

Fertilisation azotée du blé

limiter le nombre d'apports en

Pour assurer une bonne teneur en protéines sans pénaliser le rendement et sans apporter de l'azote en excès, le fractionnement de l'apport d'azote en trois passages voire quatre s'est généralisé. Une série d'expérimentations s'est déroulée de 1998 à 2002 sur le décalage du premier apport d'azote afin de limiter à deux le nombre de passages. Elles fournissent les mêmes résultats pour la stratégie en trois apports et pour la stratégie de l'apport décalé.

La recherche d'une qualité répondant aux besoins des marchés est devenue un objectif majeur de production des agriculteurs. Parmi les critères de qualité, la teneur en protéines est le plus souvent mise en avant.

Le mode de fractionnement de la dose d'azote permet de conforter voire de faire progresser cette teneur. La multiplication des apports se généralise donc. Le nombre de passages d'azote est passé en quelques années de deux à trois voire quatre.

Un constat et un souci exprimés par les agriculteurs sont à l'origine des travaux démarrés en 1998 en Centre-Est sur le

mode de fractionnement de la dose apportée :

► le souci provient de leur volonté de limiter le nombre de passages sur leurs cultures, pour maîtriser leur coût de production dans un contexte de baisse des prix, tout en répondant aux exigences de qualité du marché ;

► le constat porte sur la valorisation médiocre de l'azote du premier apport, dont le coefficient apparent d'utilisation est de l'ordre de 40 %. Dans bon nombre de cas, ce premier apport est susceptible d'être réalisé plus tard (cf. *Etude de la méthode de la "bande double densité" ou méthode "Limaux"*) ou supprimé et intégré dans les apports suivants.

La technique de "l'apport décalé" étudiée en Centre-Est de 1998 à 2002 permet de ne pas augmenter le nombre de passages en regroupant le premier et le deuxième apport classiques, tout en maintenant un apport à la montaison.

Voyons quelles en sont les performances par rapport à la stratégie en trois apports.

Grouper les deux premiers apports

La méthode proposée, telle qu'elle a été définie au début de l'étude, est donc basée sur un "apport décalé" dans le temps (figure 1) :

► le premier et le deuxième apports classiques (apport au

tallage et apport au stade épi 1 cm) sont regroupés. Le premier épandage d'azote de la méthode est ainsi retardé jusqu'à 15 jours avant le stade épi 1 cm (stade habituel du deuxième apport classique). La dose apportée est égale à la dose bilan moins 40 unités, soit la somme des deux premiers apports lorsqu'on est en stratégie classique en trois apports ;

► le deuxième épandage d'azote de cette méthode correspond au troisième apport de la stratégie classique en trois apports : il est réalisé au gonflement, soit 6 à 8 semaines après le premier apport. Son niveau est de 40 unités.

Vingt expérimentations de 1998 à 2002

De 1998 à 2002, vingt expérimentations ont abordé ce thème en région Centre-Est (Alsace, Bourgogne, Auvergne et Rhône-Alpes). Elles ont été conduites dans des milieux très divers. Les types de sol ont des potentialités, mais aussi des comportements vis-à-vis de l'azote très différents. Ainsi, l'amplitude des valeurs de reliquats est de 5 à 130 kg N-NO₃/ha. Ces sols ne sont cependant pas sujets à l'excès d'eau.

Les conduites de culture sont optimisées. Les dates de semis sont en particulier majoritairement précoces –octobre à

Yves Drieu
ydrieu@itcf.fr
Michel Mangin
mmangin@itcf.fr
ARVALIS
Institut du végétal

avec la collaboration des équipes
régionales Centre-Est

conservant l'avantage protéines



début novembre-, ce qui suppose des croissances rapides et des débuts de tallage avant l'hiver.

Dans ces expérimentations, la méthode de l'«apport décalé» a été mise en œuvre sur la base d'une dose totale égale à la dose bilan avec un apport de 40 unités à la montaison.

Les performances ont été comparées à dose totale égale au fractionnement en trois apports ainsi qu'à la dose optimale *a posteriori*.

Depuis l'année 2000, le pilotage de l'apport de 40 unités à la montaison a été introduit comme modalité supplémentaire.

