dans ces situations, des reliquats importants ont été mesurés.

Le retour des pluies de juillet a assuré, à tous les froments implantés dans les terres profondes, les conditions hydriques nécessaires pour un bon remplissage des grains et donc des rendements très corrects pour autant cependant que les parcelles n'aient pas trop souffert de verse suite aux violents orages du 14 juillet.

1.2 Expérimentation, résultats, perspectives

L'Unité de Phytotechnie de Gembloux Agro-Bio Tech en collaboration avec l'Unité Fertilité des sols et Protection des eaux du CRA-W a mis en place au cours de la saison dernière trois essais « fumure azotée » en froment. Ces essais ont été implantés à

- Lonzée, froment d'hiver sur précédent betterave
- Les Isnes, froment d'hiver sur précédent froment
- Lonzée, froment de printemps sur précédent betterave

Un quatrième essai, en froment d'hiver, a été implanté à Michamps en zone plus froide (province de Luxembourg). Pour ce dernier, l'Unité de Phytotechnie a bénéficié de l'aide de l'Unité d'Amélioration des espèces et biodiversité du CRA-W ainsi que du Centre de Michamps de l'UCL.

Le premier objectif est, dans chaque situation culturelle, de déterminer les optima de fumure c'est-à-dire les modalités de dose totale et de fractionnement qui procurent les meilleurs rendements phytotechnique ou économique, selon que le coût de la fertilisation est pris ou non en compte. Le second est de comparer ces optima avec la fumure azotée recommandée, calculée selon la méthode du «Livre blanc» en fonction de la situation culturelle. L'analyse des résultats permet d'améliorer les recommandations en particulier les tableaux de calcul de la fumure azotée.

1.2.1 Résultats obtenus dans les deux essais sur froment d'hiver à Lonzie et Les Isnes

La conduite culturelle de chacun des deux essais est reprise dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1 – Caractéristiques des deux essais de réponse à la fumure azotée – GxABT – Lonzie et les Isnes 2010.

Variété	Julius	Istabraq
Caractéristique variété	Panifiable	Fourrager
N° de l'essai	FH10-10	FH10-51
Date de semis	21-oct.	22-oct
Densité de semis	220 gr/m ²	220 gr/m ²
Précédent	Betterave	Froment
Teneurs en N total en sortie hiver sur 90cm (sous culture de froment)	64 uN	28 uN
Apport de la fumure	Tallage	24-mars
	tallage-redressement	6-avr
	Redressement	28-avr
	dernière feuille	28-mai
Désherbage	14-avr	14-avr
Raccourcisseur (CCC 1L)	22-avr	27-avr
Fongicide	2-juin	7-mai
		28-juin

1.2.1.1 Le rendement phytotechnique

Le tableau 4.2 reprend pour chacune des 30 modalités de fumure étudiées le rendement et ses composantes ainsi que l'indice de verse observé après l'orage du 14 juillet.

4. La fumure azotée

Tableau 4.2 – Rendements phytotechniques (qx/ha) ; poids de mille grains exprimés en g ; indice de verse (% ; 100% = parcelle complètement versée) et nombre d'épi par m² observés dans les essais fumures azotées – GxABT – Lonzée (variété Julius sur précédent betterave) et Les Isnes (variété Istabraq sur précédent froment), 2010.

Fumure azotée kg N/ha					JULIUS				ISTABRAQ			
T	T-R	R	DF	tot	Rdt qx/ha	pmg g	verse %	nb épi/m ²	Rdt qx/ha	pmg g	verse %	nb épi/m ²
-	-	-	-	0	66	47	0	271	49	43	0	229
-	50	-	-	50	80	46	0	397	70	42	8	331
-	50	-	50	100	89	47	0		70	42	20	
-	50	-	75	125	93	47	4		75	42	26	
-	50	-	100	150	92	46	3		76	43	40	
-	50	-	125	175	93	46	2		78	41	27	
-	50	-	150	200	93	48	7		74	41	41	
-	75	-	-	75	86	45	0	473	75	41	11	331
-	75	-	50	125	91	46	8		78	42	30	
-	75	-	75	150	93	47	2		77	41	25	
-	75	-	100	175	95	46	3		81	42	31	
-	75	-	125	200	98	46	6		81	41	43	
-	75	-	150	225	98	44	19		80	41	53	
-	100	-	-	100	91	44	1	493	79	42	36	325
-	100	-	50	150	96	45	1		82	40	47	
-	100	-	75	175	95	44	9		82	40	59	
-	100	-	100	200	98	45	32		83	40	59	
-	100	-	125	225	96	45	39		79	40	54	
-	100	-	150	250	96	44	25		79	41	53	
-	125	-	-	125	96	44	6	519	82	41	32	393
-	125	-	50	175	97	44	23		83	40	55	
-	125	-	75	200	98	44	37		82	41	61	
-	125	-	100	225	95	43	22		84	40	64	
-	125	-	125	250	99	44	32		82	40	60	
-	125	-	150	275	97	44	22		82	41	55	
50	-	50	50	150	95	44	8	492	88	43	18	343
75	-	75	75	225	97	43	13	540	92**	41	49	421
100	-	100	100	300	99**	41	50	552	90	40	61	441
50	-	60	75	185	96	46	6	508				
-	80	-	105	185	94	44	4	509				
60	-	70	75	205					88	41	44	374
-	100	-	105	205					78	40	51	336

* Les quatre dernières fumures reprises dans le tableau sont les fumures calculées et ajustées selon la méthode du «Livre blanc». Elles diffèrent entre les deux essais, en raison notamment du précédent cultural.

** Les valeurs en gras représentent, pour chaque variété, les rendements maxima observés et les cases grisées sont les rendements statistiquement équivalents à leur valeur maximale respective.

Entre les deux essais, une différence de rendement importante de l'ordre de 16 qx/ha en moyenne a été observée. Elle doit être imputée au fait que l'essai sur Istabraq est implanté après un précédent froment et que la culture a beaucoup plus souffert de la sécheresse de fin juin-début juillet.

Les maxima de **rendement phytotechnique** observés étaient de :

- 99 qx/ha pour Julius après betterave obtenus avec des fumures de 250 et 300 N/ha. Une série d'autres fumures comprises entre 150 et 275 N/ha ont permis d'atteindre des rendements statistiquement équivalents. Parmi celles-ci, se trouve aussi la fumure « Livre blanc » en 3 apports pour laquelle le rendement mesuré est de 96 qx/ha avec une fumure de 185 N.
- 92 qx/ha pour Istabraq après froment obtenus avec une fumure de 225 N/ha, fractionnée en trois apports de 75 N/ha. Seules les 4 modalités de fumures en 3 apports, y compris la fumure Livre blanc, présentent des rendements statistiquement équivalents, les fumures en deux apports procurent systématiquement des rendements nettement moins élevés (figure 4.1.b).

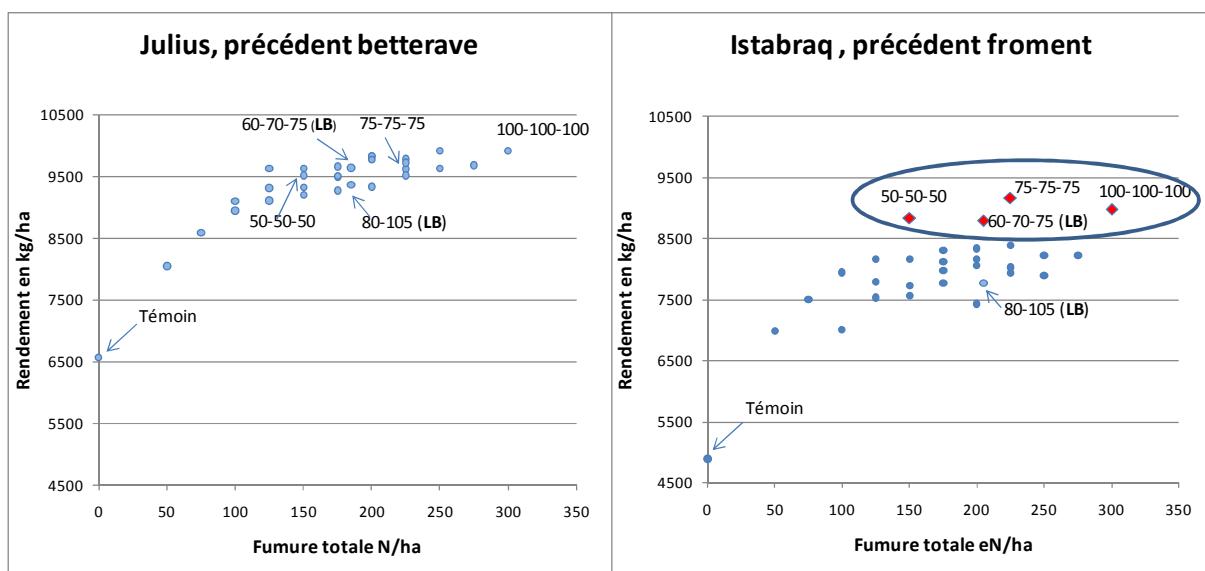


Figure 4.1 a et b – Rendements (kg/ha) obtenus pour les trente modalités de fumure azotée – GxABT 2010.

La réponse de la culture à la fumure azotée est différente dans les deux essais.

- Julius (figure 4.1. a) montre une réponse plus marquée vis-à-vis de la dose totale d'azote apportée que vis-à-vis du fractionnement ; ce comportement est le reflet d'un bon développement de la végétation tout au long de la saison sans impact marqué de stress hydrique.
- Istabraq présente une réponse à la fumure azotée qui est prioritairement liée au fractionnement. Cet essai était implanté après un froment sur une terre plus séchante. Couplés à un moins bon engrangement de la culture dû au précédent froment, les différents stress hydriques rencontrés en avril et en juin ont fortement influencé le développement de la culture ; cela s'est traduit par un nombre d'épis/m² limitant (manque d'eau en avril) et de faibles poids de mille grains de l'ordre de seulement 40g (tableau 4.2.).

4. La fumure azotée

1.2.1.2 Détermination de l'optimum de la fraction de tallage-redressement

Précédent betterave sur la variété Julius

Dans le fractionnement en 2 apports de la fumure azotée Livre blanc en précédent betterave feuilles enfouies, le niveau de la première fraction recommandé est fixé à 80 N.

Le tableau 4.3. présente les différences de rendement observées lorsque, pour une même fumure totale comprise entre 125 et 225 N, 25 N sont retirées à la fraction de dernière feuille et ajoutées à la dose de première fraction (fraction de tallage-redressement) :

- Lors du passage de 50 à 75 N, un gain moyen de 159 kg/ha a été observé. Ce gain est d'autant plus important que la dose totale est élevée ;
- Lors du passage de 75 à 100 N, le rendement moyen n'augmente plus que de 37 kg/ha ;
- Lors du passage de 100 à 125 N, le rendement moyen n'augmente plus.

Tableau 4.3 – Différences de rendement (kg/ha) observées lors de l'augmentation de la dose de la première fraction pour une fumure totale constante au niveau de l'essai Julius (précédent betterave feuilles enfouies) – Lonzée 2010.

