

4. La fumure azotée

J-P. Destain¹, L. Couvreur¹, J-L. Herman¹, J-P. Goffart¹, V. Reuter¹, B. Monfort², B. Bodson³,
C. Vandenberghe⁴, O. Imbrecht⁵, R. Lambert⁶ et F. Vancutsem⁷

1	La fumure en froment.....	2
1.1	Bilan de l'année écoulée	2
1.2	Expérimentation, résultats, perspectives.....	3
1.2.1	Approche phytotechnique	4
1.2.2	Approche économique	7
1.2.3	Le raisonnement est-il identique dans des situations avec des apports importants d'azote organique ?	8
1.2.4	Conclusion des expérimentations 2007	9
1.3	Recommandations pratiques	9
1.3.1	Les objectifs	9
1.3.2	Les principes de base de la fixation de la fumure azotée.....	9
1.3.3	Le rythme d'absorption de l'azote par la culture	10
1.3.4	La détermination pratique de la fumure	12
1.3.5	Les modalités d'application des fumures	13
1.3.6	Azote minéral du sol sous froment d'hiver, situation au 10 février 2008.....	16
1.3.7	Conséquences pour les recommandations de fumures.....	18
1.3.8	Calcul de la fumure azotée pour 2008	19
2	La fumure en escourgeon	35
2.1	Aperçu de l'année écoulée	35
2.2	Expérimentation, résultats, perspectives.....	35
2.3	Les recommandations pratiques.....	37
2.3.1	Les principes de base de la détermination de la fumure azotée	37
2.3.2	La détermination pratique de la fumure	38
2.3.3	Les modalités d'application de la fumure azotée	39
2.3.4	Conditions particulières de 2008, profil en azote minéral du sol en escourgeon	40
2.3.5	Calcul de la fumure azotée pour 2008	41

¹ CRA-W – Département Production Végétale

² Projet APE 2242 (FOREM) et projet CePiCOP (DGA – Ministère de l'Agriculture et de la Ruralité de la RW)

³ F.U.S.A.Gx – Unité de Phytotechnie des régions tempérées

⁴ F.U.S.A.Gx – Grenera

⁵ U.C.L. – Département de biologie appliquée et des productions agricoles

⁶ U.C.L. – Centre agro-environnemental de Michamps

⁷ F.U.S.A.Gx – Unité de Phytotechnie des régions tempérées – Production intégrée des céréales en Région Wallonne, subsidié par la DGA du Ministère de la Région Wallonne

1 La fumure en froment

1.1 Bilan de l'année écoulée

A la mi-janvier, les froments semés en octobre avaient déjà prélevé des quantités importantes d'azote : 40 kg N/ha, soit près du double d'une année normale. Les cultures étaient donc très développées en février avec des plantes présentant un nombre de talles important.

En sortie d'hiver 2007, les disponibilités en azote étaient suffisantes et directement accessibles pour les jeunes plantes : on avait observé en moyenne la présence de 85 kg N/ha sur 1,5 m dont 70% se trouvaient dans les premiers 90 cm. La reprise de la végétation a été rapide. Il n'y avait donc pas lieu d'apporter trop rapidement une fumure azotée et l'impasse sur la fumure de tallage était recommandée à l'exception des situations trop défavorables.

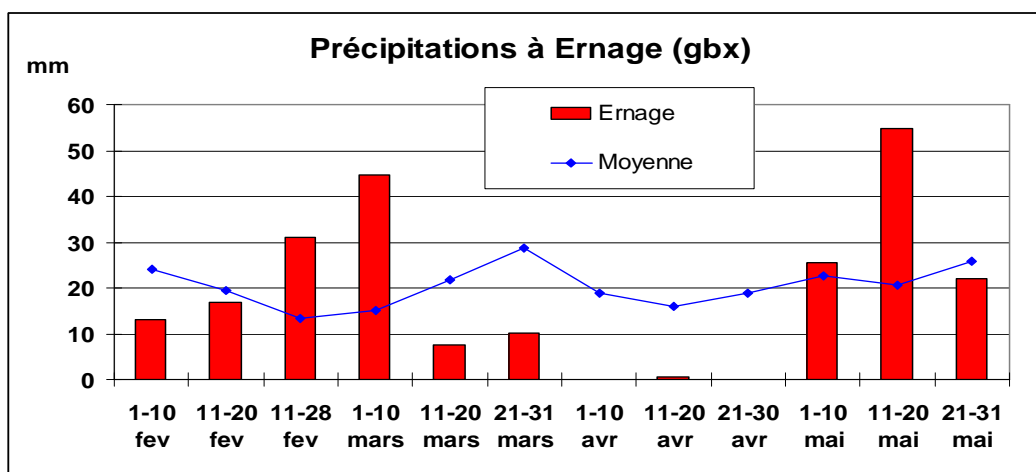


Figure 1: Précipitations observées à Ernage (Gembloux) entre le 1er février et le 31 mai 2007 – Données par décennie.

Ces recommandations ne pouvaient bien évidemment pas tenir compte de la période de sécheresse qui s'est étendue du 22 mars au 7 mai (figure1). Tous les apports d'azote, du tallage à la dernière feuille, ont été réalisés durant cette période. Ce manque d'eau, associé à des températures relativement élevées et à des vents desséchants, a été déterminant dans le développement des cultures entraînant une régression parfois importante du nombre de talles et un ralentissement de la production de biomasse aérienne.

En mai, avec le retour des pluies, les plantes ont pu reprendre une croissance qui a toutefois été perturbée par de fortes pressions des maladies cryptogamiques (principalement la rouille brune et les fusarioses) et par des phénomènes de verse assez réguliers suite aux bourrasques de vent en juin. Les pluies qui se sont attardées sur nos régions au moment de la récolte ont, de plus, entraîné des problèmes de germination sur pied.

1.2 Expérimentation, résultats, perspectives

Deux essais ayant pour but de situer l'optimum de fumure en 2007 par rapport aux fumures calculées selon la méthode du Livre blanc étaient implantés sur le site de Lonzée. Les rendements observés sur la variété Rosario étaient plus faibles (- 1400 kg/ha en moyenne) que ceux observés sur Toisonдор. Cette différence de rendement réside principalement dans la plus grande sensibilité de Rosario vis-à-vis des maladies fongiques et vis-à-vis de la verse.

Tableau 1: Modalités de culture des deux essais « fumure azotée » menés en 2007 sur le site de Lonzée.

