

## QUALITÉ ET DÉBOUCHÉS

# EXPLOITER LE POTENTIEL en protéines des variétés



Près de 53 % de la collecte en blé tendre est exporté. Ce débouché est particulièrement vigilant sur le taux de protéines.

**Sans avoir le premier rôle, la variété participe à la richesse en protéines des grains à la récolte. Mais il faut aussi compter sur le pilotage de la couverture des besoins en azote de la culture pour atteindre les objectifs de rendement, d'efficacité de l'azote et de qualité.**

**L**es principaux débouchés du blé produit en France pour le marché intérieur et l'export recherchent de la protéine : de 11 à 12 % pour la plupart des demandes de la meunerie française, de l'amidonnerie et des marchés d'exportation, et de 13 à 15 % pour les panifications spéciales (pain de mie, burger...). Plusieurs facteurs interviennent dans la richesse en protéines des grains à la récolte. En premier lieu, le climat a un effet significatif sur la valeur moyenne, avec des variations de  $\pm 0,5$  à 2 points de protéines selon les années. La gestion de la fertilisation azotée (doses et fractionnement dans le cadre du bilan raisonné) est également un facteur très sensible. Enfin, le choix variétal y participe : sa contribution est estimée entre 15 et 25 % dans le poids relatif des variations de teneurs en protéines (constat dans les synthèses d'essais variétés multilocaux et pluriannuels conduits à des régimes de fertilisation optimale).

### Valoriser les variétés à bon compromis protéines/rendement

Le choix de la variété participe donc aux chances d'atteindre les objectifs visés en protéines, sans pour autant pouvoir les garantir.

« **Le choix de la variété** participe aux chances d'atteindre les objectifs visés en protéines, sans pour autant pouvoir les garantir. »

Mais si des différences de teneurs en protéines entre variétés sont constatées dans les essais, elles s'expliquent en grande partie (50 % de la variabilité observée entre variétés) par les niveaux de rende-

ment associés. À un même niveau de fertilisation azotée jugé optimal, plus le rendement est élevé, plus la teneur en protéines est basse, par un effet de dilution (figure 1). Cet effet est matérialisé par la « courbe de dilution protéines/rendement. La gamme de variation des écarts à cette courbe peut atteindre de -2 à +2 % pour des variétés extrêmes. À même rendement, elle est en moyenne de l'ordre de 1 % sur les variétés actuellement cultivées (hors BAF), ce qui équivaut à un enjeu de 20 à 25 kg d'azote dans les grains. Il ressort néanmoins qu'il existe des variétés qui s'écartent positivement de cette courbe de dilution, c'est-à-dire qui ont une meilleure aptitude à concentrer de la protéine (encadré). Les cotations des variétés sur le critère protéines, présentes dans le tableau p 68, se font sur cet indicateur d'écart à la courbe de dilution (appelé aussi GPD : grain protein deviation).



La teneur en protéines fait l'objet de bonus lors des décisions d'inscription de variétés par le CTPS.

**Des bonifications à l'inscription pour la protéine**

La teneur en protéines est un critère qui intervient dans l'appréciation de la valeur technologique des variétés de blé tendre. Pour renforcer sa prise en compte, l'inscription au catalogue français tient compte plus explicitement, depuis 2007, des aptitudes des variétés à concentrer de la protéine, en conduite de fertilisation raisonnée. Les variétés qui s'écartent positivement et significativement de la courbe de dilution protéines/rendement bénéficient ainsi d'une bonification : 1 point de bonus de note de rendement est attribué aux variétés qui s'écartent de 0,5 % de protéines et 2 points pour celles qui obtiennent +0,7 %. Parmi les inscriptions 2014, elles sont trois à avoir bénéficié d'un double bonus : Norway, RGT Venezia et Falado.

multiplié par le besoin d'azote de la culture pour produire un quintal (besoin unitaire ou coefficient b). Ce coefficient est déterminé à partir de courbes de réponse de la variété à des doses croissantes de fertilisation azotée. Il correspond à la dose nécessaire pour atteindre le rendement optimal (une dose supérieure ne conduisant pas à une augmentation de rendement). Dans le cas du blé tendre, le coefficient b est en moyenne de 3 kg N/q mais il varie (hors BAF) de 2,8 à 3,2 kg N/q selon les variétés (tableau 1). Ainsi, certaines variétés sont plus efficaces pour transformer l'azote absorbé en rendement : pour une même quantité d'azote absorbé, elles vont produire plus de quintaux.

