

4. La fumure azotée

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

Sommaire

1	La fumure en froment	3
1.1	Bilan de l'année écoulée	3
1.2	Expérimentation, résultats, perspectives.....	5
1.2.1	Résultats obtenus dans les essais sur froment d'hiver à Lonzée et Les Isnes	6
1.2.2	Résultats obtenus sur froment d'hiver à Michamps en terre « froide »	13
1.3	Recommandations pratiques	14
1.3.1	Azote minéral du sol sous froment d'hiver, situation au 10 février 2012	14
1.3.2	Les objectifs	16
1.3.3	Les principes de base de la fixation de la fumure azotée	17
1.3.4	Le rythme d'absorption de l'azote par la culture.....	18
1.3.5	La détermination pratique de la fumure.....	19
1.3.6	Les modalités d'application des fumures.....	21
1.3.7	Calcul de la fumure azotée pour 2011	24
2	La fumure en escourgeon	40
2.1	Aperçu de l'année	40
2.2	Résultats des expérimentations sur le site de Lonzée	40
2.3	Les recommandations pratiques.....	42
2.3.1	Conditions particulières de 2012, profil en azote minéral du sol en escourgeon.....	42
2.3.2	La détermination pratique de la fumure	43
2.3.3	Les modalités d'application de la fumure azotée	43
2.3.4.	Calcul de la fumure azotée pour 2012	45

¹ Gx-ABT – Unité de Phytotechnie des régions tempérées

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

³ Directeur Général ff du CRA-W

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

⁵ Projet APE 2242 (FOREM) et projet CePiCOP (DGARNE du Service public de Wallonie)

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

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

⁸ UCL – Eart of Life Institute – Pôle Agronomie

3	Nutrition azotée de l'épeautre en Ardenne et en région limoneuse	53
3.1	Introduction.....	53
3.2	Description des essais.....	54
3.3	Résultats et analyse.....	54
3.3.1	<i>Rendements phytotechniques</i>	54
3.4	Impact du fractionnement.....	56
3.5	Fumure économiquement optimale.....	57
3.6	Conclusion	58

1 La fumure en froment

1.1 Bilan de l'année écoulée

Une faible biomasse au stade dernière feuille...

Un hiver précoce et rigoureux ainsi qu'une longue période de sécheresse qui s'est étalée du 1^{er} mars au mois de juin ont conduit à un développement végétatif faible des froments laissant craindre une limitation des rendements. La faible biomasse observée au moment de la dernière feuille se traduisait par :

- Des **plantes courtes** : la majorité des froments présentait une hauteur de plante plus faible que la normale. L'application de certains régulateurs a renforcé cet effet (voir chapitre 5).

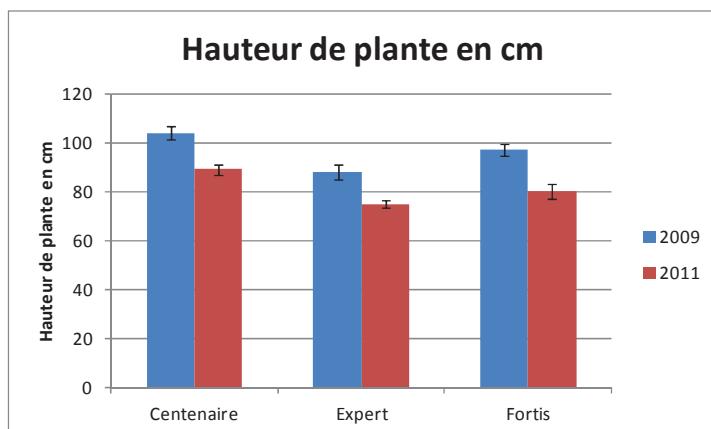


Figure 4.1 – Hauteur de plante de trois variétés de froment cultivées selon le même itinéraire technique en 2009 et en 2011 (fumure conseil LB, régulateur 1L de CCC), valeurs exprimées en cm – Lonzée GxABT 2009-2011.

- Un **nombre d'épis par m² plus faible** : La comparaison du nombre d'épis/m² obtenu dans les fumures raisonnées selon la méthode du Livre blanc en deux ou trois apports met clairement en évidence le manque d'épis constaté en 2011. Ce dernier se situe en dessous des 400 épis par m² quelle que soit la modalité des apports.

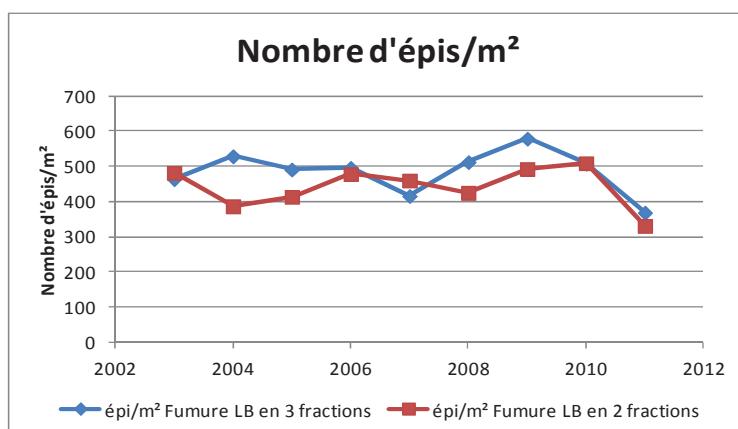


Figure 4.2 – Nombre d'épis par m² observé dans les essais fumures entre 2003 et 2011 pour les modalités Livre blanc en 2 et 3 apports, valeurs exprimées en épis/m² – Lonzée GxABT 2003-2011.

4. La fumure azotée

- Des dernières feuilles de petite taille : en 2011, la surface de la dernière feuille représentait 0,45 m² de dernière feuille par m² de sol soit 2/3 de moins qu'en 2005. Etant donné le rôle important de la dernière feuille dans l'élaboration du rendement, ce manque de surface photosynthétique pouvait laisser craindre une limitation du rendement. Il faut cependant souligner que le très bon état sanitaire du feuillage des froments laissait espérer une période de remplissage des grains relativement longue à condition que la pluie soit suffisante et régulière et que les phénomènes d'échaudage soient absents.

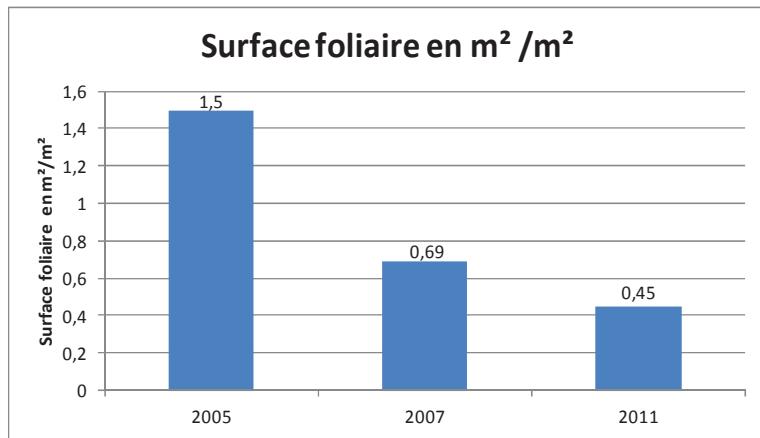


Figure 4.3 – Surface foliaire des dernières feuilles exprimée en m² de dernière feuille par m² de sol. Valeurs mesurées au niveau de la même parcelle. Lonzée GxABT 2005, 2007 et 2011.

- Par ailleurs, les observations suivantes ont pu être réalisées : l'absence d'humidité au niveau du sol a limité la minéralisation ainsi que le prélèvement d'azote par la plante pendant la phase de développement végétatif.

... mais au final des épis et des grains bien remplis.

Différents facteurs ont cependant permis au froment de compenser la perte initiale de potentiel de rendement :

- Le retour des pluies s'est produit vers l'épiaison a permis de compenser partiellement le déficit de biomasse et a ensuite optimisé le fonctionnement de la plante pendant la phase critique de remplissage des grains.
- L'ensoleillement suffisant et les températures proches des normales saisonnières lors des phases de floraison et de remplissage ont été très favorables ; le niveau des températures n'a jamais provoqué d'échaudage.
- La très bonne fertilité des épis : Les épis comportaient en moyenne 3-4 grains par épillet et un nombre total de 45 à 55 grains.
- Une faible pression des maladies (voir chapitre 6) : La faible pression des maladies rencontrée en 2011 a permis au froment de conserver plus longuement son activité photosynthétique.

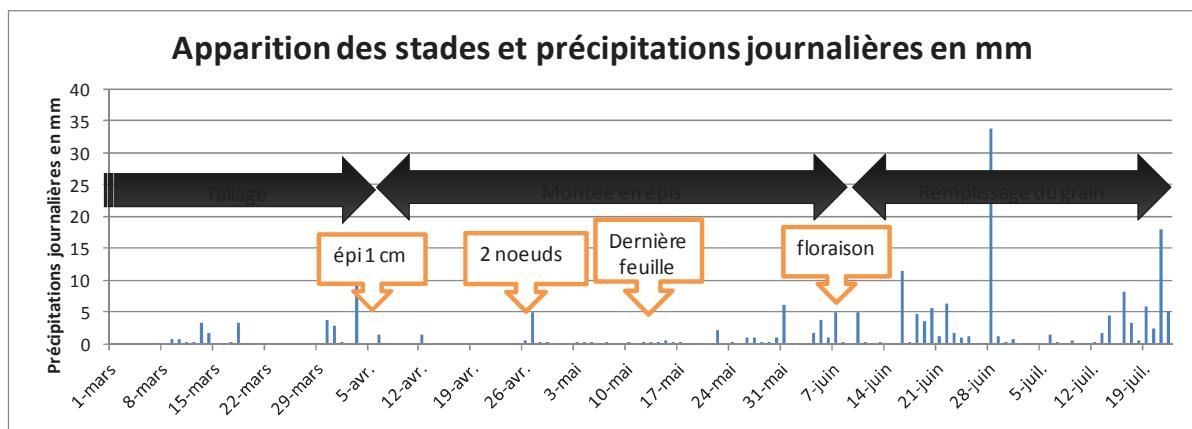


Figure 4.4 – Précipitations journalières au niveau du poste d’Ernage en mm et dates d’apparition des stades du froment observées au niveau de l’essai fumure sur la variété KWS Ozon. Lonzée GxABT 2011.

