

## Evolution du Conseil de fumure azotée du froment d'hiver

B. Bodson, N. Maes, J-L. Herman, F. Vancutsem, J-P. Destain, P-Y. Bontemps, M. Frankinet et A. Falisse

### 1. L'évolution

#### 1.1 Une nouvelle « fumure de référence » et des termes correctifs adaptés

A partir de cette année, une nouvelle fumure de référence est proposée comme base du calcul des doses à apporter à chaque parcelle. Par rapport à l'ancienne fumure de référence, les doses sont renforcées de 10 unités pour chacune des fractions de redressement et de dernière feuille, la fumure de tallage reste inchangée.

La fumure de référence devient donc :

50 unités au tallage  
60 unités au redressement  
75 unités à la dernière feuille

Le mode de détermination des doses à appliquer n'est pas modifié.

Le calcul des quantités d'engrais à appliquer doit toujours être réalisé pour chaque parcelle individuellement, juste avant l'apport, en fonction d'une observation de l'état de la culture. Il s'agit toujours, pour chacune des trois fractions, d'apporter des correctifs à la dose de référence sur base de critères simples ou facilement observables liés à la parcelle et à la culture en place.

Les termes correctifs ont été adaptés en fonction de cette augmentation de la fumure de référence. Leur importance s'accroît dans la détermination de la fumure optimale pour chaque parcelle.

#### **Remarque importante :**

*Cette détermination de la fertilisation azotée optimale de chaque culture n'est bien sûr valable que dans le cas d'une phytotechnie utilisant de manière raisonnée les variétés et les moyens de protection de la culture les plus modernes.*

### 1.2 L'objectif

L'objectif recherché est triple :

1. En toutes circonstances culturales, approcher au plus près de la **fumure économiquement optimale** ;
2. Assurer par une alimentation azotée suffisante, une **qualité du grain** aussi élevée que possible ;
3. Garantir également une utilisation optimale et la plus complète possible de l'engrais azoté apporté et la **minimalisation des reliquats azotés** après culture.

En moyenne, la fumure azotée des parcelles de froment sera un peu plus élevée.

Cependant, certains termes correctifs ont aussi été adaptés de manière à ce que dans les situations culturales où l'optimum économique de la fumure se situe à un niveau plus faible que celui de la fumure de référence, l'accroissement de fumure soit moindre, voire nul, ou même que la fumure soit réduite lorsque cela s'avère justifié.

### 1.3 Les raisons

L'accroissement du niveau optimal moyen de fumure azotée du froment d'hiver est dû à la convergence de plusieurs facteurs :

- L'accroissement des rendements et des niveaux de qualité, donc l'augmentation des exportations d'azote, résultant essentiellement du progrès génétique et des possibilités de contrôle plus performant du développement des maladies
- La réduction des reliquats de fumure azotée laissés par les précédents culturaux

Cette augmentation raisonnée de la fumure minérale s'avère indispensable pour permettre la pleine expression du potentiel de rendement de la culture et obtenir un grain satisfaisant aux normes minimales de qualité requises pour une bonne commercialisation.

### 1.4 La base scientifique

Cette évolution de la fumure repose sur les résultats obtenus à partir d'une large expérimentation réalisée par le Département de Production Végétale du C.R.A.Gx et l'Unité de Phytotechnie des régions tempérées de la F.U.S.A.Gx tant sur leurs sites habituels d'expérimentation (Gembloux, Lonzée) que dans différentes parcelles réparties dans d'autres conditions pédoclimatiques et culturales.

La synthèse de ces résultats sert de base à la justification de la modification proposée. Celle-ci est le reflet à la fois de l'évolution des conditions et moyens de culture du froment d'hiver et des progrès dans les connaissances en matière de nutrition azotée de la culture. Elle n'est certainement pas la dernière, les travaux de recherche en cours permettront sans aucun doute d'affiner de plus près encore le pilotage de la fertilisation azotée de la culture.

## 2. Pourquoi cette augmentation de fumure ?

### 2.1 Les nouvelles variétés sont plus performantes

Grâce à la sélection, le potentiel de rendement augmente régulièrement. L'amélioration de la fertilité des épis a permis une plus grande stabilité interannuelle de ce potentiel et a renforcé l'importance de la photosynthèse en fin de végétation dans l'élaboration du rendement.

L'apport génétique peut parfaitement être illustré par l'évolution observée dans le cadre des essais préliminaires à l'inscription des variétés au catalogue belge.

