

4. La fumure azotée

J-P. Destain¹, L Couvreur¹, J-L. Herman¹, J-P. Goffart¹, V. Reuter¹, O. Mostade², B. Huyghebaert²,
B. Monfort³, B. Bodson⁴, B. Seutin⁵ et F. Vancutsem⁴

1	La fumure en froment.....	2
1.1	Bilan de l'année écoulée.....	2
1.2	Expérimentation, résultats, perspectives	3
1.2.1	<i>Réponse à la fumure minérale en 2008</i>	3
1.2.2	<i>Le raisonnement est-il identique dans des situations avec des apports importants d'azote organique ?</i>	8
1.2.3	<i>Technique d'application de la solution azotée à la dernière feuille.</i>	10
1.2.4	<i>Quelle fumure adoptée au vu de la volatilité des prix ? Synthèse de cinq années</i>	12
1.2.5	<i>Conclusion des expérimentations 2008.....</i>	13
1.3	Recommandations pratiques.....	13
1.3.1	<i>Azote minéral du sol sous froment d'hiver, situation au 5 février 2009</i>	13
1.3.2	<i>Les objectifs.....</i>	15
1.3.3	<i>Les principes de base de la fixation de la fumure azotée.....</i>	16
1.3.4	<i>Le rythme d'absorption de l'azote par la culture.....</i>	16
1.3.5	<i>La détermination pratique de la fumure.....</i>	18
1.3.6	<i>Les modalités d'application des fumures.....</i>	19
1.3.7	<i>Calcul de la fumure azotée pour 2009.....</i>	23
2	La fumure en escourgeon	39
2.1	Aperçu de l'année écoulée.....	39
2.2	Expérimentation, résultats, perspectives	39
2.3	Les recommandations pratiques	42
2.3.1	<i>Conditions particulières de 2009, profil en azote minéral du sol en escourgeon.....</i>	42
2.3.2	<i>Les principes de base de la détermination de la fumure azotée.....</i>	42
2.3.3	<i>La détermination pratique de la fumure.....</i>	43
2.3.4	<i>Les modalités d'application de la fumure azotée.....</i>	44
2.3.5	<i>Calcul de la fumure azotée pour 2009.....</i>	46

¹ CRA-W – Département Production Végétale

² CRA-W – Département Génie Rural

³ Projet APE 2242 (FOREM) et projet CePiCOP (DGOARNE – Ministère de l'Agriculture et de la Ruralité de la RW)

⁴ F.U.S.A.Gx – Unité de Phytotechnie des régions tempérées

⁵ F.U.S.A.Gx – Unité de Phytotechnie des régions tempérées – Production intégrée des céréales en Région Wallonne, subsidié par la DGOARNE du Ministère de la Région Wallonne

1 La fumure en froment

1.1 Bilan de l'année écoulée

Beaucoup de froments d'hiver ont été semés dans de bonnes conditions durant l'automne 2007. Les températures ont diminué progressivement avec l'apparition des premières gelées fin octobre. Les froments se sont donc acclimatés lentement mais sûrement pour l'hiver. Cependant celui-ci fut anormalement doux comme l'atteste les températures relevées durant les mois de janvier et février. Plusieurs semis ont encore été réalisés dans le courant du mois de janvier et cela dans de très bonnes conditions.

Les profils azotés réalisés durant ces deux premiers mois de l'année 2008 étaient dans de nombreux cas riches, avec une moyenne de 106 kg N sur 1,50 m. Des profils de ce type n'avaient plus été observés durant ces 10 dernières années. Il fallait remonter à 1998 pour trouver une situation similaire. Seuls les profils après betteraves ou chicorées arrachées tardivement étaient faibles. L'équipe du «Livre blanc» avait alors proposé de travailler dans la plupart des situations avec un apport de la fumure en deux fractions.

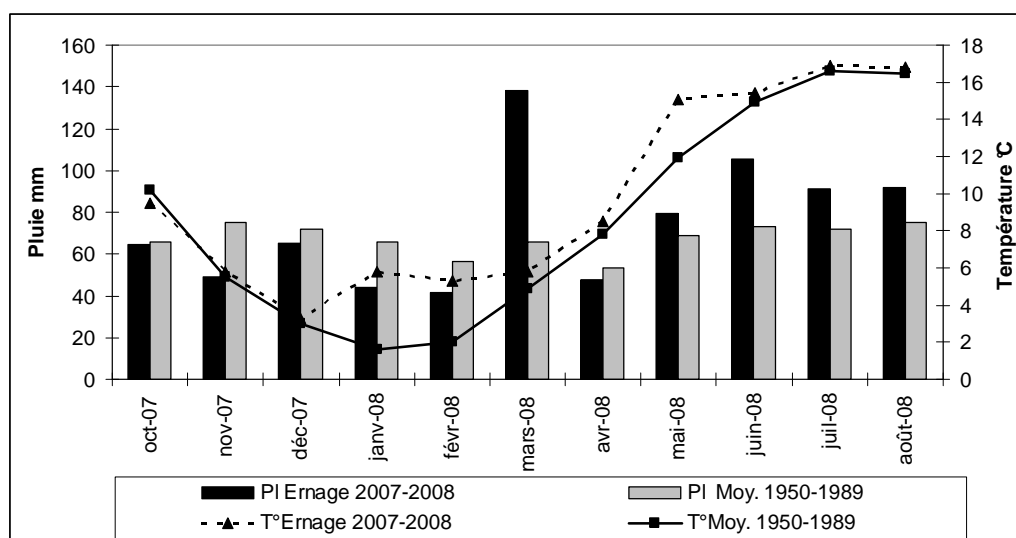


Figure 4.1 – Aperçu des conditions climatiques mensuelles d'octobre 2007 à août 2008 – Poste d'Ernage (Gembloux, CRA-W).

Les mois de mars et avril ont été très capricieux : forte pluviométrie, gelées tardives fin mars et début avril. Les écarts de températures entre le jour et la nuit étaient importants ce qui a empêché une franche reprise de la végétation. La minéralisation a également été faible durant cette période. Les prélèvements par la culture ont été insuffisants et ont entraîné une faible montée en épis des talles présents, à priori pourtant en nombre suffisant. De plus, les désherbages réalisés durant cette période ont parfois bloqué la végétation. Les applications d'azote ont été globalement tardives sauf pour les agriculteurs qui avaient profité des derniers beaux jours de février. De même, les régulateurs de croissance ont été souvent appliqués dans de mauvaises conditions (températures insuffisantes), ce qui a réduit leur efficacité et entraîné

des phénomènes de verse lors des orages parfois violents et accompagnés de bourrasques de vent.

Les froments ont rattrapé le retard qu'ils avaient accumulé durant le mois d'avril grâce aux conditions clémentes de mai. La pluviométrie régulière, l'absence de stress de température, quelques bonnes périodes à des moments charnières ont conduit dans l'ensemble à de bons rendements. Les froments bien protégés contre les différentes maladies fongiques ont pu prélever de l'azote tardivement dans la saison et ainsi assurer un bon remplissage du grain qui a permis de compenser le nombre d'épi/m² souvent faible (autour de 400 épis/m²). La variabilité est cependant une fois de plus assez forte, à l'image de la saison culturale.

1.2 Expérimentation, résultats, perspectives

1.2.1 Réponse à la fumure minérale en 2008

Trois essais « fumure » ayant pour but de situer l'optimum de fumure par rapport à la fumure azotée calculée selon la méthode du « Livre blanc » ont été menés sur le site de Loncée. Dans l'essai sur la variété Tuareg, les niveaux de rendement étaient plus faibles par rapport aux deux autres variétés ; cette différence est expliquée par une implantation de cette parcelle beaucoup plus tardive (fin janvier) par rapport aux deux autres essais (fin octobre).

Tableau 4.1 – Caractéristiques des trois essais de réponse à la fumure azotée – FUSAGx - Loncée 2008.