Ces éléments ont conduit à un niveau exceptionnel de remplissage des grains, se traduisant par des poids de mille grains supérieurs à la normale

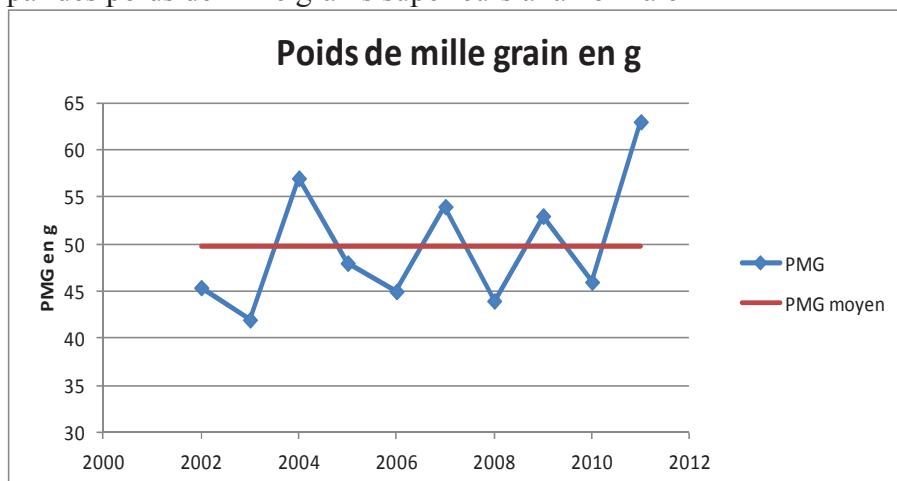


Figure 4.5 – Poids de mille grains exprimés en g observé au niveau des essais fumure modalité Livre Blanc Lonzée GxABT 2002-2011.

Cependant, les précipitations sont survenues plus ou moins tôt et en quantités plus ou moins importantes selon les régions. De plus, les cultures implantées sur des sols superficiels ou ayant une mauvaise structure avaient trop souffert de la sécheresse et n’ont jamais pu récupérer leur retard de croissance. Ces conditions expliquent en partie les rendements hétérogènes d’une situation à l’autre.

1.2 Expérimentation, résultats, perspectives

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

- Lonzée, froment d’hiver sur précédent betterave
- Les Isnes, froment d’hiver sur précédent froment

Un troisième essai, en froment d’hiver, a été implanté à Michamps en zone plus froide (province de Luxembourg). Pour ce dernier, l’Unité de Phytotechnie a bénéficié de l’aide de

4. La fumure azotée

l'Unité d'Amélioration des espèces et biodiversité du CRA-W ainsi que du Centre de Michamps de l'UCL.

Le premier objectif est, dans chaque situation culturale, de déterminer les fumures c'est-à-dire les modalités de dose totale et de fractionnement qui procurent les meilleurs rendements phytotechniques et économiques, en fonction du coût de la fertilisation (fumures optimales).

Le second est de comparer ces optima avec la fumure azotée recommandée, calculée selon la méthode du « Livre blanc » en fonction de la situation culturale. L'analyse des résultats permet de proposer une amélioration constante des recommandations de fumure.

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

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

Tableau 4.1 – Caractéristiques des deux essais de réponse à la fumure azotée – GxABT – Lonzée et les Isnes 2011.

Variété	KWS Ozon	Istabraq
Caractéristique variété	Panifiable	Fourrager
N° de l'essai	FH11-10	FH11-53
Date de semis	25-oct.	22-oct
Densité de semis	250 gr/m ²	250 gr/m ²
Précédent	Betterave	Froment
Teneurs en N total en sortie hiver sur 90cm (sous culture de froment)	29 kg N/ha	25 kg N/ha
Apport de la fumure	Tallage	16 mars
	tallage-redressement	6 avril
	Redressement	14 avril
	dernière feuille	11 mai
Désherbage	22 mars	23 mars
Raccourcisseur (CCC 1L)	19 avril	19 avril
Fongicide	Dernière feuille	10 mai
	Floraison	9 juin

1.2.1.1 Le rendement phytotechnique et économique

Le tableau 4.2 reprend pour chacune des 30 modalités de fumure étudiées le rendement phytotechnique, le rendement économique et le nombre d'épis par m². Le rendement économique est le rendement phytotechnique duquel est soustrait, en équivalent kg froment, la valeur de l'azote apporté (1 N = 5.5 kg de froment). L'ensemble des rendements économiques repris dans ce chapitre sont exprimés selon le rapport 5.5 équivalent à un froment à un prix de vente de 180 €/t et de l'azote (ammonitrat 27%) à 250 €/t.

Tableau 4.2 – Rendement phytotechnique (qx/ha) ; rendement économique (qx/ha) et nombre d'épis par m² observés dans les essais fumures azotées – GxABT – Lonzée (variété KWS Ozon sur précédent betterave) et Les Isnes (variété Istabraq sur précédent froment), 2011.

Fumure azotée kg N/ha					KWS Ozon			Istabraq		
T	T-R	R	DF	tot	Rdt qx/ha	Rdt éco qx/ha	Nombre épi/m ²	Rdt qx/ha	Rdt éco qx/ha	Nombre épi/m ²
-	-	-	-	0	52	52	255	59	59	262
-	50	-	-	50	69	66	274	80	78	306
-	50	-	50	100	75	70	292	81	76	285
-	50	-	75	125	76	69	305	87	80	294
-	50	-	100	150	76	68	295	84	76	294
-	50	-	125	175	76	66	281	81	72	291
-	50	-	150	200	80	69	292	84	73	305
-	75	-	-	75	78	74	308	79	75	256
-	75	-	50	125	80	73	322	88	81	316
-	75	-	75	150	84	75	321	90	82	278
-	75	-	100	175	88	78	313	91	82	313
-	75	-	125	200	86	75	322	92	81	301
-	75	-	150	225	89	76	314	93	81	325
-	100	-	-	100	88	82	340	90	85	295
-	100	-	50	150	88	80	319	92	84	310
-	100	-	75	175	89	79	318	96	86	320
-	100	-	100	200	88	77	328	100	89	321
-	100	-	125	225	92	80	312	98	85	330
-	100	-	150	250	97	83	335	99	86	286
-	125	-	-	125	89	83	344	91	84	312
-	125	-	50	175	93	84	346	100	91	327
-	125	-	75	200	99	88	342	104	93	334
-	125	-	100	225	98	85	343	100	87	303
-	125	-	125	250	98	84	331	99	86	288
-	125	-	150	275	97	82	349	105	90	342
50	-	50	50	150	96	88	353	103	95	355
75	-	75	75	225	111	98	435	109	97	372
100	-	100	100	300	117*	101	435	114*	98	409
50	-	60	60	170	104	94	369			
-	80	-	90	170	88	79	331			
60	-	70	60	190				108	97	365
-	100	-	90	190				98	88	301

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

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

Les maxima de rendement phytotechnique observés étaient de :

- 117 qx/ha pour KWS Ozon après betterave obtenus avec une fumure de 300 N/ha. Une fumure de 225 N/ha a permis d'atteindre un rendement statistiquement équivalent. Les fumures en 3 apports se démarquent nettement au niveau rendement par rapport aux fumures en 2 apports.
- 114 qx/ha pour Istabraq après précédent froment obtenus avec une fumure de 300 N/ha, fractionnée en trois apports de 100 N/ha. Seule la modalité de fumure en 3 apports de 75 N et la fumure Livre blanc en 3 apports, présentent des rendements

4. La fumure azotée

statistiquement équivalents, les fumures en deux apports procurent systématiquement des rendements nettement moins élevés.

Pour l'agriculteur c'est le rendement économique qui doit primer. Les optima économiques sont atteints avec les mêmes niveaux de fumure que les rendements phytotechniques.

L'analyse des objets pour lesquels la fumure est appliquée en deux apports révèle que :

- Les modalités en deux apports présentent un nombre d'épis/m² trop faible (voir 1.2.1.2). L'absence de pluie après l'application au stade épi 1 cm a limité l'efficacité de l'azote ;
- Dans les situations à très faible peuplement en épis, comme dans les modalités avec un apport de 50 N au stade épis 1 cm, le rendement était fortement compromis. Il n'était pas nécessaire d'augmenter la fumure de dernière feuille au delà de 50 N ;
- Pour les modalités avec apports de 75 N au stade épis 1 cm, il ne fallait pas descendre en dessous des 75 unités à la dernière feuille ;
- Le rendement optimum confirme les observations ci-dessus.

1.2.1.2 *Le fractionnement et son impact sur le nombre d'épi au m² : un élément clé dans l'élaboration du rendement en 2011*

L'objectif est d'atteindre un peuplement en épis qui se situe entre 400 et 450 épis/m². Un peuplement inférieur limite le potentiel de rendement, tandis qu'un peuplement excessif favorise la verse et augmente la pression des maladies.

L'observation des résultats montre clairement le lien entre le nombre d'épis par m² et le rendement. Les rendements maxima ont été observés dans les parcelles pour lesquelles le nombre d'épis excédait 400 par m². Le nombre d'épis par m² était positivement corrélé avec l'azote apporté jusqu'au stade redressement.

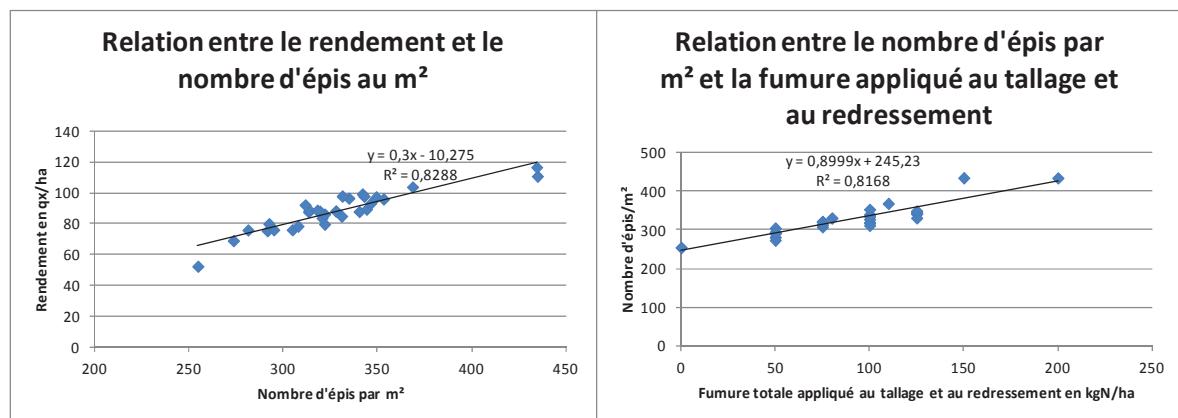


Figure 4.6 (à gauche) – Relation entre le rendement exprimé en qx/ha et le nombre d'épis par m² observé au niveau de chaque modalité de l'essai fumure sur la variété KWS Ozon – Lonzée GxABT 2011.

Figure 4.7 (à droite) – Relation entre le nombre d'épis par m² et la fumure appliquée au tallage et au redressement au niveau de chaque modalité de l'essai fumure sur la variété KWS Ozon – Lonzée GxABT 2011.

Les fumures de tallage et de redressement dans les modalités de fumure en 3 apports ou la fumure intermédiaire tallage-redressement dans les modalités en 2 apports influencent la montée en épi des talles présents. La Figure 4.8 reprend pour 5 modalités de fumure le nombre de talles susceptibles de monter en épi.