Fraction T-R	Fumure totale										Gain moyen de rdt	
	125 N		150 N		175 N		200 N		225 N			
	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt		
50 N	9309		9195		9271		9330				159	
		-201		127		225		487				
75 N	9108		9322		9496		9817		9781		37	
				303		3		8		-166		
100 N			9624		9499		9825		9615		1	
						156		-53		-99		
125 N	9630				9655		9772		9516			

Cette année, comme en 2009, la dose de 80 N lors du premier passage est en adéquation avec les besoins de la culture. Cette dose permet d'atteindre un nombre d'épis suffisant pour assurer le rendement (un nombre d'épi par m² compris en 400 et 500 (tableau 4.2.)). Une fois ce niveau atteint, une diminution de la fraction dernière feuille au profit de la fraction de tallage-redressement pénalise bien souvent le rendement et augmente le risque de verse.

Précédent froment sur la variété Istabraq

Dans le fractionnement en 2 apports de la fumure azotée Livre blanc en précédent froment, le niveau de la première fraction est fixé à 100 N.

Les différences de rendement observées lorsque, pour une même fumure totale comprise entre 125 et 225 N, 25 N sont transférées à la dose de première fraction (tableau 4.4) :

- Lors du passage de 75 à 100 N pour la première fraction, un gain moyen de 183 kg/ha a été observé ;
- Lors du passage de 100 à 125 N, le rendement augmente encore de 119 kg/ha.

Tableau 4.4 – Différences de rendement (kg/ha) observées lors de l'augmentation de la dose de la première fraction pour une fumure totale constante au niveau de l'essai Istabraq (précédent froment) – Les Isnes 2010.

Fraction T-R	Fumure totale										Gain moyen de rdt	
	125 N		150 N		175 N		200 N		225 N			
	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt		
50 N	7535		7561		7766		7433				348	
		250		165		353		624				
75 N	7786		7726		8120		8057		8031		183	
				441		105		280		-94		
100 N			8167		8225		8336		7937		119	
						78		-175		455		
125 N	8163				8303		8161		8392			

Dans ce cas, la dose 100 N lors du premier passage était inférieure aux besoins de la culture, une fumure de 125 N permettait certes d'atteindre un nombre d'épis supérieur à savoir 393 épis/m², considéré comme limite pour atteindre de bons rendements ; mais cette forte fraction de tallage- redressement ne permettait pas d'exprimer pleinement le potentiel de rendement de la culture.

Dans cette situation de froment après froment, malgré le bon état de la culture en sortie d'hiver, l'option du fractionnement en deux apports n'était pas judicieuse. Les modalités fumures avec des apports à la fois en sortie d'hiver et au stade redressement ont été mieux valorisées par cette culture (figure 4.1.b). Les résultats de cet essai confirment les recommandations reprises dans le Livre Blanc, qui signalent qu'une fumure de tallage et un fractionnement en trois apports est plus prudent lorsque le précédent est un froment.

1.2.1.3 *L'importance du fractionnement sur la verse*

Les indices de verse pour chacune des fumures étudiées sont repris dans le tableau 4.2. Ils ont été calculés en fonction de la surface versée et de l'angle d'inclinaison des plantes. Les observations ont été réalisées juste après les orages du 14 juillet. L'intensité de la verse était supérieure dans l'essai sur la variété Istabraq à Les Isnes.

Tableau 4.5. – Indices de verse mesurés pour les fumures totales de 175 et 200 N/ha dans les essais fumures azotées – GxABT 2010.

Fumure azotée N/ha		Indice de verse %		
T-R	DF	tot	Julius	Istabraq
50	125	175	2	27
75	100	175	3	31
100	75	175	9	59
125	50	175	23	55
Moyenne 175 N			9	43
50	150	200	7	41
75	125	200	6	43
100	100	200	32	59
125	75	200	37	61
Moyenne 200 N			20	51

Les observations réalisées (tableau 4.2 et tableau 4.5) confirment les deux relations existantes entre la verse et la fumure azotée, à savoir :

- L'indice de verse est proportionnel à la dose totale ;
- Pour une même dose d'azote totale, l'indice de verse est d'autant plus élevé que la fraction de tallage-redressement est élevée.

1.2.1.4 Impact de la fumure sur le taux de protéines

Les deux variétés présentent des **teneurs en protéines** différentes. Dans variété Julius, froment panifiable, ces teneurs dépassent les 13% pour des fumures élevées. Le taux de protéines est bien corrélé avec la dose totale d'N. Pour les fumures supérieures à 150N/ha, les taux de protéines ne sont pas significativement différents pour les différentes modalités de fractionnement d'une même dose totale.

Pour la variété Istabraq, les teneurs en protéines atteignent un maximum de 11,5% même pour des fumures supérieures à 200 N/ha. Le remplissage des grains limité par le déficit hydrique plus marqué dans cette situation culturelle explique en grande partie ce plafonnement du taux de protéines du grain en réponse à l'accroissement des disponibilités en azote.

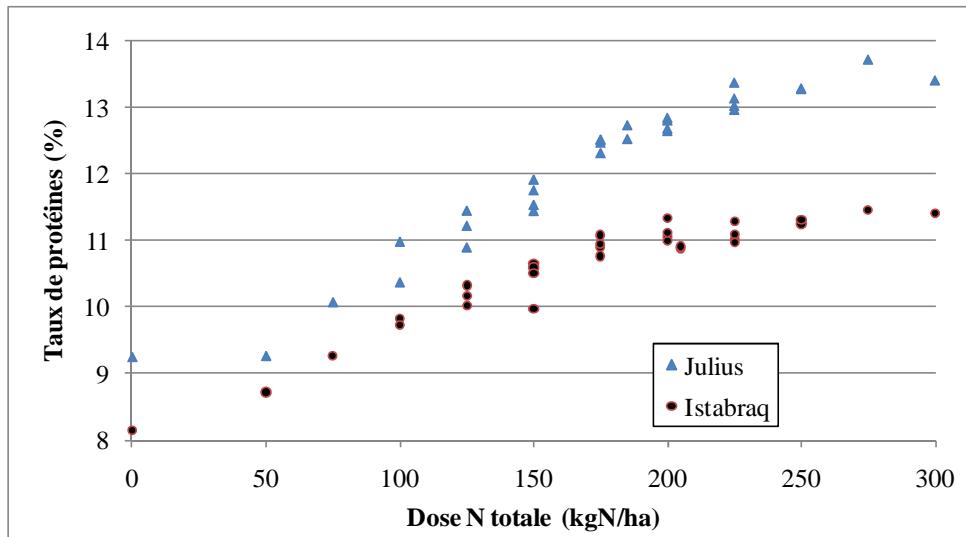


Figure 4.2 – Taux de protéines (%) mesurés dans les essais fumures – GxABT.

1.2.1.5 Les reliquats azotés

Les tableaux 4.6 et 4.7 reprennent pour 5 modalités de fumure, les valeurs des reliquats azotés post-récolte des essais fumures menés sur les variétés Istabraq et Julius.

Sous Julius, précédent betteraves, les faibles teneurs sous les 60 cm sont le signe que la culture a prélevé l'azote disponible dans l'entièreté du profil (jusque 150 cm). Les valeurs plus élevées au niveau des 45 premiers cm sont dues :

- d'une part à la minéralisation entre la sénescence de la culture (arrêt du prélèvement par la plante) et la réalisation des mesures ;
- et d'autre part, du non prélèvement de l'entièreté de l'azote apporté à la culture (horizon 30 à 60 cm) et cela d'autant plus si l'apport de dernière feuille est supérieur à 100 N/ha.

Tableau 4.6 – Reliquats en azote minéral (kg/ha) dans le profil (24 août 2010) pour différentes modalités de fumures dans l'essai sur la variété Julius – 2010.

profondeur	0-0-0	80-105	50-60-75	75-150	100-125
0-15	6	6	5	6	6
15-30	7	11	8	10	8
30-45	4	12	10	18	10
45-60	2	7	6	12	6
60-75	1	1	1	1	1
75-90	0	1	1	2	1
90-105	0	1	1	2	1
105-120	1	2	2	3	2
120-135	1	3	3	3	3
135-150	2	3	3	3	3
Total	24	47	41	61	39

Sous Istabraq, précédent froment, les teneurs en N dans le profil sont toujours supérieures à celles observées pour le Julius. Le système racinaire n'a pas prélevé convenablement l'azote

4. La fumure azotée

disponible en cours de saison puisque de l'azote minéral est retrouvé en quantités non négligeables dans l'entièreté des profils. Les horizons compris entre 15 à 60 cm sont les plus riches et cela d'autant plus que le niveau de fumure est élevé et que la fraction de dernière feuille est élevée. Il faut noter qu'en raison des conditions climatiques difficiles de cet été, le délai entre la sénescence de la culture et la réalisation des reliquats a été important (près de 5 semaines) et que, de plus, durant cette période, la minéralisation a été très active puisque les sols étaient chauds et humides.

Ces moins bons prélèvements sont à mettre en relation avec le développement restreint de la végétation, le niveau limité des rendements et donc par des exportations moindres en azote par la culture.

Tableau 4.7 – Reliquats en azote minéral (kg/ha) dans le profil (24 août 10) pour différentes modalités de fumures dans l'essai sur la variété Istabraq 2010.

profondeur	0-0-0	60-70-75	100-105	100-125	100-150
0-15	6	7	7	8	6
15-30	8	18	25	30	30
30-45	7	21	27	38	40
45-60	5	12	14	21	24
60-75	3	4	4	7	12
75-90	2	2	3	3	4
90-105	2	2	4	3	4
105-120	3	2	5	4	4
120-135	3	3	5	3	3
135-150	3	3	4	3	3
Total	41	75	98	120	129

1.2.2 Résultats obtenus sur froment d'hiver à Michamps en terre « froide »

18 objets ont été implantés avec des fumures totales de 0 à 225 N/ha. Toutes les fumures ont été apportées en deux fractions.

Tableau 4.8 – Itinéraire cultural de l'essai de Michamps.

Variété	Homeros	
Localisation de l'essai	Michamps	
N° de l'essai	FH10-Mich	
Date de semis	28-oct	
Densité de semis	250 gr/m ²	
Précédent	Maïs	
Teneurs en N total en sortie hiver sur 90cm (sous culture de froment)	126 uN	
Apport de la fumure	22-avr	22-avr
	1-juin	1-juin
Désherbage	21 mai	
Raccourcisseur (CCC 1L)	25-mai	
Fongicide	25-juin	

1.2.2.1 *Le rendement phytotechnique*

Tableau 4.9 – Rendement (qx/ha), taux de protéines (%), Indice de Zélény (ml), poids de mille grains (g) et nombre d'épis/m²- Michamps 2010.

