

FERTILISATION AZOTÉE

# DES STRATÉGIES tournées vers la protéine



Le troisième apport peut être fractionné pour être encore plus efficace.

**La fertilisation azotée agit directement sur la fourniture de l'azote et oriente son utilisation par la culture. Bien la maîtriser sécurise la teneur en protéines des grains de blé tendre, indispensable à une bonne valorisation de la récolte.**

La capacité d'une plante de blé à accumuler des protéines dans son grain pour un rendement donné est liée à son potentiel génétique. Mais, pour qu'elle l'exprime, elle doit disposer d'azote le plus efficacement possible. C'est l'objectif de la fertilisation azotée, ajustée en fonction des objectifs du couple rendement/taux de protéines que se fixe l'agriculteur. Pour une dose totale d'azote donnée, le but est de permettre une absorption d'azote maximale jusqu'à la floraison et, ensuite, sa valorisation optimale dans le grain. Ces deux étapes sont conditionnées par les spécificités agroclimatiques.

« **Les besoins en azote** du blé augmentent significativement en début de montaison. »

### Trois objectifs au fractionnement des apports

Les besoins du blé en azote varient au cours du cycle. Plutôt modestes au début, ils augmentent significativement en début de montaison pour s'atténuer progressivement jusqu'à la maturité (fin de l'absorption). Plus la dose dépassera les besoins de la culture au moment de l'apport, plus l'engrais va « stagner » dans le sol avant d'être absorbé. Il risque de subir des pertes qui seront temporaires à l'échelle du système de culture (organisation au sein de la matière organique) ou définitives (volatilisation de l'ammoniac, lixiviation du nitrate, dénitrification). Le premier objectif du fractionnement est

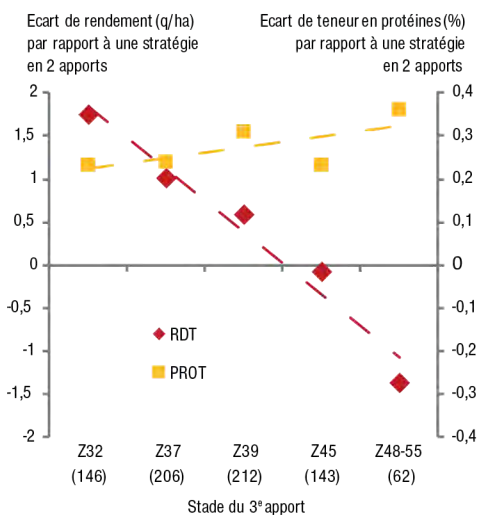
donc de limiter ces pertes qui affectent directement l'efficacité de l'azote apporté. Son second objectif est d'éviter, autant que faire se peut, les sur-alimentations azotées de la culture car elles contribuent à certains accidents de cultures (maladies du pied, oïdium, verse...). Enfin, le troisième objectif du fractionnement est d'optimiser la qualité du grain, en augmentant son taux de protéines.

De nombreux essais ont été réalisés pour déterminer le stade du 3<sup>e</sup> apport d'azote afin d'optimiser le couple rendement/taux de protéines (figure 1) : le mieux est de le positionner au stade dernière feuille étalée/gonflement. Avancer l'apport fait progresser légèrement le rendement mais au détriment de la teneur en protéines. De plus, un apport à 2 nœuds laisse beaucoup moins de temps pour utiliser les outils de pilotage, incontournable pour optimiser la fertilisation azotée. Dans l'autre sens, reporter l'apport au-delà du stade gonflement dégrade le rendement.

## Une réserve jusqu'à 80 kg N/ha

L'agriculteur met en réserve une certaine partie de sa dose totale prévisionnelle d'azote pour assurer le 3<sup>e</sup> apport. Les essais comparant, à dose totale d'azote identique, un 3<sup>e</sup> apport de 80 kg N/ha au lieu de 40 kg N/ha ont mis en évidence un gain moyen

### TROISIÈME APPORT : viser les stades, dernière feuille étalée / gonflement



Z32 = stade 2 nœuds ; Z37 = stade dernière feuille pointante ; Z39 = stade dernière feuille étalée ; Z45 et Z48 = stade gonflement ; Z55 = stade épiaison. ( ) : nombre de comparaisons réalisées pour chaque stade.