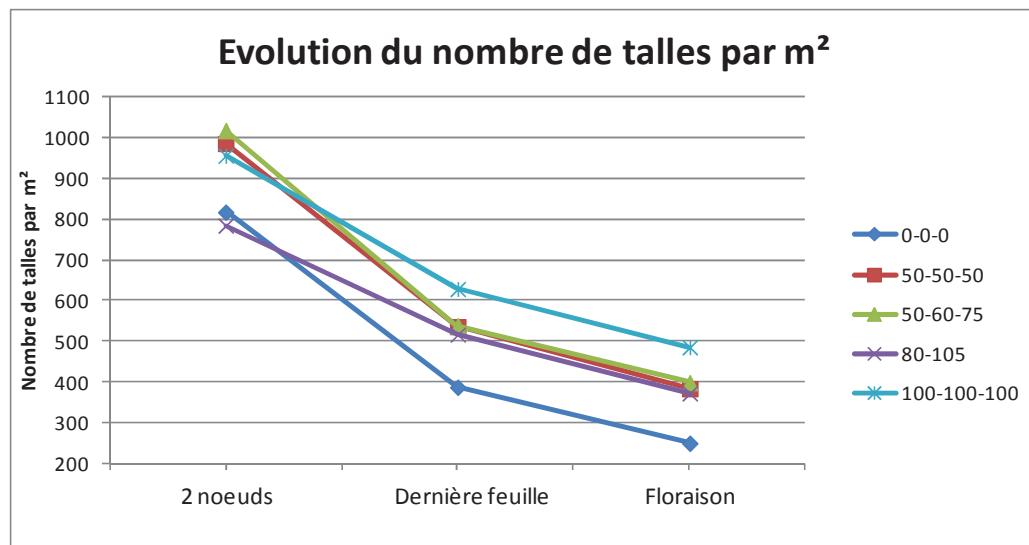


Figure 4.8 – Evolution du nombre de talles susceptibles de monter en épi exprimé en talles par m^2 . Observation réalisée sur la variété Matrix Lonzée 2011.

L’observation des résultats révèle que :

- Au stade 2 nœuds, le nombre de talles étaient suffisant (entre 800 et 1 000/ m^2). Les modalités en 3 apports présentent un nombre de talles supérieur aux modalités en 2 apports, la fumure de tallage a permis d’améliorer le tallage du froment. Les modalités en 2 apports présentent un nombre de talles équivalent au témoin sans apport d’azote.
- Entre le stade 2 nœuds et le stade dernière feuille, la régression de talles est d’autant plus importante que l’apport au redressement était faible. L’apport de 80 unités au redressement pour la modalité en deux apports a permis de limiter la régression et d’obtenir un nombre de talles équivalent aux modalités 50-50-50 et 50-60-75. Au stade dernière feuille, le nombre de talles était compris entre 400 et 625 talles par m^2 .
- Entre le stade dernière feuille et la floraison, la régression des talles s’est poursuivie avec la même intensité quelle que soit la fumure appliquée, aboutissant en fin de compte à des peuplements en épis limités. Les modalités 50-50-50, 80-105 et 50-60-75 présentent un nombre d’épis inférieur à 400 épis/ m^2 , seule la modalité 100-100-100 présente un nombre d’épis supérieur à 400 épis/ m^2 .

Il ne faut pas perdre de vue que la minéralisation a été faible durant le redressement, justifiant un apport important d’azote durant cette période pour atteindre un peuplement en épis optimal. Durant un printemps classique la minéralisation permet une fourniture en azote de 20 à 60 kg N/ha. De plus la sécheresse a freiné le prélèvement d’azote par les plantes.

1.2.1.3 Fallait-il réduire l’apport dernière feuille ?

En cours de saison, suite au conseil de réduction de la dose d’azote à apporter au stade dernière feuille (avis CADCO mai 2011), un essai spécifique a été mis en place afin de valider

4. La fumure azotée

la pertinence de cet ajustement **dans les modalités en 3 apports**. La possibilité d'une application au stade épiaison a également été testée. Les deux variétés, Tabasco et Hekto, ont été cultivées suivant le même itinéraire technique que la variété KWS Ozon. La fumure de base était de 50 kg N/ha au tallage et de 60 kg N/ha au redressement.

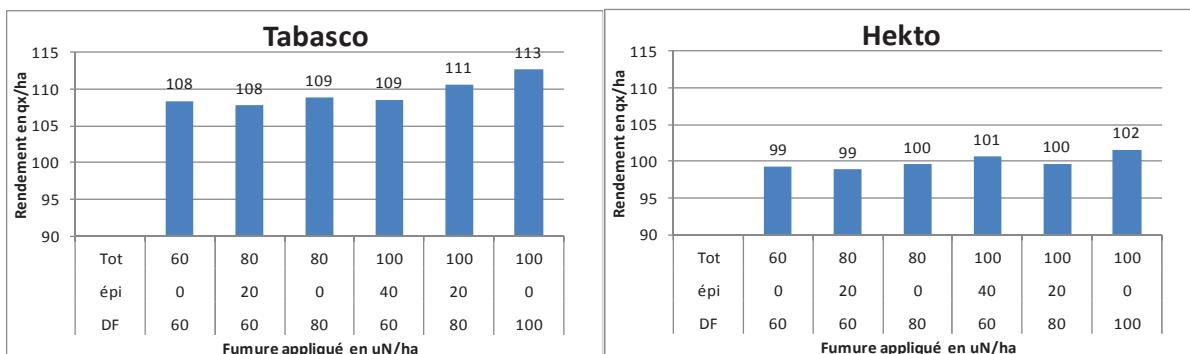


Figure 4.9 (à gauche) – Rendement exprimé en qx/ha pour différentes modalités d'apport de l'azote au stade dernière feuille avec ou sans apport au stade épiaison. Essai mené sur la variété Tabasco (fumure de tallage 50 N et fumure de redressement 60 N) Lonzée GxABT 2011.

Figure 4.10 (à droite) – Rendement exprimé en qx/ha pour différentes modalités d'apport de l'azote au stade dernière feuille avec ou sans apports au stade épiaison. Essai mené sur la variété Hekto (fumure de tallage 50 N et fumure de redressement 60 N) Lonzée GxABT 2011.

L'observation des résultats révèle que :

- Pour la variété Hekto, le renforcement ou la réduction de la dose conseil de base n'a pas eu d'effet significatif sur le rendement.
- Pour la variété Tabasco qui présente des rendements plus élevés qu'Hekto, le passage d'une fumure de dernière feuille de 80 à 60 N implique une diminution non significative du rendement de 1 q/ha. Si la fumure est renforcée de 20 N à la dernière feuille soit un total de 100 N une augmentation non significative de 4 qx/ha est observée.
- Il est préférable d'appliquer la totalité de l'azote au stade dernière feuille, plutôt que d'effectuer un fractionnement avec un report d'une partie de la fumure de dernière feuille à l'épiaison.

1.2.1.4 Les teneurs en protéines et les poids de mille grains

La fumure de dernière feuille a un impact sur la teneur en protéines. Cette année, les fumures de dernière feuille ont été très bien valorisées par la culture comme en témoigne :

- les bonnes teneurs en protéines comprises entre 8,8%MS pour le témoin à un maximum de 14,5% pour une fumure totale de 200 kg N/ha dont l'apport de dernière feuille est de 150 kg N/ha.
- les poids de 1 000 grains qui sont compris entre 58 et 66 g pour la variété KWS Ozon.

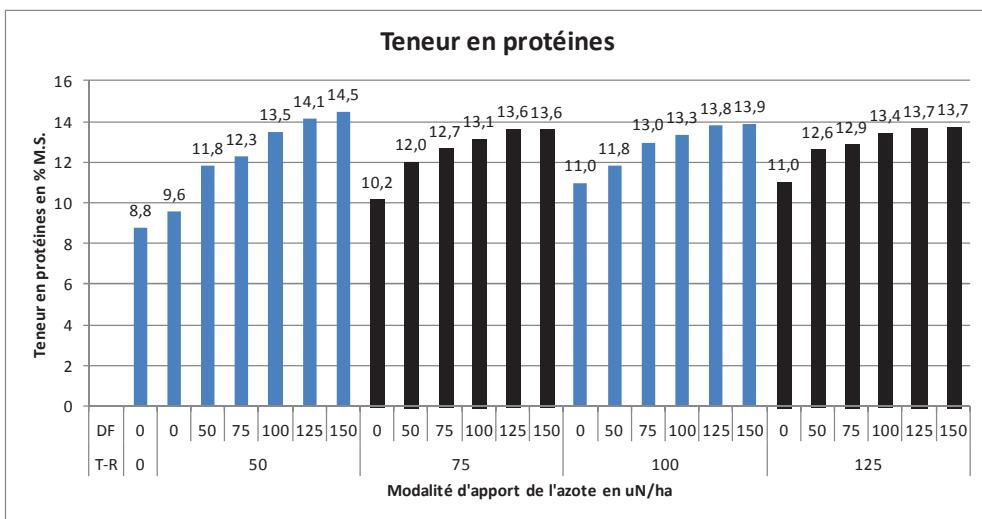


Figure 4.11 – Teneurs en protéines exprimées en % de la M.S. pour les différentes modalités d’apport de l’azote au niveau de l’essai mené sur la variété KWS Ozon – Lonzée GxABT 2011.

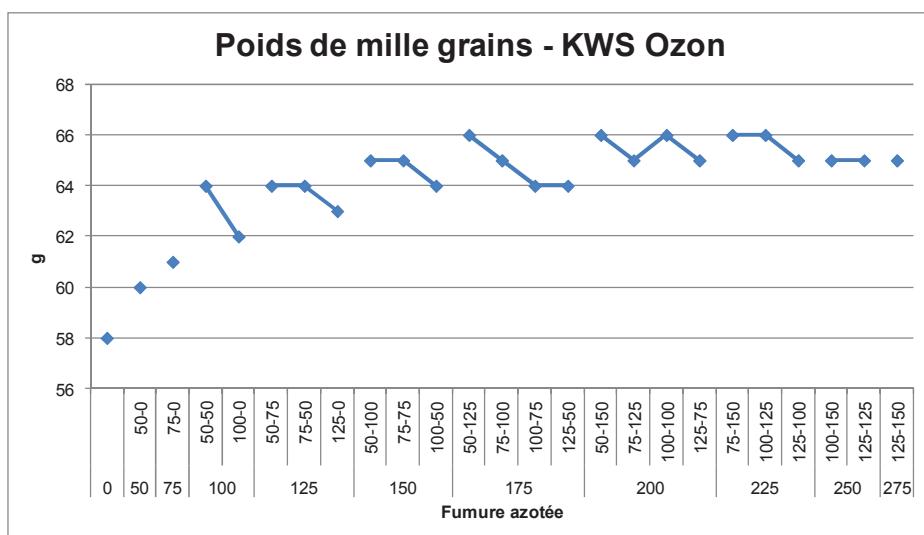


Figure 4.12 – Poids de mille grains mesurés pour différentes modalités d’apports de la fumure azotée en deux fractions (tallage-redressement et dernière feuille) sur la variété KWS Ozon – Lonzée GxABT 2011.

1.2.1.5 Les reliquats azotés

Les tableaux 4.3 et 4.4 reprennent pour 5 modalités de fumure, les valeurs des reliquats azotés post-récolte des essais fumures menés sur les variétés Istabraq et KWS Ozon.