Enfin, en 2001, l'idée de reporter en montaison 80 unités au lieu de 40 a été émise, avec l'objectif de limiter le niveau du premier apport décalé à X-80 au lieu de X-40. Cette modalité a été testée. Les performances du pilotage de l'apport montaison sur une base X-80 ont également été évaluées.

Les résultats sont exprimés sous l'angle à la fois du rendement et de la teneur en protéines. La méthode est évaluée par rapport à la stratégie en trois apports sachant que

l'objectif est de faire au moins aussi bien avec un passage de moins : un écart non significatif est donc suffisant.

Un premier apport en moyenne le 8 mars

Les dates des apports d'azote s'établissent comme suit.

• Stratégie trois apports :

• Premier apport (tallage) : 15 février (mini = 30 janvier ; maxi = 20 mars)

• Deuxième apport (épi 1 cm) : 21 mars (mini = 14 mars ;

maxi = 2 avril)

• Troisième apport (2 nœuds à gonflement) : 27 avril (mini = 14 avril ; maxi = 9 mai)

• Méthode de l'«apport décalé» :

• Premier apport (fin tallage) : 8 mars (mini = 21 février ; maxi = 26 mars)

• Deuxième apport (2 nœuds à gonflement) : mêmes dates que le troisième apport de la stratégie trois apports.

Dans deux essais, l'«apport décalé» a été réalisé à la même date que l'apport épi 1 cm de ↔

Une expérimentation très large

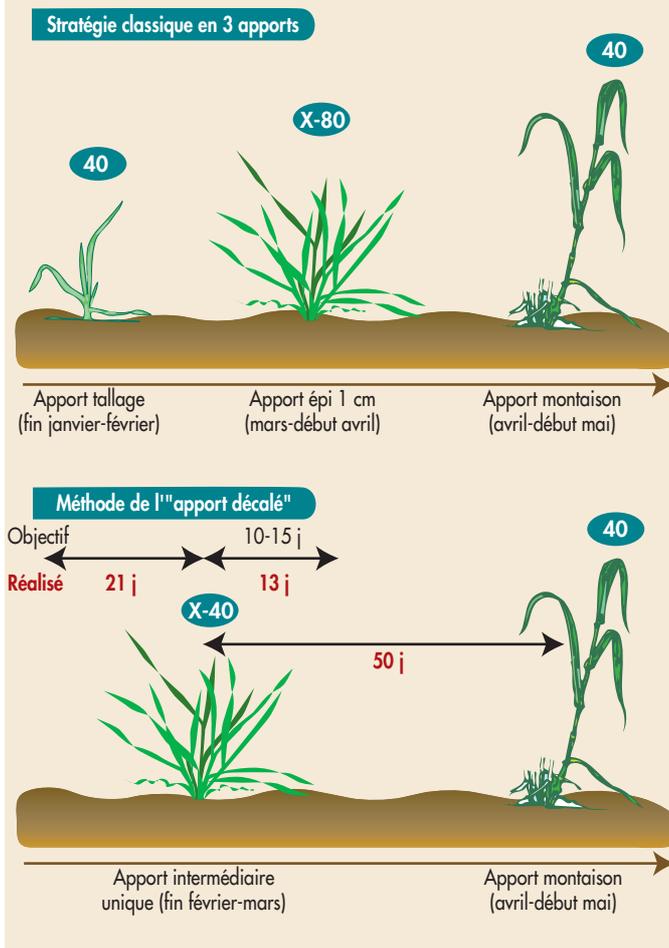
Les sites d'essais (tableau 1)