Fumure azotée kg N/ha			Rdt	Taux de protéines	Indice de Zélény	Nb épis/m ²
T-R	DF	tot	qx/ha	%MS	ml	
0	0	0	43	9,9	19	253
50	0	50	62	9,5	16	346
50	100	150	73	12,1	23	343
50	125	175	78	12,3	23	352
75	0	75	71	10,2	17	383
75	75	150	76	11,1	21	401
75	50	125	80	11,0	20	361
75	125	200	80	12,3	23	373
75	100	175	80	12,0	22	394
100	0	100	76	10,3	17	435
100	50	150	81	11,4	21	393
100	75	175	82	11,6	22	391
100	100	200	77	12,1	23	386
100	125	225	80	12,5	25	395
125	0	125	80	10,8	20	455
125	50	175	84	11,6	22	400
125	75	200	82	11,7	23	427
125	100	225	85**	12,3	24	378

** La valeur en gras représente le rendement maximum observé et les cases grisées sont les valeurs statistiquement équivalentes à cette valeur maximale.

Le maximum de **rendement phytotechnique** était de 85 qx/ha avec une fumure de 225 N/ha répartie en deux fractions 125 N au tallage-redressement et 100 N à la dernière feuille. Quatre autres fumures permettent d'atteindre des rendements significativement équivalents. Ces fumures ont toutes des fractions de tallage-redressement supérieures ou égales à 100N/ha.

1.2.2.2 *Détermination de l'optimum de la fraction de tallage-redressement*

L'importance du renforcement de la 1^{ère} fraction de 25N pour une même fumure totale est illustrée dans le tableau 4.10.

- Lors du passage de 50 à 75 N, un gain moyen de 305 kg/ha a été observé pour des fumures totales de 150 et 175 N/ha ;
- Lors du passage de 75 à 100 N, le rendement moyen augmente encore d'une centaine de kg/ha ;

4. La fumure azotée

- Lors du passage de 100 à 125 N, le rendement moyen poursuit sa hausse avec un gain de 385 kg/ha.

Ces gains de rendement observés lors du renforcement de la première application sont directement liés au nombre d'épis/m² qui atteint les 400 épis/m² uniquement si la fraction de tallage-redressement est supérieure à 100 N/ha. Ces besoins élevés en azote en début de végétation sont liés au climat froid observé dans ces régions au printemps entraînant un démarrage lent de la culture et de la minéralisation.

Tableau 4.10 – Différences de rendement (kg/ha) observées lors de l'augmentation de la première fraction pour une fumure totale constante au niveau de l'essai Michamps 2010.

Fraction T-R	Fumure totale										Gain moyen de rdt	
	125 N		150 N		175 N		200 N		225 N			
	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt		
50 N			7292		7769						305	
				354		256						
75 N	7953		7646		8025		7994				102	
				466		194		-285				
100 N			8112		8219		7709		8036			
						175		489		492	385	
125 N	7987				8394		8198		8528			

1.2.2.3 Impact de la fumure sur le taux de protéines

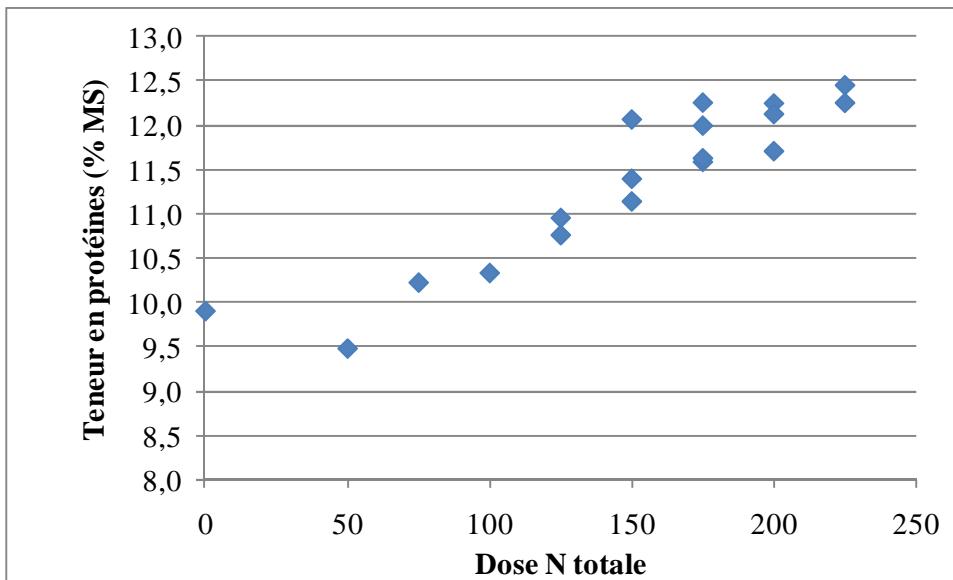


Figure 4.3 – Teneurs en protéines (% MS) en fonction de la dose totale d'N apportée – Michamps 2010.

Le taux de protéines est directement proportionnel à la dose totale d'N apportée à la culture (Figure 4.3). Pour un même niveau de fumure, le taux de protéines est d'autant plus élevé que la dose de la fraction de dernière feuille est importante (tableau 4.9)

1.2.2.4 Les reliquats azotés

Les reliquats ont été réalisés sur 60 cm en deux profils de 30 cm. Les reliquats N sont élevés quelque soit la fumure azotée appliquée ainsi que pour le témoin sans azote. Dans cette même parcelle, les disponibilités en N avant l'hiver était de 126 N/ha sur 90 cm ce qui est très élevé et qui traduit le fait que l'essai était implanté dans une terre riche en humus comme c'est souvent le cas dans cette région. Les prélèvements ont seulement été effectués le 22 septembre, soit plus de quatre semaines après la récolte. Les quantités d'azote retrouvées dans le profil comprennent donc l'azote provenant de la minéralisation de l'humus du sol durant ce long intervalle et les reliquats à la maturité de la culture.

Les niveaux de reliquats sont plus élevés dans l'horizon 30-60 que dans l'horizon 0-30 cm. La comparaison des reliquats en absence de fumure avec ceux des parcelles fertilisées met en évidence les fumures supérieures ou égales à 175N qui présentent quasiment toutes des reliquats supérieurs à 70 N/ha pour les 60 premiers cm.

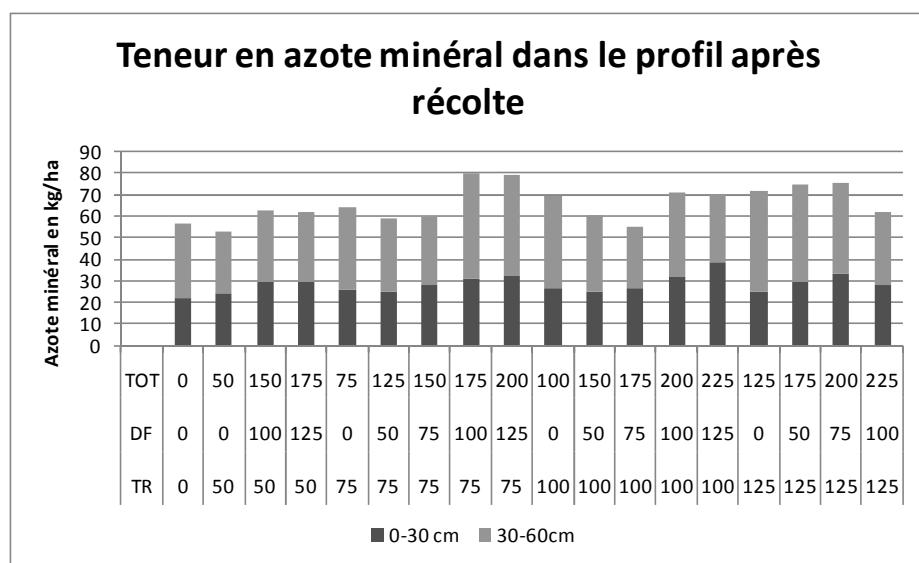


Figure 4.4 – Reliquats azotés mesurés le 22 septembre pour les 18 fumures de l'essai de Michamps.

1.2.3 Résultats obtenus sur froment de printemps à Lonzée

Les niveaux de rendement dans cet essai sur froment de printemps étaient plus élevés que ceux obtenus dans la même parcelle dans l'essai similaire en froment d'hiver implanté sur la variété Julius (§ 2.1). Pour une même gamme de fumure, le gain moyen observé est 6 qx/ha.

Les froments de printemps ont moins souffert de la sécheresse de fin juin - début juillet. Durant la phase de remplissage du grain, ils ont disposé de suffisamment d'eau ; cela s'est traduit par des poids de mille grains compris entre 47 et 51 g pour Tybalt (tableau 4.11) alors qu'ils étaient de 41 à 48 g pour Julius (tableau 4.2) du fait de leur stade de développement moins avancé (début remplissage). De plus, lors des orages du 14 juillet, ils n'étaient qu'au début du remplissage des grains et de ce fait ont mieux résisté à la verre.

Variété	Tybalt	
Caractéristique variété	printemps	
N° de l'essai	FH10-06	
Date de semis	19-mars	
Densité de semis	300 gr/m ²	
Précédent	Betterave	
Apport de la fumure	Tallage	28-avr
	tallage-redressement	4-mai
	Redressement	19-mai
	dernière feuille	8-juin
Désherbage	27-avr	
Raccourcisseur (CCC 1L)	18-mai	
Fongicide	28-juin	

1.2.3.1 Le rendement phytotechnique

Le maximum de **rendement phytotechnique** était de 105 qx/ha avec une fumure de 200N. 14 autres fumures variant de 175 à 275 N procuraient des rendements statistiquement équivalents. Les fumures « Livre blanc » tant en 2 qu'en 3 apports figurent parmi ces 14 fumures.

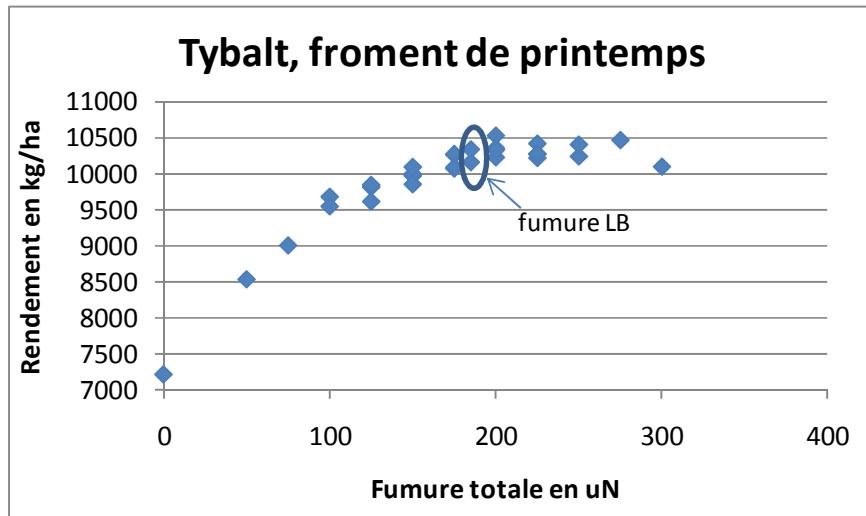


Tableau 4.11 – Rendement phytotechnique (qx/ha) ; teneur en protéines (%), Indice de Zélény (ml), poids de mille grain exprimés en g observés pour différentes modalités de fumure azotée sur froment de printemps– GxABT – Lonzée 2010.