Variété		Tuareg	Koreli	Istabraq
Caractéristique variété		panifiable	panifiable	fourrager
N° de l'essai		FH08-11	FH08-26	FH08-51
Date de semis		28-janv	19-oct	22-oct
Densité de semis		400 gr/m ²	220 gr/m ²	250 gr/m ²
Précédent		Betterave	Betterave	Froment
Teneurs en N total en sortie hiver sur 90cm (sous culture de froment)		--	44	72
Apport de la fumure	tallage	1-avr	1-avr	31-mars
	tallage-redressement	14-avr	3-avr	3-avr
	redressement	5-mai	16-avr	15-avr
	dernière feuille	2-juin	16-mai	16-mai
Désherbage		21-avr	21-avr	21-avr
Raccourcisseur		14-mai	3-mai	24-avr
Fongicide		22-mai	8-mai	8 mai
			4-juin	4-juin
Insecticide		-	10 juin	-

1.2.1.1 Approche phytotechnique et économique

Le tableau 4.2 reprend pour les 30 fumures testées :

- Le rendement phytotechnique : rendement brut obtenu sur la parcelle ;

4. La fumure azotée

- Le rendement économique : rendement phytotechnique duquel est soustrait en équivalent kg froment la valeur de l'azote apporté (1 uN = 6.2 kg de froment). L'ensemble des rendements économiques repris dans ce chapitre sont exprimés selon le rapport 6.2 équivalent à un froment à un prix de vente de 150 €/t et de l'azote (ammonitrate 27 %) à 250 €/tonne.

Tableau 4.2 – Rendements phytotechniques (qx/ha) et rendements économiques (qx/ha) pour un rapport de 6,2 (1uN = 6.2kg de froment) obtenus dans les essais fumures azotées – FUSAGx - Lonzée 2008.

Obj.	Fumure					Coût de l'N en qx de froment	Tuareg FH 08-11		Koreli FH 08-26		Istabraç FH 08-51	
	T	T-R	R	DF	tot		rdt brut qx/ha	rdt éco qx/ha	rdt brut qx/ha	rdt éco qx/ha	rdt brut qx/ha	rdt éco qx/ha
1	0	0	0	0	0	0	59	59	58	58	62	62
2	0	50	0	0	50	3	75	72	75	72	81	78
3	0	50	0	50	100	6	87	81	90	83	90	84
4	0	50	0	75	125	8	86	78	90	82	90	82
5	0	50	0	100	150	9	88	78	95	86	96	87
6	0	50	0	125	175	11	86	75	99	88	99	88
7	0	50	0	150	200	12	85	73	100	88	103	91
8	0	75	0	0	75	5	82	77	83	79	90	85
9	0	75	0	50	125	8	91	83	97	89	97	89
10	0	75	0	75	150	9	92	83	99	90	101	92
11	0	75	0	100	175	11	92	81	103	93	105	94
12	0	75	0	125	200	12	90	78	101	89	110	98
13	0	75	0	150	225	14	94	80	106	92	105	91
14	0	100	0	0	100	6	87	81	95	89	92	85
15	0	100	0	50	150	9	94	84	101	92	99	89
16	0	100	0	75	175	11	94	84	103	92	103	92
17	0	100	0	100	200	12	93	81	106	93	101	89
18	0	100	0	125	225	14	95**	81	107	93	105	91
19	0	100	0	150	250	15	94	79	107	92	107	91
20	0	125	0	0	125	8	91	83	99	91	96	89
21	0	125	0	50	175	11	94	83	105	94	101	90
22	0	125	0	75	200	12	95	83	107	94	102	90
23	0	125	0	100	225	14	92	78	103	89	103	89
24	0	125	0	125	250	15	94	79	107	92	110	94
25	0	125	0	150	275	17	93	76	106	89	106	89
26	50	0	50	50	150	9	92	83	101	91	101	91
27	75	0	75	75	225	14	93	79	107	93	107	94
28	100	0	100	100	300	19	91	73	103	85	105	86
LB*	50	0	60	75	185	11	95	83	107	96	96	85
LB*	0	80	0	95	185	11	95	83	103	91	104	92

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

**Les valeurs en gras représentent les valeurs maximales de rendements pour chaque variété et les cases grisées sont les valeurs statistiquement équivalentes à leur valeur maximale respective.

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

- 95 qx/ha pour Tuareg semé en janvier avec des fumures variant de 185 à 225 uN. Les fumures « Livre blanc » en 2 ou 3 apports permettent d'atteindre ce rendement maximum ;
- 107 qx/ha pour Koreli avec des fumures variant de 185 à 300 uN. Bien qu'inférieur à la fumure « Livre blanc » en 3 apports la modalité 2 apports (103 qx/ha) n'est statistiquement pas significativement différente ;
- 110 qx/ha pour Istabraq pour un apport total de 200 et de 250 uN. Des rendements significativement équivalents sont obtenus avec des fumures allant de 200 à 300 uN. La fumure « Livre blanc » était dans ce cas légèrement sous-estimée.

Pour l'agriculteur, c'est le **rendement économique** qui doit primer, dans ce cas, les niveaux de fumure sont inférieurs à ceux produisant le rendement phytotechnique maximal :

- Pour Tuareg, l'optimum économique est atteint avec les fumures totales de 150 et 175 uN, dont la première fraction est dans les deux cas équivalente à 100 uN. Le rendement phytotechnique s'élève à 94 qx/ha ;
- Pour Koreli, l'optimum économique est atteint avec une fumure totale de 185 uN qui est la fumure « Livre blanc » donnant un rendement phytotechnique de 107 qx/ha ;
- Pour Istabraq, l'optimum économique est atteint avec une fumure totale de 200 uN avec un rendement phytotechnique de 110qx/ha.

1.2.1.2 L'importance du fractionnement

Dans le fractionnement en 2 apports de la fumure azotée Livre blanc, le niveau de la première fraction est fixé à 80 uN. Les résultats obtenus en 2008 ont confirmé cette dose qui permet d'obtenir une végétation optimale. Le tableau 4.3 montre les différences de rendement qui ont été observées quand, pour une même fumure totale comprise entre 125 et 200 uN, 25 uN sont retirées ou ajoutées à la première fraction :

- Lors du passage de 75 uN à 50 uN pour la première fraction, une perte moyenne de 509 kg/ha a été observé ;
- Lors du passage de 75 uN à 100 uN, le niveau de rendement reste similaire.

Ces deux constats mettent en évidence l'adéquation de la dose de 80 uN appliquée lors du premier passage avec les besoins en azote de la culture.

4. La fumure azotée

Tableau 4.3 – Différences de rendement (kg/ha) observées lors de l'augmentation de la première fraction pour une fumure totale constante - Lonzée 2008.

Fraction TR	Fumure Totale								Moyenne Gain Rdt
	125		150		175		200		
	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	Rdt	Gain Rdt	
50	8868		9289		9465		9618		509
75	9475	+ 607	9729	+ 440	10011	+ 546	10060	+ 442	
100	-		9776	+ 47	9997	-14	10008	-52	-6

1.2.1.3 Taux de protéines et verse : impact de la fumure

Le **taux de protéines** est un paramètre important de la qualité du froment et est influencé par la fumure azotée.

Tableau 4.4 – Teneurs en protéines (% M.S.) obtenues dans les essais fumures azotées – FUSAGx - Lonzée 2008.

	Fumure azotée					Koreli	Istabraq		Fumure azotée					Koreli	Istabraq
	T	T-R	R	DF	Tot				T	T-R	R	DF	tot		
1	-	0	-	0	0	11,6	8,0	16	-	100	-	75	175	12,6	10,0
2	-	50	-	0	50	11,2	7,9	17	-	100	-	100	200	12,7	10,6
3	-	50	-	50	100	12,0	8,8	18	-	100	-	125	225	12,8	10,7
4	-	50	-	75	125	12,1	9,6	19	-	100	-	150	250	13,0	10,7
5	-	50	-	100	150	12,8	9,9	20	-	125	-	0	125	11,7	9,0
6	-	50	-	125	175	12,7	10,1	21	-	125	-	50	175	12,1*	10,0
7	-	50	-	150	200	13,1	10,2	22	-	125	-	75	200	12,2*	10,4
8	-	75	-	0	75	11,2	8,1	23	-	125	-	100	225	12,6	10,7
9	-	75	-	50	125	12,0	9,3	24	-	125	-	125	250	13,0	10,8
10	-	75	-	75	150	12,4	9,7	25	-	125	-	150	275	12,8	10,9
11	-	75	-	100	175	12,6	10,0	26	50		50	50	150	12,0	9,5
12	-	75	-	125	200	12,7	10,3	27	75		75	75	225	12,6	10,8
13	-	75	-	150	225	13,1	10,5	28	100		100	100	300	12,9	11,5
14	-	100	-	0	100	11,4	8,6	29	50		60	75	185	12,3*	10,2
15	-	100	-	50	150	12,0	9,6	30	-	80	-	105	185	12,7	10,1

* Teneur en protéines correspondant à un rendement économiquement optimum

■ Teneur en protéines correspondant à un rendement phytotechnique maximum

La détermination des teneurs en protéines pour l'ensemble des échantillons des variétés Koreli et Istabraq issus des essais fumure 2008 a permis de mettre en évidence que (tableau 4.4 et figure 4.2) :

- Au niveau de cet essai, la teneur en protéines de la variété Istabraq (fourragère) est en moyenne inférieure de 2.5 % par rapport à la variété Koreli (panifiable) ;
- Les variétés ont une réponse similaire à l'augmentation de l'apport d'azote au stade DF ;
- L'apport au stade DF influence fortement la teneur en protéines, de même que la dose totale appliquée surtout lorsque cette dernière est trop faible.