Variété	Rosario	Toisonдор
Date de semis	17-oct	
Densité de semis	220 gr/m ²	
Précédent	Betteraves	
Teneurs N en sortie hiver 1.5m	40.5 kgN	
Fumure	T	26-mars
	TR	2-avr
	R	13-avr
	DF	2-mai 3-mai
Désherbage	26-mars 20-avr	
Raccourcisseur	13-avr	
Fongicide	2 nœud	25-avr
	Epiaison	24-mai
Insecticide	6-juin	
Récolte	1-août	

Le tableau 2 reprend pour les 30 fumures testées les différents paramètres étudiés dans ces essais à savoir la verse, le rendement et le taux de protéines. Les deux dernières fumures reprises dans le tableau sont les fumures calculées selon la méthode du Livre blanc en deux (80 – 95 uN) et en trois apports (40-60-75 uN).

Dans le tableau de résultats, les maxima sont repris en caractères gras dans une cellule grisée. Les autres valeurs reprises en caractères gras ne sont pas significativement différentes du maximum.

4. La fumure azotée

Tableau 2: Rendements agronomiques (kg/ha), revenu* (€), indice de verse (%) et taux de protéines obtenus dans les essais fumures azotées – FUSAGx – Lonzée 2007.

	Fumure azotée					Rosario				Toisonдор			
	T	T-R	R	DF	tot	Rdt kg/ha	Revenu* 180€/t	Verse %	Protéines %MS	Rdt kg/ha	Revenu* 180€/t	Verse %	Protéines %MS
1	0	0	0	0	0	5749	1035	6	10.6	6979	1256	1	10.3
2	0	50	0	0	50	7407	1296	12	11.0	8388	1473	2	10.8
3	0	50	0	50	100	7732	1318	27	12.3	9428	1623	4	12.1
4	0	50	0	75	125	7898	1329	27	12.8	9152	1555	5	12.8
5	0	50	0	100	150	8027	1334	30	13.7	9661	1628	4	13.2
6	0	50	0	125	175	8204	1347	37	13.9	9437	1569	9	13.4
7	0	50	0	150	200	8238	1335	22	13.8	9647	1588	5	13.7
8	0	75	0	0	75	7848	1357	16	11.5	8946	1555	6	11.3
9	0	75	0	50	125	8234	1390	31	12.7	9572	1630	13	12.4
10	0	75	0	75	150	8287	1380	33	13.1	9634	1623	3	12.9
11	0	75	0	100	175	8257	1357	39	13.6	9541	1588	9	13.2
12	0	75	0	125	200	8670	1412	37	13.8	9747	1606	10	13.7
13	0	75	0	150	225	8281	1324	33	14.0	9892	1614	3	13.9
14	0	100	0	0	100	8229	1407	26	12.0	9091	1562	10	11.7
15	0	100	0	50	150	8208	1366	25	13.1	9928	1676	5	12.7
16	0	100	0	75	175	8650	1427	39	13.5	9840	1642	13	13.2
17	0	100	0	100	200	8653	1409	42	14.0	9971	1647	8	13.3
18	0	100	0	125	225	8434	1351	40	14.0	10105	1652	18	13.6
19	0	100	0	150	250	8549	1354	39	14.0	9781	1575	8	13.6
20	0	125	0	0	125	8350	1410	30	12.6	9678	1649	8	12.2
21	0	125	0	50	175	8749	1445	45	13.3	9836	1641	16	13.1
22	0	125	0	75	200	8806	1437	44	13.7	10201	1688	10	13.3
23	0	125	0	100	225	8595	1381	44	13.9	10038	1640	17	13.6
24	0	125	0	125	250	8266	1303	46	14.1	10311	1671	17	13.6
25	0	125	0	150	275	8571	1339	46	14.1	10091	1613	13	13.8
26	50	0	50	50	150	8461	1412	33	12.8	9948	1680	9	12.8
27	75	0	75	75	225	8501	1364	43	13.8	10240	1676	20	13.3
28	100	0	100	100	300	8800	1362	50	13.9	10338	1639	32	13.5
LB	40	0	60	75	175	8837	1461	42	13.8	10027	1675	12	13.2
LB	0	80	0	95	175	8429	1388	33	13.7	10036	1677	10	13.0

* Revenu obtenu par la vente du froment à 180 €/t déduction faite du coût de l'azote appliqué sur base d'un prix de l'azote de 200 €/t pour de l'ammonitrate solide 27%

1.2.1 Approche phytotechnique

Les maxima de rendement observés pour les deux variétés étaient de :

- 8837 kg/ha pour Rosario avec la fumure Livre blanc en trois apports à savoir 40 N au tallage, 60 N au redressement et 75 N à la dernière feuille.
- 10338 kg/ha pour Toisonдор avec une fumure très importante de 300 N/ha appliquée en 3 apports de 100 uN. Dans cette situation, et uniquement dans une optique de rendement phytotechnique maximal, les fumures Livre blanc semblent avoir été légèrement sous-estimées.

Dans les deux essais, les fumures calculées selon la **méthode du Livre blanc** (tableau 2), que ce soit en deux ou en trois fractions, **étaient statistiquement égales** au maximum de rendement observé.

Dans le cadre des bonnes pratiques de culture, il est important de rappeler que :

- le risque de verse peut être diminué en raisonnant au mieux la fumure azotée : éviter les fumures excessives et éviter les apports importants d'azote au tallage. Les taux de verse

les plus importants ont été observés dans les essais avec la fumure de 300N et s'élevaient à 50% pour Rosario et à 32% pour Toisonдор ;

- la recherche d'un rendement maximal phytotechnique avec de gros apports d'azote (300 N pour le Toisonдор) entraîne régulièrement des pertes d'azote nuisibles pour l'environnement et défavorables pour le revenu final de la culture.

Les taux de protéines obtenus dans les deux essais sont élevés avec des maxima de 14,1 % MS pour Rosario et de 13,9 pour Toisonдор (tableau 2). Le report d'azote vers la fraction de dernière feuille permet d'augmenter les taux de protéines. La Figure 2 montre clairement que pour une même fraction de 175 N, les meilleurs taux de protéines ont été obtenus avec le fractionnement 50-125.

Suite aux conditions de sécheresse subies en avril et à la maturation difficile des céréales (pression importante de maladies et verse), **les fractionnements** apportant des doses d'azote relativement importantes au tallage ou au tallage-redressement ont donné de meilleurs rendements. Pour un apport total de 175 N/ha (figure 2), les fumures apportant une dose totale inférieure ou égale à 75N jusqu'au redressement ne permettaient pas d'atteindre des niveaux de rendement équivalents aux maxima observés dans chacun des essais.