Dans la figure 1, on voit que la tendance des rendements de la nouvelle génétique est nettement à la hausse. Par calcul de la régression des valeurs obtenues les 14 dernières années, la hausse est de 169 kg/ha/an. Comme cette augmentation s'est accompagnée d'une stabilisation de la teneur en protéines, l'exportation par la récolte s'est elle aussi relevée de 30 kg d'azote (2,6 kg par hectare et par an). Cet azote provient de l'augmentation de la fumure appliquée aux essais, qui a été au cours des années de 34 unités. Par conséquent, cette fumure plus élevée a bien été valorisée par des variétés au potentiel de rendement plus élevé, même dans le cas de ces essais sans protection fongicide ni régulateur. A fortiori, lorsque la variété est placée dans les conditions optimales (régulateur de croissance et protection fongicide), elle a plus de chances de valoriser les fumures élevées, et donc de diminuer le risque environnemental de contamination des nappes aquifères par lessivage de nitrates.

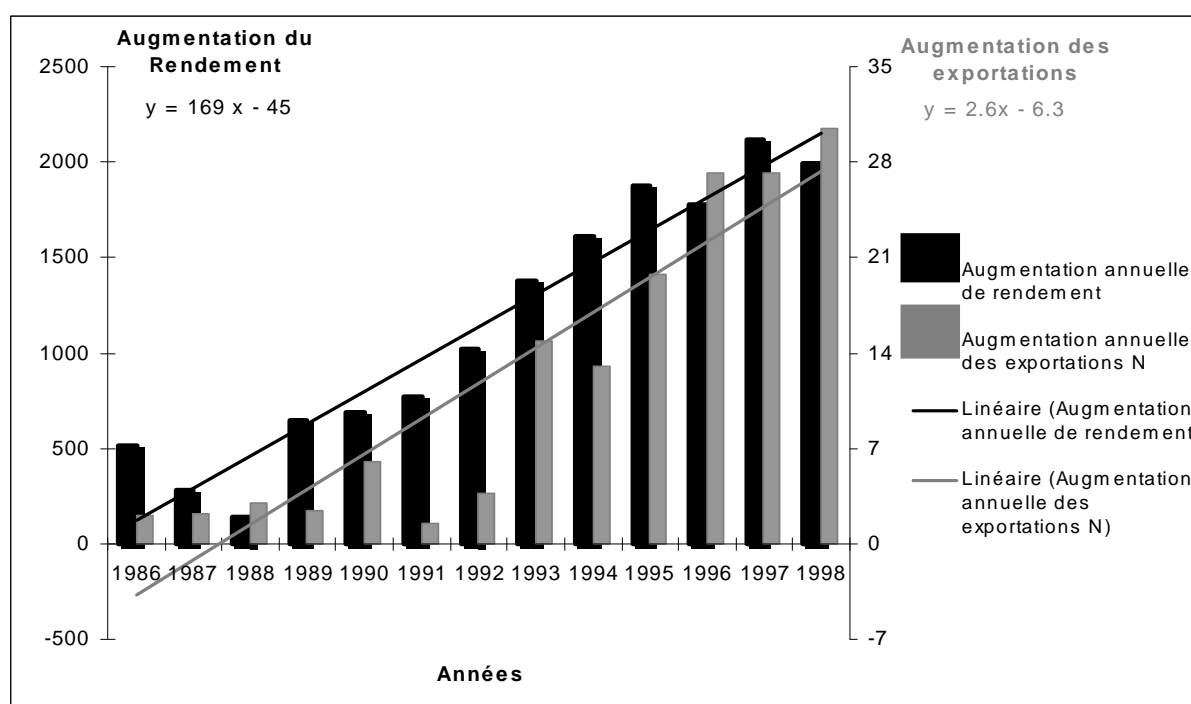


Figure 1 – Apport génétique des nouvelles variétés depuis 1986.

## 2.2 Les nouveaux fongicides permettent une meilleure expression du potentiel de rendement

Les traitements à base de strobilurines permettent un contrôle plus performant des maladies. Lorsqu'elle est correctement réalisée, la protection fongicide permet actuellement de maintenir une bonne activité photosynthétique de l'étage supérieur de la végétation pendant la majeure partie de la période de remplissage du grain.

Le tableau 1 reprend les moyennes des fumures économiquement optimales et des rendements qui y correspondent observés durant trois saisons (de 96 à 98) dans des essais fumures recevant différentes protections fongicides.