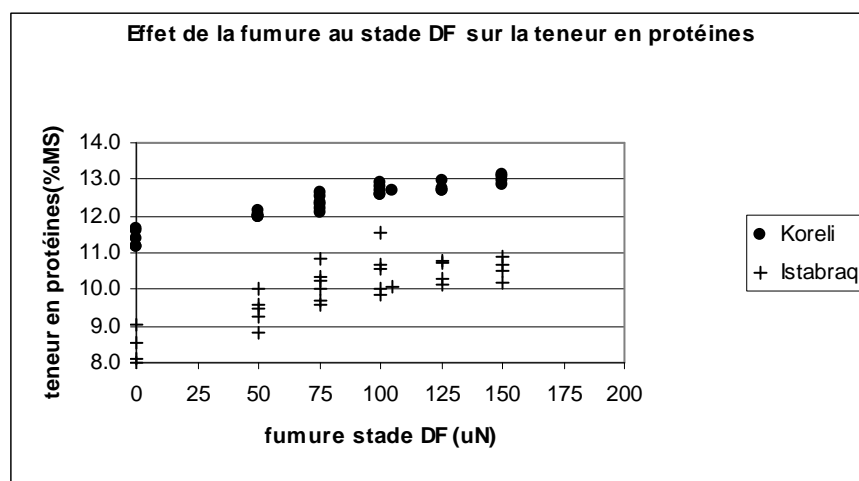


Figure 4.2 – Influence de la fumure au stade dernière feuille sur la teneur en protéines.

- La fumure économiquement optimale engendre généralement des teneurs en protéines finales plus faibles que les fumures conduisant au rendement phytotechnique maximum (voir tableau 4.4 exemple Koreli).

Les **phénomènes de verse** dans les essais fumure 2008 n'étaient pas généralisés. Seul l'essai sur Koreli a présenté de la verse (tableau 4.5).

Tableau 4.5 – Rendements phytotechniques (kg/ha) et indices de verse (%) obtenus dans l'essai fumures azotées Koreli – FUSAGx - Loncée 2008.

	Fumure				tot	rdt (kg/ha)	indice de verse* (%)	Fumure				tot	rdt (kg/ha)	indice de verse (%)	
	T	T-R	R	DF				T	T-R	R	DF				
1	-	-	-	-	0	5784	0	16	-	100	-	75	175	10288	37
2	-	50	-	-	50	7489	0	17	-	100	-	100	200	10585	34
3	-	50	-	50	100	8963	0	18	-	100	-	125	225	10682	36
4	-	50	-	75	125	9015	0	19	-	100	-	150	250	10720	41
5	-	50	-	100	150	9493	5	20	-	125	-	-	125	9895	8
6	-	50	-	125	175	9891	5	21	-	125	-	50	175	10497	29
7	-	50	-	150	200	10045	0	22	-	125	-	75	200	10672	32
8	-	75	-	-	75	8347	0	23	-	125	-	100	225	10288	37
9	-	75	-	50	125	9684	8	24	-	125	-	125	250	10709	36
10	-	75	-	75	150	9915	8	25	-	125	-	150	275	10630	45
11	-	75	-	100	175	10337	14	26	50	-	50	50	150	10072	27
12	-	75	-	125	200	10137	11	27	75	-	75	75	225	10684	52
13	-	75	-	150	225	10583	18	28	100	-	100	100	300	10316	56
14	-	100	-	-	100	9482	13	29	50	-	60	75	185	10725	44
15	-	100	-	50	150	10108	12	30	-	80	-	105	185	10261	13

* l'indice de verse (exprimé en %) est déterminé par le produit de la surface de la parcelle versée (noté de 0 à 10 : 0 = 0% de la parcelle et 10 = 100 % de la parcelle) et de l'intensité de la verse (noté de 0 à 10 : 0 = droit et 10 = épis contre le sol)

- Les phénomènes de verse observés au sein de l'essai Koreli n'ont pas engendré de perte importante de rendement. Effectivement, la verse affectait une surface importante de la

4. La fumure azotée

parcelle mais elle était de faible intensité et n'a donc pas trop entravé le remplissage du grain ;

- L'indice de verse est supérieur dans les modalités de fumure à trois fractions et lorsque les premiers apports atteignent ou dépassent les 100 uN/ha.

La meilleure manière de se prémunir contre le risque de verse reste le choix d'une variété résistante et une bonne gestion de l'azote par des apports modérés en début de culture.

1.2.1.4 *Les reliquats azotés*

Les froments ont prélevé dans la majorité des cas, l'entièreté de l'azote apporté. Le tableau 4.6 présente, pour 6 modalités de fumure, la valeur des **reliquats azotés post-récolte** de l'essai mené sur la variété Koreli. Ces mesures ont été réalisées par le Département de Productions Végétales du CRA-W. Les faibles teneurs en N en dessous des 45 premiers cm de profondeur sont le signe d'un épuisement correct du profil par la culture. Les valeurs plus importantes dans la partie supérieure du profil (45 premiers centimètres) sont dues à une accumulation de l'azote suite à la minéralisation entre la sénescence complète de la plante (arrêt du prélèvement de l'azote) et la date de détermination des reliquats post-récolte. La modalité 125-150 présentait un reliquat post-récolte total plus élevé, l'apport de 150 uN au stade dernière feuille était probablement trop important.

Tableau 4.6 – Reliquats en azote minéral (kg/ha) dans le profil pour différentes modalités de fumures dans l'essai sur la variété Koreli 2008.

Profondeur (cm)	0 - 0 - 0	75 - 125	125 - 75	125 - 150	50 - 60 - 75	80 - 105
0-15	10	8	7	15	9	8
15-30	11	11	9	13	10	7
30-45	3	3	3	8	3	2
45-60	1	1	1	5	1	1
60-75	1	1	1	5	1	0
75-90	0	1	1	4	0	1
90-105	0	4	9	3	1	1
105-120	1	8	2	3	1	1
120-135	1	4	2	3	1	1
135-150	1	2	3	3	1	2
Total	29	43	38	62	28	24

1.2.2 Le raisonnement est-il identique dans des situations avec des apports importants d'azote organique ?

Afin de poursuivre l'étude de l'impact de l'azote organique, un essai a été implanté dans les environs de Gembloux chez un agriculteur qui effectue régulièrement des apports de fientes de poulet. Cet essai résulte d'une collaboration entre l'Unité de Phytotechnie (FUSAGx) et le Département Production Végétale (CRA-W).

Cet essai a permis d'étudier plus particulièrement l'influence du **moment d'application** des fientes. Une partie des parcelles a reçu des fientes en octobre qui ont été incorporées avant le semis et une autre partie des parcelles a reçu des fientes en février sur végétation.