Région	Site	Année	Sol	Variété	Date semis	Précédent	RSH	Dose bilan	Dose opti
ALSACE	Obernai-68	1998	Limon sain	Aztec	22-oct	Maïs grain	88	160	120
	Burnhaupt-68	2001	Limon battant drainé	Apache	19-oct	Pomme de terre	50	170	250
AUVERGNE	Marmilhat-63	1998	Terre noire	Isengrain	29-oct	Maïs grain	81	180	140
	Rongères-03	2001	Argilocalcaire	Cézanne	27-oct	Jachère (ray-grass)	115	195	Entre 0 et 155
	Surat-63	2001	Terre noire	Soissons	2-nov	Maïs grain	130	170	130
BOURGOGNE	Yrouerre-89	1998	Petite terre à cailloux	Texel	9-oct	Colza	5	170	210
	Yrouerre-89	2001	Petite terre à cailloux	Isengrain	17-oct	Colza	5	170	130
RHONE-ALPES	Etoile sur Rhône-26	1998	Argile limoneuse	Soissons	17-nov	Pois printemps	102	110	110
	Etoile sur Rhône-26	2000	Argile limoneuse	Soissons	30-oct	Tournesol	54	200	160
	Etoile sur Rhône-26	2001 ⁽¹⁾	Argile limoneuse	Isengrain	20-oct	Jachère (graminées)	60	200	160
	Etoile sur Rhône-26	2002	Argile limoneuse	Apache	17-oct	Tournesol	46	200	240
	Lyon St Exupéry-69	1999	Gravier profond	Soissons	15-oct	Pois printemps	7	155	195
	Lyon St Exupéry-69	2000	Gravier profond	Soissons	11-oct	Tournesol	9	180	220
	Lyon St Exupéry-69	2001	Gravier profond	Aztec	19-oct	Colza	4	170	170
	Lyon St Exupéry-69	2002	Gravier profond	Cézanne	17-oct	Colza	66	165	125
	Mizérieux-01	1998	Limon sain	Soissons	20-oct	Colza	31	170	170
	Mizérieux-01	2000	Limon sain	Soissons	29-oct	Colza	40	185	225
	Mizérieux-01	2001	Limon sain	Aztec	26-oct	Colza	82	140	140
Mizérieux-01	2002	Limon sain	Aztec	16-oct	Maïs grain	20	235	195	

(1) Deux essais se différenciant par la dose d'irrigation (80 et 110 mm)

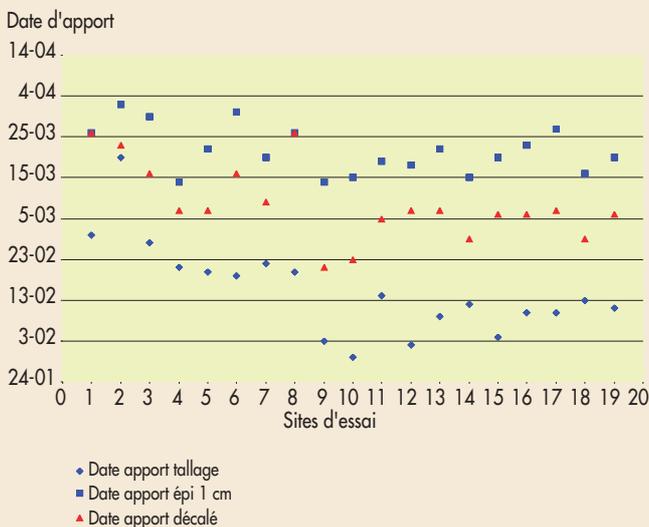
Un décalage du premier apport d'azote

Calendriers des apports d'azote (figure 1)



Une mise à disposition optimisée par l'apport décalé

Comparaison des dates d'apport d'azote (19 essais - 1998-2002) (figure 2)



↳ la méthode trois apports.

Les écarts de dates d'apport entre la stratégie "3 apports classiques" et la stratégie apport décalé se répartissent ainsi (figures 1 et 2) :

- ◆ écart apport intermédiaire (stratégie de l'apport décalé) = apport tallage (stratégie classique 3 apports) = 21 jours ;
- ◆ écart apport épi 1 cm (stratégie classique 3 apports) = apport intermédiaire (stratégie de l'apport décalé) = 13 jours ;

Le premier "apport décalé" est réalisé en moyenne le 8 mars, 13 jours avant l'apport stade épi 1 cm, ce qui est proche de l'objectif de départ de 15 jours : la probabilité de la mise à disposition de cet azote à la plante est plus élevée pour le premier "apport décalé" que pour un apport au stade épi 1 cm, au regard des données météo fréquentielles. Le mois d'avril est en effet moins pluvieux que le mois de mars.

Apport décalé ou trois apports : des résultats comparables

Avant de conclure globalement, il est intéressant d'analyser les différentes étapes de construction du résultat en comparant, dans un premier temps, l'apport décalé aux deux premiers apports de la stratégie trois apports puis, dans un second temps, en évaluant l'effet de l'apport à la montaison.