**PROTÉINES : une teneur non indépendante du rendement**

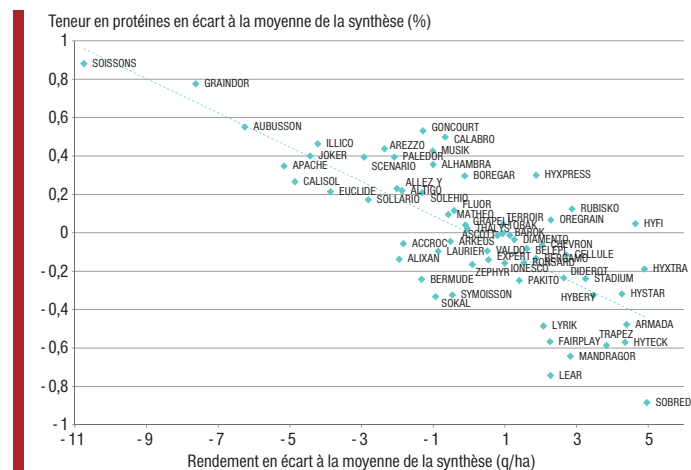


Figure 1 : Corrélations entre teneurs en protéines et rendement. Source : Synthèse des essais variétés d'ARVALIS - Institut du végétal réalisés entre 2005 et 2013, toutes précocités confondues.

Viser de bons niveaux de teneurs en protéines passe donc, autant que faire se peut, par le choix de variétés qui cumulent simultanément la capacité à exprimer de bons rendements et des écarts positifs à la courbe de dilution protéines/rendement, soient les variétés qui se situent en haut à droite de la figure 1.

**Piloter la fertilisation azotée à la variété**

Une fois la variété choisie, l'atteinte des objectifs de rendement et de teneur en protéines passe par la prise en compte de ses caractéristiques dans la gestion de sa fertilisation azotée, au travers de la dose totale à apporter et de son fractionnement. Cette dose est calculée, selon la méthode du bilan prévisionnel, à partir de l'objectif de rendement

1

%, c'est l'écart moyen de la teneur en protéines observé entre variétés à rendement et fertilisation identiques.

En grande tendance, les variétés aux plus forts potentiels de rendement ont des besoins unitaires plus faibles pour atteindre l'optimum de rendement. Et, comme la teneur en protéines est inversement proportionnelle au rendement, elles ont aussi plutôt une faible teneur en protéines. De ce fait, le coefficient  $b$  traduit aussi l'aptitude de la variété à produire de la protéine. Néanmoins, il existe une variabilité entre les variétés car cette tendance n'est pas systématique.

### Un besoin calculé pour atteindre un objectif de rendement

La prise en compte de ce besoin permet d'ajuster la dose au besoin de la variété pour atteindre le rendement optimal, sans carence ni excès d'azote, mais ne permet pas de compenser l'effet de dilution des protéines des variétés récentes très productives. Pour augmenter la teneur en protéines de la récolte, il faudrait pouvoir majorer le besoin d'azote, du fait de la relation linéaire bien connue entre la dose d'azote apportée sur une parcelle et la teneur en protéines à la récolte. C'est l'approche qui a été développée et qui est diffusée actuellement sur blé dur, passant par un besoin unitaire « qualité » [coefficient appelé «  $b_q$  »] à la variété.

### Une aptitude équivalente en régime de fertilisation restrictive

Des comparaisons de GPD obtenues en essais variétés bien fertilisés en azote et à doses restrictives montrent que globalement les variétés extériorisent les mêmes aptitudes à concentrer des protéines entre doses en azote apportées aux mêmes stades.

Ecart à la courbe de dilution protéines/rendement (en %) en régime de fertilisation azotée restrictif

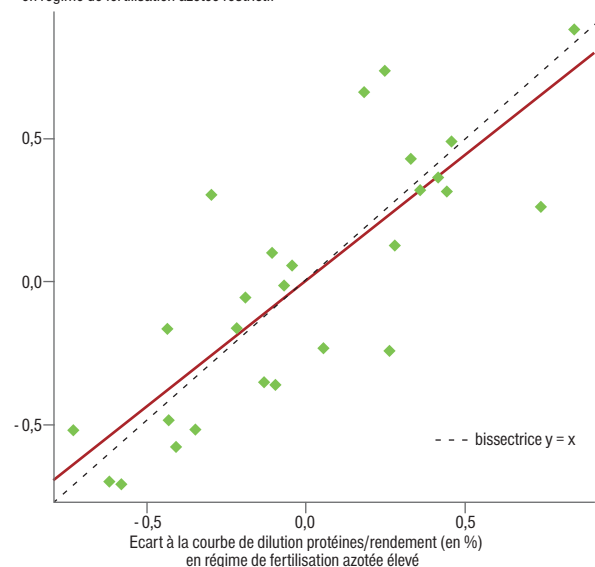


Figure 2: Stabilité de l'écart à la courbe de dilution protéines/rendement (GPD: Grain Protein Deviation) à deux niveaux de fertilisation en azote (source Bogart et al. 2010).