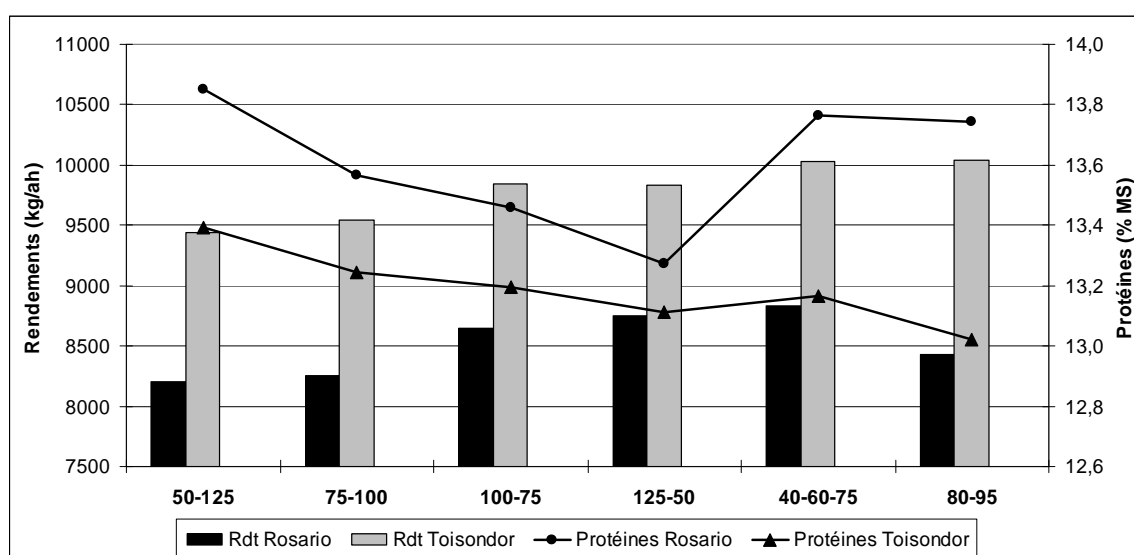


Figure 2: Rendements (kg/ha) et taux de protéines (% MS) obtenus pour les fractionnements des fumures de 175uN dans les essais fumures de Lonzée – 2007.

Le fractionnement de la fumure Livre blanc en **deux apports n'a pas engendré de diminutions d'épis** lors de la montaison. La figure 3 reprend le nombre d'épis/m² compté dans 4 essais mis en place par le CARAH (Ath et Stambruges), le CHPTE (Waremmme), le CRA-W et la FUSAGx (Lonzée) dans le cadre d'un projet de « Comparaison d'Itinéraires Techniques » subsidié par la DGA – Recherches et développement.

Hormis sur les sables de Stambruges, où un apport au tallage pouvait être important pour assurer un nombre d'épis suffisant, dans les autres situations, **les nombres d'épis** observés pour les fumures Livre blanc en 2 ou 3 apports étaient comparables avec des niveaux compris entre 428 et 521 épis/m² selon les champs d'essais.

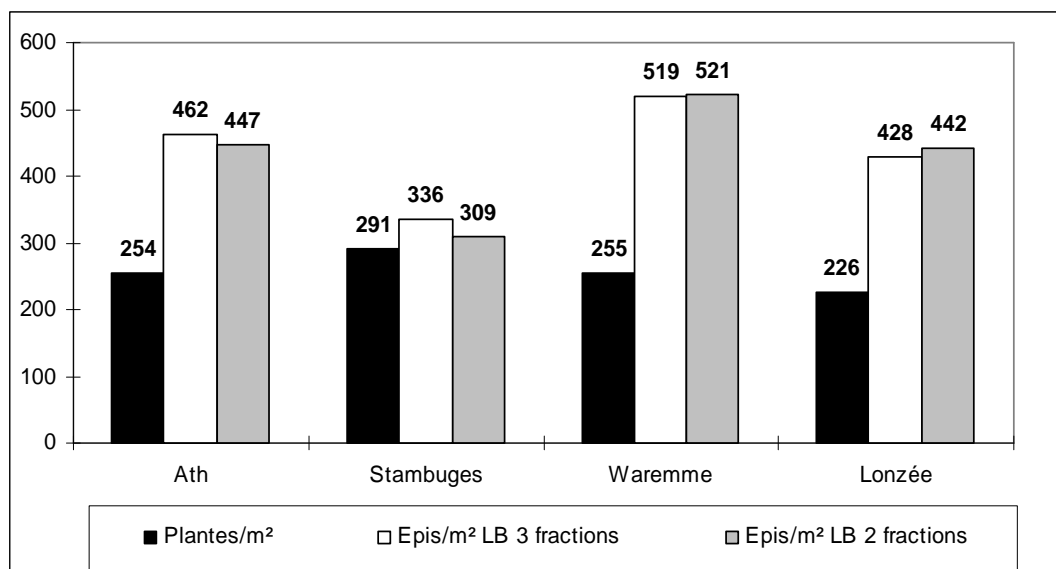


Figure 3: Nombres de plantes/m² et nombres d'épis/m² comptés dans 4 essais dans les modalités de fumure Livre blanc en 2 et 3 apports. Essais menés par le CARAH (Ath et Stambuges), le CHPTE (Waremmé) et la FUSAGx (Lonzée) – 2007.

Malgré la sécheresse et les mauvaises conditions de maturation, **les froments ont prélevé tout l'azote apporté**. Le tableau 3 présente, pour 5 modalités de fumure, la moyenne des reliquats azotés post-récolte dans les deux essais menés sur le Rosario et le Toisonдор. Hormis pour la modalité 75 -75 -75 (50 kg N/ha sur 1,50m), les profils présentent des valeurs normales. Au-delà de 45 cm de profondeur, les profils sont épuisés en raison d'un bon prélèvement de la culture. Pour les 3 premières tranches du profil, entre 0 et 45 cm, les teneurs en azote sont déjà en augmentation suite à la minéralisation entre la récolte et la réalisation des reliquats post-récolte, soit 3 semaines.

Tableau 3 : Profils azotés post-récolte (kg N/ha) (22 août) réalisés dans les essais « fumure » de Lonzée (Toisonдор et Rosario) – Lonzée 2007.