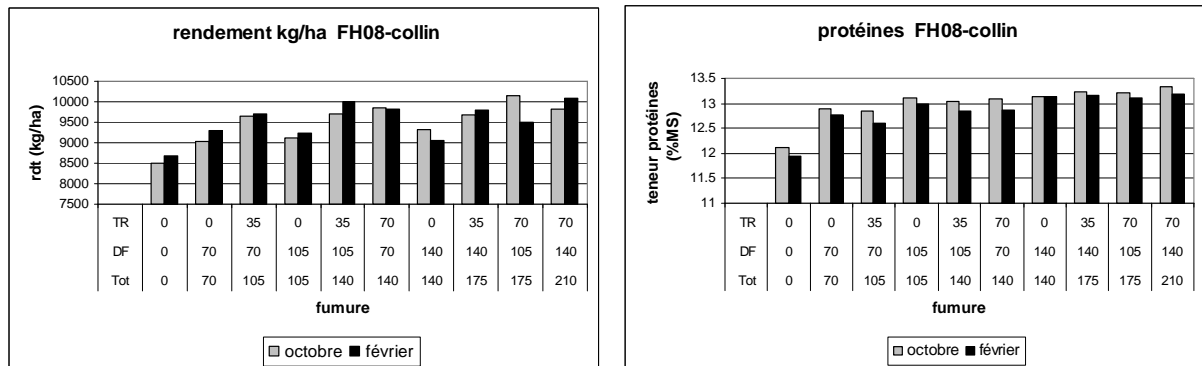


Figure 4.3 – Rendements phytotechniques (kg/ha) et teneur en protéines (% M.S.) pour l'essai fientes – FUSAGx 2008.

Rendement et taux de protéines

L'analyse des résultats révèle des différences significatives de rendements et de taux de protéines entre les différentes modalités de fumure minérale mais pas entre les deux modalités d'apport de fientes.

Suite aux conditions peu propices de minéralisation en début de reprise de végétation, la disponibilité de la centaine d'unités d'azote apportées par les fientes a été très faible puisque un coup de pouce avec de l'engrais s'est avéré nécessaire lors du redémarrage de la croissance. Les résultats montrent qu'il fallait au moins apporter 35 uN/ha.

Un faible effet de la fraction au stade DF (période propice à la minéralisation) est observé. Effectivement, si on compare les modalités à première fumure équivalente, l'augmentation de la deuxième fraction et, par la même occasion, la fumure totale ne fait pas varier de manière significative le rendement. La minéralisation, par son apport en azote, peut à cette période masquer l'effet de l'apport de l'azote minéral. Au niveau des protéines, l'apport d'azote minéral permet dans le meilleur des cas d'augmenter la teneur en protéines de 1,4%.

Reliquats azotés après récolte

Le froment n'a pas prélevé l'entièreté de l'azote apporté sauf dans le cas où aucun apport supplémentaire d'azote minéral n'a été effectué. Il est important de noter que les mesures ont été effectuées sur des parcelles ayant reçu une fumure minérale totale comprise entre 140 et 210, ce qui équivaut à un apport total en azote de 240 à 310 uN si la fumure organique est tenue en compte.

L'étude des reliquats azotés (tableau 4.7) montre un enrichissement des 45 premiers cm du profil. Celui-ci est dû à la minéralisation importante dans ce type de sol où les apports de matières organiques sont très réguliers. Cette minéralisation résulte des 4 semaines entre la mesure et la fin du prélèvement de l'azote par la culture (c'est-à-dire lors de l'arrivée à maturité).

4. La fumure azotée

Il est préférable de privilégier les apports avant l'implantation de la culture pour limiter les pertes par volatilisation.

Tableau 4.7 – Reliquats en azote minéral du sol pour différentes modalités d'apports d'azote minéral – CRA-W 2008.

Profondeur (cm)	fientes octobre				fientes février			
	0 - 0 - 0	70 - 70	70 - 105	70 - 140	0 - 0 - 0	70 - 70	70 - 105	70 - 140
0-15	18	17	18	20	21	18	16	17
15-30	14	13	13	21	11	10	10	16
30-45	5	7	9	14	5	4	4	13
45-60	2	2	4	6	2	2	2	4
60-75	1	1	2	2	1	1	1	1
75-90	0	1	2	3	1	1	1	2
90-105	1	2	6	7	2	4	4	4
105-120	1	6	9	10	2	7	8	8
120-135	2	8	11	12	1	10	10	11
135-150	4	9	11	11	1	11	10	11
Total	47	66	85	106	47	68	65	87

1.2.3 Technique d'application de la solution azotée à la dernière feuille

L'application d'azote liquide lors de la fraction de dernière feuille peut occasionner des brûlures du feuillage et entraîner des nécroses plus ou moins importantes. Les avantages de l'engrais liquide (coût, homogénéité, utilisation du pulvérisateur uniquement) plaident en faveur de son utilisation au stade dernière feuille. Dans ce but, un essai a été mené afin de comparer différents types de jets sur végétation humide (rosée du matin) et sur végétation sèche (plein soleil). Nonante unités d'azote ont été apportées sous forme solide ou liquide avec quatre types de jets. Cette expérimentation est menée en collaboration avec le Département Génie rural du CRA-W.

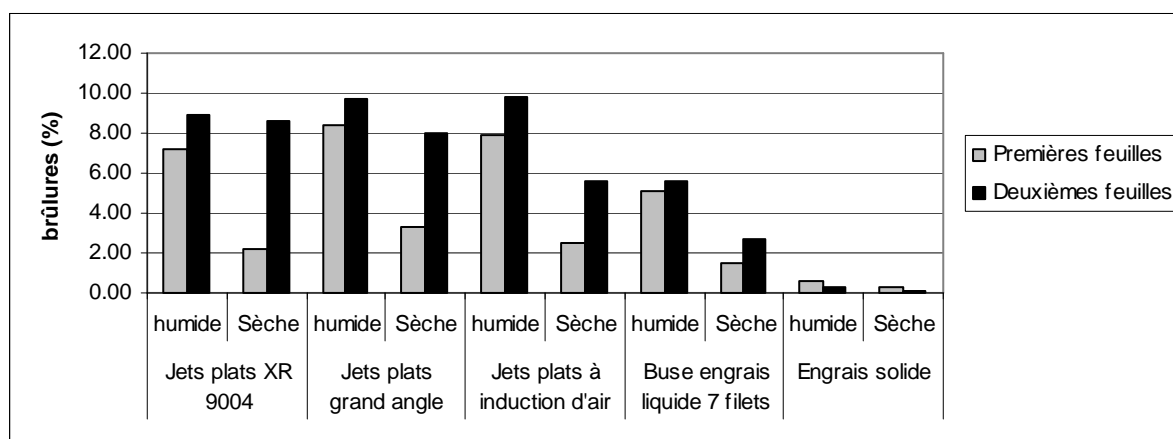
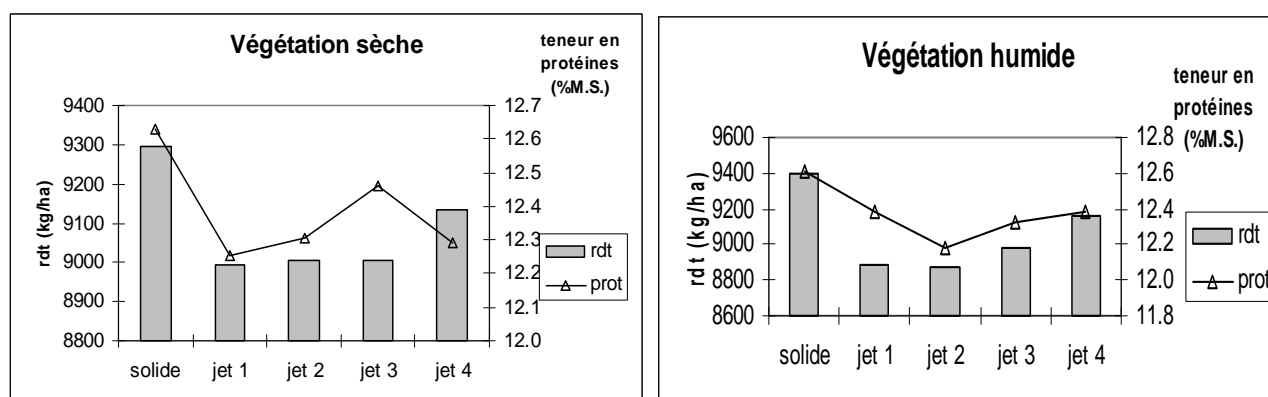


Figure 4.4 – Niveaux de brûlures (%) des premières et deuxièmes feuilles suite à l'application d'azote à la dernière feuille pointante, mesures réalisées par analyse d'image par le Département Génie Rural du CRA-W.



solide	90 uN solide
jet 1	90 uN Liquide jets plats XR 9004
jet 2	90 uN Liquide jets plat grand angle TT9003
jet 3	90 uN Liquide jets plats à induction d'air AIC90025
jet 4	90 uN Liquide buse engrais liq 7 filets SJ7-03

Figure 4.5 – Rendements phytotechniques (kg/ha) et teneur en protéines (%M.S.) pour l'essai type de buse N liquide – FUSAGx 2008.