Les fumures optimales observées lorsque la protection fongicide est réalisée avec un ou des traitements comprenant une strobilurine sont supérieures de 13 ou 14 kg N/ha à celles observées avec des protections réalisées avec des fongicides à base de triazole, traitement de référence il y a quelques années. Selon les statistiques de vente, près de 95 % des froments d'hiver cultivés en Belgique auraient reçu, lors de la dernière campagne, au moins un traitement fongicide comprenant une strobilurine.

Tableau 1 – Fumures économiquement optimales calculées et rendements pour différentes protections

Protection fongicide		Fumure économiquement optimale (kg N/ha)					Rendement Kg/ha
Stade dernière feuille	Stade épiaison	Tallage	Redres- sement	Dernière feuille	Total	Diffé- rence	
-	-	23	7	80	110	-	9 296
-	Triazole	13	40	83	136	-	10 193
-	Strobilurine	0	80	70	150	+14	10 548
Triazole	Triazole	0	80	77	157	-	10 968
Strobilurine	Strobilurine	3	93	73	170	+13	11 584

## 2.3 Les fournitures azotées via les reliquats de fumure des précédents culturaux sont fréquemment réduites

Dans les précédents culturaux (betteraves, pommes de terre, maïs, colza, ...) la progression des rendements est du même ordre de grandeur qu'en froment. Les prélèvements par ces cultures sont donc plus importants également.

La maîtrise des fumures azotées et surtout la meilleure prise en compte des quantités d'azote fournies par les restitutions de matière organique a souvent permis une plus juste adéquation entre besoins et apports et donc contribué également à réduire les reliquats.

## 2.4 Les résultats des essais fumures

Tableau 2 – Gamme de fumures économiquement optimales calculées et moyennes des doses optimales observées dans des essais de fumure azotée sur froment d'hiver au cours des 6 dernières années (en kg N/ha).

Années	1 <sup>ère</sup> fraction Tallage		2 <sup>ème</sup> fraction Redressement		3 <sup>ème</sup> fraction Dernière feuille		Dose totale		Nombre d'essais
	Gamme	Moy.	Gamme	Moy.	Gamme	Moy.	Gamme	Moy.	
1994	0-100	47	0-100	70	40-100	70	140-240	187	6
1995	0-100	56	0-100	36	60-100	83	100-220	175	6
1996	0-100	30	0-100	75	0-100	67	100-300	172	8
1997	0-100	68	0-100	38	57-100	72	140-220	178	8
1998	0-100	11	0-100	76	40-100	80	100-200	167	9
1999	0-100	83	40-100	75	30-140	84	230-260	243	8
Moyennes		48		63		76		187	45

Lorsqu'on examine les résultats des essais fumure réalisés depuis quelques années avec des protocoles très larges, permettant, sur base d'un nombre limité d'objets, de recalculer, par interpolation, non seulement la fumure totale optimale mais aussi les doses optimales pour chacune des trois fractions, il est clair qu'en moyenne la fumure économiquement optimale se situe souvent au-dessus de l'ancienne fumure de référence ( $50 + 50 + 65 = 165$ ). Ces essais ne sont bien sûr que partiellement représentatifs de l'ensemble des conditions culturales rencontrées mais ils permettent de mettre en évidence une tendance assez nette.

## 3. Les modalités du renforcement de la fumure

Le renforcement de la fumure de référence porte sur les fractions de redressement et de dernière feuille. Il repose sur différents constats.

### 3.1 Les enseignements de l'expérimentation

Les résultats de l'expérimentation (Tableau 2) montrent que ce sont les deux dernières fractions qui étaient le plus fréquemment sous évaluées puisqu'en moyenne les doses économiquement optimales pour ces facteurs sont supérieures à celle proposées à partir de l'ancienne fumure de référence.

### 3.2 Les mesures de coefficient réel d'utilisation de l'engrais azoté apporté

Les mesures du coefficient réel d'utilisation (part de l'engrais réellement absorbée par la plante) des différentes fractions de la fumure azotée confirment l'intérêt de renforcer les apports de redressement et de dernière feuille.

En effet, quels que soient la situation pédoclimatique et le régime d'apports organiques, les coefficients d'utilisation sont toujours plus élevés pour ces fractions que pour celle de tallage (Tableau 3).