Hor / Parc.	Fumures appliquées				
	0 N	100 - 125 N	75 - 75 - 75 N	40 - 60 - 75 N	80 - 95 N
0-15	7.4	8.1	12.3	9.1	12.6
15-30	13.3	14.5	20.7	14.0	14.3
30-45	8.2	7.9	7.8	5.3	6.4
45-60	2.5	3.7	2.9	1.6	2.5
60-75	1.0	1.8	1.2	0.7	0.8
75-90	0.6	1.1	0.7	0.6	0.4
90-105	0.7	0.6	0.7	0.5	0.2
105-120	0.4	0.5	0.9	0.4	0.4
120-135	0.4	0.5	1.1	0.5	0.4
135-150	0.3	0.6	1.2	0.7	0.5
Total	34.8	39.4	49.5	33.4	38.5

1.2.2 Approche économique

L'approche économique va de pair avec un bon raisonnement de la gestion de la culture. La recherche de l'optimum économique doit être une priorité pour l'agriculteur. Dans certaines situations, la fumure procurant l'optimum économique est proche de celle du rendement phytotechnique maximal (cas du Rosario) mais dans d'autres situations, la fumure est moindre (cas du Toisonдор).

Pour calculer l'optimum économique présenté dans le tableau 2, le coût de l'azote appliqué (200 €/t pour de l'ammonitrate 27 %) a été soustrait du revenu de la vente du froment à 180 €/t.

- Toisonдор : l'optimum économique se situait à une dose de 200 N/ha alors que le maximum agronomique observé dans l'essai était de 300N/ha ;
- Rosario : l'optimum économique était égal à l'optimum agronomique, tous deux obtenus avec la fumure calculée selon la méthode du Livre blanc appliquée en trois fractions.

Plusieurs fumures azotées permettent d'atteindre des **revenus statistiquement équivalents** aux **optima économiques**, parmi celles-ci se trouvent les fumures recommandées par le calcul proposé dans le **Livre blanc**.

La fumure économiquement optimale n'est que **peu influencée** par les fluctuations du **prix** du froment. Les figures 4 et 5 montrent les courbes de revenu obtenues pour des prix de vente du froment de 120, 180 et 240 €/t soustraction faite du coût de l'azote appliqué (200 €/t ammonitrate solide) :

- pour Rosario, quel que soit le prix de vente du froment, la fumure économiquement optimale est de 175 N/ha ;
- pour Toisonдор, l'optimum est obtenu avec une fumure de 150 N/ha si le prix de vente est de 120€/t et de 200 N/ha lorsque le prix de vente est de 180 ou de 240€/t. Il faut cependant rester vigilant en cas de diminution de la dose totale d'azote apportée à garder un taux de protéines suffisant.

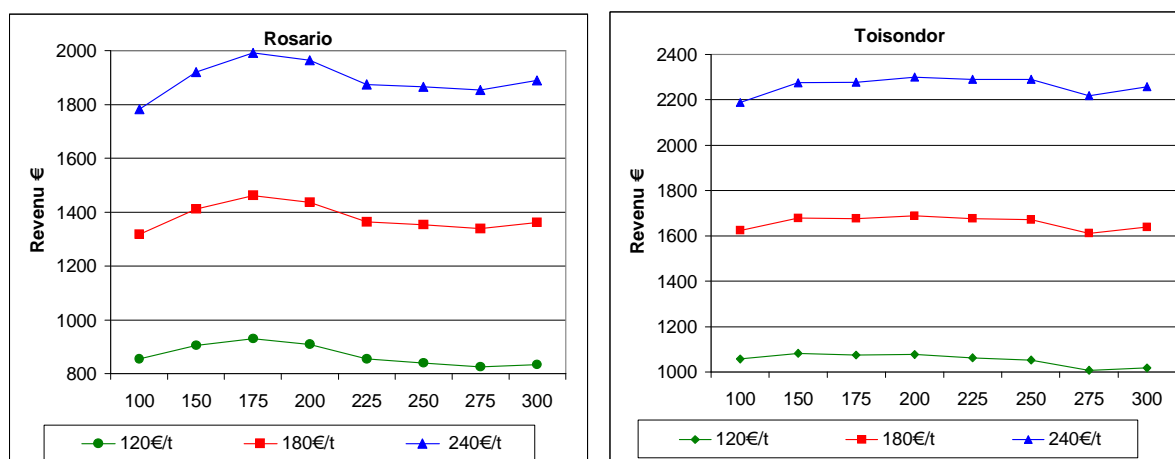


Figure 4 et Figure 5 : Revenus obtenus par la vente de froment à 120, 180 et 240 €/t, soustraction faite du coût de l'azote (200€/t ammonitrate 27%) pour les essais « fumure » sur Rosario et Toisonдор – Lonzée 2007.

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

Afin de mieux quantifier l'impact d'une application d'azote organique, un essai a été implanté dans les environs de Gembloux sur une parcelle ayant comme précédent un froment et ayant reçu 4 tonnes de fientes de poules en fin février.

En moyenne, l'application de fientes a permis un gain de rendement appréciable de 687 kg/ha mais n'a permis aucun gain au niveau des protéines. Dans les deux situations, les meilleurs rendements sont obtenus avec un apport de 140 N en deux apports de 70 unités chacun. Comme dans les essais réalisés à Lonzée, de meilleurs rendements ont été observés lorsque l'apport tallage-redressement était au moins de l'ordre de 70N. Même, l'apport de fientes de poules n'a pas permis, dans ce cas, de diminuer la quantité optimale d'azote minéral à apporter.

Tableau 4: Rendements (kg/ha) et taux de protéines obtenus en absence de fientes de poule (0 fiente) et suite à l'application de 4t/ha de fientes fin février – FUSAGx 2007.

TR 2-avr	DF 8-mai	Tot	Rendement - kg/ha			Protéines - %MS	
			0 fiente	+ fientes	diff	0 fiente	+ fientes
0	0	0	5599	6815	1216	9,8	10,4
0	70	70	6455	6942	487	11,1	11,5
35	70	105	7126	7784	659	11,6	11,9
0	105	105	6433	7178	745	11,8	12,1
35	105	140	7403	8315	912	12,0	12,3
70	70	140	8028	8463	435	12,0	11,9
0	140	140	6047	6835	788	12,9	12,6
35	140	175	6678	7563	885	12,9	12,7
70	105	175	8000	8263	263	12,2	12,2
70	140	210	7589	8071	482	12,7	12,5
Moyenne			6936	7623	687	11,9	12,0

1.2.4 Conclusion des expérimentations 2007

La méthode de calcul « Livre blanc » a permis d'obtenir des fumures proches ou égales à l'optimum économique. Malgré la sécheresse du mois d'avril, une fumure en deux apports sur la base de 80-105 uN a donné de bons résultats pour autant que la parcelle répondait aux critères précisés à la page 14 § 1.3.5.1.2 et dans la méthode de calcul page **Erreur ! Signet non défini.**

Malgré une hausse du prix de vente du blé, il apparaît que rien ne sert d'augmenter la dose totale de fumure azotée pour atteindre l'optimum économique. Ceci se vérifie d'autant plus en fonction du **coût croissant des engrais azotés**. De plus, il ne faut jamais perdre de vue l'augmentation des risques de verse et de pressions des maladies cryptogamiques consécutive à l'accroissement de la dose totale d'azote apportée.