## ↗ Des efforts de sélection qui se poursuivent

L'effet de dilution observé entre la teneur en protéines et le rendement pourrait laisser penser que les progrès génétiques en rendement (compris entre 0,5 et 0,9 q/ha/an) se sont faits au détriment de la protéine. Un gain de 10 q/ha (obtenu sur 15 ans), à même conduite de fertilisation, aurait pu mécaniquement conduire à une baisse d'un point de la teneur en protéines. Or, plusieurs sources montrent que le potentiel en protéines des variétés s'est maintenu au cours des trente dernières années. Des estimations ont été calculées par ARVALIS – Institut du végétal sur le progrès génétique en rendement et en protéines à partir des données historiques des essais de Post-Inscription réalisés entre 1997 et 2011, en conduite de culture maîtrisée (protégée vis-à-vis des maladies et dont la fertilisation est raisonnée). Elles concluent à l'absence de différences significatives des teneurs en protéines entre les générations de variétés qui se sont succédées dans ces essais. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus sur une série historique de 195 variétés, inscrites en France au cours des 25 dernières années et expérimentées selon deux régimes de fertilisation (Cordier et al. 2013). Cette absence de détérioration des teneurs en protéines a pu être obtenue grâce aux progrès concomitants entre le rendement, l'efficacité de l'utilisation de l'azote, exprimé en rendement produit/kg d'azote disponible (Sylvester-Bradley et Kindred, 2009), tant en fertilisation raisonnée que restrictive (*figure 2*), et la meilleure remobilisation de l'azote des tiges vers les grains (Cormier et al, 2013).

### Rendement, efficacité de l'azote et protéines

Les variétés qui s'écartent de la courbe de dilution Protéines/Rendement permettent de penser qu'il existe une marge de manœuvre en matière de progrès génétique sur la teneur en protéines. Pour cela, les chercheurs travaillent à l'amélioration de toutes ses composantes, dont l'efficacité de l'absorption de l'azote disponible et de la remobilisation de l'azote absorbé dans la plante vers les grains. Des travaux importants sont engagés dans plusieurs projets, dont Breedwheat sous la responsabilité de l'INRA de Clermont-Ferrand, afin de comprendre les déterminants génétiques de la construction de la teneur en protéines en vue de proposer des outils d'aide à la sélection. Parallèlement, des recherches sont aussi engagées sur l'amélioration des dispositifs expérimentaux pour l'évaluation en routine d'indicateurs des besoins unitaires en azote pour satisfaire l'exigence d'expression simultanée du rendement et de la teneur en protéines.



La mesure par infrarouge de la teneur en protéines des grains est une méthode indirecte, fiable qui prend moins d'une minute.

