



AZOTE ET INNOVATION

Quels leviers pour concilier productivité, qualité
et autonomie des systèmes céréaliers ?

20 septembre 2016 – LEMPDES (63)

Nouveau référentiel des besoins en azote
du blé tendre :
vers l'intégration du double objectif
rendement-teneur en protéines

Michel Bonnefoy, Christine Le Souder,
Jean-Pierre Cohan, Baptiste Soenen,
Coline Guicherd (ARVALIS)



Organisé par : **ARVALIS**
Institut du végétal

Avec la participation de :





Impact de la dose N et de la variété sur les variables « Azote »

	Variété	Dose N	Interaction Variété x Dose N
Rendement	***	***	*
Teneur en protéines du grain	***	***	***
Azote absorbé à la récolte (plante entière)	***	***	NS

* = significatif à 5% ; ***=significatif à 0.1 %; NS=Non significatif

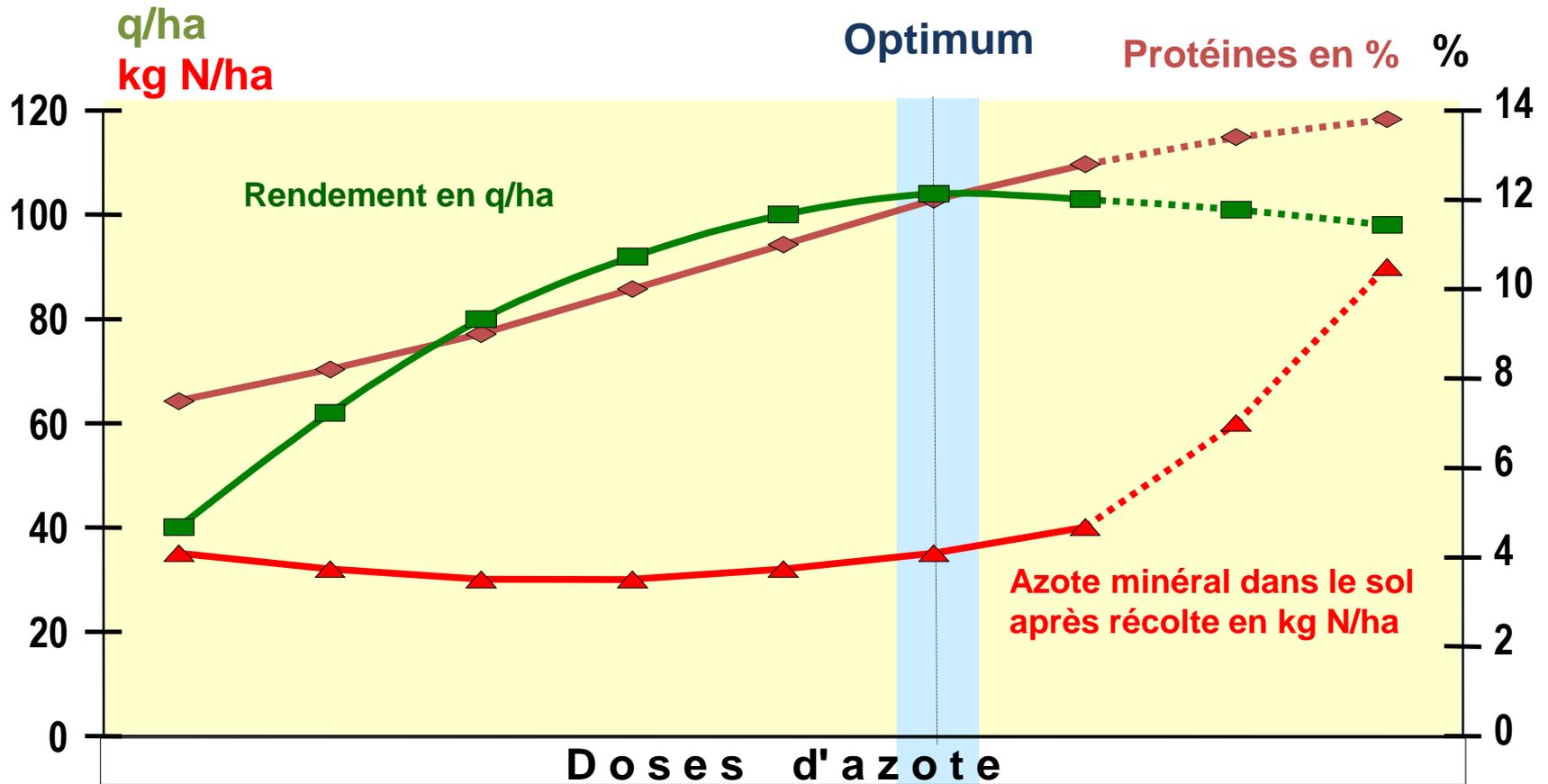
Les effets mis en évidence démontrent la pertinence de prendre en compte la variété pour la gestion de l'azote selon un double objectif rendement/teneur en protéines