L'observation et l'analyse des résultats révèlent que :

- Il y a une différence significative entre l'application de la dernière fraction sous forme solide et liquide. L'application solide permet d'obtenir des rendements et des teneurs en protéines supérieurs par rapport à une application d'azote liquide. Les brûlures souvent rencontrées lors de l'application de l'azote liquide diminuent le potentiel de rendement de la plante. Seul le jet de type « buse engrais liq 7 filets SJ7-03 » permet d'obtenir des rendements équivalents ou se rapprochant de ceux observés lors de l'utilisation d'engrais azoté sous forme solide.
- Les niveaux de brûlures (figure 4.4) ont été déterminés par analyse d'image. Cette méthode ne permet cependant pas de différencier les brûlures des nécroses et lésions éventuelles. Ceci explique le faible niveau de brûlure observé lors de l'application d'ammonitrate solide (de l'ordre du %). L'observation des différents niveaux de brûlures montre que :
 - L'application sur végétation humide présente généralement des niveaux de brûlures supérieurs par rapport à une application sur végétation sèche. Effectivement, une gouttelette d'azote entrant en contact avec une goutte d'eau sur la feuille engendre une plus grande surface de contact de l'azote liquide sur la feuille.
 - Le jet de type « buse engrais liq 7 filets SJ7-03 » présente les valeurs de brûlures les plus faibles par rapport aux trois autres types de buses et également des rendements supérieurs. Lors d'une application sur végétation sèche avec ce type de jet, le rendement est considéré comme équivalent à l'application sous forme solide.

1.2.4 Quelle fumure adoptée au vu de la volatilité des prix ? Synthèse de cinq années

On assiste ces dernières années à une fluctuation importante des prix de l'azote et du froment. Le rapport prix azote-froment est souvent utilisé, il représente la quantité de froment qu'il faut pour payer une unité d'azote (voir tableau 4.8).

Depuis la récolte 2007, les prix des céréales sont passés de 240€/t à 100€/t, l'azote quant à lui à atteint les 380€/t. De nombreux scénarios ont été rencontrés :

- un froment vendu à 120€/t pour payer de l'azote à 30€/t → rapport 12 ;
- de l'azote acheté à 240€/t pour produire un froment à 100€/t → rapport 9 ;
- prix de vente froment 150€/t, prix d'achat ammonitrate 250€/t → rapport 6,2.

Tableau 4.8 – Rapport entre prix azote- prix froment.

		prix du froment (€/T)								
		€/1uN	100	120	140	160	180	200	220	240
prix azote (ammonitrate 27%) en €/T	100	0.4	4	3	3	2	2	2	2	2
	120	0.4	4	4	3	3	2	2	2	2
	140	0.5	5	4	4	3	3	3	2	2
	160	0.6	6	5	4	4	3	3	3	2
	180	0.7	7	6	5	4	4	3	3	3
	200	0.7	7	6	5	5	4	4	3	3
	220	0.8	8	7	6	5	5	4	4	3
	240	0.9	9	7	6	6	5	4	4	4
	260	1.0	10	8	7	6	5	5	4	4
	280	1.0	10	9	7	6	6	5	5	4
	300	1.1	11	9	8	7	6	6	5	5
	320	1.2	12	10	8	7	7	6	5	5
	340	1.3	13	10	9	8	7	6	6	5
	360	1.3	13	11	10	8	7	7	6	6
380	1.4	14	12	10	9	8	7	6	6	
400	1.5	15	12	11	9	8	7	7	6	

L'utilisation d'un programme statistique a permis de réaliser des simulations de rendement économique pour plusieurs rapports du coût azote-froment à partir de l'ensemble des résultats des essais fumures de 2004 à 2008. Les fumures économiquement optimales sont reprises au niveau du tableau 4.9 pour trois rapports azote-froment (6,2, 9 et 12). Une détérioration de la situation économique (augmentation du rapport), conduit à des doses d'azote économiquement optimales plus faibles.

La diminution d'une trentaine d'unités d'azote en moyenne lors d'une augmentation du rapport de 3 unités n'est pas à généraliser. Effectivement, en fonction des situations cette diminution varie 10 à 60 unités.

Tableau 4.9 – Fumures procurant le rendement phytotechnique maximal (Nmax) et fumures économiquement optimales (Nopt) pour l'ensemble des données provenant des essais fumures de 2004 à 2008 – Lonzée –FUSAGx.

n°essai	date de semis	précédents	Nmax (uN)	rapport 6,2	rapport 9	rapport 12
				Nopt (uN)	Nopt (uN)	Nopt (uN)
FH08-11	Janv	betterave	215	165	140	115
FH08-26	Oct	betterave	275	200	170	145
FH08-51	Oct	froment	275	245	185	130
FH07-11	Oct	betterave	215	125	115	95
FH07-16	oct	betterave	245	160	130	105
FH06-37	oct	chicorée	155	125	110	100
FH06-04	oct	betterave	245	170	150	130
FH05-08	dec	betterave	235	140	110	85
FH05-19	oct	betterave	200	140	115	100
FH05-27	nov	chicorée	275	210	160	135
FH04-14	oct	betterave	300	245	210	165
FH04-42	oct	chicorée	270	205	185	170
Moyenne			242	178	148	123

1.2.5 Conclusion des expérimentations 2008

La méthode de calcul « Livre blanc » a permis d'obtenir des fumures proches ou égales à l'optimum économique. La volatilité des prix de vente des céréales (plutôt à la baisse) ou d'achat des engrais (prix élevé) entraînera probablement une diminution du niveau de fumure azotée. Cependant, il faudra être vigilant à ne pas diminuer excessivement sous peine de perdre trop en rendement et en qualité et donc de diminuer fortement le revenu du froment.

1.3 Recommandations pratiques

1.3.1 Azote minéral du sol sous froment d'hiver, situation au 5 février 2009

1.3.1.1 Climat en automne et hiver 2008-2009

Tableau 4.10 – Températures et précipitations moyennes.

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
Température moyenne (°C)						
Observée	16.8	13.1	10.1	6.3	2.1	-0.5
Normale	16.5	13.9	10.1	5.5	3.0	1.7
Précipitation (mm)						
Observée	92	45	72	92	75	86
Normale	75	63	66	75	72	65

D'août à novembre, les températures ont été normales ; à partir de décembre, on passe légèrement sous la normale avec une température moyenne de 2,1°C. En janvier, la température moyenne n'est plus que de -0,5°C pour une normale à 1,7°C, mais ce qui est exceptionnel, c'est le nombre de jours de gel observés (18 jours) avec parfois des minima très

4. La fumure azotée

bas (jusqu'à -21.7°C à Gembloux). La pluviométrie d'août à janvier s'avère par contre très légèrement supérieure à la normale (462 mm pour une normale de 416 mm sur la période).

1.3.1.2 Situation moyenne du profil en azote minéral du sol au 5 février 2009

Malgré les conditions climatiques très hivernales du mois de janvier, un échantillonnage de 25 terres a pu être pratiqué (Tableau 4.11).

Le profil moyen au 5 février 2009 apparaît légèrement plus pauvre qu'au cours des 10 dernières années ; il s'élève à 70kg N minéral sur 150 cm de profondeur.

Pour rappel en 2008, il atteignait 106kg N.

Tableau 4.11 – Comparaison pour les 10 dernières années des réserves en azote minéral du profil du sol (kg N/ha) – CRA-W.

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Moy	
Nb de situations	17	15	19	7	10	12	12	11	33	25		
Profondeur	0-30 cm	11	12	12	16	9	12	23	15	15	13	14
	30-60 cm	3	13	12	15	22	30	24	26	25	21	18
	60-90 cm	18	13	14	16	26	22	16	21	31	19	20
	90-120 cm	10	10	11	11	13	14	10	12	18	10*	12
	120-150 cm	9	10	10	11	12	12	9	11	17	7*	11
Total 0-150	61	58	59	69	82	90	82	85	106	70	75	

* Seules 10 situations ont été échantillonnées au-delà de 90 cm

1.3.1.3 Comparaison entre les précédents

Tableau 4.12 – Profil en azote minéral du sol pour différents précédents (kg N/ha).