Fumure azotée kg N/ha					Rdt	Taux de protéines	Zélény	PMG
T	T-R	R	DF	tot	qx/ha	%MS	ml	g
-	-	-	-	0	72	9,6	33	47
-	50	-	-	50	85	10,0	33	47
-	50	-	50	100	97	11,5	38	49
-	50	-	75	125	96	12,3	40	50
-	50	-	100	150	100	13,1	43	50
-	50	-	125	175	101	13,5	44	50
-	50	-	150	200	102	13,9	46	51
-	75	-	-	75	90	10,6	34	47
-	75	-	50	125	98	12,1	38	49
-	75	-	75	150	100	12,7	41	49
-	75	-	100	175	103	13,3	43	49
-	75	-	125	200	105**	13,5	45	50
-	75	-	150	225	104	13,7	45	51
-	100	-	-	100	95	11,1	35	48
-	100	-	50	150	101	12,7	40	48
-	100	-	75	175	101	12,9	41	49
-	100	-	100	200	104	13,3	43	49
-	100	-	125	225	102	13,5	43	49
-	100	-	150	250	102	13,9	45	49
-	125	-	-	125	98	11,7	38	47
-	125	-	50	175	103	12,8	40	48
-	125	-	75	200	103	13,1	41	47
-	125	-	100	225	103	13,4	42	49
-	125	-	125	250	104	13,5	45	48
-	125	-	150	275	105	13,6	44	48
50	-	50	50	150	99	12,5	40	48
75	-	75	75	225	103	13,2	43	48
100	-	100	100	300	101	13,2	44	47
50	-	60	75	185	102	13,2	43	48
-	80	-	105	185	103	13,2	43	50

* Les deux dernières fumures reprises dans le tableau sont les fumures calculées et ajustées selon la méthode du «Livre blanc».

** La valeur en gras représente le rendement maximum observé et les cases grisées sont les valeurs statistiquement équivalentes à la valeur maximale observée.

4. La fumure azotée

1.2.3.2 Détermination de l'optimum de la fraction de tallage-redressement

Dans le **fractionnement** en 2 apports de la fumure azotée Livre blanc en précédent betterave feuilles enfouies, le niveau de la première fraction est fixé à 80 N.

Les différences de rendement (tableau 4.12) observées quand, pour une même fumure totale comprise entre 125 et 225 N, 25 N sont glissées de la fraction de dernière feuille à la première fraction sont:

- un gain de 180 kg/ha lors du passage de 50 à 75 N ;
- une perte de 114 kg/ha lors du passage de 75 à 100 N ;
- un gain de 73 kg/ha lors du passage de 100 à 125 N.

La dose optimale pour la première fraction, déduite à partir de ces résultats, est de 75 N/ha. Cette dose est égale à celle préconisée dans le calcul selon la méthode Livre blanc avec un premier apport de 80 N/ha. Pour rappel, les deux modalités de fumure Livre blanc se trouvent d'ailleurs parmi les fumures procurant un rendement statistiquement équivalent au rendement maximal.

Tableau 4.12 – Différences de rendement (kg/ha) observées lors de l'augmentation de la dose de première fraction pour une fumure totale constante au niveau de l'essai Tybalt (froment de printemps, précédent betterave feuilles enfouies - Lonzée 2010).

Fraction T-R	Fumure totale										Gain moyen de rdt	
	125 N		150 N		175 N		200 N		225 N			
	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt		
50 N	9617		9975		10074		10232				180	
		201		23		192		304				
75 N	9818		9998		10266		10536		10422		-114	
				98		-175		-177		-200		
100 N			10096		10091		10358		10222			
						187		-25		58	73	
125 N					10278		10333		10281			

1.2.3.3 Impact de la fumure sur la qualité

Comme pour les froments d'hiver, le taux de protéines est proportionnel à la dose totale d'N apportée à la culture. Pour un même niveau de fumure, le taux de protéines est d'autant plus élevé que la fraction de dernière feuille est importante (tableau 4.11). L'indice de Zélény suit la même dynamique que le taux de protéines.

1.2.4 Exemple de calcul d'optimum économique

On assiste ces dernières années à un envol important tant des prix de l'azote que ceux du froment. Le rapport prix azote-froment est souvent utilisé, il représente la **quantité en kg de froment qu'il faut pour payer une unité d'azote** (voir tableau 4.13).

Depuis la récolte 2007, les prix des céréales sont passés de 240 €/t à 100 €/t pour remonter ensuite. L'azote quant à lui a atteint les 380 €/t pour diminuer et se situer actuellement à 250 €/t. De nombreux scénarios peuvent être élaborés.

Dans notre analyse, les simulations ont été réalisées pour des rapports de 0 à 10 dans l'essai Julius de 2010 (tableau 4.2 et figure 4.5) et une synthèse de 5 années des essais fumure sur précédent betteraves a été réalisée pour trois rapports :

- un froment vendu à 220€/t pour payer de l'ammonitrat à 240€/t → [rapport 4](#) ;
- de l'azote acheté à 260€/t pour produire un froment à 160€/t → [rapport 6](#) ;
- prix de vente froment 140€/t, prix d'achat ammonitrat 300€/t → [rapport 8](#).

Tableau 4.13 – Rapport entre prix azote- froment (kg de froment pour payer 1uN).

	€/1uN	Prix du froment (€/T)								
		100	120	140	160	180	200	220	240	
	100	0,4	3,7	3,1	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5
	120	0,4	4,4	3,7	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0	1,9
	140	0,5	5,2	4,3	3,7	3,2	2,9	2,6	2,4	2,2
	160	0,6	5,9	4,9	4,2	3,7	3,3	3,0	2,7	2,5
	180	0,7	6,7	5,6	4,8	4,2	3,7	3,3	3,0	2,8
	200	0,7	7,4	6,2	5,3	4,6	4,1	3,7	3,4	3,1
	220	0,8	8,1	6,8	5,8	5,1	4,5	4,1	3,7	3,4
	240	0,9	8,9	7,4	6,3	5,6	4,9	4,4	4,0	3,7
	260	1,0	9,6	8,0	6,9	6,0	5,3	4,8	4,4	4,0
	280	1,0	10,4	8,6	7,4	6,5	5,8	5,2	4,7	4,3
	300	1,1	11,1	9,3	7,9	6,9	6,2	5,6	5,1	4,6
	320	1,2	11,9	9,9	8,5	7,4	6,6	5,9	5,4	4,9
	340	1,3	12,6	10,5	9,0	7,9	7,0	6,3	5,7	5,2
	360	1,3	13,3	11,1	9,5	8,3	7,4	6,7	6,1	5,6
	380	1,4	14,1	11,7	10,1	8,8	7,8	7,0	6,4	5,9
	400	1,5	14,8	12,3	10,6	9,3	8,2	7,4	6,7	6,2

L'utilisation d'un programme statistique a permis de réaliser des simulations de rendement phytotechnique et économique pour plusieurs de ces rapports.

Pour l'essai 2010, sont représentées sur la Figure 4.5 d'une part la fumure qui a permis d'obtenir le maximum phytotechnique (98 qx/ha avec une fumure de 225 N/ha) et d'autre part la courbe d'évolution de la fumure économique optimale pour les différents rapports prix N/froment. Pour des rapports de 0 à 5, la courbe diminue rapidement en passant de 225 N à 140 N pour se stabiliser ensuite autour de 125 N. Une détérioration de la situation économique (augmentation du rapport), conduit à des doses d'azote économiquement optimales plus faibles.

4. La fumure azotée

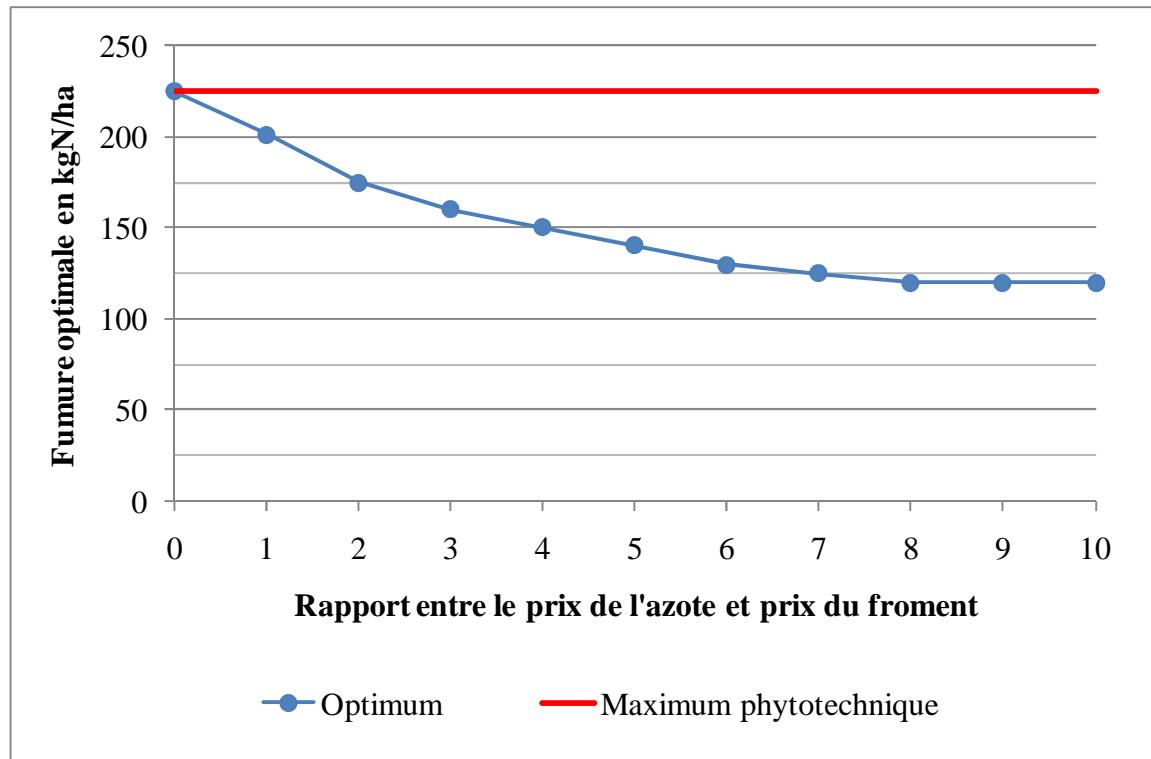


Figure 4.5 – Evolution de la fumure optimale calculée pour la variété Julius en fonction du rapport entre le prix d'achat de l'azote et du prix de vente du froment et fumure permettant d'atteindre le maximum phytotechnique – Lonzée 2010.

Pour la synthèse des cinq dernières années, les fumures économiquement optimales sont reprises au niveau du tableau 4.14 pour les trois rapports azote-froment (4, 6 et 8).