Synthèse de 10 essais 2014-2015 (6 doses N x 17 variétés de blé tendre d'hiver)
Analyse de variance en modèle mixte (avec effet environnement en facteur aléatoire)
Financement : projet FSOV N-BT



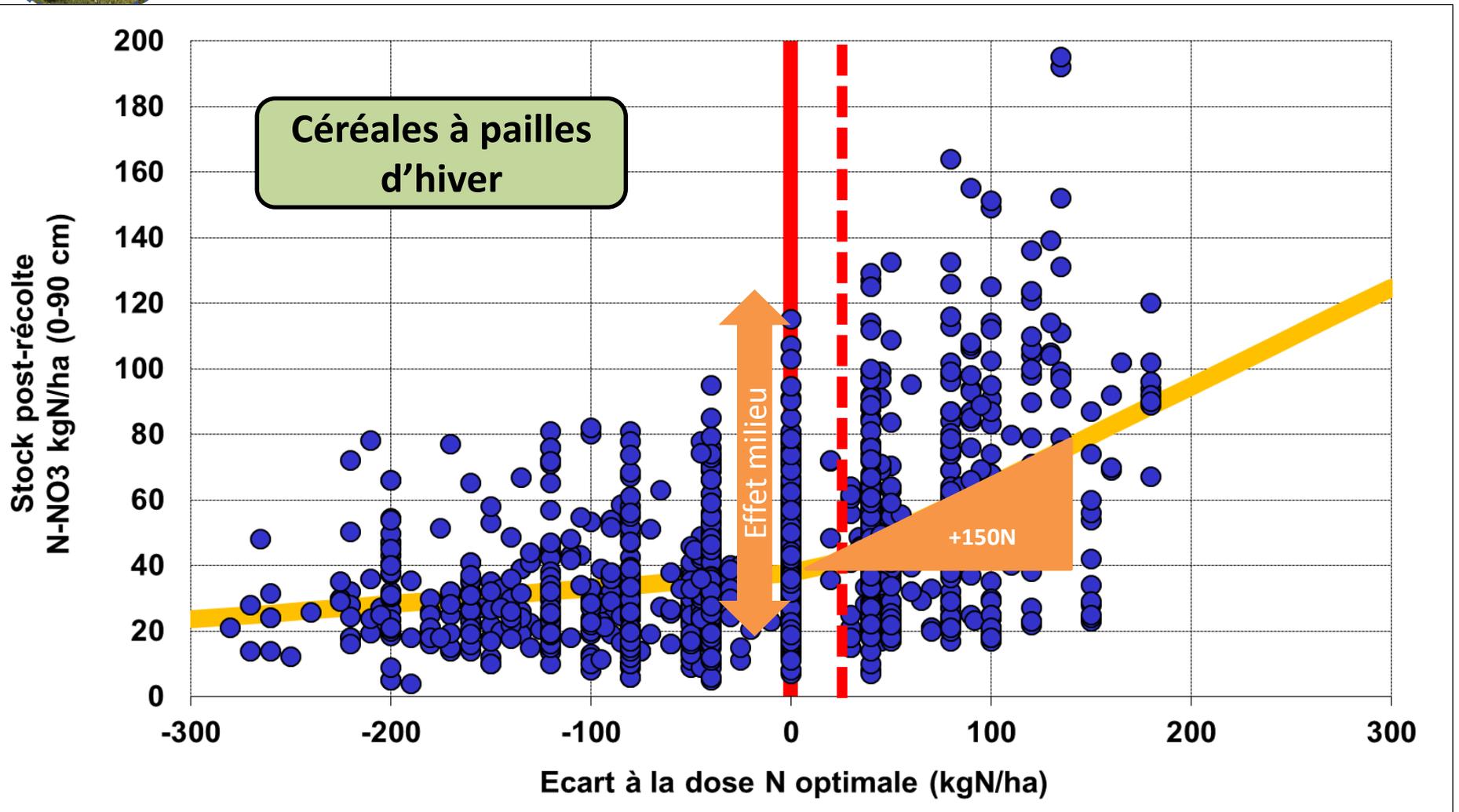


Rappel : loi d'action de l'azote apporté sur le rendement, la teneur en protéines et le stock d'azote minéral du sol à la récolte





Augmentation du stock d'azote minéral dans le sol à la récolte au-delà de la dose optimale « rendement »



Ajustement bi-linéaire (modèle de Boyd) avec X0 ajusté
Pentes et ordonnées significatives ($R^2 = 0.24$; RMSE = 22.3 kgN/ha)

Source : étude COMIFER 1997
complétée de données ultérieures



Fertilisation azotée des grandes cultures

Calcul de dose totale par la méthode du bilan prévisionnel

Fournitures

X : azote minéral
Xa : effet direct de
l'engrais de ferme

Ri : Reliquat d'N
minéral

Mh : Minéralisation de
l'humus du sol
+ autres postes Min.