	Précédents	Bette-rave	Pomme de Terre	Colza	Légumi-neuses	Maïs	Lin	Chicorée	Froment
Nb de situations	4	2	3	1	6	1	1	1	1
Profondeur	0-30 cm	15	12	17	19	10	17	7	17
	30-60 cm	13	32	37	55	10	29	11	33
	60-90 cm	7	52	27	32	9	24	15	33
	90-120 cm	5	37	10	22	10	*	*	*
	120-150 cm	4	10	8	15	11	*	*	*
Total 0-150	44	143	99	143	50				

* pas de mesure au-delà de 90 cm

Remarque : d'autres précédents ont été échantillonnés, mais les situations étaient très disparates, ils n'ont pas été repris dans ce tableau.

Les profils peuvent être considérés comme très pauvres après précédents betterave et maïs (<50kg N/ha). En betterave, seulement 28kg N sont disponibles dans les 60 cm supérieurs du profil et en maïs c'est encore moins (20kg N). Pour ces 2 cultures, il y a également très peu d'azote en profondeur au-delà de 60 cm (16kg en betterave et 30 kg en maïs).

1.3.1.4 Conclusion

Compte tenu de cette situation, et du faible développement actuel des froments d'hiver, il sera prudent de renforcer la dose de N lors du premier apport. Dans les semis de la plateforme de Loncée, les stades des froments observés dans les essais dates de semis sont en ce début février :

- Semis du 15 octobre : début tallage
- Semis du 15 novembre : 1 à 2 feuilles
- Semis du 15 décembre : pas encore de levée

En outre, un schéma de fumure en 3 apports est préconisé pour ces précédents betteraves, chicorées et maïs. En tout état de cause, le premier apport ne devrait toutefois pas être effectué avant le 15 mars.

Après précédents pomme de terre, légumineuse ou colza, le profil est riche (> 100kg N/ha) et l'azote sera rapidement disponible, les teneurs sont élevées dans les horizons 30 à 90 cm, le schéma à 2 apports maximum pourra être pratiqué.

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 – 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 ;
- épuisant les reliquats azotés de la culture précédente ;
- limitant les pertes par voie gazeuse.

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

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

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

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

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

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

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

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

La culture peut être scindée en trois phases :

1.3.4.1 Du semis à la fin tallage

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

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

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

4. La fumure azotée

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

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

1.3.5 La détermination pratique de la fumure

1.3.5.1 *Les principes*

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

- **chaque parcelle doit être considérée individuellement.**
Dans une même exploitation, les conditions culturales varient souvent entre parcelles (passé cultural, évolution de la culture) ;
- **la dose de chacune des fractions est déterminée juste avant l'application.**
La fumure totale d'azote n'est pas définie à la sortie de l'hiver mais résulte, au moment du dernier apport, de l'addition des fractions définies les unes après les autres.

Ces deux principes permettent de prendre en compte les variabilités de fournitures 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 situations réalisés à partir des observations faites en culture.

Les modalités de calcul des doses à apporter à chaque parcelle sont exposés en détail dans le chapitre conseils de fumures.

1.3.6 Les modalités d'application des fumures

1.3.6.1 *Les moments d'application*

Deux modalités de fractionnement de la fumure azotée sont envisageables :

- **Apport en 3 fractions :**
 - Tallage
 - Redressement
 - Dernière feuille

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

1.3.6.1.1 *Fumure azotée en trois apports*

Fraction tallage

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

4. La fumure azotée

Contrairement aux apparences et croyances de certains, des applications trop hâtives d'engrais (en février par exemple) n'apportent jamais de supplément de rendement; au contraire, ces applications sont moins profitables à la culture. Elles sont réalisées à un moment où les prélèvements par la culture sont quasi inexistantes et où donc 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.

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

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

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

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

1.3.7. Calcul de la fumure azotée pour 2009

Deux fumures de références :

En trois fractions : fractionnement à privilégier dans un bon nombre de situations en 2009.

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 réserver aux situations où l'azote est directement disponible pour le froment et en quantité suffisante (précédents pomme de terre, colza, légumineuses).

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 26 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.ORGAN + 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 (<i>uniquement dans le Condroz, voir remarque ci-dessus</i>)	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

N. TER RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 35)					
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 (=> <i>fractionnement en deux apports</i>)	4
<i>Inscrire ici la classe ORGA correspondant à votre cas</i>	

2.2 Détermination des valeurs de N.ORGANIQUE pour chaque fraction

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

N. ORGA RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 35)					
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 ⁽¹⁾ et chicorées arrachées en octobre	0	0	0	Non recommandé	
Betteraves ⁽¹⁾ et chicorées arrachées en novembre ou décembre	+10	+10	0		
Pois protéagineux	-20	-20	0	-30	-10
Féveroles, pois de conserverie, haricots	-20	-30	-10	-40	-20
Colza	-20	-20	0	-30	-10
Lin	-20	-10	0	-20	-10
Pomme de terre	-20	-10	-10	-20	-20
Maïs ensilage	+10	+10	0	Non recommandé	
Chaumes ⁽²⁾	+10	+10	0		
Pailles sans azote et maïs grain ⁽²⁾	+10	+10	0		
Ray-grass de 2-3 ans ou prairies temporaires	0	0	0	0	0
Légumes (épinard, choux, carottes)	(Analyser et consulter)				

Ces valeurs de N.PREC sont valables dans le cas où le précédent a donné un rendement normal compte tenu des fumures apportées.

Dans le cas où le **rendement de la culture précédente aurait été trop faible** par rapport à la fumure azotée qui lui avait été apportée, il y a lieu de **réduire les valeurs de N.PREC** pour tenir compte du reliquat laissé par la culture précédente.

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. 35)					
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 m²	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. 35)
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. 35)
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. 35)
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. 35)
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:

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

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

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

Détermination de N. CORR pour la fraction de redressement

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

TYPE DE TER		VALEUR DE N.CORR.
TER 0, 1 et 2	Dans tous les cas	0
TER 3	Si 1 ^{ère} fraction appliquée + 2 ^{ème} fraction calculée= 160 N ou moins	0
	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	0
	Sinon N.CORR= 120 N - 1 ^{ère} fraction appliquée - 2 ^{ème} fraction calculée	...

Vos parcelles	N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES	REPORT ÉVENTUEL À LA DERNIÈRE FEUILLE (UNIQUEMENT SI TER 3)
Parcelle 1		
Parcelle 2		
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	0
	Sinon N.CORR= 120 N - fraction calculée*	...

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

Vos parcelles	N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

5.3 Pour la fraction de dernière feuille

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

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	-20+report éventuel
	= plus de 100 N et moins de 160 N	0
	= 100 N ou moins	+ 10
	* En cas de report de 2 ^{ème} fraction sur la 3 ^{ème} (voir 5.2.)	
TER 4	Si 1 ^{ère} fraction + 2 ^{ème} fraction = 150 ou plus	- 20
	= plus de 80 N et moins de 150 N	0
	= 80 N ou moins (*)	+ 10
TER 5	Si 1 ^{ère} fraction + 2 ^{ème} fraction = 120 N ou plus	- 20
	= plus de 60 N et moins de 120 N	0
	= 60 N ou moins (*)	+ 10

Vos parcelles	N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 35)
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

5.3.2 *Fumure en deux apports*

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

Vos parcelles	N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 35)
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

6 Calcul de la fumure

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

Parcelle 1

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

Parcelle 3

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

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

Ferme de la région d'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.ORGANISATION		
ORGANISATION = 2		N.ORGANISATION = 0
3. Détermination de N.PRECIPITATION		
Bett. fe. enf.		N.PRECIPITATION = 0
4. Détermination de N.ÉTAT		
Stade plein tallage	6	
Densité normale	0	
Accidents culturaux	0	
Sol très bien ressuyé	+ 1	
Total ETAT	7	N.ÉTAT = - 10
5. Détermination de N.CORRECTION		
N.TER + N.PRECIPITATION + N.ÉTAT = 0.....		N.CORRECTION = 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.ORGANISATION		
ORGANISATION.....	2	N.ORGANISATION = 0
3. Détermination de N.PRECIPITATION		
Bett. fe. enf.		N.PRECIPITATION = 0
4. Détermination de N.ÉTAT		
Végétation normale		N.ÉTAT = 0
Dose de redressement: $60 + 0 + 0 + 0 + 0 = 60$		
5. Détermination d'un éventuel N.CORRECTION		
..... Fraction de tallage + fraction redressement = $30 + 60 = 90$		
..... On ne dépasse pas le maximum de 150 N d'où		N.CORRECTION = 0

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

Fumure de dernière feuille

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

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

La fumure de la parcelle est 40 N + 60 N + 75 N soit 175 N au total.