**Figure 1 : Effet du stade du 3<sup>e</sup> apport d'azote sur le rendement et la teneur en protéines du blé tendre d'hiver, par rapport à une stratégie en 2 apports.** Essais ARVALIS et partenaires 1991-2002. Comparaisons réalisées à dose totale d'azote identique.

**EFFICACITE : l'ammonitrate reste en tête**

Formes comparées	Type de comparaison	Rendement		Teneur en protéines	
		Sols non calcaires	Sols calcaires	Sols non calcaires	Sols calcaires
[SOL N – AMMO]	Sur tous les apports (1)	- 1,9 q/ha*	- 3,9 q/ha*	- 0,60 %*	- 0,75 %*
	Sur le 3 <sup>e</sup> apport (2)	- 1,08 q/ha*		- 0,40 %*	
[UREE – AMMO]	Sur tous les apports (3)	- 1,4 q/ha*	- 4,5 q/ha	- 0,23 %*	- 0,22 %
	Sur le 3 <sup>e</sup> me apport (4)	- 0,4 q/ha		- 0,11 %*	

\* : écart statistiquement significatif au seuil de 5% (test de comparaison de moyennes appariées). (1) : 120 essais ITCF-HAF dont 78 en sols non calcaires (1983-1995) ; (2) : 20 comparaisons ARVALIS (2003) ; (3) = 31 essais ITCF-ARVALIS (1981-2013) dont 5 en sols calcaires ; (4) 60 comparaisons ARVALIS (2003).

**Tableau 1 : Ecart de rendement et de teneurs en protéines du blé de la solution azotée et de l'urée par rapport à l'ammonitrate.**

Comparaisons réalisées à la dose d'azote optimale de la modalité ammonitrate. En raison de leur pH basique, les sols calcaires maximisent les risques de volatilisation ammoniacale.

de 0,43 q/ha et de 0,11 % de teneur en protéines avec, néanmoins, une forte variabilité des résultats. La mise en réserve de 80 kg N/ha est donc tout à fait réalisable, pour autant que la quantité d'azote apportée à « épi 1 cm » soit suffisante. Enfin, fractionner un apport de 80 kg N/ha en 2 passages en cours de montaison peut être intéressant, à condition de ne pas dépasser le stade dernière feuille/gonflement pour le dernier apport (figure 2).

**Moins d'intérêt après la floraison**

Le but principal de l'optimisation de la fertilisation est de maximiser l'absorption de l'azote disponible jusqu'à la floraison car l'azote présent dans le grain est issu à 80 % de la remobilisation de l'azote absorbé à ce stade. Agir sur l'absorption d'azote après

la floraison est donc un enjeu mineur même si elle peut faire la différence dans certains cas. Les apports très tardifs (post-épiaison à floraison), à base par exemple de solution azotée diluée ou d'ammonitrate, peuvent en effet améliorer la teneur en

protéines (jusqu'à 0,6 % dans les essais d'ARVALIS-Institut du végétal) si la dose appor-

« **L'azote dans le grain** est issu à 80 % de l'azote absorbé à la floraison. »

tée précédemment a permis d'assurer le rendement. Cette pratique est pour l'instant impossible d'un point de vue réglementaire car la dose totale prévisionnelle est calculée selon la seule satisfaction du rendement. De plus, il faut disposer de bonnes conditions agroclimatiques d'absorption de l'azote de l'engrais et, sur ce point, la fin de cycle est plus problématique que la montaison.

**Bien positionner ses apports évite les pertes d'azote, notamment par volatilisation ammoniacale.**





La teneur en protéines et le rendement sont impactés par la fertilisation azotée.