Sous KWS Ozon, précédent betteraves, les faibles teneurs sous les 45 cm sont le signe que la culture a prélevé l’azote disponible dans l’entièreté du profil (jusque 150 cm). Les valeurs plus élevées au niveau des 45 premiers cm sont dues à la minéralisation entre la sénescence de la culture (arrêt du prélèvement par la plante) et la réalisation des mesures.

Sous Istabraq, précédent froment, les teneurs en N dans le profil sont légèrement supérieures à celles observées pour le KWS Ozon. Les horizons compris entre 15 à 60 cm sont les plus riches et cela d’autant plus que le niveau de fumure est élevé et que la fraction de dernière

4. La fumure azotée

feuille est élevée. Ces niveaux élevés sont aussi dus à la minéralisation importante après la sénescence du froment relativement précoce dans cette terre.

Tableau 4.3 – Reliquats en azote minéral (kg/ha) dans le profil (29 août 2011) pour différentes modalités de fumures dans l'essai sur la variété KWS Ozon – 2011.

Profondeur	0-0-0	75-150	100-125	50-60-60	80-90
0-15	9	12	8	7	7
15-30	14	28	15	16	11
30-45	5	4	3	3	3
45-60	1	1	1	1	1
60-75	1	1	1	1	1
75-90	1	1	1	1	1
90-105	1	1	1	1	1
105-120	1	1	1	1	1
120-135	1	1	1	1	1
135-150	1	1	1	1	1
Total	33	52	32	31	28

Tableau 4.4 – Reliquats en azote minéral (kg/ha) dans le profil (25 août 11) pour différentes modalités de fumures dans l'essai sur la variété Istabraq 2011.

Profondeur	0-0-0	75-150	100-125	50-60-60	80-90
0-15	7	21	29	9	12
15-30	9	22	57	18	25
30-45	2	2	4	3	2
45-60	1	1	1	1	1
60-75	1	1	1	1	1
75-90	1	1	1	1	1
90-105	1	1	1	1	1
105-120	1	1	1	1	1
120-135	1	2	3	3	2
135-150	2	3	4	4	3
Total	26	56	103	42	48

1.2.1.6 Conclusion

Malgré les faibles biomasses observées à la dernière feuille, de nombreuses cultures de froment ont présenté des rendements très satisfaisants grâce à une bonne fertilité ainsi qu'à un bon remplissage des grains assurés par des conditions météo optimales en juillet et début août. Seules les cultures implantées sur des sols peu sablonneux ont pu résister à la sécheresse et profiter du retour des pluies à la fin du mois de juin.

Les rendements obtenus avec les fumures apportées en deux fractions sont systématiquement inférieurs à ceux obtenus avec des apports équivalents en trois fractions.

Trois constatations importantes :

- Il fallait apporter de l'azote au tallage pour atteindre un peuplement en épis optimal.
- Le renforcement de la fumure dernière feuille ne permettait pas à elle seule de compenser le manque d'épis par m².
- Un apport ultérieur d'azote à la floraison ne s'avère pas utile.

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

Un essai a été mené à Michamps en terre « froide » comportant une vingtaine de modalités d'apports de la fumure. Celles-ci sont reprises dans la figure 4.13.

La conduite culturelle de l'essai mené sur la variété Homéros est reprise dans le tableau 4.5. Aucun traitement régulateur n'a été appliqué car il n'était pas justifié.

Tableau 4.5 – Itinéraire cultural de l'essai de Michamps.

Variété	Homeros	
Localisation de l'essai	Michamps	
N° de l'essai	FH11-mich	
Date de semis	22-oct.	
Densité de semis	250 gr/m ²	
Précédent	Avoine	
Teneurs en N total en sortie hiver sur 60cm (sous culture de froment)	35 kg N/ha	
Apport de la fumure	Tallage	22 mars
	Redressement	28 avril
	dernière feuille	16 mai
Désherbage	2 mai	
Raccourcisseur (CCC 1L)	-	
Fongicide	16 mai	

Le maximum des rendements phytotechniques observés était de 82 qx/ha obtenus avec une fumure de 200 N (100 N appliquées au tallage et 100 N appliquées au redressement).

L'observation des résultats révèle que :

- Lorsque la fumure azotée est apportée en un seul passage, plus l'apport est tardif plus le rendement et le nombre d'épis par m² diminuent. Il faut rappeler que l'année 2011 est particulière : comme il a été démontré ci avant pour les essais menés à Lonzée, la fraction de tallage était primordiale pour assurer le rendement. Pour un apport de 100 N/ha, la diminution de rendement entre le stade tallage et dernière feuille s'élève à 17 q/ha.
- Lorsque la fumure est apportée en deux fractions :
 - Par rapport à une dose égale de 100 N/ha dispensée en une seule application au tallage, le fractionnement en 2 x 50 N/ha n'apporte pas de gain de rendement en 2011.
 - Pour une dose totale de 100 ou 150 N/ha, les rendements les plus élevés sont à nouveau obtenus avec deux apports de 50 ou 75 N/ha aux stades tallage et redressement.
 - Pour une dose totale de 200 N/ha, le rendement maximal est atteint avec des apports aux stades tallage et redressement.
- Les apports de la fumure en 3 fractions n'ont pas permis d'augmenter les rendements. Un fractionnement en 3 fois 50 N/ha donne un rendement similaire à celui d'un fractionnement de tallage et dernière feuille (2 x 75 N/ha).

4. La fumure azotée

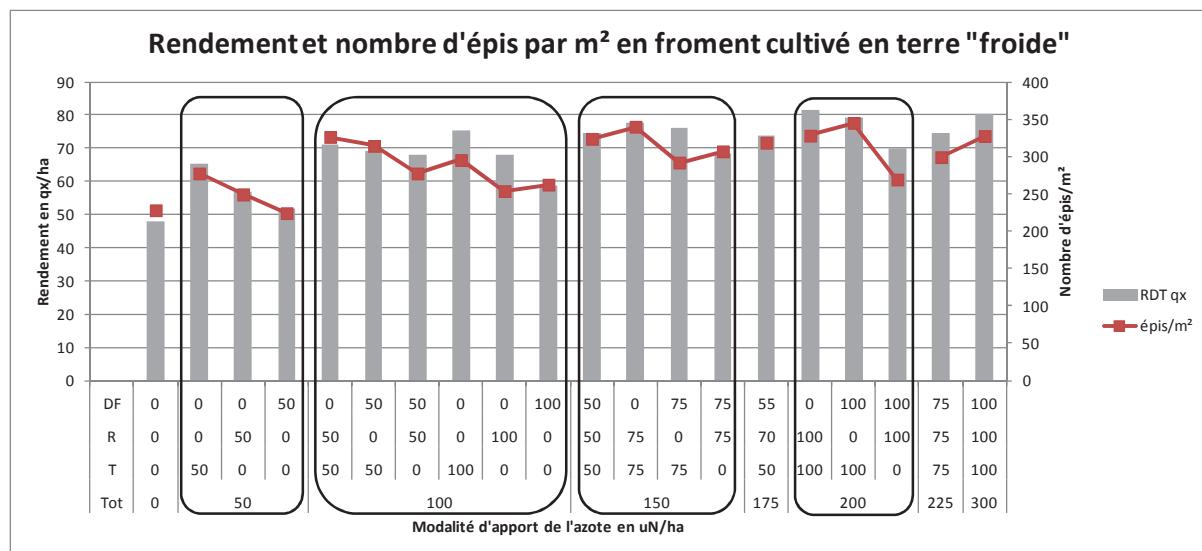


Figure 4.13 – Rendement en qx/ha et nombre d'épis par m² pour différentes doses et modalités d'apport de l'azote : Azote total (Tot), au tallage (T), au redressement (R) et à la dernière feuille (DF), Homeros, Michamps.

Dans ces régions, les printemps plus frais ne favorisent pas la minéralisation en début de reprise de végétation. Ces sols riches en matière organique, libèrent une quantité d'azote non négligeable d'azote plus tard dans la saison.

1.3 Recommandations pratiques

1.3.1 Azote minéral du sol sous froment d'hiver, situation au 10 février 2012

1.3.1.1 Climat en automne et hiver 2011-2012

Tableau 4.6 – Températures moyennes et précipitations (Ernage – Gembloux) – Voir chapitre I Climatologie.

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
Température moyenne (°C)						
Observée	17,0	16,0	11,4	8,0	5,6	4,3
Normale	16,5	13,9	10,1	5,5	3,0	1,7
Précipitations (mm)						
Observées	122,2	33,7	34,4	8,4	145,2	89,3
Normales	75,2	62,8	65,7	75,0	72,1	65,5

Pour le mois d'août, les températures moyennes sont relativement proches de la normale. Le mois de septembre 2011 a été caractérisé par des températures anormalement supérieures à la moyenne avec une température moyenne mensuelle de 16,0°C au lieu de 13,9°C. Le mois d'octobre a été caractérisé par des températures légèrement supérieures à la normale (+1,2 C). Enfin, durant le mois de novembre, des températures moyennes exceptionnellement supérieures à la normale ont été observées, avec 8,0°C au lieu de 5,5°C. Les mois de décembre 2011 et de janvier 2012 ont été marqués par des températures plus élevées que la température moyenne avec 5,6°C au lieu de 3,0°C pour le mois de décembre et 4,3°C au lieu

de 1,7°C pour le mois de janvier. A la fin du mois de janvier deux jours de gel et deux jours d'hiver ont été observés.

Les précipitations du mois d'août ont été supérieures à la moyenne avec 122,2 mm par rapport aux valeurs normales de 75,2 mm. Les mois de septembre et d'octobre ont été déficitaires avec 29,1 mm, 31,3 mm de précipitations de moins que la normale. Le mois de novembre présente un déficit particulièrement élevé en termes de précipitations avec 8,4 mm au lieu de 75,0 mm. Au niveau du déficit hydrique du sol, celui-ci a quasiment été résorbé au début du mois d'octobre grâce aux précipitations estivales et du début de l'automne. Le mois de décembre 2011 a été exceptionnellement pluvieux avec 145,2 mm de pluie observée. Enfin, durant le mois de janvier 2012 il y a eu 23,8 mm de précipitations de plus que la normale

1.3.1.2 Situation moyenne du profil en azote minéral du sol en février 2012

Un échantillonnage des profils en froment d'hiver a été réalisé **sur 90 cm**. Ces profils ont été réalisés par l'Unité Fertilité des sols et Protection des eaux du CRA-W et par GRENeRA (GxABT – Unité de Science du sol).

Tableau 4.7 – Comparaison pour les 10 dernières années des réserves en azote minéral du profil du sol (kg N/ha) – CRA-W.