1.3 Recommandations pratiques

1.3.1 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.

1.3.2 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 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).

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

La culture peut être scindée en trois phases :

1.3.3.1 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 absorber 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.

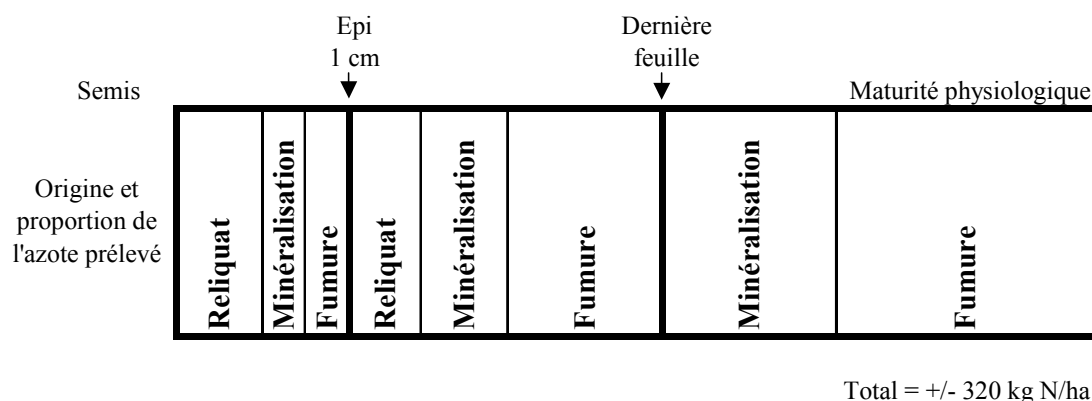


Figure 6 – Absorption d'azote par le froment d'hiver et son origine.

1.3.3.2 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.

1.3.3.3 Du stade dernière feuille à la maturité

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

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

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

L'apport d'une quantité élevée d'engrais au stade dernière feuille permet d'alimenter en suffisance la culture pour assurer une fertilité 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).

1.3.4 La détermination pratique de la fumure

1.3.4.1 *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 cultures, 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.

1.3.5 Les modalités d'application des fumures

1.3.5.1 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

1.3.5.1.1 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.

1.3.5.1.2 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).

1.3.5.1.3 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.

1.3.5.2 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.

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 ;

4. La fumure azotée

- Précédents culturels 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.

1.3.6 Azote minéral du sol sous froment d'hiver, situation au 10 février 2008

1.3.6.1 *Climat en automne et hiver 2007-2008*

A l'exception du mois de janvier, les températures moyennes ont été conformes à la normale depuis le mois d'août (Tableau 5). La pluviosité a été très élevée en août, déficitaire en novembre et à nouveau plus élevée que la normale en janvier et la tendance semble se poursuivre en ce début février. La redistribution probable en profondeur de l'azote nitrique (minéral) dans le profil du sol peut donc être considérée comme normale.

Tableau 5 : Températures et précipitations moyennes observées à Gembloux d'août 2007 à janvier 2008 (source : R. Oger).

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
Température moyenne (°C)						
Observée	16.3	13.2	9.6	5.8	3.3	5.8
Normale	16.5	13.9	10.1	5.5	3.0	1.7
Précipitation (mm)						
Observée	98	77	65	49	65	44
Normale	75	63	66	75	72	65

1.3.6.2 *Situation moyenne du profil en azote minéral du sol au 10 février 2008*

Tableau 6 : comparaison pour les 10 dernières années des réserves en azote minéral du profil du sol (kg N/ha).

Année		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Moy
Nb de situations		19	17	15	19	7	10	12	12	11	33	
Profondeur	0-30 cm	14	11	12	12	16	9	12	23	15	15	14
	30-60 cm	11	3	13	12	15	22	30	24	26	25	18
	60-90 cm	14	18	13	14	16	26	22	16	21	31	21
	90-120 cm	13	10	10	11	11	13	14	10	12	18	12
	120-150 cm	12	9	10	10	11	12	12	9	11	17	11
Total 0-150		64	61	58	59	69	82	90	82	85	106	76

Pour prendre en considération la diversité des situations, un échantillonnage de 33 terres a été pratiqué (Tableau 6).

Le profil moyen au 10 février 2008 apparaît plus riche qu’au cours de ces 10 dernières années, puisqu’il s’élève à 106 kgN minéral sur 150 cm de profondeur. Il s’avère en fait comparable à l’année 1998 où un total de 112 kgN avait été mesuré avec une répartition en profondeur similaire à cette année. Pour l’interpréter, il convient cependant de rester prudent puisque le nombre de situations échantillonnées après précédents susceptibles d’enrichir le sol étaient relativement élevé (13 échantillons au total après pomme de terre, colza ou légumineuses). Par ailleurs, et comparativement à 2007, le froment d’hiver est en général moins développé et n’a donc prélevé que très peu d’azote.

1.3.6.3 *Comparaison entre les précédents*

Tableau 7 : Profil en azote minéral du sol pour différents précédents (kg N/ha).

	Précédents	Betterave	Pomme de terre	Colza	Légumineuses (pois, fèves, ...)	Maïs	Lin*	Froment
	Nb de situations	7	6	6	4	2	1	3
Profondeur	0-30 cm	17	14	16	17	15	13	16
	30-60 cm	17	29	30	29	23	19	27
	60-90 cm	15	36	30	42	28	13	56
	90-120 cm	4	36	15	25	13	7	25
	120-150 cm	3	51	13	20	9	7	16
	Total 0-150	56	166	104	133	88	59	140
*moutarde en culture intercalaire								

Pour ce qui est du précédent cultural, on constate qu’après betterave, le profil est en moyenne assez pauvre (56 kg N/ha). Il est également variable car pour des betteraves arrachées tôt ou dans le cas de cultures très irrégulières (mauvaise levée engendrée par la sécheresse d’avril), on a observé plus de 80 kg N/ha. Par contre dans le cas d’arrachage tardif, ou de culture ayant conduit à un rendement élevé, le profil en azote minéral ne s’élève qu’à moins de 25 kg N/ha. Dans cette dernière situation, comme dans le cas de chicorée arrachées tard et avec un semis tardif de froment (ou un froment développé), l’impasse sur la première fraction azotée de tallage sera évitée.