Les fumures procurant le rendement phytotechnique maximal sont comprises entre 225 et 275 N/ha. Les fumures économiquement optimales sont quant à elles comprises entre 125 et 250 N/ha. D'un essai à l'autre, la diminution du niveau des fumures optimales est très différente. En 2009, le rendement maximal est atteint avec 275 N alors que les fumures optimales varient de 250 à 225 N soit une diminution maximale de 50 N/ha. A l'opposé, en 2010, le rendement maximal est atteint avec 225 N/ha, alors que les fumures optimales vont de 150 à 125 N/ha soit une diminution de l'optimum pouvant atteindre 100 N/ha.

L'envol des prix de vente des céréales et d'achat des engrains pose souvent question en termes d'augmentation ou non de la dose totale d'azote à amener à la culture. Pour l'instant rien ne doit pousser l'agriculteur à modifier le raisonnement agronomique et raisonné de la fumure. Il faut garder à l'esprit que d'une année à l'autre, la réponse de la culture à l'azote sera différente (maladies, climat, ...). Une faim d'azote peut très vite être dommageable pour la culture (perte de rendement significative) et inversement un excès d'azote rendra la culture plus difficile à conduire (verse, maladies).

Tableau 4.14 – Fumures procurant le rendement phytotechnique maximal (N_{max}), fumures économiquement optimales (N_{opt}) pour les 3 rapports étudiés ainsi que le rendement phytotechnique procuré par ces fumures optimales- essais fumure semés en octobre après betteraves de 2006-2010 – Lonzée – GxABT.

Année n°essai	Rdt phytotechnique max		Rendement phytotechnique correspondant à la fumure optimale					
			Rapport 4		Rapport 6		Rapport 8	
	Nmax	RDT max	Nopt	Rdt	Nopt	Rdt	Nopt	Rdt
	kg N/ha	qx/ha	kg N/ha	qx/ha	kg N/ha	qx/ha	kg N/ha	qx/ha
FH2010-10	125-100	98	125-25	96	125-0	95	125-0	95
FH2009-06	125-150	131	100-150	129	100-150	130	75-150	128
FH2008-26	125-150	109	125-100	107	125-75	106	125-50	104
FH2007-16	125-125	101	125-50	99	125-50	99	100-25	96
FH2006-04	100-150	111	100-100	110	75-100	109	75-75	107

1.2.5 Conclusion des expérimentations 2010

La méthode de calcul « Livre blanc » en trois fractions a permis d'obtenir des rendements équivalents aux maxima observés dans les essais de 2010. Le fractionnement en deux apports a donné des rendements inférieurs principalement pour le précédent froment ce qui est conforme à ce qui était attendu au vu du faible développement des froments à la sortie de l'hiver et des relativement faibles teneurs en N des profils sortie hiver.

1.3 Recommandations pratiques

1.3.1 Azote minéral du sol sous froment d'hiver, situation au 10 février 2011

1.3.1.1 Climat en automne et hiver 2010-2011

Tableau 4.15 – Températures et précipitations moyennes (Ernage – Gembloux).

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Température moyenne (°C)
							Précipitations (mm)
Observée	16,8	13,8	10,2	5,8	-1,2	3,8	200,0
	16,5	13,9	10,1	5,5	3,0	1,7	
Normale							75,2
							62,8
Observées							48,3
							65,7
Normales							98,1
							75,0
							75,6
							72,1
							87,6
							65,5

Les températures (tableau 4.15) ont été proches de la normale d'août à novembre ; en décembre, elles ont fortement chuté pour se trouver inférieures à la normale et ensuite remonter en janvier au dessus de la normale. Hormis en octobre, la pluviosité a toujours été au dessus de la normale. Août a été très exceptionnellement pluvieux avec 200 mm et dans une moindre mesure Novembre avec 98 mm.

4. La fumure azotée

1.3.1.2 Situation moyenne du profil en azote minéral du sol au 7 février 2010

Un échantillonnage des profils en froment d'hiver a été réalisé **sur 90 cm** (tableau 4.16). Seuls quelques profils ont pu être sondés en début février jusqu'à 1,50 m. Ces profils ont été réalisés par l'Unité Fertilité des sols et Protection des eaux du CRA-W et par Grenera de GxABT.

Tableau 4.16 – Comparaison pour les 10 dernières années des réserves en azote minéral du profil du sol (kg N/ha) – CRA-W.

	Année	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Moy
	Nb de situations	19	7	10	12	12	11	33	25	30	45	
Profondeur	0-30 cm	12	16	9	12	23	15	15	13	12	14	14
	30-60 cm	12	15	22	30	24	26	25	21	17	19	21
	60-90 cm	14	16	26	22	16	21	31	19	25	19	21
	90-120 cm	11	11	13	14	10	12	18	10	12	14	13
	120-150 cm	10	11	12	12	9	11	17	7	12	13	11
	Total 0-150	59	69	82	90	82	85	106	70	78	78	80

Les cases grisées contiennent des valeurs estimées sur base des observations des années antérieures. En raison des conditions climatiques, beaucoup de prélèvements n'ont été possibles que sur un profil de 0-90 cm.

1.3.1.3 Comparaison entre les précédents

Tableau 4.17 – Profil en azote minéral du sol **sur 90 cm** pour différents précédents (kg N/ha).

		Betterave	Colza	Mais	Pomme de terre	Lin	Chicorée	Froment	Feverole
	Nb de situations	9	9	8	8	4	1	5	1
Profondeur	0-30 cm	16	14	15	15	13	11	9	17
	30-60 cm	19	16	22	27	20	17	15	14
	60-90 cm	16	19	20	28	22	15	17	14
	Total 0-90	51	49	57	69	55	43	40	45

Tableau 4.18 – Profil en azote minéral du sol **sur 150 cm** pour différents précédents (kg N/ha).

		Mais	Lin	Pomme de terre	Feverole	Froment	Betterave	Moyenne
	Nb de situations	1	1	1	1	1	2	
Profondeur	0-30 cm	13	15	13	17	11	12	13
	30-60 cm	17	24	29	14	14	12	18
	60-90 cm	16	20	28	14	15	12	18
	90-120 cm	10	17	24	14	11	10	14
	120-150 cm	10	16	19	15	11	8	13
	Total 0-90	46	60	70	45	40	36	49
	Total 0-150	67	92	113	73	62	54	77

La quantité d'azote minérale disponible en surface (60 cm) est généralement faible et varie de 23 à 41 kg (tableau 4.17). Ces profils peuvent être considérés comme pauvres après la plupart des précédents (< 50 kg N/ha). Les profils après Colza, 49 N/ha sur 90 cm, sont beaucoup plus faibles que les profils des dernières années à savoir 74 N/ha sur 90 cm en 2010 et 81 N/ha en 2009. Il en est de même après les Féveroles.

Les quantités d'azote présentes dans les horizons profonds entre 90 cm et 150 cm ne sont pas différentes des teneurs habituellement observées à cette profondeur.

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

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 : début tallage ;
- Semis de mi-novembre : 1^{ère} feuille.

Dans les régions plus précoces (Hainaut, Hesbaye Liégeoise) les semis précoces présentent des stades de développement plus avancés.

Le schéma de fumure en 3 fractions sera privilégié dans la majorité des semis effectués après la mi-octobre, où les froments présentent un retard dans leur développement ainsi que dans les situations où les cultures ont souffert (terres coulées, mauvaise structure, semis difficiles, mauvaise levée).

Le schéma de fumure en 2 fractions sera, par contre, privilégié dans les situations où les cultures présentent déjà deux talles à la mi-février (semis et régions précoces) et où de l'azote est disponible en quantité suffisante (redistribution fréquente de matière organique, précédent légumineuses, pomme de terre).

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 elles-aussi 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 ;
- épousant 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'efficience chaque dose apportée.

On observe que l'utilisation réelle (emploi de l'azote lourd ^{15}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 culturelles (figure 4.6).

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.

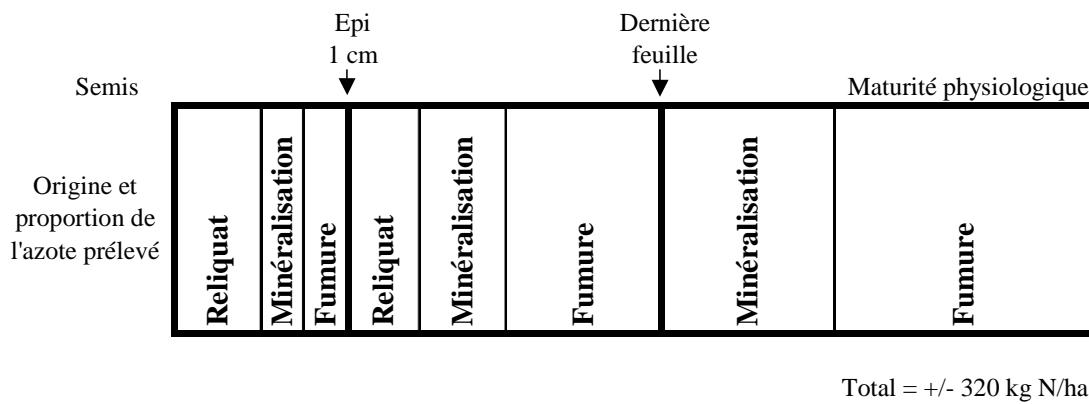


Figure 4.6 – Absorption d'azote par le froment d'hiver et son origine.

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/m²) 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.

4. La fumure azotée

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 culturelles.

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 culturelles 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 deux fractions :

Fraction intermédiaire (tallage-redressement) :	80 N
Fraction de la dernière feuille :	105 N

En trois fractions

Fraction du tallage :	50 N
Fraction du redressement :	60 N
Fraction de la dernière feuille :	75 N

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. ORGA) ;
- 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 chapitre « conseils de fumures » (cfr §1.3.7).

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

4. La fumure azotée

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 hâties 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 prélevements par la culture sont quasi inexistant 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'épandage 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.

4. La fumure azotée

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 cultureaux : 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 cultureaux 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 2011

Deux fumures de références :

En trois fractions : fractionnement à privilégier dans un bon nombre de situations en 2011.

Fraction du tallage (1 ^{ère} fraction):	50 N
Fraction du redressement (2 ^{ème} fraction):	60 N
Fraction de la dernière feuille (3 ^{ème} fraction):	75 N

En deux fractions : fractionnement à privilégier dans les 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).