Des performances équivalentes (tableau 2)

Le premier apport décalé ou les deux premiers apports de la stratégie trois apports aboutissent à des performances équivalentes : les écarts ne sont pas significatifs.

Intérêt comparable de l'apport à la montaison

L'effet de l'apport montaison avec la méthode de l'apport

décalé" est de 5,8 q/ha (S) et de 1,2 point de protéines (S). L'effet de l'apport à la montaison dans la stratégie en trois apports est de 4,3 q/ha (S) et de 1,1 point de protéines (S). Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les deux méthodes concernant l'effet de l'apport de 40 unités à la montaison, ni en rendement ni en protéines. L'apport à la montaison aboutit dans les deux cas à des performances équivalentes.

Des performances proches de l'optimum (tableau 3)

Après avoir analysé ces deux étapes de construction du résultat, comparons globalement les deux stratégies. Il n'apparaît pas d'écart significatif de rendement ou de teneur en protéines entre la méthode de l'apport décalé et la stratégie trois apports ou la dose optimale *a posteriori*, ce qui est cohérent avec les analyses précédentes (figures 3 et 4).



Des performances équivalentes

Comparaison premier "apport décalé" et premier + deuxième apports classiques : dose totale X-40 (sans 3^e apport) (tableau 2)

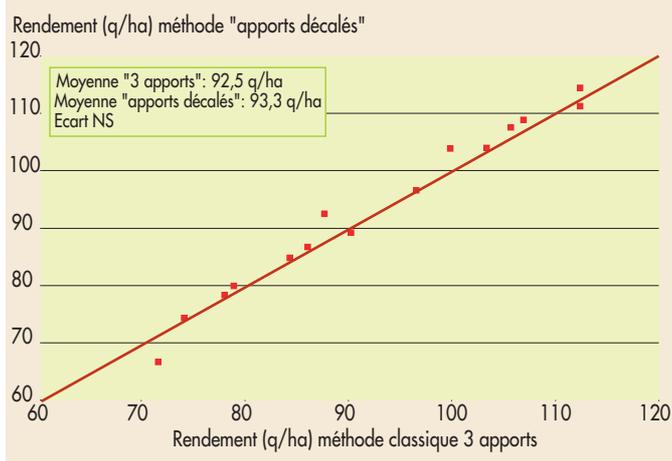
7 essais 2000-2002	1 ^{er} "apport décalé" (X-40)	1 ^{er} + 2 ^e apports classiques (X-40)
Rendement (q/ha)	83,0	84,1
Teneur en protéines (%)	10,0	10,1

Des résultats généralement très satisfaisants (tableau 3)

15 essais Centre-Est	3 apports	Apports décalés	Dose optimale
Rendement (q/ha)	- 0,8	93,3	+ 0,3
Teneur en protéines (%)	- 0,1	11,7	- 0,2

Des résultats équivalents

Comparaison méthode "apports décalés" avec méthode "classique 3 apports" à dose totale identique (15 essais - 1998-2002) (figure 3)



Dans le détail néanmoins, deux essais sur quinze s'éloignent de la tendance :

- Marmilhat (63) - 1998 : l'écart de 4,8 q/ha est en faveur de la méthode de 1^{er} "apport décalé".

- Yrouerre (89) - 1998 : l'écart de 4,9 q/ha est en faveur de la stratégie trois apports.

Une hypothèse d'explication peut être avancée : le reliquat faible à la sortie de l'hiver (5 kg N-NO₃/ha) n'a pas permis une nutrition azotée satisfaisante pendant le tallage et cela a eu des conséquences sur le reste du cycle.

Mais quatre autres essais ont également des reliquats faibles (Yrouerre-2001, Lyon St-Exupéry-1999-2000 et 2001) et cela ne se traduit pas par une contre-performance de la méthode de 1^{er} "apport décalé". En conclusion, sur quinze essais, les performances de la méthode de 1^{er} "apport décalé" peuvent être considérées comme équivalentes à celles de la stratégie trois apports et sont proches de la dose optimale.

Apporter 80 unités à la montaison (figures 5 et 6)

Apporter en une fois, 15 jours avant le stade épi 1 cm l'équivalent de la dose bilan - 40 unités revient à apporter en

une fois une dose élevée (135 unités en moyenne sur les 20 essais).