Par contre, dans les autres situations, et particulièrement aussi après les précédents pomme de terre, colza, légumineuses, maïs et froment, l’impasse s’avère pertinente. Elle l’est d’autant plus qu’en moyenne sur l’ensemble des 30 profils réalisés, on voit que l’azote sera rapidement accessible à un froment normalement développé puisque près de 50% du total du profil se situe entre 30 et 90 cm.

Une attention particulière doit être portée au déroulement de la culture dans les situations les plus enrichies en azote (pomme de terre – 166 kg N/ha et colza 104 kg N/ha) où il se pourrait qu’aucun apport ne soit nécessaire avant celui de dernière feuille. Les situations après froment apparaissent aussi enrichies (139 kg N/ha), mais cela résulte parfois d’apports organiques réalisés fin août – début septembre, et donc ici aussi, il faudra être particulièrement attentif au développement de la culture.

1.3.6.4 Conclusions

La richesse du profil du sol apparaît élevée. La réserve sera en général rapidement disponible. Jusqu'à présent le froment a prélevé peu d'azote. Il faudra plus que jamais être attentif à l'état de la culture pour décider de la fumure à apporter car les disponibles entre situations sont importantes.

1.3.7 Conséquences pour les recommandations de fumures

1.3.7.1 La fumure du froment

Les cultures de froment sont généralement en bon état bien que beaucoup moins développées que celles observées l'an dernier à la même époque.

Certains semis n'ont pas pu suffisamment blanchir avant de fortes précipitations et présentent des sols glacés. Quelques semis tardifs peuvent présenter des problèmes de structure suite aux arrachages, en conditions difficiles, des betteraves ou des chicorées. Dans ces situations, où le système racinaire aura des difficultés à se développer, la fumure azotée devra être apportée en trois fractions.

Dans toutes les autres situations où la culture est correctement implantée au vu de la présence souvent importante d'azote minéral dans les 90 premiers cm du profil, **l'application de la fumure en deux fractions, sur une base de 80-105, est donc recommandée.**

1.3.7.2 Date de l'apport de tallage

Pour effectuer le premier apport, il convient d'attendre que le sol soit bien ressuyé : tant qu'il est gorgé en eau, il n'a pas l'occasion de se réchauffer, la croissance des plantes et les prélèvements d'azote par la culture ne sont pas possibles. Au vu du peu de pluie de ces derniers mois, les sols sont bien évidemment ressuyés ; ceci n'est certainement pas une bonne raison pour appliquer de l'azote trop tôt.

Il faut également attendre que la croissance des cultures soit franche : si les plantes n'ont pas la possibilité de prélever l'azote de l'engrais, celui-ci peut être la proie des microorganismes du sol qui le détournent de sa destination, allant même jusqu'à le dégrader sous des formes gazeuses qui se perdent dans l'atmosphère. Toute précipitation a pour seul effet une moins bonne utilisation de l'azote de l'engrais de la culture.

1.3.7.3 Date de l'apport de la fraction intermédiaire tallage-redressement dans le mode d'apport de la fumure en deux fractions

Normalement, celui-ci doit être effectué au stade fin tallage soit aux alentours du 1^{er} avril pour les semis du mois d'octobre. Cependant, dans les semis précoces où la densité de talles est très élevée, on peut patienter jusqu'au stade redressement, sous peine de voir monter un trop grand nombre de tiges.

1.3.8. Calcul de la fumure azotée pour 2008

Deux fumures de références :

En deux fractions : fumure recommandée dans beaucoup de situations pour la saison culturale 2007-2008

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

En trois fractions :

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

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

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

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

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

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

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

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

1.1 Définition de l'indice TER de la parcelle

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

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. 31)					
Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1^{ère} fraction T	2^{ème} fraction R	3^{ème} fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					
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. 31)					
Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1^{ère} fraction T	2^{ème} fraction R	3^{ème} fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					
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	0	0
Betteraves ⁽¹⁾ et chicorées arrachées en novembre ou décembre	+10	+10	0	+20	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	-30	-20	-10	-40	-20
Maïs ensilage	0	0	0	0	0
Chaumes ⁽²⁾	0	0	0	0	0
Pailles avec azote ⁽²⁾	0	0	0	0	0
Pailles sans azote et maïs grain ⁽²⁾	+10	+10	0	+10	+10
Ray-grass de 2-3 ans ou prairies temporaires	0	0	0	0	0
Légumes (épinard, choux, carottes)	(Analyser et consulter)				

⁽¹⁾ : en cas de mauvaises levées des betteraves et donc de rendement plus faible, la fumure en 2 apports est recommandée

⁽²⁾ : éviter le fractionnement en 2 apports pour ces précédents lorsque les apports de matière organique sont faibles

4. La fumure azotée

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

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

Après légumes : 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. 31)					
Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1 ^{ère} fraction T	2 ^{ème} fraction R	3 ^{ème} fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					
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>	

<p>Total des quatre valeurs retenues = indice ETAT à reporter dans le tableau 4.1.2.</p>

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. 31)
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
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	

Vos parcelles	N. ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 31)
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
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	

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

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

5 Détermination DE N.CORR

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

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

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

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. 31)
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

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

5.2.1 Fraction de redressement (3 apports)

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

Dans le cas particulier de TER 3, si la quantité appliquée en 1^{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 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. 31)
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

5.3.2 *Fumure en deux apports*

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

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

6 *Calcul de la fumure*

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

Parcelle 1

FUMURE	DOSE REF.		N. TER	N. ORGA	N. PRÉC	N. ÉTAT	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.ORG		
ORG = 2		N.ORG = 0
3. Détermination de N.PREC		
Bett. fe. enf.		N.PREC = 0
4. Détermination de N.ETAT		
Stade plein tallage	7	
Densité normale	0	
Accidents culturels	0	
Sol très bien ressuyé	+ 1	
Total ETAT	8	N.ETAT = - 20
5. Détermination de N.CORR		
N.TER + N.PREC + N.ETAT = 0		N.CORR = 0

$$\text{Dose de tallage} = 50 + 0 + 0 + 0 - 20 + 0 = 30$$

Fumure de redressement

1. Détermination de N.TER		
TER	4	N.TER = 0
2. Détermination de N.ORG		
ORG	2	N.ORG = 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.ORG		
ORG	2	N.ORG = 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		
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 30 N + 60 N + 75 N soit 165 N au total.