Tableau 3 – Coefficient réel d'utilisation de la fumure azotée apportée au froment d'hiver (C.U. en % de la fumure appliquée)

Fractions	Lonzée 96		Piéton 96		Gesves 96		Moyenne par fraction CU %
	kg N/ha	CU %	kg N/ha	CU %	kg N/ha	CU %	
Tallage	50	58,0	50	56,0	75	63,6	59,2
Redressement	50	72,4	50	64,5	75	73,3	70,1
Dernière feuille	65	73,9	50	73,0	75	76,3	74,4

Il apparaît qu'un renforcement de la fraction de tallage a un effet légèrement négatif sur le coefficient d'utilisation de cette fraction (il diminue de 49 à 47 % si la dose appliquée passe de 60 à 100 kg N) tandis que l'efficacité d'utilisation (kg grain produit par kg N appliqué) de la fumure totale, les autres fractions restant constantes, se trouve fortement réduite (- 30 %).

Par contre, pour le renforcement de la fraction dernière feuille par exemple, et ce dans les mêmes conditions, le coefficient d'utilisation est légèrement augmenté (passant de 76 à 77,5 %) tandis que l'efficacité de la fumure totale n'a que peu diminué (moins de 10 %).

Il faut enfin ajouter que le meilleur prélèvement des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> fractions semble encore renforcé pour les variétés hybrides (tableau 4).

Tableau 4 - Coefficient réel d'utilisation de la fumure azotée apportée à 2 variétés de froment d'hiver (C.U. en % de la fumure appliquée)

Modalité de fumure azotée (kg N/ha)	Hybride Hynoesta	Rialto
	CU %	CU %
75 + 75 + 0	60	60
0 + 75 + 75	72	68

### 3.3 Le rythme de développement de la culture

Dans le cas de culture à haut potentiel de rendement, la proportion de la matière sèche produite après le stade dernière feuille et donc après le dernier apport azoté est largement prépondérante, en moyenne, il s'agit de deux tiers de la quantité totale de la matière sèche aérienne présente à la récolte.

Tableau 5 – Quantité de biomasse aérienne (en kg de m.s./ha) produite au stade dernière feuille (GS39) et à la récolte et rendement en grains

Lieu et année	Variété	Quantité de matière sèche produite (kg/ha)			Rendement en grains en kg/ha (à 85 % de m.s.)
		Au stade 39	A la récolte	Entre le stade 39 et la récolte	
Lonzée 1995	Torfrida	6109	18806	12697	9878
Lonzée 1997	Rialto	6248	17130	10882	10884
Lonzée 1998	Rialto	5912	17937	12025	9651
Gembloux 1998	Tilburi	6628	16345	9717	8636
Havelange 1998	Tremie	2888	10266	7378	7935
Gembloux 1999	Tremie	7326	18852	11526	10374
Gesves 1999	Tremie	5916	18586	12670	10657

Il est donc tout à fait logique d'apporter une part importante de la fumure aux stades les plus proches de cette période de consommation intense d'azote par la culture.

### 3.4 L'impact sur la qualité technologique

Les simulations effectuées à partir des essais où les paramètres technologiques (teneur en protéines et indice de Zélény) ont été mesurés sur l'ensemble des modalités de fumure permettent d'estimer que ce renforcement d'une vingtaine d'unités de la fumure de référence améliore la teneur en protéines du grain d'environ 0,4 % et l'indice Zeleny d'environ 2 ml. Bien sûr, le gain sur ces deux paramètres de la qualité est variable d'une situation à l'autre en fonction notamment de la variété. Globalement, l'effet est bénéfique : même si cette augmentation ne permet pas nécessairement d'obtenir des bonifications, elle a comme conséquence d'accroître le niveau qualitatif moyen de la collecte et de faciliter la mise sur le marché et la recherche de débouchés. D'autre part, lorsque le rendement s'accroît sans apport supplémentaire d'azote, le niveau de la qualité (teneur en protéines et indice de Zeleny) baisse.

## 4. Le risque environnemental ?

Le risque majeur du renforcement de la fumure porte sur l'éventuel accroissement des reliquats azotés après culture.

Les résultats obtenus au cours de ces quatre dernières années sont données dans les tableaux ci-dessous. Différentes tendances peuvent en être tirées : dans des situations considérées comme normalement riches avec des quantités moyennes en azote minéral sortie hiver de 56 kg N/ha (Tableau 6), on constate que :

- une culture qui ne reçoit pas d'azote laisse un reliquat azoté tout aussi important si pas supérieur à une culture recevant une fumure "limitante" comme par exemple 3×50 kg N/ha,
- une fumure raisonnée de type Livre blanc voire légèrement supérieure à l'optimum économique (dans certains cas 3×75 kg N/ha) donnent des reliquats peu importants (<50 kg N/ha).