4. La fumure azotée

FRACTIONNEMENT EN DEUX APPORTS

Fumure de la fraction intermédiaire

1. Détermination de N.TER
TER4 N.TER = 0
2. Détermination de N.ORGANISATION
ORGANISATION2 N.ORGANISATION = 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
TER4 N.TER = 0
2. Détermination de N.ORGANISATION
ORGANISATION2 N.ORGANISATION = 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 écoulée

En sortie d'hiver 2007-2008 relativement doux, les escourgeons étaient très flatteurs et les reliquats azotés étaient plus élevés que la moyenne. Le conseil donné était de faire l'impasse de la fumure de tallage.

Par la suite le mois de mars, pluvieux et froid a perturbé les minéralisations qui pendant la période de fin tallage semblent avoir été très déficitaires.

D'une manière générale ce déficit de minéralisation en fin tallage s'est traduit, en absence de fumure de tallage, par une population en épis un peu claire, mais par contre a renforcé les résistances à la verse et aux maladies. De fait, on n'a guère vu en 2008 de parcelles d'escourgeon versées malgré les très nombreux orages. De même l'état sanitaire des cultures était dans la plupart des situations resté très bon jusqu'au stade dernière feuille.

Finalement les rendements sont moyens en 2008, et plus ou moins en retrait au regard de 2007 tel qu'on le constate dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1 – Résultats moyens des témoins (Lomerit et Franziska) des essais « variétés d'escourgeon » dans les régions en 2008, réalisés par le CRA-W et la FUSAGx. En Kg/ha.

	Gembloux	Enghien	Havelange	Lonzée
2008	9009	9865	7764	9619
2007	9496	9582	9518	10875

2.2 Expérimentation, résultats, perspectives

Un premier essai, dans une zone de terre peu fertile, montre qu'une fumure azotée très précoce (5 mars) pouvait améliorer sensiblement les rendements malgré que visuellement on ne remarquait pas de carence azotée à cette époque et que le profil azoté était généreusement approvisionné (importantes restitutions organiques sur le précédent froment). Le conseil avait été, dans cette situation, de faire l'impasse de la fumure au tallage.

Tableau 4.2 – Résultats moyens de 8 modalités de traitements autres que la fumure à Lonzée sur parcelle de faible fertilité en 2008.

ES08-05	fumure	rendement	verse	protéines
Moyennes objets 1-8	75-50-25	8234	2.4	10.5
Moyennes objets 9-16	0-90-60	7748	1.2	11.4

Le climat froid et humide en sortie d'hiver a retardé la reprise de minéralisation et en conséquence a entraîné un déficit azoté en début de végétation, mais par contre un approvisionnement satisfaisant en cours du remplissage des grains. De gros apports en sortie d'hiver ont dans ce cas amélioré les rendements de l'ordre de 5 quintaux ; la verse a été ainsi accentuée mais de faible manière.

4. La fumure azotée

Cette observation de 2008, inhabituelle, ne doit pas remettre en question le principe de la fumure de référence, mais souligne que les clés de décision peuvent être améliorées.

Les résultats de deux autres essais fumure réalisés en 2008 avec la variété brassicole Cervoise, sur des parcelles de fertilité très contrastées, sont intégrés au tableau 4.3 qui fournit pour les essais « fumures » des 5 dernières années à Loncée : 1) les fumures donnant les rendements maximum (Nmax), 2) les fumures donnant les rendements financiers optimaux (Nopt) lorsque le prix d'achat de l'ammonitrate 27 % à 250 €/tonne et le prix de vente (PV) respectivement à 160 €/tonne (2007) ou à 90 €/t (2008), et 3) les rendements correspondants.

Tableau 4.3 – Fumures maximales et optimales de 2004 à 2008, et rendements correspondants.

année	variété	Nmax	RDTmax	PV = 160 €/t		PV = 90 €/t	
				Nopt	RDTopt	Nopt	RDTopt
2008	Cervoise (a)	146 N	9548 kg	125 N	9487 kg	108 N	9354 kg
2008	Cervoise (b)	201 N	9350 kg	171 N	9262 kg	147 N	9072 kg
2007	Cervoise	169 N	11237 kg	145 N	11169 kg	127 N	11020 kg
2006	Adline	178 N	8983 kg	153 N	8909 kg	133 N	8749 kg
2006	Sequel	170 N	8161 kg	139 N	8071 kg	115 N	7878 kg
2005	Marado	178 N	11536 kg	161 N	11485 kg	147 N	11377 kg
2004	Lomerit	161 N	10556 kg	143 N	10504 kg	129 N	10391 kg
moyenne		172 N	9910 kg	148 N	9841 kg	129 N	9691

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

(b) précédent froment en zone de parcelle peu fertile

La figure 4.1 met en graphique les rendements moyens (2004 à 2008) des escourgeons en fonction de la fumure azotée.

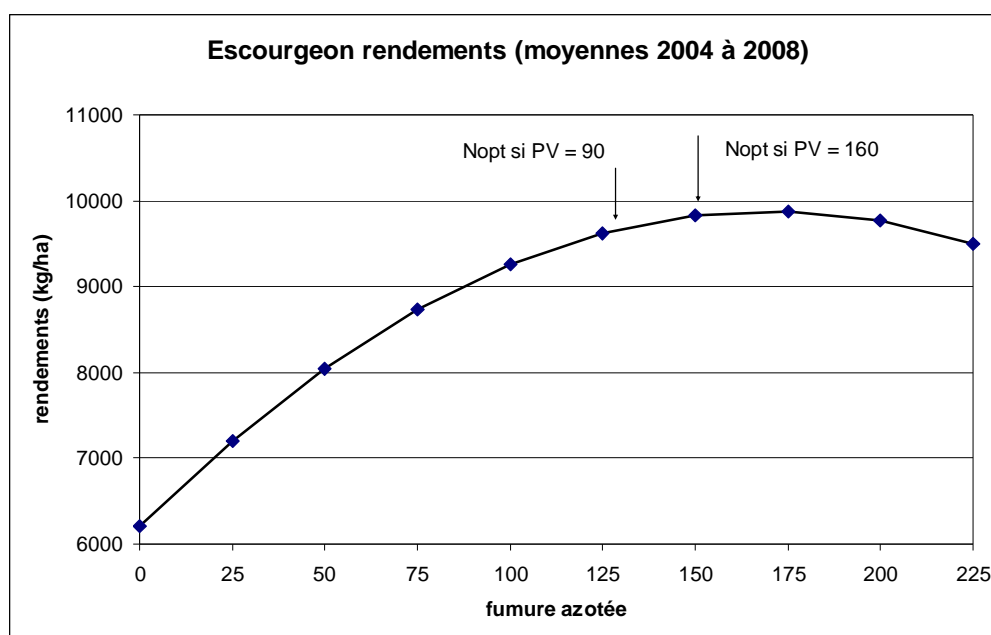


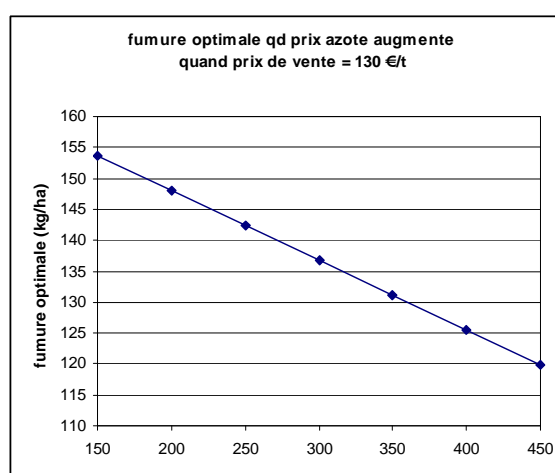
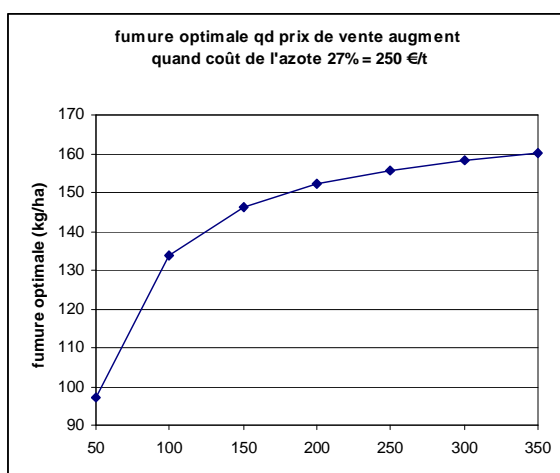
Figure 4.1 : Evolution des rendements en fonction de la fumure azotée à Loncée