FRACTIONNEMENT EN DEUX APPORTS

Fumure de la fraction intermédiaire

1. Détermination de N.TER
TER4..... N.TER = 0
2. Détermination de N.ORGAN
ORGAN2..... N.ORGAN = 0
3. Détermination de N.PREC
Bett. fe. enf.....N.PREC = 0
4. Détermination de N.ETAT
Densité en talle élevée N.ETAT = -20
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'oùN.CORR = 0

$$\text{Dose de redressement} = 80 + 0 + 0 + 0 - 20 = 60$$

Fumure de dernière feuille

1. Détermination de N.TER
TER4..... N.TER = 0
2. Détermination de N.ORGAN
ORGAN2..... N.ORGAN = 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 60 N + 105 N soit 165 N au total.

2 La fumure en escourgeon

2.1 Aperçu de l'année écoulée

En escourgeon, le premier fait marquant de l'année 2007 est la température exceptionnellement douce de l'hiver 06-07, qui fit en sorte que les stades étaient très avancés en sortie d'hiver : pour la variété Cervoise, le stade redressement était atteint le 13 mars soit 15 jours d'avance par rapport à 2005, et 3 semaines d'avance par rapport à 2006. Cette avance s'est maintenue jusqu'au moment d'appliquer le fongicide de dernière feuille. La récolte par contre a été réalisée à peu près à la même date que les années précédentes, soit autour du 10 juillet.

L'autre fait marquant de l'année est la période également exceptionnellement sèche de la mi-mars à la fin avril : ces conditions pendant la période de montaison de l'escourgeon ont eu une double conséquence favorable : les maladies ont été fortement inhibées, et la tendance à la verse diminuée (les tiges étaient souvent plutôt courtes). Les températures qui étaient normales en début montaison n'expliquent pas que l'application du régulateur Moddus ait induit des symptômes de phytotoxicité sur le feuillage (d'importantes et nombreuses taches brunes sont apparues après le traitement, sur les feuilles du bas de tiges) ; heureusement ces symptômes sont restés sans conséquence sur les rendements à Lonzée qui se sont avérés excellents et nettement plus réguliers que ceux observés en froment ; ceci confirme tout l'intérêt de maintenir ou d'introduire l'escourgeon dans les rotations (partage des risques entre les espèces de céréales).

2.2 Expérimentation, résultats, perspectives

Le Livre Blanc de février 2007 avait fait le point sur 6 années d'essais à Lonzée. Il est important de rappeler la conclusion qui était que sur la période 2001-2006, la fumure qui a donné en moyenne dans les essais la meilleure rentabilité financière ne comportait pas de fraction de tallage.

L'essai fumure 2007 a été réalisé sur la variété brassicole Cervoise, ces résultats sont détaillés dans la partie « orge de brasserie ». Une analyse plus fine des résultats de ces dernières années permet de préciser les conseils de fumure.

Tableau 1 : Fumures maximales et optimales de 2004 à 2007, et rendements correspondants.

Année	Variété	Nmax	RDTmax	Nopt	RDTopt
2007	Cervoise	169 N	11237 kg	144 N	11159 kg
2006	Adline	178 N	8983 kg	151 N	8899 kg
2006	Sequel	170 N	8161 kg	137 N	8059 kg
2005	Marado	178 N	11536 kg	159 N	11478 kg
2004	Lomerit	161 N	10556 kg	142 N	10497 kg
Moyenne		171 N	10089 kg	148 N	10016 kg

4. La fumure azotée

Le tableau 1 donne, pour les essais « fumures » des 5 dernières années, les fumures donnant les rendements maximum observés (Nmax), les fumures donnant les rendements financiers optimaux (Nopt) lorsque le prix de vente est à 150 €/tonne et le prix d'achat de l'ammonitrate 27 % à 250 €/tonne, et les rendements correspondants.

La figure 1 met en graphique les rendements moyens (2004 à 2007) des escourgeons en fonction de la fumure azotée.

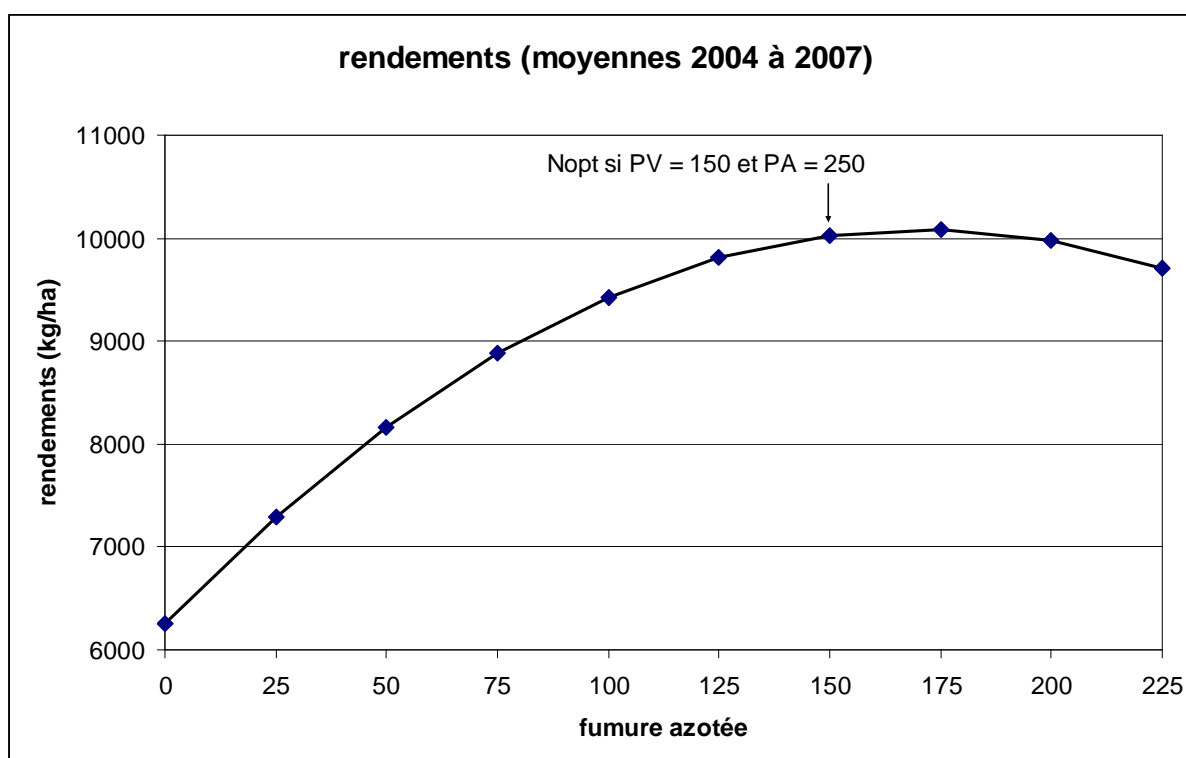


Figure 1 : Evolution des rendements en fonction de la fumure azotée à Lonzée.