Pour éviter cet apport massif, une technique mal acceptée par les agriculteurs, il est possible de déplacer une quantité d'azote supérieure à 40 unités vers l'apport à la montaison : la dose de 80 unités a été retenue et testée sur une base X-80 en "apport décalé".

L'apport supplémentaire de 80 unités à la montaison est réalisé sachant que X-80 unités sont apportées 15 jours avant le stade épi 1 cm. Son effet est significatif. Il se traduit par une augmentation de 10,8 q/ha et de 2,7 point de protéines.

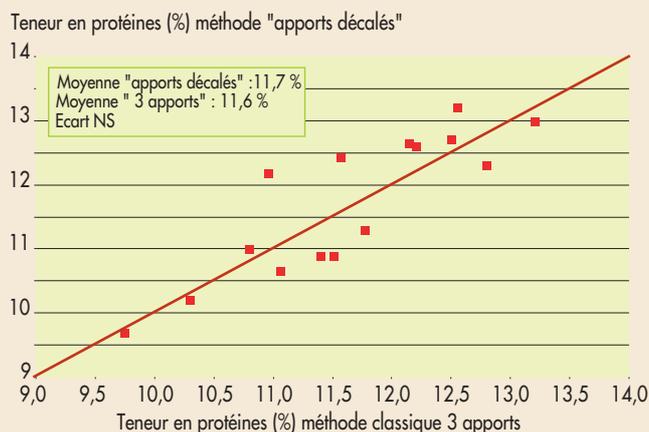
Cet effet est plus fort que l'effet des 40 unités présenté dans le paragraphe précédent (+ 5,8 q/ha et +1,2 point de protéines), ce qui est normal.

... un choix possible

Sur sept essais en 2001-2002, l'écart en rendement est non significatif avec 0,3 q (NS) en faveur du report de 80 unités. Ce même écart est de 0,3 point de protéines (NS) toujours en faveur du report de 80 unités au lieu de 40.

Le report de 80 unités en montaison dans la méthode des "apports décalés" est donc

Comparaison méthode "apports décalés" avec méthode "classique 3 apports" à dose totale identique (15 essais - 1998-2002) (figure 4)



⇨ un choix possible. La dose au premier apport est ainsi plus faible. En moyenne, elle est de 85 unités dans nos essais. Elle est suivie d'un apport de 80 unités à la montaison.

Pilotage de l'apport à la montaison : attention !

Le pilotage de l'apport à la montaison a été testé par rapport à un apport systématique de 40 unités dans huit essais sur la base d'un premier "apport décalé" égal à X-40, et par rapport à un apport systématique de 80 unités dans quatre essais sur la base d'un premier "apport décalé" égal à X-80.

.. oui pour un premier apport de X-40

L'écart de résultats entre un apport systématique de 40 unités à la montaison et le pilotage de cet apport est de 0,1 q/ha et de 0,1 point de protéines (écarts non significatifs).

Il est donc tout à fait possible de piloter ce deuxième apport en montaison sur une base X-40 en premier apport.

Dans sept essais sur huit, le conseil délivré par l'outil N-Tester est identique au conseil donné sur la base X-40 en deux apports. Le conseil est différent dans un seul essai.

Cette observation est cohérente avec les valeurs HNT

mesurées : il n'y a pas de différence

significative entre les

valeurs HNT mesurées

après X-40 "décalé" et X-40

en deux apports.

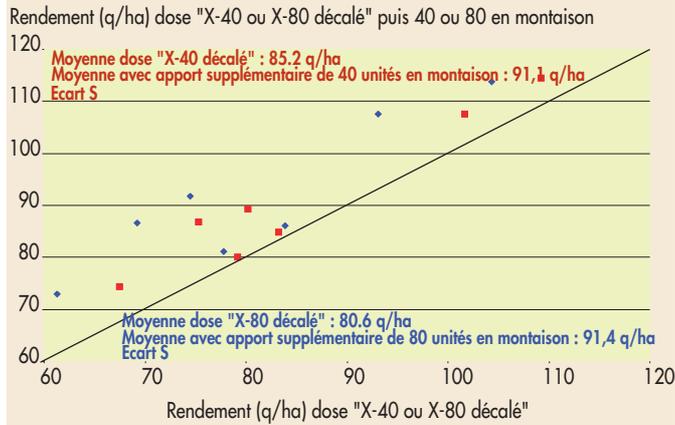
Cependant, pour des écarts faibles et par simple effet de seuil, on peut très bien aboutir à des conseils un peu différents.