Indépendamment des prix, la fumure donnant le rendement maximal moyen (99 Qx/ha) a été de 172 N (N=KgN/ha). La fumure optimale dépend des prix de vente de la récolte et du prix d'achat de l'azote ; elle a été en moyenne, dans les conditions décrites, respectivement de 148 N (PV 160) et 129 N (PV 90). 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). Le paragraphe suivant (avec le tableau 4.4 et les figures 4.2 et 4.3) refait le point sur cette problématique.

Evolution des fumures économiquement optimales quand les prix varient

Tableau 4.4 – Evolution des fumures optimales, rendements et revenus quand les prix varient (réponse moyenne des rendements à l'azote à Lonzée de 2004 à 2008).

Evolution quand le prix de vente de la récolte augmente (achat de l'azote 27 % à 250 €/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	134	9712	881	200	148	9817	1276
150	146	9806	1381	250	142	9781	1272
200	152	9839	1878	300	137	9737	1266
250	156	9854	2374	350	131	9685	1259
300	158	9863	2869	400	125	9625	1251



Figures 4.2 & 4.3 : 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 2008).

La fumure optimale diminue linéairement quand le coût de l'azote augmente. Dans le cas de la réponse moyenne des escourgeons à la fumure azotée de 2004 à 2008 à Lonzée, et pour un même prix de vente (130 €/t dans la 2^{ème} partie du tableau 4.4), la fumure optimale diminue de

4. La fumure azotée

l'ordre de 6 kg N quand le prix de l'azote augmente de 50 €/t, et cette adaptation protège relativement bien le revenu (perte minime de quelques Euros/ha).

Par contre, la fumure optimale tend à se rapprocher asymptotiquement de la fumure maximale quand le prix de vente de la céréale augmente. A l'inverse une diminution de 50 €/t du prix de vente de l'escourgeon (de 150 à 100 €/t par exemple) entraîne une réduction de la fumure économiquement optimale de 12 kg N, et bien évidemment une perte de revenu conséquente (500€/ha).

2.3 Les recommandations pratiques

2.3.1 Conditions particulières de 2009, profil en azote minéral du sol en escourgeon

Des prélèvements ont été effectués dans 4 situations contrastées. En moyenne, le profil en azote du sol est relativement pauvre (36 kg N/ha) et les cultures en place peu développées. Cette situation est à l'opposé de 2008 où le profil contenait 68 kg N sur 1,50 m et où la culture d'orge d'hiver en place avait prélevé, en sortie hiver, près de 50 kg N/ha.

La répartition de ce stock de 36 kgN est la suivante :

Profondeur (cm)	kgN /ha
0-30	9
30-60	7
60-90	10
90-120	5
120-150	5

Cette situation a amené une révision du conseil de base avec une augmentation de la fumure totale à **160 uN/ha** avec un fractionnement :

- **Tallage : 50**
- **Redressement: 50**
- **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

Comme pour le froment d'hiver, **la fumure azotée doit être raisonnée pour chaque parcelle individuellement**. De même, elle doit être déterminée fraction après fraction en relation avec les conditions particulières rencontrées au cours de la culture en tenant compte des interactions d'une fraction avec les autres.

La fumure de référence moyenne évolue par rapport à 2008 avec une augmentation de 10uN/ha soit une dose totale de 160 uN/ha et un équilibrage des doses lors des deux premières applications.

Fumure de référence pour l'escourgeon :

Fraction du tallage (1^{ère} fraction) : 50 N

Fraction du redressement (2^{ème} fraction) : 50 N

Fraction de la dernière feuille (3^{ème} fraction) : 60 N

Au vu des conditions climatiques, la reprise de la végétation devrait être tardive. De plus, les profils réalisés montrent peu de réserve en azote dans le sol ce qui doit inciter l'agriculteur à travailler en trois apports.

Pour éviter la verse en escourgeon, le total des fractions de tallage et de redressement à appliquer ne devrait pas dépasser la fumure de 115 uN, l'excédent éventuel étant reporté sur la dernière feuille.

Cette « fumure de référence » correspond à une situation définie comme suit :

- une terre limoneuse à drainage et structure normale recevant des apports organiques modérés mais réguliers ;
- un escourgeon cultivé au sein d'une rotation triennale: betterave (feuilles enfouies) - froment – escourgeon ;
- un peuplement normal à la sortie de l'hiver, de plantes saines ayant atteint le stade plein tallage ;
- une végétation sans excès, recevant au moment opportun les traitements phytosanitaires appropriés.

4. La fumure azotée

Les paramètres qui vont amener des modifications par rapport à cette référence sont identiques à ceux signalés pour le froment d'hiver.

Les valeurs de correction sont cependant différentes de celles du froment et sont reprises dans le chapitre « Prévisions de fumure » rubrique escourgeon.

Pour chaque fraction de fumure azotée

$$\text{DOSE A APPLIQUER} = \text{DOSE DE REFERENCE} + \text{N.TER} + \text{N.ORGANIQUE} + \text{N.PREC} \\ + \text{N.ETAT} + \text{éventuellement N.CORR}$$

2.3.4 Les modalités d'application de la fumure azotée

2.3.4.1 La fraction au tallage

Dans les régions où la minéralisation démarre très tôt au printemps et où les escourgeons ont déjà un nombre de talles suffisant, il n'y a pas lieu d'appliquer de l'azote en mars. Cette situation culturale ne sera probablement pas fréquente en 2009.

Une dose d'azote trop importante (par exemple 75 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 le premier apport post-hivernal 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. La stimulation précoce du tallage amène un excès de densité de végétation qui accroît la sensibilité de la culture à la verse.

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, ...).

La fumure sera notamment fonction des quantités apportées au tallage. Les essais réalisés au cours de ces dernières années montrent que la **somme des fractions tallage et redressement, si elle se situe en moyenne autour de 115 N, peut cependant varier de 50 à 150 unités/ha.**

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 moyenne à épandre à cette période est fixée à 60 kg N/ha.

2.3.5. Calcul de la fumure azotée pour 2009

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

Fraction du tallage (1^{ère} fraction) : 50 N

Fraction du redressement (2^{ème} fraction) : 50 N

Fraction de la dernière feuille (3^{ème} fraction) : 60 N

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
Hesbaya sèche, régions de Tournai, de Courtrai, d'Audenarde	5
Toutes les autres régions	4
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

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

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

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

1.2 Définition des valeurs de N.TER pour chaque fraction

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

Indice TER (Type de terre)	VALEUR DE N.TER POUR LA		
	1 ^{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. 52)		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			

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

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

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

2.2 Détermination des valeurs de N.ORGAN pour chaque fraction

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

Vos parcelles	N. ORGAN RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 52)		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			
Parcelle 3			

3 Détermination de N.PREC, fonction du précédent

PRECEDENT 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

Vos parcelles	N. PREC RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 52)		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			

4 Détermination de N.ETAT, 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 90 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)
<i>Au tallage</i>	50						
<i>Au redress.</i>	50						
<i>A la dern. fe.</i>	60						

(1) Lorsque le total ainsi calculé est négatif, sa valeur est ramenée à 0 ; lorsque ce total vaut moins de 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 ».