Indépendamment des prix, la fumure donnant le rendement maximal moyen (101 Qx/ha) est de 171 N (N=Kg N/ha). La fumure optimale dépend des prix de vente de la récolte et du prix d'achat de l'azote et a été en moyenne, dans les conditions décrites, de 148 N. Cette fumure optimale a varié selon les essais et les années entre 137 N et 159 N ; les rendements optimaux ont eux variés entre 81 Qx/ha et 115 Qx/ha.

La question qui se pose est de savoir comment décider la dose optimale de fumure quand les prix varient. Le tableau 2 montre l'évolution du revenu lorsque tant les prix de vente que les coûts de l'azote augmentent.

Concernant les prix de vente de la récolte, une première constatation est que même si ceux-ci augmentent très sensiblement, il ne faut pas viser le rendement maximum (obtenu avec 171 N en moyenne). On constate également qu'il faut que les prix de vente diminuent fortement pour que les fumures optimales varient sensiblement.

Tableau 2 : Evolution des fumures optimales, rendements et revenus quand les prix varient.

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 150 €/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	136	9925	867	200	152	10042	1394
150	148	10016	1366	250	148	10016	1366
200	153	10048	1867	300	143	9984	1339
250	157	10062	2370	350	138	9946	1313
300	159	10070	2874	400	133	9902	1288

Concernant les prix d'achat de l'engrais azoté, même en doublant les prix de 2007, la dose optimale de celui-ci ne varie pas drastiquement, et à condition d'avoir adapté la fumure, le revenu varie peu.

Le facteur le plus déterminant de la rentabilité est finalement le prix de vente de la récolte.

Dès qu'on s'écarte de l'optimum, on est pénalisé (de manière équivalente en sous-dosant ou en sur-dosant l'azote), mais tout excès de fumure est en plus préjudiciable non seulement vis à vis de l'environnement mais aussi pour la culture qui devient plus sensible à la verse et aux maladies.

En conclusion, il ne faut jamais viser le rendement maximal, mais bien la fumure économiquement optimale. L'expérimentation menée à Lonzée a montré que cette fumure optimale a varié, de 2004 à 2007, de 137 à 159 N (à prix constants, soit 150 €/t pour le prix de vente de la récolte et 250 €/t pour le coût de l'ammonitrate 27 %). Sur cette base, **de 2004 à 2007, la fumure optimale moyenne à Lonzée a été de 148 N.**

2.3 Les recommandations pratiques

2.3.1 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.

2.3.2 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.

Malgré l'hétérogénéité des résultats du passé, l'expérience montre qu'on a le plus de chance d'approcher l'optimum en se basant sur une moyenne que l'on sait performante.

La fumure de référence moyenne évolue un peu (-15 uN) en 2008 par rapport à 2007, indépendamment de la connaissance des richesses du profil azoté de la parcelle.

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

Les conditions favorables devraient conduire le plus souvent à faire l'impasse de la fumure de tallage (ce qui ne doit plus inquiéter) en faisant le report éventuel sur 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 »

Pratiquement ce moment est reconnaissable lorsque, en fendant au cutter la base de la tige des maîtres – talles, on distingue facilement les ébauches des futurs nœuds de la tige en dessous de l'épi : dès lors le stade « redressement – épis à 1 cm » va suivre dans les quelques jours à venir. Le stade 1^{er} nœud (allongement de 1 cm du 1^{er} entrenœud) suit de quelques jours le stade « redressement – épis à 1 cm ».

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.

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

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

2.3.3 Les modalités d'application de la fumure azotée

2.3.3.1 *La fraction au tallage*

Le prélèvement d'azote minéral à l'automne par l'escourgeon étant important (jusque 60 kg N/ha), les disponibilités à la sortie de l'hiver sont souvent faibles. Bien que les exigences de la culture soient alors peu élevées, un apport est généralement nécessaire, il doit être modéré : 30 unités dans la situation de référence.

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.

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.

2.3.3.2 *La fraction au redressement*

A partir du redressement, les besoins de l'escourgeon deviennent importants. Les disponibilités à ce stade doivent être suffisantes pour couvrir les besoins afin d'éviter toute faim azotée mais, comme pour le tallage, il est inutile, quelles que soient les situations, d'appliquer des fumures 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**. Les doses faibles sont à envisager principalement dans les régions où le sol se réchauffe très tôt au printemps permettant une minéralisation importante. Par contre, les modifications dans le sens d'une augmentation seront envisagées pour les emblavures claires, mal enracinées ou dans le cas de sols lents au réchauffement (Condroz, Polders, ...).

2.3.3.3 *La fraction à la dernière feuille*

Cette dernière fraction est destinée à assurer le remplissage maximum des grains en maintenant une activité photosynthétique la plus longue possible et un transfert parfait des matières de réserve vers le grain.

Pour autant que la fumure appliquée précédemment ait été correctement ajustée, la dose moyenne à épandre à cette période est fixée à 60 kg N/ha.

2.3.4 Conditions particulières de 2008, profil en azote minéral du sol en escourgeon

Des prélèvements ont été effectués dans 4 situations contrastées (Condroz, Hesbaye sèche, Hainaut et site de Lonzée). En moyenne, le profil en azote du sol est relativement riche (68 kg N/ha) et ce, malgré un prélèvement estimé de l'escourgeon jusqu'au 15 février de 50 kg N/ha.

La répartition de ce stock de 68 kgN est la suivante :

Profondeur (cm)	kgN /ha
0-30	10
30-60	16
60-90	25
90-120	11
120-150	6

Sauf en zone défavorable (Famennne, Ardenne, mauvaise situation en Condroz), la première application d'azote sera réalisée au redressement. La date d'apparition de ce stade semble difficilement prévisible pour l'instant. Vous en serez tenu informés par les avis du CADCO.

2.3.5 Calcul de la fumure azotée pour 2008

2.3.5. Calcul de la fumure azotée pour 2008

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

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>	

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. 47)		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
Parcelle 1			
Parcelle 2			

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

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

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

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. ORGA RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 47)		
	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}
	FRACTION		
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. 47)		
	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
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	

4. La fumure azotée

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

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

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

**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	

4.2 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.

4. La fumure azotée

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

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

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

Vos parcelles	N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES
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

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>	20						
<i>Au redress.</i>	70						
<i>A la dern. fe.</i>	60						

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