... non pour un premier apport de X-80

L'écart de résultats entre un

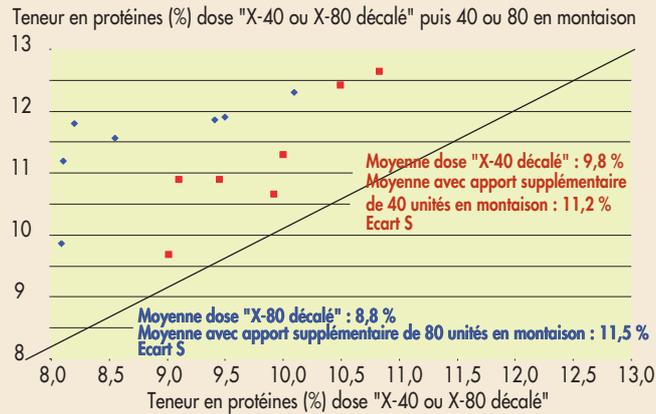
Reporter 80 unités à la montaison

Effet de l'apport montaison supplémentaire de 40 ou 80 unités à même dose totale (7 essais - 2001-2002) (figure 5)



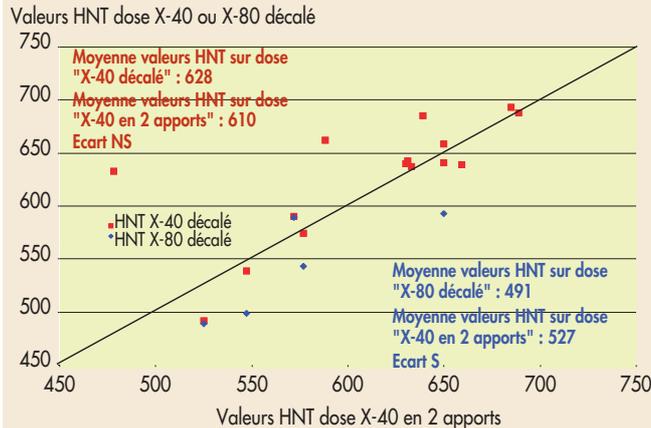
80 unités à la montaison : conforter la protéine sans pénaliser le rendement

Effet de l'apport montaison - 40 ou 80 unités - sur une dose "X-40 ou X-80 décalé" (7 essais - 2001-2002) (figure 6)



Un pilotage parfois impossible

Comparaison valeurs HNT sur dose "X-40 ou X-80 décalé" et "X-40 en 2 apports" (8 essais - 2000-2002) (figure 7)



apport systématique de 80 unités à la montaison et le pilotage de cet apport est de 1,5 q/ha et 1 point de protéines en faveur de l'apport systématique.

Le conseil délivré par l'outil est différent du conseil donné sur la base X-40 en deux apports dans deux essais sur quatre. Ces résultats sont cohérents avec les valeurs HNT obtenues sur la dose "X-80 décalé" et sur la dose X-40 en deux apports : l'écart est significatif avec 527 (base X-40 en 2 apports) et 491 (base "X-80 décalé") (figure 7).

Il n'est donc pas possible en l'état actuel du paramétrage de la méthode N-Tester de piloter ce deuxième apport en montaison sur une base X-80 au premier apport.

Faire aussi bien en deux qu'en trois apports

La méthode de l'apport décalé a donné des résultats moyens équivalents à la stratégie en trois apports dans vingt expérimentations réalisées en conditions très variées.

En termes de variabilité, seul un des cinq sites sur sol superficiel s'est écarté de la tendance. Cela témoigne de la robustesse de la méthode.

Dans les situations de semis précoces, correctement installés, enracinés et tallés en février, il est donc possible avec la méthode de l'"apport décalé" de faire aussi bien en deux apports, dont un à la montaison, qu'en trois apports.

Reporter 80 unités à la montaison permet de conforter un peu la teneur en protéines sans pénaliser le rendement.

Enfin, le pilotage de l'apport à la montaison doit être réservé à l'application en premier "apport décalé" de la dose bilan-40 unités.