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Moy
Nb de situations	7	10	12	12	11	33	25	30	45	48	
Profondeur											
0-30 cm	16	9	12	23	15	15	13	12	14	13	14
30-60 cm	15	22	30	24	26	25	21	17	19	20	22
60-90 cm	16	26	22	16	21	31	19	25	19	24	22
Total 0-90	47	57	64	63	62	71	53	54	51	56	58
90-120 cm	11	13	14	10	12	18	10	12	14	*	13
120-150 cm	11	12	12	9	11	17	7	12	13	*	12
Total 0-150	69	82	90	82	85	106	70	78	78		82

* Pas de mesures réalisées en 2012

1.3.1.3 Comparaison entre les précédents

Les quantités d'azote minéral disponibles dans les horizons supérieurs (0-60 cm) sont généralement faibles et varient de 17 à 46 kgN/ha respectivement pour les précédents froment et pomme de terre (tableau 4.17). Ces profils peuvent être considérés comme pauvres après la plupart des précédents (< 46 kg N/ha). Il faut cependant signaler que les valeurs extrêmes observées pour un même précédent sont très éloignées.

Suite aux précipitations abondantes, 40 à 50% de l'azote mesuré se trouvent dans l'horizon 60-90 cm pour les précédents pomme de terre, colza, légumineuses, lin et froment. Pour les précédents betteraves et maïs, cette proportion est de 30 à 40%.

4. La fumure azotée

Tableau 4.8 – Profil en azote minéral du sol sur 90 cm pour différents précédents (kg N/ha).

	Précédents	Betterave	Pomme de terre	Colza	Légumineuses (pois, fèveroles, ...)	Maïs	Lin	Froment
	Nb de situations	8	10	9	5	6	3	8
Profondeur	0-30 cm	12	13	12	13	21	9	8
	30-60 cm	14	33	18	22	22	21	10
	60-90 cm	16	34	22	32	21	29	17
	Total 0-90	42	80	52	67	64	59	35
	Min	29	54	27	36	39	45	10
	Max	61	117	84	94	109	70	50

Les profils moyens après pommes de terre, légumineuses et maïs sont plus élevés qu'en 2011. Les quantités d'azote moyennes mesurées après colza sont comparables à celles observées en 2011 mais largement inférieures aux valeurs observées les années antérieures à savoir 74 N/ha sur 90 cm en 2010 et 81 N/ha en 2009. Par contre, les profils après betteraves et froment sont, en moyenne, plus pauvres que pour les autres précédents et également plus pauvres que ceux observés en sortie d'hiver 2011.

1.3.1.4 Conseils en fonction de l'état des cultures

Beaucoup d'agriculteurs ont implanté leur froment tôt, parfois trop tôt (dernière décade de septembre). Les conditions d'implantation ont souvent été bonnes entraînant des levées rapides et homogènes. Les températures très clémentes tout au long de l'automne et du début de l'hiver ont favorisé un bon développement de la culture. Au moment de rédaction de ces conseils, il est trop tôt pour estimer d'éventuels dégâts de gel que pourraient avoir subi les froments.

Malgré le bon développement des froments, un schéma de fumure en 3 fractions sera privilégié dans la majorité des situations car l'azote disponible pour la culture se trouve en grande partie en profondeur et risque souvent de ne pas être directement accessible en quantité suffisante par la culture pour satisfaire ses besoins jusqu'au stade redressement.

Le schéma de fumure en 2 fractions sera réservé aux situations où les cultures sont déjà très développées (semis et régions précoces), où de l'azote est disponible en quantités suffisantes (redistribution fréquente de matière organique, précédent légumineuses, pomme de terre,...) et où aucune perte de plante liée au gel n'est constatée.

Ces conseils seront actualisés via les avertissements du CADCO en fonction du développement des cultures et des conditions météorologiques.

1.3.2 Les objectifs

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

culture de la verve 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 verve et de développement des maladies ;
- de satisfaire aux normes technologiques.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4. La fumure azotée

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

La culture peut être scindée en trois phases :

1.3.4.1 Du semis à la fin tallage

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

L'importance et les parts respectives de ces sources d'azote peuvent varier en fonction des situations pédoclimatiques et culturelles (figure 4.14).

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 tiges et absorbé l'azote nécessaire. Une fumure azotée à cette époque sera donc inutile. À 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 tiges.

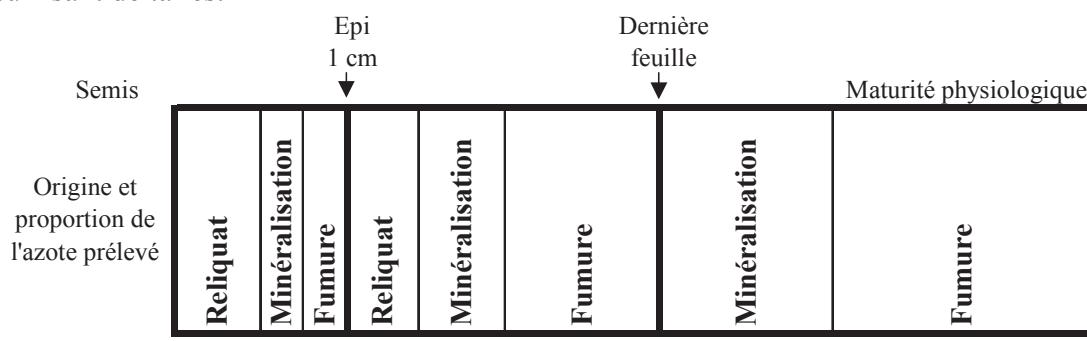


Figure 4.14 – Absorption d'azote par le froment d'hiver et son origine.

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

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

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

à optimiser le rendement photosynthétique de la culture (400 à 500 épis/m²) et à limiter les risques de verse.

1.3.4.3 *Du stade dernière feuille à la maturité*

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

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

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

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

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

1.3.5 La détermination pratique de la fumure

1.3.5.1 *Les principes*

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

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

Ces deux principes permettent de prendre en compte les variabilités de fourniture d'azote par le sol et l'évolution en cours de saison de la culture (potentiel de rendement, enracinement, maladies, stress ou accident éventuel).

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

4. La fumure azotée

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

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

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

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

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

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

Les modalités de calcul des doses à apporter à chaque parcelle sont exposées en détail dans le chapitre « conseils de fumures » (cfr §1.3.7).

1.3.6 Les modalités d'application des fumures

1.3.6.1 *Les moments d'application*

Deux modalités de fractionnement de la fumure azotée sont envisageables :

- **Apport en 3 fractions :**

- Tallage
- Redressement
- Dernière feuille

- **Apport en 2 fractions :**

- Intermédiaire tallage-redressement
- Dernière feuille

1.3.6.1.1 Fumure azotée en trois apports

Fraction tallage

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

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

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

Fraction redressement

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

Fraction dernière feuille

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

4. La fumure azotée

1.3.6.1.2. Fumure azotée en deux apports

Fraction intermédiaire

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

Fraction dernière feuille

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

1.3.6.1.3. Une fraction complémentaire à l'épiaison ?

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

Un autre danger des fumures tardives (après le stade dernière feuille) trop importantes est en effet de retarder la maturation de la culture, ce qui, certaines années, peut s'avérer préjudiciable (difficulté de récolte, perte de qualité, indice de chute de Hagberg insuffisant).

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

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

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

1.3.6.2 Deux ou trois fractions ?

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

Une fumure de tallage et donc un fractionnement en **trois apports est indispensable** dans les circonstances suivantes :

- structure de sol abîmée par des récoltes tardives ou en mauvaises conditions ;
- terre à mauvais drainage naturel ;
- sol complètement glacé ou refroidi, dégâts d'hiver, de traitements herbicides, de parasites, déchaussements, ... plus généralement dans les situations culturales où on

soupçonne que le système racinaire du froment se développera difficilement et ne permettra pas à la culture de trouver dans le sol les quantités minimales d'azote dont elle a besoin pour assurer le développement d'un nombre suffisant de tiges ;

- sol avec de faibles disponibilités en azote en sortie hiver.

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

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

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

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

4. La fumure azotée

1.3.7. Calcul de la fumure azotée pour 2012

Deux fumures de références :

En trois fractions : fractionnement à privilégier dans un bon nombre de situations en 2012.

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

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

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

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

- *Problème de structure*
- *Problème de drainage*
- *Sol glacé, dégâts d'hiver ou d'herbicide, déchaussement, ...*
- *Besoin en paille élevé sur l'exploitation*
- *Semis tardif (décembre) et précédent arraché tardivement (épuisement du profil N)*
- *Végétation trop claire en sortie hiver*
- *Classe N ORGA 1 (voir définition de la classe de richesse des matières organiques, page 27 de cet article)*

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

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

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>		

4. La fumure azotée

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. 36)					
Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1 ^{ère} fraction T	2 ^{ème} fraction R	3 ^{ème} fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					
Parcelle 3					

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

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

Il s'agit ici de se placer dans une des catégories proposées en tenant compte beaucoup plus du régime des restitutions que des teneurs en matières organiques suite à l'analyse de sol. En effet, ces teneurs, même élevées, peuvent traduire une mauvaise dynamique et une lente minéralisation de la matière organique.

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

2.2 Détermination des valeurs de N.ORGANIQUE pour chaque fraction

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

4. La fumure azotée

N. ORGA RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 36)					
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.

Pour rappel :

Les fumures en deux fractions ne sont pas conseillées en 2012 sauf dans les situations où

- les froments sont bien développés ;
- l'azote est présent en suffisance dans le sol et directement accessible pour la culture pour assurer un développement correct jusqu'au redressement.

PRECEDENT CULTURAL	N. PREC. POUR				
	3 fractions			2 fractions	
	1 ^{ère} T	2 ^{ème} R	3 ^{ème} DF	T-R	3 ^{ème} DF
Betteraves et chicorées arrachées en octobre	0	0	0	0	0
Betteraves et chicorées arrachées en novembre ou décembre	+10	+10	0		Non recommandé
Pois protéagineux	-20	-20	0	-30	-10
Féveroles, pois de conserverie, haricots	-20	-20	0	-30	-10
Colza	-10	-10	0	-10	-10
Lin	-0	-10	0	-10	0
Pomme de terre	-20	-10	-10	-20	-20
Maïs ensilage	+10	+10	0		
Chaumes	+10	+10	0		Non recommandé
Pailles sans azote et maïs grain	+10	+10	0		
Ray-grass de 2-3 ans ou prairies temporaires	0	0	0	0	0
Légumes (épinard, choux, carottes)	(Analyser et consulter)				

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

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

Après légumes : 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. 36)					
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. La fumure azotée

4.1 Pour la fraction du TALLAGE

4.1.1 *Détermination de l'état de la culture*

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

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

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

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

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

Total des quatre valeurs retenues = indice ETAT à reporter dans le tableau
4.1.2.

4.1.2 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

N. ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 36)	
Vos parcelles	
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.

4. La fumure azotée

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

Vos parcelles	N. ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 36)
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

4.3 Pour la fraction de la DERNIERE FEUILLE

Détermination des valeurs de N.ETAT pour la fraction de la dernière feuille

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
Végétation trop faible	+ 10
Végétation normale	0
Végétation trop forte et/ou présence importante de maladies	- 20
<i>Incrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

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

Vos parcelles	N. ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 36)
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

5 Détermination DE N.CORR

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

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

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

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

5.1 Pour la fraction de TALLAGE

La fraction de tallage ne doit pas dépasser 100 unités par hectare. Si la culture présente trop de facteurs défavorables (terre mal drainée, à très mauvaise structure, précédent paille, densité insuffisante, plantes déchaussées), le potentiel de rendement de la culture est affaibli. Dans ce cas, tout excès de fumure contribuerait à le réduire encore.