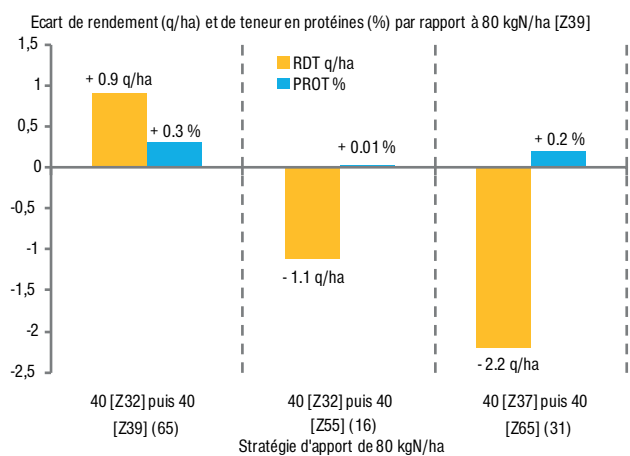
### Des outils pour piloter l'apport en fin de montaison

Il existe plusieurs outils de pilotage pour ajuster la dose d'azote au cours de la montaison. Ils diagnostiquent le statut azoté de la culture de blé tendre en s'appuyant sur des techniques diverses : le dosage colorimétrique après prélèvement de plante (exemple : Jubil, Inra-Arvalis), la mesure de transmittance (exemple : N-Tester, Yara-Arvalis) ou encore la mesure de réflectance par télédétection (exemple : Farmstar, Airbus-Arvalis). L'objectif est toujours le même : l'agriculteur « met en réserve » une partie de sa dose totale d'azote prévisionnelle et l'apporte en cours de montaison en fonction du diagnostic. C'est l'outil qui détermine si cet apport est inférieur ou supérieur à la mise en réserve selon le statut azoté de la culture. En ajustant les apports au plus près des besoins, les outils de pilotage sont un atout majeur pour atteindre l'objectif rendement/protéines visé.

### Soigner les conditions d'application

L'azote de l'engrais est soumis à plusieurs phénomènes concurrents de l'absorption. Positionner les apports dans des créneaux climatiques favorisant l'absorption rapide de l'azote par la plante permet de les limiter. Le 1<sup>er</sup> critère à prendre en compte est la vitesse d'absorption de cette dernière, qui doit être soutenue. C'est ce principe qui sous-tend l'intérêt du fractionnement. En second lieu, pour maximiser l'efficacité du point de vue météorologique, le cumul d'au moins 15 mm de pluie dans les 15 jours

### APPORTS TARDIFS : le rendement chute



Z32 = stade 2 nœuds ; Z37 = stade dernière feuille pointante ; Z39 = stade dernière feuille étalée ; Z55 = stade épisaison ; Z65 = stade floraison. ( ) : nombre de comparaisons réalisées.

**Figure 2 : Effet sur le rendement et la teneur en protéines du grain de blé tendre d'un apport montaison de 80 kg N/ha fractionné en 2 par rapport à la même dose apportée en une fois au stade dernière feuille étalée. Essais ARVALIS-Institut du végétal, 2000 à 2002, comparaisons à dose totale d'azote identique au voisinage de l'optimum.**

après l'apport est nécessaire. Le calcul des tendances climatiques de cet indicateur (*figure 3*) montre qu'en année médiane les apports courant montaison, en avril-mai, rencontrent peu de problèmes. En année sèche (décile 2), des difficultés peuvent néanmoins apparaître dans certains secteurs. Par contre, les apports tardifs (juin) sont plus risqués, y compris en année médiane.

### Attention aux pertes

Les différentes formes d'engrais azotés ne présentent pas la même sensibilité aux phénomènes de pertes, notamment à la volatilisation ammoniacale, qui affecte le plus l'efficacité d'un apport. Sans précaution, la baisse d'efficacité des formes les plus sensibles affecte à la fois le rendement et la teneur en protéines. L'ammonitrate reste la plus efficace sur ces deux critères. Viennent ensuite l'urée granulée puis la solution azotée (*tableau 1*). Les urées additionnées d'inhibiteur d'uréase, commercialisées depuis deux ans en France (NEXEN, UTEC 46) apportent une alternative technique à ce trio classique. Elles permettent à l'urée d'égaliser l'efficacité de l'ammonitrate dans les situations où elle serait moins efficace sans additif, par exemple un apport dans le sec sur un sol à pH élevé (*voir l'article sur les nouvelles formes d'engrais p. 36 de ce numéro*). Bien choi-

sir la forme d'engrais apporte donc un gain de robustesse face aux aléas climatiques. Néanmoins, changer de forme implique de nombreux aspects (prix, approvisionnement, facilité de manutention et de stockage...). Avant de prendre une telle décision, il convient déjà d'optimiser les conditions d'application. Utiliser une nouvelle forme d'engrais ne devient intéressant que si les pertes d'efficacité sont chroniques et ne peuvent pas se résoudre autrement.