## Blé tendre : des besoins unitaires qui varient de 2,8 à 3,5 kg N/q

Groupe	Variétés
b = 2,8	Accroc, Adhoc, Ambition, Amundsen, Andalou, Aramis, Arlequin, Armada, Belepi, Bermude, Cellule, Diderot, Expert, Fairplay, Glasgow, Hekto, Hybery, Hymack, Hyscore, Hystar, Hysun, Hyteck, Hyxtra, Istabraq, JB Diego, Laurier, Lear, Lyrik, Mandragor, Oakley, Odyssee, Pakito, Parador, Perfector, Pierrot, Prevert, Ronsard, Roysac, Scipion, Scor, Selekt, Sobbel, Sobred, Sokal, Sponsor, Stadium, Sy Moisson, Terroir, Tobak, Trapez, Trémie, Valdo, Viscount, Zephyr
b = 3,0	Adequat, Aldric, Aligator, Alixan, Altigo, Altria, Amador, Andino, Apache, Aprilio, Arezzo, Aristote, Arkeos, As de cœur, Ascott, Attitude, Aurele, Autan, Bagou, Barok, Bastide, Bergamo, Boisseau, Boregar, Boston, Brentano, Campero, Catalan, Celestin, Centenaire, Charger, Chevron, Compil, Cordiale, Dialog, Diamento, Dinosor, Epidoc, Ephoros, Equilibre, Euclide, Flaubert, Fluor, Folklor, Forblanc, Galopain, Garantius, Garcia, Goncourt, Grapeli, Haussmann, Hybred, Hyfi, Hyxo, Hyxpress, Illico, Innov, Isengrain, Kalystar, Karillon, Marcelin, Matheo, Maxwell, Minotor, Nirvana, Nucleo, Orcas, Oregrain, Orvantis, Oxebo, Paledor, Pepidor, Perceval, Phare, Plainedor, PR22r20, PR22r28, PR22R58, Premio, Razzano, Richepain, Rochfort, Rodrigo, Rosario, Rubisko, Rustic, Sankara, Seyrac, Sirtaki, Sogood, Solehio, Sollario, Sweet, Swinggy, Thalys, Toisondor, Uski, Waximum
b = 3,2	Accor, Adagio, Aerobic, Allez y, Altamira, Ambello, Amerigo, Athlon, Atlass, Aubusson, Avantage, Azimut, Azzerti, Camp-Rémy, Calabro, Calcio, Calisol, Caphorn, CCB Ingenio, Cézanne, Chevalier, Croisade, Exelcior, Exotic, Farandole, Frelon, Galactic, Graindor, Instinct, Interet, Iridium, Isidor, Kalango, Koreli, Limes, Lukullus, Manager, Mendel, Mercato, Miroir, Musik, Nogal, Nuage, Oratorio, Painsdor, Pueblo, Racine, Recital, Ressor, Saint Ex, Samurai, Scenario, Soissons, Solveig, Sophytra, Sorrial, Sy Alteo, Sy Tolbiac, Valodor, Zinal
b = 3,5	Antonius, Arfort, Courtot, Bagatelle 007, Bologna, Bussard, Energo, Esperia, Figaro, Fiorina, Florence Aurore, Furio, Galibier, Hyno-rista, Lennox, Levis, Logia, Lona, Ludwig, Monopole, Nara, Pireneo, Qualital, Quality, Quebon, Renan, Runal, Saturnus, Sebasto, Segor, Siala, Somme, Stefanus, Tamaro, Tiepolo, Togano, Trofeo, Turelli, Valbona

Tableau 1 : Répartition des variétés selon leur besoin unitaire en azote pour produire un quintal (coefficient b).

Les variétés de blés améliorants non référencées ici sont positionnées par défaut en classe b = 3,5 ; les autres variétés non référencées sont en classe b = 3.

## Pas d'effet variétal selon le fractionnement de l'azote

Une fois la dose d'azote définie, le fractionnement des apports doit être adapté pour maximiser la teneur en protéines des grains. Dans cette optique, l'apport réalisé courant montaison est essentiel. Jusqu'à présent, aucun effet net de la variété n'a été révélé sur la réponse au fractionnement tardif. L'étude des variétés sur leur tolérance à des carences azotées précoces n'a pas non plus montré d'écarts et d'intérêts notables, hormis dans des cas particuliers de milieux et d'itinéraires techniques sous fortes contraintes azotées.

Les progrès réalisés au cours des dernières années en matière de rendement, d'efficacité d'utilisation de l'azote disponible et d'écarts de teneurs en protéines à la courbe de dilution Protéines/Rendements sont importants et permettent de proposer des variétés à bons comportements. Malgré cela, l'atteinte de teneurs en protéines élevées reste un défi pour le sélectionneur et l'agronome. Elle passera par une meilleure compréhension des processus physiologiques de valorisation de l'azote en rendement et en protéines, l'affinement de méthodes de caractérisation des variétés vis-à-vis de cette valorisation afin d'optimiser le choix des variétés et l'amélioration des approches des besoins unitaires en azote des variétés pour un pilotage de la fertilisation en accord avec les objectifs économiques et environnementaux.

Philippe du Cheyron - p.ducheyron@arvalisinstitutduvegetal.fr  
Christine Le Souder - c.lesouder@arvalisinstitutduvegetal.fr  
Josiane Lorgeou - j.lorgeou@arvalisinstitutduvegetal.fr  
ARVALIS - Institut du végétal



Le progrès génétique a notamment permis d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'azote remobilisé des pailles vers les grains.

## En savoir plus

- Bogard M. et al. (2010) Deviation from the grain protein concentration-grain yield negative relationship is highly correlated to post-anthesis N uptake in winter wheat. *J Exp Bot* 61: 4303-4312
- Sylvester-Bradley R., Kindred D.R. (2009) Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency. *J Exp Bot* 60: 1939-1951
- Cormier F. et al. (2013) A multi-environmental study of recent breeding progress on nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) *Theor Appl Genet* 126(12): 3035-3048