Fraction intermédiaire « T-R »	80 N
Fraction de la dernière feuille	105 N

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 32 de cet article)

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

Dose à appliquer = Dose de référence + N.TER + N.ORG A + N.PREC +
N.ETAT + 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

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

Remarque:

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

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

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

STRUCTURE ET ARGILE	Nombre de fractions	Valeur
Si mauvaise structure ou terre abîmée lors de la récolte précédente	3	-1
Si terre argileuse, très lourde	2 ou 3	-1
Sinon	2 ou 3	0
<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 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction	Fraction intermédiaire	Fraction DF
TER 0 et 1	+ 25	+ 30	+ 5	Non recommandé	
TER 2	+ 20	+ 25	0	Non recommandé	
TER 3	+ 10	+ 20	0	+ 10	+ 20
TER 4	0	0	0	0	0
TER 5	- 15	- 15	+ 10	- 15	- 5

Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1 ^{ère} fraction T	2 ^{ème} fraction R	3 ^{ème} fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					
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, 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 (\Rightarrow fractionnement en deux apports)		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 ^{ère} fraction T	2 ^{ème} fraction R	3 ^{ème} fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	3 ^{ème} fraction DF
ORG A 1	+ 10	+ 10	0		Non recommandé
ORG A 2	0	0	0	0	0
ORG A 3	-20	- 10	0	-30	0
ORG A 4	Apport en deux fractions recommandé			-30	-30

N. ORGA RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 41)					
Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1 ^{ère} fraction T	2 ^{ème} fraction R	3 ^{ème} fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					
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 fort 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 ^{ère} T	2 ^{ème} R	3 ^{ème} DF	T-R	3 ^{ème} 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	-20	-20	0	-30	-10
Féveroles, pois de conserverie, haricots	-20	-20	0	-30	-10
Colza	-10	-10	0	-10	-10
Lin	-0	-10	0	-10	0
Pomme de terre	-20	-10	-10	-20	-20
Maïs ensilage	+10	+10	0	Non recommandé	
Chaumes	+10	+10	0	Non recommandé	
Pailles sans azote et maïs grain	+10	+10	0	Non recommandé	
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.

4. La fumure azotée

Après légumes : 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.

N. PREC RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 41)					
Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1 ^{ère} fraction T	2 ^{ème} fraction R	3 ^{ème} fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					
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.

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

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

ACCIDENTS CULTURAUX	Valeur
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>	

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.

4. La fumure azotée

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

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

Vos parcelles	N. ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 41)
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)

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
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.

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

Vos parcelles	N. ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 41)	
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. 41)	
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).

4. La fumure azotée

- 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.

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. 41)
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^{ère} fraction plus celle prévue en 2^{ème} fraction dépasse 160 unités, on limite le 2^{ème} apport et on reporte la quantité en excès sur la 3^{ème} fraction.

Exemple:

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

Il faut apporter à la deuxième fraction:

$$90-10= 80 \text{ unités}$$

et ajouter 10 unités à la 3^{ème} fraction prévue.

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

Détermination de N. CORR pour la fraction de redressement

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

TYPE DE TER		VALEUR DE N.CORR.
TER 0, 1 et 2	Dans tous les cas Si 1 ^{ère} fraction appliquée + 2 ^{ème} fraction calculée= 160 N ou moins	0 0
TER 3	Sinon N.CORR= 160 N - 1 ^{ère} fraction appliquée - 2 ^{ème} fraction calculée... N.CORR devra dans ce cas être ajouté à la fraction dernière feuille	...
TER 4 et 5	Si 1 ^{ère} fraction appliquée + 2 ^{ème} fraction calculée= 120 N ou moins Sinon N.CORR= 120 N - 1 ^{ère} fraction appliquée - 2 ^{ème} fraction calculée	0 ...

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

4. La fumure azotée

5.2.2 Fraction intermédiaire (2 apports)

TYPE DE TER		VALEUR DE N.CORR.
TER 0, 1 et 2	Non recommandé	0
TER 3, 4 et 5	Si fraction calculée = 120 N ou moins Sinon N.CORR = 120 N - fraction calculée*	0 ...

* 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).

5.3.1 Fumure en trois apports

TYPE DE TER		Valeur de N.CORR.
TER 0, 1 et 2	180 N - 1 ^{ère} fraction - 2 ^{ème} fraction = A Si A = 0 plus Si A = valeur inférieure à 0	0 A
TER 3	Si 1 ^{ère} fraction + 2 ^{ème} fraction + report éventuel de 2 ^{ème} fraction = 160 N ou plus = plus de 100 N et moins de 160 N = 100 N ou moins	-20+report éventuel 0 + 10
TER 4	Si 1 ^{ère} fraction + 2 ^{ème} fraction = 150 ou plus = plus de 80 N et moins de 150 N = 80 N ou moins (*)	- 20 0 + 10
TER 5	Si 1 ^{ère} fraction + 2 ^{ème} fraction = 120 N ou plus = plus de 60 N et moins de 120 N = 60 N ou moins (*)	- 20 0 + 10

N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 41)	
Vos parcelles	
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

N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 41)	
Vos parcelles	
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. ORG	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
	3 fractions	2 fractions						
Tallage	50	-						
Intermédiaire T-R		80						
Redress.	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.

4. La fumure azotée

Parcelle 2

FUMURE	DOSE REF.		N. TER	N. ORGÀ	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. ORGÀ	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'Eghezée, 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.ORGANIQUE

ORGANIQUE = 2	N.ORGANIQUE = 0
---------------------	-----------------

3. Détermination de N.PREC

Bett. fe. enf.....	N.PREC = 0
--------------------	------------

4. Détermination de N.ETAT

Stade plein tallage	6	
Densité normale.....	0	
Accidents cultureaux	0	
Sol très bien ressuyé	+ 1	
Total ETAT	7.....	N.ETAT = - 10

5. Détermination de N.CORR

N.TER + N.PREC + N.ETAT = 0.....	N.CORR = 0
----------------------------------	------------

$$\text{Dose de tallage} = 50 + 0 + 0 + 0 - 10 + 0 = 40$$

Fumure de redressement

1. Détermination de N.TER

TER	4.....	N.TER = 0
-----------	--------	-----------

2. Détermination de N.ORGANIQUE

ORGANIQUE.....	2.....	N.ORGANIQUE = 0
----------------	--------	-----------------

3. Détermination de N.PREC

Bett. fe. enf.....	N.PREC = 0
--------------------	------------

4. Détermination de N.ETAT

Végétation normale	N.ETAT = 0
Dose de redressement: $60 + 0 + 0 + 0 + 0 = 60$	

5. Détermination d'un éventuel N.CORR

..... Fraction de tallage + fraction redressement = $30 + 60 = 90$	
..... On ne dépasse pas le maximum de 150 N d'où	N.CORR = 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.ORGANIQUE

ORGANIQUE.....	2.....	N.ORGANIQUE = 0
----------------	--------	-----------------

3. Détermination de N.PREC

Bett. fe. enf.....	N.PREC = 0
--------------------	------------

4. Détermination de N.ETAT

Végétation normale.....	N.ETAT 2	N.ETAT = 0
-------------------------	----------------	------------

5. Détermination de N.CORR

La somme des 2 premières fractions = 90 N.....	N.CORR = 0
--	------------

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

La fumure de la parcelle est $40 \text{ N} + 60 \text{ N} + 75 \text{ N}$ soit 175 N au total.

4. La fumure azotée

FRACTIONNEMENT EN DEUX APPORTS

Fumure de la fraction intermédiaire

1. Détermination de N.TER		
TER	4	N.TER = 0
2. Détermination de N.ORG A		
ORG A.....	2	N.ORG A = 0
3. Détermination de N.PREC		
Bett. fe. enf.....		N.PREC = 0
4. Détermination de N.ETAT		
Densité normale		N.ETAT = 0
Dose de redressement: $80 + 0 + 0 + 0 - 20 = 60$		
5. Détermination d'un éventuel N.CORR		
..... On ne dépasse pas le maximum de 120 N d'où		N.CORR = 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.ORG A		
ORG A.....	2	N.ORG A = 0
3. Détermination de N.PREC		
Bett. fe. enf.....		N.PREC = 0
4. Détermination de N.ETAT		
Végétation normale.....	ETAT 2	N.ETAT = 0
5. Détermination de N.CORR		
Première fraction = 80		N.CORR = 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 Aperçu de l'année

Les cultures d'escourgeon ont profité pleinement des conditions climatiques favorables de l'automne 2009 : les températures clémentes de novembre ont permis aux plantes de bien taller avant l'hiver. Ce dernier, bien que long, froid et neigeux, n'a pas affecté les cultures. A la reprise de végétation en mars, la végétation était en bon état, dense mais sans excès. Les réserves azotées sous culture étaient modérées (25 N sur 90 cm de profondeur). Les cultures déjà bien enracinées n'ont pas souffert du déficit hydrique du printemps et ont pu se développer correctement en absence de maladies cryptogamiques. Dans les sols profonds avec de bonnes capacités de rétention en eau, comme la situation de Lonzée, le déficit hydrique de juin n'a pas empêché un bon remplissage des grains. Dans ces circonstances, le niveau de rendement a été particulièrement élevé. Dans les sols moins profonds, plus filtrants, dans les zones où la pluviosité a été plus faible, comme dans le Condroz, les escourgeons ont souffert en fin de végétation et n'ont pas pu atteindre d'aussi bons résultats comme l'illustre le tableau reprenant les rendements moyens observés dans les essais régionaux « variétés ».

Tableau 4.1 – Rendements moyens en kg/ha observés dans les essais « variétés d'escourgeon », réalisés par le CRA-W et la Gx-ABT dans différentes régions.

	Gembloux	Brabant	Condroz	Lonzée
2010	10430	10630	8260	11631

2.2 Résultats des expérimentations sur le site de Lonzée

2.2.1 La fumure optimale à Lonzée en 2010

Deux essais étudiant le fractionnement de la fumure azotée en 2010 ont été réalisés l'un sur l'orge deux rangs Cassata (ES10-04) l'autre sur l'hybride 6 rangs Volume (ES10-05), cultivés sans régulateur de croissance et avec une seule application fongicide en dernière feuille. Aucune verse n'y a été observée.

L'observation du tableau 4.2 montre que, dans les deux essais :

- pour une même dose totale, les fumures avec application au tallage sont moins performantes que sans fraction de tallage
- les meilleurs rendements phytotechniques sont obtenus dans les 2 essais avec le fractionnement 0-105-105N.

4. La fumure azotée

Fumure azotée				Rendements (qx/ha)	
T	R	DF	Total	Cassata	Volume
0	0	0	0	56	70
35	0	0	35	69	81
0	70	0	70	85	99
35	35	0	70	82	96
0	105	0	105	94	107
35	70	0	105	91	106
105	0	0	105	92	102
0	105	35	140	101	112
0	140	0	140	96	109
35	70	35	140	99	111
35	105	0	140	98	109
140	0	0	140	96	109
0	105	70	175	105	115
35	70	70	175	102	113
0	105	105	210	106	117
35	70	105	210	105	115

Tableau 4.2 – Rendements (qx/ha) obtenus pour différentes doses et fractionnements de la fumure azotée testés dans les essais ES10-04 et ES10-05 – GxABT.

Les résultats du tableau 4.2 sont résumés dans le tableau 4.3 (où la fumure optimale est calculée avec un coût de l’engrais ammonitrate 27 % à 200 €/t et un prix de vente de la récolte à 160 €/t) et les figures 4.1 et 4.2 qui illustrent la réponse de la culture à la fumure donnant les rendements maximaux et les réponses aux fumures de tallage et de redressement (en absence d’autres fumures).