### Engrais foliaires et fractionnement

Les engrais dits foliaires sont des produits liquides apportant de faible quantité d'azote aux doses préconisées par leur fabricant (de moins de 4 à 20 kg N/ha). En raison de leur formulation, une partie de cet azote peut être absorbé par le feuillage des cultures. Pour des apports de fin de cycle, la proportion d'azote absorbé par ce biais varie de façon importante (de 30 à 70 %). L'azote restant se maintient à la surface du feuillage ou ruisselle vers les racines de la plante.

Toutefois, leur efficacité est tributaire des mêmes conditions d'application que les engrais solides. En effet, l'absorption par le feuillage

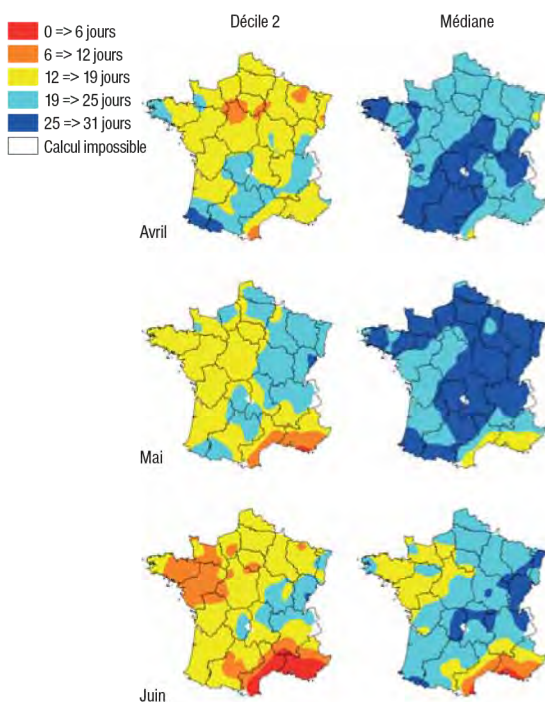


nécessite une hygrométrie élevée et une plante non stressée hydriquement, deux conditions qui se rencontrent généralement quand la pluviométrie est suffisante pour valoriser un apport au sol.

D'autre part, l'azote absorbé de la sorte n'est pas plus « efficace » que de l'azote absorbé par les racines pour contribuer au rendement et à la teneur en protéines. Les nombreux essais sur le sujet n'ont pas mis en évidence de gain à substituer une partie des apports d'engrais solides par ces produits. En particulier, les préconisations visant à remplacer le « classique » 3<sup>e</sup> apport d'azote de 40 kg N/ha par un apport d'engrais foliaire, à la dose préconisée par les fabricants, conduisent la plupart du temps à une baisse de la teneur en protéines. En effet, à dose totale d'azote identique, et compte tenu du fait qu'un kg N/ha provenant d'un engrais foliaire est équivalent à un kg N/ha provenant d'un engrais solide, suivre ce type de préconisation revient à ne quasiment plus fractionner la fertilisation azotée au cours de la montaison.

Jean-Pierre Cohan - [jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr)  
Christine Le Souder - [c.lesouder@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:c.lesouder@arvalisinstitutduvegetal.fr)  
ARVALIS - Institut du végétal

## PRECIPITATIONS : moins de difficulté en avril-mai



**Figure 3 : Nombre de jours suivis par au moins 15 mm de pluie dans les 15 jours suivants.** Décompte fréquentiel mensuel. Décile = années sèches. Médiane = année « normale ». Calculs sur 20 ans (1991-2010). 422 postes météo (METEO-France, SRPV, CETIOM, INRA, ARVALIS-Institut du végétal).