Tableau 6 – Reliquats en azote minéral dans des situations considérées comme normalement riches

		Reliquats en azote minéral (kg N/ha) sur 1,5 m après récolte				
		Témoin 0 kg N/ha	3 x 50 150 kg N/ha	Livre blanc (185 kgN/ha)	3 x 75 225 kg N/ha	3 x 100 300 kg N/ha
Gembloux (4)	1998	9	7	7	16	-
Havelange	1998	31	32	26	26	39
Gembloux	1999	18	12	8	15	48
Gesves	1999	22	16	30	29	110
MOYENNE		20	17	18	22	66

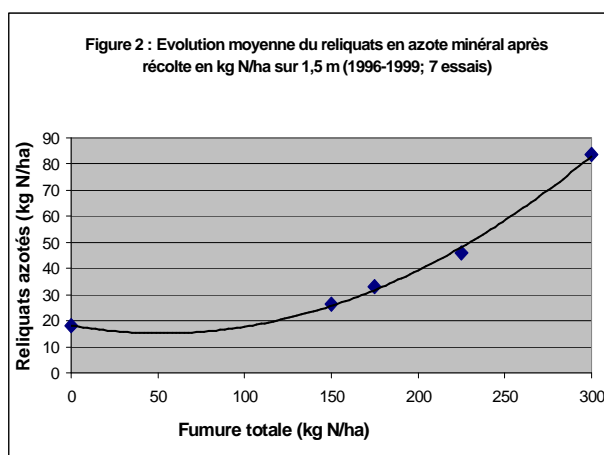
Dans des situations considérées comme extrêmement riches, avec une quantité d'azote sortie hiver moyenne de 128 kg N/ha en moyenne et une légumineuse dans la rotation (colza – froment – pois sec), on constate qu'une fumure excessive comme 3×100 kg N/ha voire 3×75

kg N/ha donne des reliquats azotés qui augmentent rapidement (Tableau 7). La fumure optimale moyenne sur 3 ans dans cette situation était de 100 kg N/ha

Tableau 7 – Reliquats en azote minéral dans des situations considérées comme extrêmement riches

		Reliquats en azote minéral (kg N/ha) sur 1,5 m après récolte				
		Témoin 0 kg N/ha	3 x 50 150 kg N/ha	Livre blanc (185 kg N/ha)	3 x 75 225 kg N/ha	3 x 100 300 kg N/ha
Piéton	1996	8	49	73	104	-
Piéton	1997	19	36	-	64	104
Piéton	1998	20	31	39	68	108
MOYENNE		16	39	56	79	106

D'une façon générale et dans une situation normale, le relèvement du conseil de fumure ne porte pas de préjudice à l'environnement si on considère que 50 kg N/ha sur 1,5 m est une valeur seuil à ne pas dépasser. Des essais récents ont montré que les reliquats azotés augmentent considérablement dès qu'on dépasse la fumure optimale d'une quarantaine d'unités. La figure 2 illustre cette tendance.



Ce qui veut dire qu'à partir du moment où le raisonnement de la fumure est basé sur un niveau de 185 unités d'azote par ha, il y a lieu de ne pas sous estimer les situations où :

1. le régime d'apport des matières organiques est élevé,
2. les reliquats sortie hiver sont élevés (précédent riche et/ou conditions hivernales favorables).
3. les conditions climatiques printanières sont favorables à une minéralisation importante

## 5. Conclusions

Le renforcement de la fumure de référence pour le calcul des doses optimales d'engrais azotés à apporter sur la culture du froment d'hiver s'impose pour répondre à l'évolution des conditions culturales. Elle porte sur les deux dernières fractions de la fumure. Cette augmentation de fumure ne s'appliquera que dans les situations où elle s'avère nécessaire. Dans les situations où le renforcement est inopportun, les modifications apportées dans les termes correctifs des tableaux de calcul de la dose des différentes fractions permettent soit de minimiser ou d'annuler ce renforcement soit, le cas échéant, de réduire la fumure. Le fait qu'une part importante de la fumure soit appliquée tardivement est important, puisque au moment de l'apport de la dernière fraction, on peut, en observant la culture, avoir une idée objective du futur potentiel de rendement. Dès lors, à ce moment, si celui-ci s'avère inférieur aux prévisions, il est encore possible de réduire les quantités d'azote mises à la disposition de la culture. Cet ajustement éventuel constitue une garantie supplémentaire vis-à-vis du risque environnemental déjà très faible.