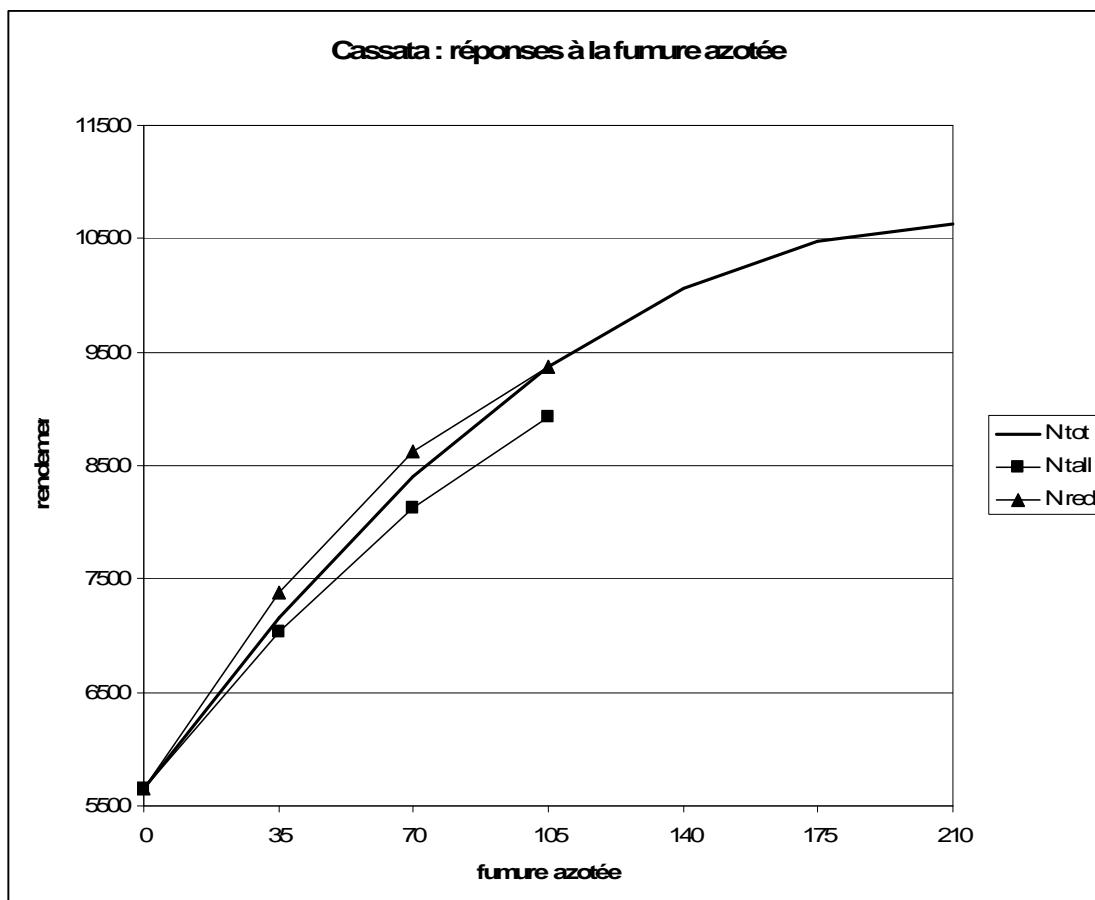


Figure 4.1 – Réponses des rendements à la fumure azotée en 2010 – Variété 2R Cassata.

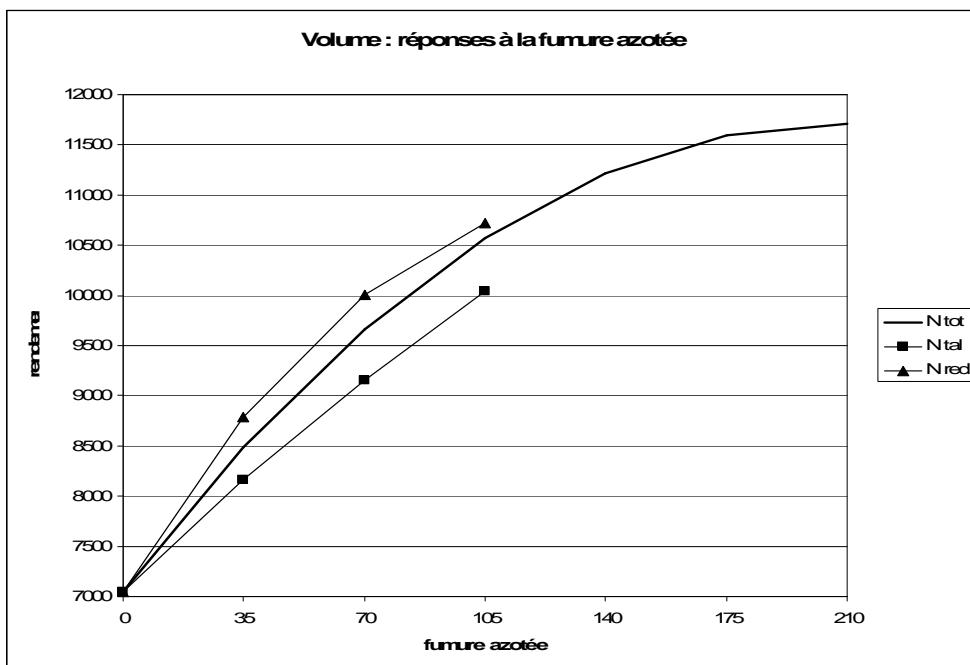


Figure 4.2 – Réponses des rendements à la fumure azotée en 2010 – Variété 6R Volume.

L’analyse statistique des essais a déterminé que les fumures maximales (indépendantes des prix) des essais étaient de 211 N pour Cassata, donnant un rendement phytotechnique maximal de 106 qx/ha pour Cassata et 208 N donnant 117 qx/ha pour Volume.

Tableau 4.3 – Fumures azotées maximales et optimales recalculées et les rendements correspondants dans les essais ES10-04 et ES10-05.

Essai - variété	N max	RDT max	N opt	RDT opt
ES10-04 : Cassata 2R	211 N	10624 kg	190 N	10576 kg
ES10-05 : Volume hyb	208 N	11717 kg	186 N	11667 kg

Avec un prix de vente de l’escourgeon de 160 €/t et un coût de l’ammonitrat à 200 €/t les fumures optimales étaient de 190 et 186 N.

2.2.2 Evolution de la fumure azotée économiquement optimale quand les prix de vente de la récolte ou d’achat de l’engrais azoté varient

Le tableau 4.4 fournit pour les essais « fumure » des 7 dernières années à Lonzée :

- 1) les fumures donnant les rendements phytotechniques maximums (Nmax),
- 2) les fumures donnant les rendements financiers optimaux (Nopt) lorsque le prix d’achat de l’ammonitrat 27 % est de 200 €/tonne et le prix de vente de l’escourgeon (PV) respectivement à 160 €/tonne (2007, 2010) ou à 90 €/t (2008, 2009),
- 3) les rendements correspondants.

La figure 4.3 met en graphique la réponse moyenne des rendements (2004 à 2010) des escourgeons à la fumure azotée.

4. La fumure azotée

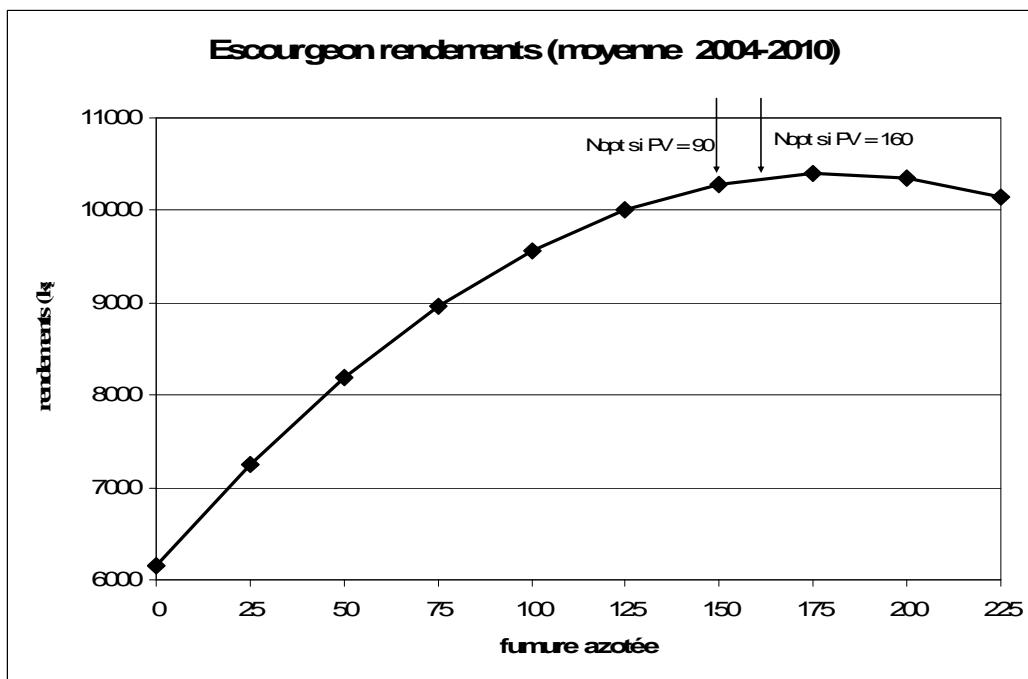


Figure 4.3 – Evolution des rendements en fonction de la fumure azotée à Lonzée.

Tableau 4.4 – Fumures maximales et optimales de 2004 à 2010 et rendements correspondants.

année	variété	Nmax	RDTmax	PV = 160 €/t		PV = 90 €/t	
				Nopt	RDTopt	Nopt	RDTopt
2010	Cassata	211 N	10624 kg	190 N	10576 kg	174 N	10473 kg
2010	Volume	208 N	11717 kg	186 N	11667 kg	170 N	11560 kg
2010	moyenne	181 N	11521 kg	166 N	11485 kg	154 N	11408 kg
2009	Cervoise	189 N	11694 kg	176 N	11665 kg	167 N	11603 kg
2008	Cervoise (a)	146 N	9548 kg	129 N	9509 kg	116 N	9424 kg
2008	Cervoise (b)	201 N	9350 kg	176 N	9286 kg	157 N	9164 kg
2007	Cervoise	169 N	11237 kg	10 N	11194 kg	135 N	11099 kg
2006	Adline	178 N	8983 kg	158 N	8936 kg	142 N	8833 kg
2006	Sequel	170 N	8161 kg	145 N	8104 kg	126 N	7980 kg
2005	Marado	178 N	11536 kg	164 N	11504 kg	153 N	11434 kg
2004	Lomerit	161 N	10556 kg	147 N	10523 kg	135 N	10450 kg
moyenne		180 N	10403 kg	162 N	10362 kg	148N	10274 k

(a) : précédent froment avec apports importants de matière organique

(b) précédent froment en zone de parcelle peu fertile

Par rapport à l'an passé, l'engrais azoté a augmenté de 25 €/t, ce qui entraîne une diminution des fumures optimales des années antérieures à 2010 ; par contre les besoins élevés en fumure azotée de Cassata et Volume entraînent finalement une légère augmentation des fumures moyennes comparativement à l'an passé.