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. 36)
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.

4. La fumure azotée

Dans le cas particulier de TER 3, si la quantité appliquée en 1^{ère} fraction plus celle prévue en 2^{ème} fraction dépasse 160 unités, on limite le 2^{ème} apport et on reporte la quantité en excès sur la 3^{ème} fraction.

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

Il faut apporter à la deuxième fraction:

$$90-10=80 \text{ unités}$$

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

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

Détermination de N.CORR pour la fraction de redressement

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

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

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

5.2.2 Fraction intermédiaire (2 apports)

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

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

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

5.3 Pour la fraction de dernière feuille

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

5.3.1 Fumure en trois apports

TYPE DE TER		Valeur de N.CORR.
TER 0, 1 et 2	180 N - 1 ^{ère} fraction - 2 ^{ème} fraction = A Si A = 0 plus	0
	Si A = valeur inférieure à 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

4. La fumure azotée

N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 36)	
Vos parcelles	
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

5.3.2 Fumure en deux apports

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

N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 36)	
Vos parcelles	
Parcelle 1	
Parcelle 2	
Parcelle 3	

6 Calcul de la fumure

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

Parcelle 1

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

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

Parcelle 2

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

4. La fumure azotée

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

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

FRACTIONNEMENT EN TROIS APPORTS

Fumure de tallage

1. Détermination de N.TER

Région.....	4	
Drainage	0	
Structure	0	
Total TER	4	N.TER = 0

2. Détermination de N.ORGANIQUE

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

3. Détermination de N.PREC

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

4. Détermination de N.ETAT

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

5. Détermination de N.CORR

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

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

Fumure de redressement

1. Détermination de N.TER

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

2. Détermination de N.ORGANIQUE

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

3. Détermination de N.PREC

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

4. Détermination de N.ETAT

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

5. Détermination d'un éventuel N.CORR

..... Fraction de tallage + fraction redressement = $30 + 60 = 90$	
..... On ne dépasse pas le maximum de 150 N d'où	N.CORR = 0

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

Fumure de dernière feuille

1. Détermination de N.TER

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

2. Détermination de N.ORGANIQUE

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

3. Détermination de N.PREC

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

4. Détermination de N.ETAT

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

5. Détermination de N.CORR

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

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

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

FRACTIONNEMENT EN DEUX APPORTS**Fumure de la fraction intermédiaire**

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

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

Fumure de dernière feuille

1. Détermination de N.TER					
TER	4	.....	N.TER = 0		
2. Détermination de N.ORG A					
ORG A.....	2	.....	N.ORG A = 0		
3. Détermination de N.PREC					
Bett. fe. enf.....		.....	N.PREC = 0		
4. Détermination de N.ETAT					
Végétation normale	ETAT 2	.....	N.ETAT = 0		
5. Détermination de N.CORR					
Première fraction = 80.....		.....	N.CORR = 0		

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

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

2 La fumure en escourgeon

2.1 Aperçu de l'année

Malgré des rendements en baisse de près de 10 % en moyenne par rapport à 2010 (tableau 4.9), et suite aux prix intéressants à la récolte, la campagne 2011 en escourgeon reste satisfaisante. Les pluies arrivées après épiaison ont permis un remplissage des grains tout à fait exceptionnel ; éliminant les craintes légitimes qu'on avait pu avoir pendant la sécheresse. Celle-ci a eu pour conséquence négative essentielle d'entraîner un déficit important de la minéralisation du sol.

De très bons rendements étaient possibles, au vu des résultats expérimentaux, avec une fumure azotée significativement renforcée pour compenser les déficits qui ont à l'évidence été aussi importants qu'en 2010. Les reliquats d'azote en sortie d'hiver étaient, les 2 années, très faibles. En 2010, le printemps avait aussi été très sec. A Lonzée, dans les traitements généralisés, le renforcement de la fumure par rapport à la fumure de référence a été de 20 N (+10 N au redressement et +10 N en dernière feuille = total de 170 N). Ce renforcement était insuffisant dans la majeure partie de la plate-forme (voir § 2.2.2 entre autres) alors qu'il était superflu dans l'essai sur le fractionnement de la fumure azotée (ES11-04 voir § 2.2.1).

Tableau 4.9 – Rendements moyens en kg/ha observés dans les essais « variétés d'escourgeon », réalisés par le CRA-W et Gx-ABT dans différentes régions.

	Gembloix	Condroz	Lonzée
2011	9788	7500	9343
2010	10430	8260	11631

2.2 Résultats des expérimentations sur le site de Lonzée

L'essai ES11-04 a étudié le fractionnement de la fumure azotée en 2011 ; il a été réalisé sur la variété Cervoise. Il est comparé avec les résultats moyens des deux essais jumeaux réalisés en 2010 sur Cassata (Orge d'hiver 2 rangs) et Volume (variété hybride). En 2011 un régulateur a été appliqué, ce qui n'était pas le cas en 2010. Aucune verre n'avait été observée en 2010 tandis qu'après l'orage du 28 juin 2011 un peu de verre passagère a été observée dans les parcelles où la fumure azotée atteignait le total de 140 N pour les deux premières fractions (tallage + redressement).

Pour rappel (voir l'article fumure en escourgeon du Livre Blanc de février 2011) les deux essais de 2010 avaient donné exactement les mêmes réponses et conclusions ; à savoir :

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

Pour cette raison, les résultats de 2010 dans le tableau 4.10 reprennent les données de 2010 sous forme de moyennes.

Tableau 4.10 – Rendements (q/ha) obtenus pour différentes doses et fractionnements de la fumure azotée testés dans les essais orge d'hiver en 2010 et 2011 – GxABT

Fumure azotée (kgN/ha)				Rendement (q/ha)	
Tallage	Redressement	Dernière feuille	Totale	2011	2010
				Cervoise	Moy de 2 essais
0	0	0	0	42	63
35	0	0	35	61	75
0	70	0	70	88	92
35	35	0	70	82	89
0	105	0	105	100	101
35	70	0	105	100	99
105	0	0	105	89	97
0	140	0	140	107	102
35	105	0	140	105	103
0	105	35	140	103	107
35	70	35	140	102	105
140	0	0	140	96	103
0	105	70	175	107	110
35	70	70	175	101	108
0	105	105	210	105	112
35	70	105	210	105	110

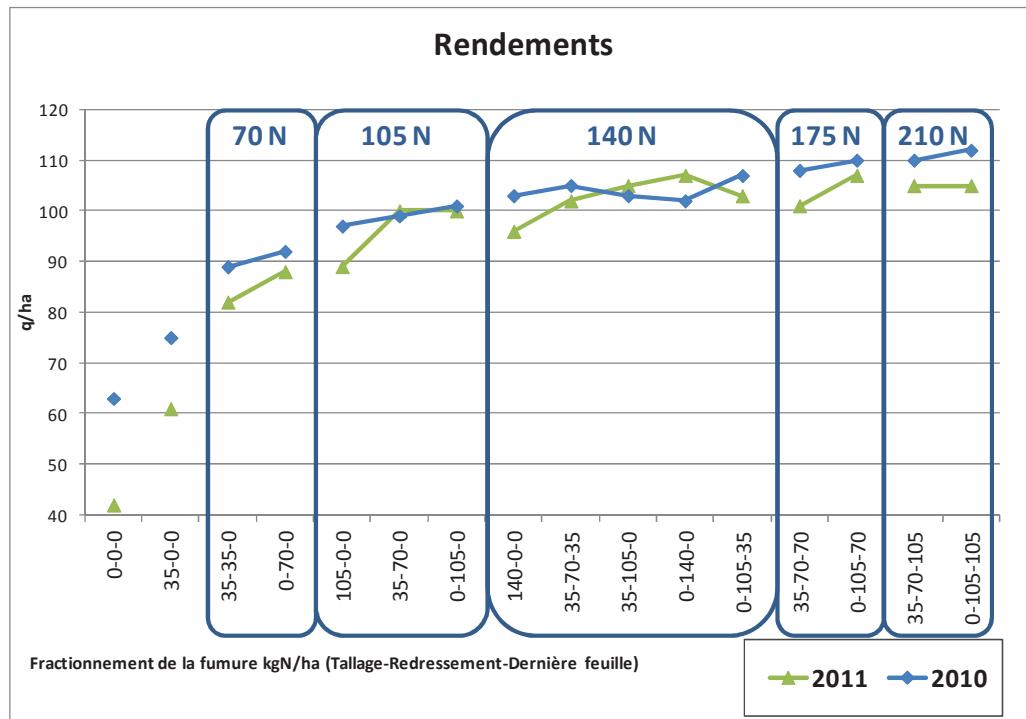


Figure 4.15 – Rendements (q/ha) obtenus pour doses et fractionnements de la fumure azotée testés dans les essais orge d'hiver en 2010 et 2011 – GxABT.

4. La fumure azotée

De l'examen du tableau et de la figure, on constate que :

- En 2011, les rendements augmentaient avec la dose totale d'azote apportée à la culture jusqu'à 175 kgN/ha ce qui n'était pas le cas en 2010 où la culture avait valorisé des apports de 210 kgN/ha;
- Les meilleurs rendements phytotechniques ont été atteints en 2011 avec des fumures allant de 140 kgN/ha à 175 kgN/ha;
- Pour une même dose totale d'azote, la fraction de redressement était mieux utilisée en 2010 et 2011 que la fraction de tallage ;
- En 2011, un total de 140 kgN/ha pour les fumures tallage+redressement pouvait être valorisé alors qu'en 2010 ce total ne dépassait pas 105 kgN/ha ;
- On passera sous silence le très bon résultat obtenu avec 140 N au redressement en 2011 dans l'essai ES11-04 ; cette fumure est en effet déconseillée (garantie de verse importante en année normale).

2.3 Les recommandations pratiques

2.3.1 Conditions particulières de 2012, profil en azote minéral du sol en escourgeon

Dix prélèvements ont été effectués sous escourgeons à la mi-janvier 2012. On y a trouvé en moyenne 30 unités d'azote dans les profils de 90 cm (avant une variation allant de 15 à 67N). Ce total moyen, de même que la répartition dans le profil, est similaire aux analyses de profils des 3 dernières années (2009-2011) et nous amène à ne pas modifier la fumure de référence qui reste : 20N – 90N – 60N.

Suite au climat très doux depuis le semis jusqu'à la fin- janvier les escourgeons sont très souvent d'une densité de population exceptionnellement élevée, avec en outre des stades de développement bien avancés : le stade « stries » (ébauches des nœuds et entrenoeuds à la base de l'épi) était déjà visible sur les maîtres talles en début février. Cela devrait amener le plus souvent à prendre la décision de faire l'impasse de la fumure de tallage, la fumure de référence devenant : 0N – 90N – 60N.