Indépendamment des prix, la fumure donnant le rendement maximal moyen (104 qx/ha) a été de 180 N (N=kgN/ha). La fumure économiquement optimale dépend à la fois des prix de vente de la récolte et du prix d'achat de l'azote ; elle a été en moyenne, dans les conditions de marché décrites, respectivement de 162 N (PV 160 €/t) et 148 N (PV 90€/t). La volatilité des prix de vente complique donc significativement la prise de décision dans le cadre d'une agriculture durable (recherche d'une agriculture économe, rentable et respectant au mieux l'environnement).

Depuis la fin du printemps 2010, les prix de l'engrais azoté ont tendance à s'envoler (prix actuel de l'ammonitrat 27% à 265 €/t, contre 200 €/t retenus pour l'interprétation des essais de 2010. Les prix actuels de l'escourgeon sont également très élevés (autour de 200 €/t). Le tableau 4.5 et figures 4.4 et 4.5 font le point de l'évolution de la fumure optimale quand ces prix varient.

Tableau 4.5 – Evolution des fumures optimales, rendements et revenus quand les prix varient (réponse moyenne des rendements à l'azote à Lonzée de 2004 à 2010).

Evolution quand le prix de vente de la récolte augmente (achat de l'azote 27 % à 265 €/t)				Evolution quand le prix d'achat de l'azote 27 % augmente (récolte vendue à 130 €/t)			
Prix vente récolte (€/t)	Fumure optimale kg/ha	Rendement kg/ha	Revenu €/ha	Prix azote (€/t)	Fumure optimale kg/ha	Rendement kg/ha	Revenu €/ha
100	142	10220	927	100 (*)	169	10388	1350
150	155	10322	1453	150 (*)	164	10368	1348
200	161	10357	1976	200	158	10341	1344
250 (*)	165	10374	2498	250	153	10307	1340
300 (*)	167	10383	3020	300	147	10264	1334

(*) : prix irréels mais nécessaires pour tirer la tendance des figures 4.4 & 4.5.

La fumure optimale diminue linéairement quand le coût de l'azote augmente (figure 4.4). Dans le cas de la réponse moyenne des escourgeons à la fumure azotée dans les essais réalisés de 2004 à 2010 à Lonzée, et pour un même prix de vente (130 €/t dans la 2^{me} partie du tableau 4.5), la fumure optimale diminue de l'ordre de 6 N quand le prix de l'azote augmente de 50 €/t, et cette adaptation protège relativement bien le revenu (perte minime de quelques euros par ha).

Par contre, la fumure optimale tend à se rapprocher asymptotiquement de la fumure maximale (180 N pour la moyenne des essais de 2004 à 2010) quand le prix de vente de la céréale augmente (figure 4.5). Mais une diminution de 50 €/t du prix de vente (de 150 à 100 €/t par exemple) demande d'adapter la fumure en la réduisant de 13 N (6N quand le prix de vente varie de 200 € à 150 €), et engendre une perte de revenu qui est très importante (500 €/ha). A noter que les revenus renseignés dans les tableaux ne tiennent compte que des prix de vente et des intrants faisant l'objet de l'étude, ils ne tiennent pas compte des autres frais variables et fixes ni des aides PAC.

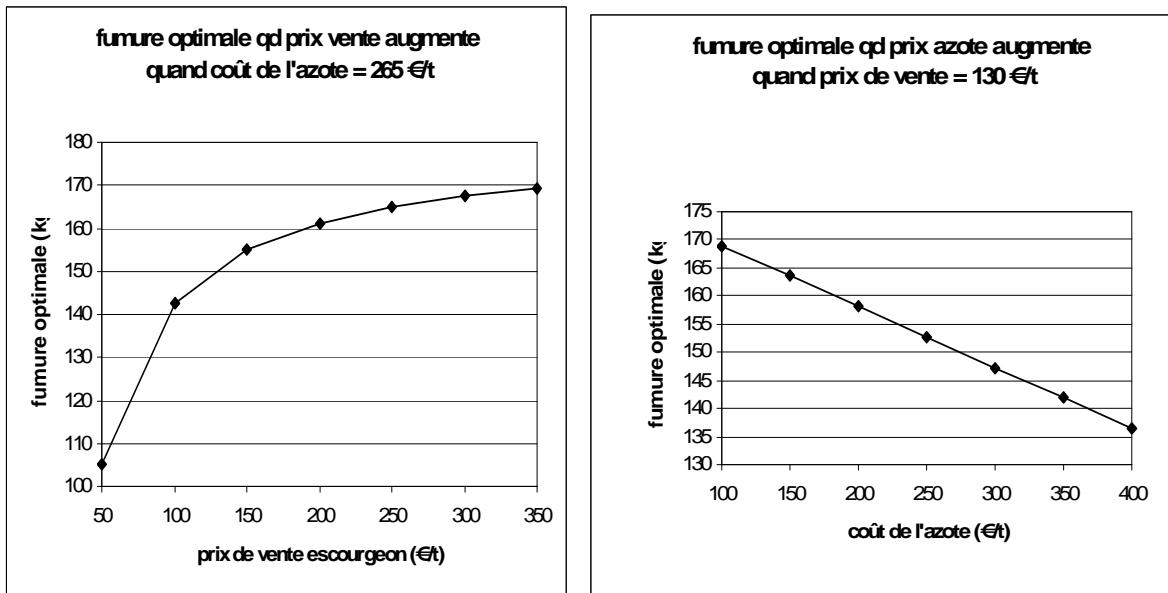


Figure 4.4 et 4.5 – Evolution des fumures optimales quand les prix de vente de l'escourgeon ou le prix de l'azote augmentent (réponse moyenne des rendements à l'azote à Lonzée de 2004 à 2010).

2.3 Les recommandations pratiques

2.3.1 Conditions particulières de 2011, profil en azote minéral du sol en escourgeon

Des prélèvements ont été effectués dans 6 situations. En moyenne, le profil en azote du sol est bien utilisé. Comparativement aux profils sous froment de deuxième paille, l'escourgeon a prélevé une trentaine d'unités supplémentaires pour son développement.

Tableau 4.6 – Profils moyens en azote minéral du sol observés sous culture d'escourgeon.

	Printemps 2011(6)	Printemps 2010 (5)	Printemps 2009 (4)	Printemps 2008 (4)
Profondeur (cm)	kgN /ha	kgN /ha	kgN /ha	kgN /ha
0-30	10	9	9	10
30-60	12	7	7	16
60-90	10	9	10	25

Cette répartition de l'azote dans le sol (proche de 2009 et 2010) et ainsi que les essais menés en 2009 et 2010, nous amènent à conseiller la fumure de base suivante :

- **Tallage : 20**
- **Redressement: 70**
- **Dernière feuille : 60**

Un suivi du développement de la culture et de la minéralisation de l'azote du sol sera effectué fin mars- début avril. Un avis sera publié à ce moment via le CADCO.

2.3.2 Les principes de base de la détermination de la fumure azotée

La détermination de la fumure azotée de l'escourgeon et de l'orge d'hiver est basée sur le même raisonnement que celui repris dans la rubrique froment d'hiver. Toutefois, il présente quelques particularités dont il faut tenir compte.

Ainsi, l'escourgeon est « idéalement » semé au cours de la dernière décade du mois de septembre : à cette époque, les températures sont douces et pour peu que la pluviosité soit suffisante, les conditions de croissance sont telles que la germination et la levée sont rapides et que très vite la plantule amorce son tallage. Celui-ci doit en principe avoir débuté avant l'hiver; en effet, les talles produites après l'hiver ne sont pas suffisamment développées au moment du redressement et donnent par conséquent des épis peu productifs ou encore restent au stade herbacé.

De plus, il faut veiller à ce que la culture soit convenablement alimentée dès la reprise de végétation et au cours de tout son cycle de développement car cette céréale est encore plus sensible que le froment à tout déséquilibre dans l'alimentation azotée aussi bien à une faim azotée qu'à un excès de fumure.

2.3.3 La détermination pratique de la fumure

La fumure azotée doit être raisonnée pour chaque parcelle individuellement.

La fumure de référence moyenne n'évolue pas par rapport à 2010. Elle reste donc :

Fumure de référence pour l'escourgeon :

Fraction du tallage (1^{ère} fraction) :	20 N
Fraction du redressement (2^{ème} fraction) :	70 N
Fraction de la dernière feuille (3^{ème} fraction) :	60 N

2.3.4 Les modalités d'application de la fumure azotée

2.3.4.1 *La fraction au tallage*

En région limoneuse et sablo-limoneuse, les conditions favorables devraient conduire le plus souvent 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 : 0N – 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^{er} 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 ».

4. La fumure azotée

Il ne convient pas de supprimer complètement la fumure de tallage dans les parcelles peu fertiles ou trop froides, même en Hesbaye. 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 d'ennuis (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.

2.3.4.2 *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 exagérées au risque d'amener ultérieurement des problèmes (verse, maladies, ...). Pour ces raisons, **la somme des fractions tallage et redressement ne devrait pas dépasser 115 N.**

2.3.4.3 *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.

2.3.5. Calcul de la fumure azotée pour 2011

La FUMURE DE RÉFÉRENCE pour L'ESCOURGEON est la suivante :

Fraction du tallage (1^{ère} fraction) : 20 N

Fraction du redressement (2^{ème} fraction) : 70 N

Fraction de la dernière feuille (3^{ème} 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^{er} 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.

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

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

1.1 Définition de l'indice TER de la parcelle

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

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

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

4. La fumure azotée

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 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
TER 0 et 1	+ 15	+ 20	+ 5
TER 2	+ 15	+ 15	0
TER 3	0	+ 20	0
TER 4	0	0	0
TER 5	- 10	- 20	+ 10

Vos parcelles	N. TER RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 60)		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			

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

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

2.2 Détermination des valeurs de N.ORGANIQUE pour chaque fraction

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

Vos parcelles	N. ORGANIQUE RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 60)		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			
Parcelle 3			

3 Détermination de N.PREC, fonction du précédent

PRÉCEDENT CULTURAL	N. PREC. POUR		
	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}
Chaumes	0	0	0
Pailles avec azote	0	0	0
Pailles sans azote	+ 25	+ 15	0

4. La fumure azotée

Vos parcelles	N. PREC RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 60)		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			

4 Détermination de NETAT, fonction de l'état de la culture

4.1 Pour la fraction du TALLAGE

4.1.1 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.

4.1.2 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	

4. La fumure azotée

4.2 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	

4.3 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	

5 Détermination DE N.CORR

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

5.1 Pour la fraction de tallage

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

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

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

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

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

5.2 Pour la fraction de redressement

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

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	

5.3 Pour la fraction de dernière feuille

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

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

4. La fumure azotée

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

6 Calcul de la fumure

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

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

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