Il faudra voir si l'hiver très rude qui sévit maintenant depuis le début du mois de février causera des dégâts en culture, ce qui pourrait amener à modifier les conseils.

Tableau 4.11 – Profils moyens en azote minéral du sol observés sous culture d'escourgeon.

	Printemps 2012(10)	Printemps 2011(6)	Printemps 2010 (5)	Printemps 2009 (4)	Printemps 2008 (4)
Profondeur (cm)	kgN /ha	kgN /ha	kgN /ha	kgN /ha	kgN /ha
0-30	9	10	9	9	10
30-60	9	12	7	7	16
60-90	12	10	9	10	25

2.3.2 La détermination pratique de la fumure

La fumure azotée doit être raisonnée pour chaque parcelle individuellement.

Fumure de référence pour l'escourgeon :

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

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

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

2.3.3 Les modalités d'application de la fumure azotée

2.3.3.1 *La fraction au tallage*

En région limoneuse et sablo-limoneuse, les conditions favorables devraient conduire le plus souvent à faire l'impasse de la fumure de tallage en cumulant la dose prévue à ce stade avec la fumure de redressement. **La fumure de référence devient alors : 0 N – 90 N – 60 N.**

Lorsqu'on fait l'impasse de la fumure du tallage, il est important de respecter le stade d'application de la fumure du redressement. Faire l'impasse de toute fumure avant le stade 1^{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 ».

Il ne convient pas de supprimer complètement la fumure de tallage dans les parcelles peu fertiles ou trop froides, même en Hesbaye. Mais une dose d'azote trop importante (au delà de 50 unités) aurait comme effet de provoquer un développement de talles surnuméraires, non productives et génératrices d'ennuis (densité de végétation trop forte, verse, maladies, ...).

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

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

2.3.3.2 La fraction au redressement

A partir du redressement, les besoins de l'escourgeon deviennent importants. Les disponibilités à ce stade doivent être suffisantes pour couvrir les besoins afin d'éviter toute faim azotée mais, comme pour le tallage, il est inutile, quelles que soient les situations, d'appliquer des fumures excessives au risque d'entraîner ultérieurement des problèmes de verse, maladies, ... Pour ces raisons, **la somme des fractions tallage et redressement devrait être limitée à 115 N.**

2.3.3.3 La fraction à la dernière feuille

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

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

2.3.4. Calcul de la fumure azotée pour 2012

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

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

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

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

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

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

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

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

1.1 Définition de l'indice TER de la parcelle

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

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

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

4. La fumure azotée

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

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

1.2 Définition des valeurs de N.TER pour chaque fraction

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

Indice TER (Type de terre)	VALEUR DE N.TER POUR LA		
	1 ^{ère} fraction	2 ^{ème} fraction	3 ^{ème} fraction
TER 0 et 1	+ 15	+ 20	+ 5
TER 2	+ 15	+ 15	0
TER 3	0	+ 20	0
TER 4	0	0	0
TER 5	- 10	- 20	+ 10

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

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

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

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

2.2 Détermination des valeurs de N.ORGANIQUE pour chaque fraction

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

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

3 Détermination de N.PREC, fonction du précédent

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

4. La fumure azotée

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

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

4.1 Pour la fraction du TALLAGE

4.1.1 Détermination de l'état de la culture

STADE DE LA CULTURE AU DEBUT MARS	Valeur
Fin tallage	5
Plein tallage	4
Début tallage	3
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

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

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

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

**Total des quatre valeurs retenues = indice ETAT à reporter dans le tableau
4.1.2.**

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

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

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

4. La fumure azotée

4.2 Pour la fraction de REDRESSEMENT

Détermination de N.ETAT pour la fraction du redressement

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
Végétation trop faible ou irrégulière	+ 20
Végétation normale	0
Végétation trop forte	- 20

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

4.3 Pour la fraction de la DERNIERE FEUILLE

Détermination des valeurs de N.ETAT pour la fraction de dernière feuille

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
Végétation trop faible	+ 20
Végétation normale	0
Végétation trop forte et ou présence importante de maladies	- 20
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

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

5 Détermination DE N.CORR

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

5.1 Pour la fraction de tallage

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

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

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

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

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

5.2 Pour la fraction de redressement

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

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

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

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

5.3 Pour la fraction de dernière feuille

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

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

4. La fumure azotée

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

6 Calcul de la fumure

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

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

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

3 Nutrition azotée de l'épeautre en Ardenne et en région limoneuse

E. Escarnot¹, B. Seutin², M. De Toffoli³, R. Lambert³, F. Vancutsem⁴

3.1 Introduction

Les besoins en azote de l'épeautre sont généralement basés sur ceux du froment qui ont été largement étudiés et pour lequel des conseils sont dispensés annuellement par le Livre Blanc. Dans le Livre Blanc de février 2008, les grandes lignes à suivre pour la fertilisation d'une culture d'épeautre avaient été rappelées en ces termes :

Sachant qu'il est possible d'atteindre des niveaux de rendement très importants avec de faibles populations d'épis, il est dès lors inutile d'exacerber la végétation en début de culture par des apports de fumure élevés. De plus, à rendement égal par rapport au froment mais sous forme de grains vêtus contenant de 20 à 25 pourcents d'enveloppes, les besoins totaux de l'épeautre en azote minéral sont inférieurs à ceux du froment.

Tenant compte de ces considérations, la fumure azotée de l'épeautre doit être réduite de 30-40 unités par rapport à un froment cultivé dans les mêmes conditions. Cette réduction de fumure doit se faire sur les applications de tallage et de redressement. A partir des recommandations faites dans ce livre blanc pour le froment et en tenant compte des spécificités de l'épeautre, le tableau présente quelques exemples de fumure azotée (dose totale et fractionnement).

Tableau 4.12 – Préconisations de fumure azotée pour l'épeautre dans une situation de référence identique pour un froment de betterave – feuilles enfouies.

Situation	Dose d'azote en u.N/ha					
	Total	T	T-R.	R	2N	DF
Sols limoneux	140	40	-	40	-	60
	-	70	-	-	-	70
Régions froides	160	50	-	50		60
	80	-	-	-	70	-

T = tallage, R = redressement, 2N = 2 nœuds, DF = dernière feuille

En sol limoneux ou dans des situations de sols à minéralisation hâtive au printemps, il ne se justifie pas d'intervenir tôt au printemps et en tout cas ne pas dépasser des apports de 40 unités d'azote par hectare. Dans les zones traditionnelles de la culture de l'épeautre, caractérisées par un printemps tardif et froid où la minéralisation est faible, le renforcement

¹ CRA-W – Dpt Sciences du Vivant – Unité Amélioration des Espèces et Biodiversité

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

³ UCL – Eart of Life Institute – Pôle Agronomie

⁴ Gx-ABT – Unité de Phytotechnie des régions tempérées

4. Fumure azotée

sans exagération de la fumure de tallage peut être bénéfique. Cet apport de tallage ne doit pas être trop précoce et se faire au moment de la pleine reprise de végétation (en Condroz, après le désherbage antigraminées pour ne pas activer les vulpins). En outre, suite à la minéralisation importante aux mois de mai et juin, l'application au stade dernière feuille n'est pas toujours indispensable surtout dans les sols à haute teneur en humus comme c'est souvent le cas en Ardennes où le fractionnement en 2 apports au tallage et au stade 2 nœuds est le plus approprié.

Les conseils prodigués jusqu'à présent se calquaient sur ceux du froment et répondaient à la problématique de la culture d'épeautre en veillant à la sensibilité à la verse. Cependant, même si l'épeautre est une espèce proche du froment, il est important d'en évaluer les besoins azotés et leur fractionnement au cours du développement de façon plus précise.

A notre connaissance, aucune étude récente ne fournit d'information sur les besoins azotés de l'épeautre et leur répartition autant en région limoneuse qu'en région froide (Ardenne). Afin de répondre à ce manque de connaissance, Gembloux Agro-Bio Tech (ULg - Unité de phytotechnie tempérée), l'UCL (ELla-membre scientifique de la structure d'encadrement Nitrawal), le Centre de Michampsasbl et le CRAW (Unité Amélioration des espèces et biodiversité) ont mené deux expérimentations.

3.2 Description des essais

Deux essais ont été mis en place en Ardenne au Centre de Michamps et en région limoneuse, aux Isnes. La variété Cosmos, la plus cultivée en Belgique, a été choisie comme référence. L'essai comportait 4 répétitions et 20 modalités de fumure azotée. Les parcelles avaient une superficie de 30 m² à Michamps et de 16 m² aux Isnes. L'itinéraire cultural est présenté dans le Tableau 4.13.

Tableau 4.13 – Itinéraire cultural des essais implantés aux Isnes et à Michamps.

Lieu	Isnes		Michamps	
Intervention	Modalités	Date/stade	Modalités	Date/stade
Précédent	Froment	-	Avoine	-
Semis	250 g/m ²	22 octobre 2010	250 g/m ²	22 octobre 2010
Fumure	Selon modalités	15 mars 2011, T 14 avril 2011, R 9 mai 2011, DF	Selon modalités	22 mars 2011, T 28 avril 2011, R 16 mai 2011, DF
Désherbage	Atlantis 300g + Hussar 150g + Végétal 1L Starane Kombi 2L Vent léger ouest 12h 18°	23 mars 2011 8 avril 2011	Atlantis 200g + Lexus XPE 25g + Starane Kombi 1,25L + Huile 1L	2 mai 2011
Raccourisseur	CCC 1L Vent faible 22°	19 avril 2011	Non nécessaire	-
Fongicide	Opus 0,5L + Bravo 1L + Flexity 0,5L Prosaro 1L/ha	5 mai 2011, 2N 6 juin 2011, épiflo	Opus team 1,5L	16 mai 2011, DF
Insecticide	Okapi 0,75L/ha	20 mai 2011	-	-
Récolte	-	2 août 2011	-	16 août 2011
Reliquat N	25 UN/ha	printemps 2011	68 UN/ha	printemps 2011

3.3 Résultats et analyse

3.3.1 Rendements phytotechniques

- Il est difficile de créer des groupes de rendements statistiquement valables en revanche il faut savoir que la plus petite différence significative s'élève à 5.4 q/ha aux Isnes et à 4.8 q/ha à Michamps. Cela signifie que si le rendement de deux modalités n'est pas différent d'au moins cette valeur, la différence n'est pas statistiquement significative.
- Sans apport d'azote, les rendements sont de 57 q/ha aux Isnes et de 44 q/ha à Michamps.

- Le rendement moyen de l'essai, toutes fumures confondues, s'élève à 82 q/ha aux Isnes et à 66 q/ha à Michamps. Cette différence de rendement de 15 q/ha se retrouve à tous les niveaux de fumure étudiés et met en évidence la limitation du potentiel de rendement en zone froide pour une même variété. Parallèlement à cette constatation, il faut mentionner que certaines interventions peuvent être omises en Ardenne comme le régulateur de croissance en 2011 alors que ceci n'était pas envisageable aux Isnes.
- Le rendement maximal est atteint avec la dose maximale d'azote soit, 300 UN/ha fractionnée en 3 apports de 100 UN/ha au tallage, au redressement et à la dernière feuille aux Isnes et à Michamps. Aux Isnes, des niveaux de rendement statistiquement équivalents ont été obtenus avec des niveaux de fumures nettement inférieurs, à savoir des apports totaux de 200 ou 225 UN/ha.

Tableau 4.14 – Rendements en q/ha obtenus pour les 20 fumures dans chacun des sites de Michamps et des Isnes et différence de rendement entre les deux sites pour chacune des fumures.

Objet	Azote UN/ha				Rendements q/ha		Différence de rendement
	T	R	DF	Tot	Isnes	Michamps	
1	0	0	0	0	57	44	13
2	50	0	0	50	73	58	15
3	0	50	0	50	64	56	8
4	0	0	50	50	63	51	12
5	50	50	0	100	83	67	16
6	50	0	50	100	71	66	5
7	0	50	50	100	74	61	13
8	100	0	0	100	85	70	15
9	0	100	0	100	76	60	17
10	0	0	100	100	68	57	11
11	50	50	50	150	89	69	21
12	75	75	0	150	94	78	16
13	75	0	75	150	89	70	19
14	0	75	75	150	81	62	18
15	100	100	0	200	100	78	22
16	100	0	100	200	95	79	16
17	0	100	100	200	86	71	16
18	75	75	75	225	99	79	19
19	100	100	100	300	100	83	17
20*	45	55	60	160	90		
21*	40	50	55	145		71	
Moyenne				82	66	15	

* : Les fumures appliquées aux objets 20 et 21 ont été calculées selon la méthode du Livre blanc

Les cases grises représentent les maxima de rendement obtenus dans chaque essai ou des rendements statistiquement équivalents.

3.4 Impact du fractionnement

Comme en froment, le rendement de l'épeautre est lié à la dose totale d'azote apporté mais aussi au rythme d'apport de l'azote (figure 4.16).

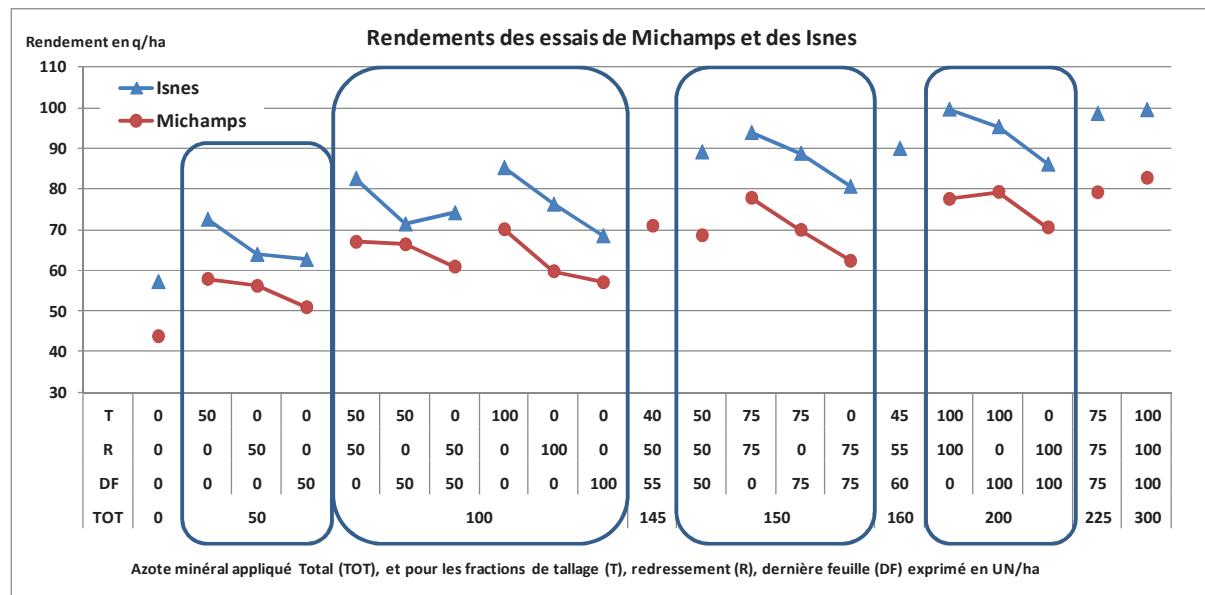


Figure 4.16 – Rendements (q/ha) obtenus sur les sites des Isnes et Michamps.

- Lorsque la fumure azotée est apportée en un seul passage, plus l'apport est tardif plus le rendement diminue. Il faut rappeler que l'année 2011 est particulière et comme ceci a été démontré dans l'article traitant de la fumure du froment, la fraction de tallage était primordiale pour assurer le rendement. Pour un apport de 100 UN/ha, la diminution de rendement entre le stade tallage et dernière feuille s'élève à 17 q/ha en zone limoneuse et à 13 q/ha en zone froide.
- Lorsque la fumure est apportée en deux fractions :
 - Par rapport à une dose égale de 100 UN/ha dispensée en une seule application au tallage, le fractionnement en 2 x 50 UN/ha n'apporte pas de gain de rendement en 2011.
 - Pour une dose totale de 100 ou 150 UN/ha, les rendements les plus élevés sont à nouveau obtenus avec deux apports de 50 ou 75 UN/ha aux stades tallage et redressement autant en région limoneuse qu'en Ardenne.
 - Pour une dose totale de 200 UN/ha, le rendement maximal est atteint en région limoneuse encore avec des apports aux stades tallage et redressement. Ceci n'est pas exactement le cas en région froide. En effet, le fractionnement tallage et redressement a permis d'obtenir un rendement de 78 q/ha alors que le fractionnement tallage et dernière feuille a donné un rendement de 79 q/ha. Cette différence n'est pas statistiquement significative et ne permet pas à ce stade de conclure que le fractionnement doit être différent en région froide et en région limoneuse.
- Les apports de la fumure en 3 fractions n'ont pas permis d'augmenter les rendements. Un fractionnement en 3 fois 50 UN/ha donne un rendement similaire à celui d'un

fractionnement de tallage et dernière feuille (2×75 UN/ha) qui comme vu précédemment n'est pas le meilleur fractionnement.

- Selon la méthode du Libre blanc, les apports croissants avec le stade de la culture totalisent 160 UN/ha aux Isnes et 145 U/ha à Michamps. Ces fractionnements offrent un rendement inférieur à celui de 150 UN/ha pour autant que ce dernier ait été réalisé en 2 apports aux fractions de tallage et de redressement. En effet, à Michamps le rendement est de 78 q/ha pour 150 UN/ha (T+R) et de 71 q/ha pour 145 UN/ha. La même observation est faite aux Isnes, où sont obtenus 94 q/ha et 90 q/ha correspondant respectivement à 150 et 160 UN/ha. Cette année, la dynamique d'apports croissants n'était pas valable pour la culture d'épeautre en région limoneuse et en Ardenne.
- L'analyse des apports totaux de 225 et 300 UN/ha apporte une vision intéressante sur le potentiel de rendement de la culture. En région limoneuse, l'apport des 75 UN/ha supplémentaire ne permet d'augmenter le rendement que d'un q/ha alors que ce supplément permet de gagner 4 q/ha en Ardenne. Il est clair que les niveaux de rendements atteints en région limoneuse sont bien supérieurs à ceux de l'Ardenne, avec une différence de rendement de 19 q/ha avec 225 UN/ha et de 17 q/ha avec 300 UN/ha entre les deux régions.

3.5 Fumure économiquement optimale

Le rapport entre l'apport d'azote et le rendement ne suffit pas pour orienter un choix de fumure mais doit être complété au minimum par le coût de l'azote et le prix de vente de l'épeautre. L'azote à 27% N solide a été considéré à 280 €/T et l'épeautre à 190 €/T pour 2011 (Tableau 4.15).

Tableau 4.15 – Différence vente de l'épeautre et coût de l'azote (€/ha).

Azote UN/ha				Différence vente-coût azote €/ha		Nbre de passage
T	R	DF	Tot	Isnes	Michamps	
0	0	0	0	1087	832	0
50	0	0	50	1327	1048	1
100	0	0	100	1517	1228	1
75	75	0	150	1629	1323	2
100	100	0	200	1686	1266	2
100	0	100	200	1604	1299	2
75	75	75	225	1640	1271	3
100	100	100	300	1580	1261	3
45	55	60	160	1544	-	3
40	50	55	145	-	1198	3

Au sein de chaque groupe d'apport azoté total, la/les répartitions les plus avantageuses ont été retenues. Il en ressort que la fumure qui permet le gain économique maximal est celle correspondant à 200 UN/ha en région limoneuse et à 150 UN/ha en Ardenne en 2 apports. Aux Isnes, il est possible de limiter la fumure à 150 UN/ha au lieu de 200 UN/ha mais toujours avec deux passages, entraînant une perte de 57 €/ha.

4. Fumure azotée

Lorsque les seuils respectifs de 150 et 200 UN/ha pour l'Ardenne et la région limoneuse sont franchis, la rentabilité économique diminue.

D'après les résultats 2011, il semble possible de limiter à un seul passage l'apport d'azote et donc de fournir 100 au lieu de 150 UN/ha, mais ceci engendre une perte de 112 €/ha en région limoneuse et 95 €/ha en Ardenne. Pour rappel, une dose trop importante d'azote aux stades tallage et/ou redressement peut accentuer les problèmes de verse, cette méthode n'est donc pas conseillée. Enfin, fournir moins de 100 UN/ha relève d'un choix éthique.

La recommandation d'apport azoté émise par le Livre Blanc pour la saison 2011 était de 185 UN/ha pour le froment d'hiver après betteraves. Cette fumure froment doit être renforcée de 10 UN/ha au tallage et au redressement à cause du précédent paille soit une dose totale de 205 UN à laquelle il faut soustraire 30 N pour une culture d'épeautre soit une fumure de 175UN/ha aux Isnes. Suite à un conseil de fumure revu à la baisse suite à la sécheresse, 15 N ont été retirée de la fraction de dernière feuille (avis CADCO mai 2011). Ces recommandations semblent être sous-estimées. L'apport optimal calculé dans le cadre de cet essai indique 200 UN/ha pour l'épeautre.

3.6 Conclusion

L'apport important nécessaire au tallage et au redressement constaté pour cette première année d'essai n'indique pas si cela provient de l'année particulière marquée par une sécheresse printanière et/ou si l'épeautre a des besoins précoces, et/ou si c'est une plante capable de prélever précocement, en grande quantité l'azote et de l'utiliser pour le rendement. Malgré une année particulière sur le plan climatologique, les résultats des essais et les différences qui ressortent entre Michamps et les Isnes, semblent globalement cohérents. Il ressort de cette première année d'essai que les fumures optimales étaient respectivement de 150 et 200 UN/ha en Ardenne et en région limoneuseen 2011. La différence de valeur entre les fumures optimales semble logique connaissant le contexte pédoclimatique plus difficile de l'Ardenne.

L'ensemble des résultats et de cette analyse mérite d'être confirmé par d'autres années d'essais.