Besoins

**Pf : Besoins de la
culture**

(Pf = b x rdt)

(voire Pf – Pi)

**Rf : Reliquat post
récolte**

**Bilan d'azote minéral dans le sol,
sur une profondeur d'enracinement, entre 2 dates**

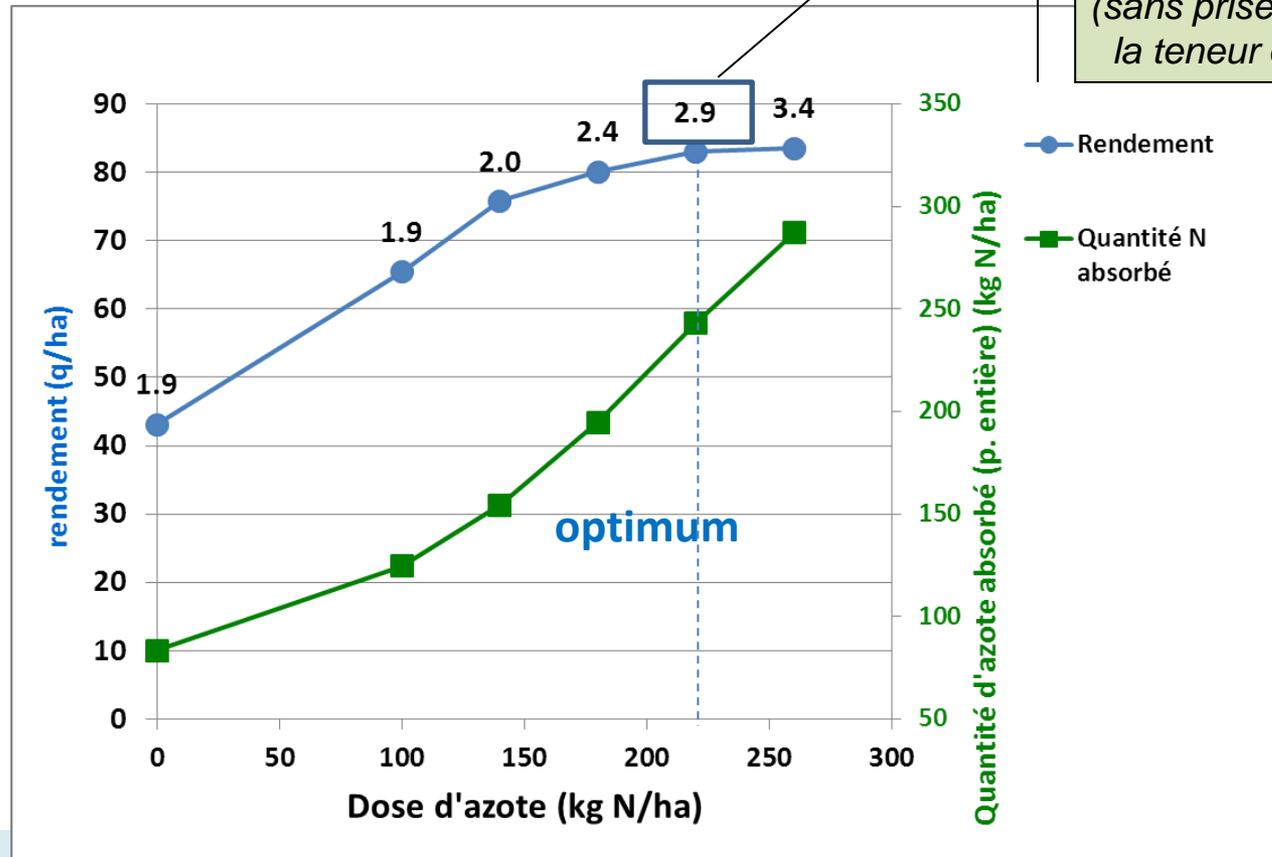




Le besoin par unité de production doit se référer à un niveau de nutrition azotée : l'optimum

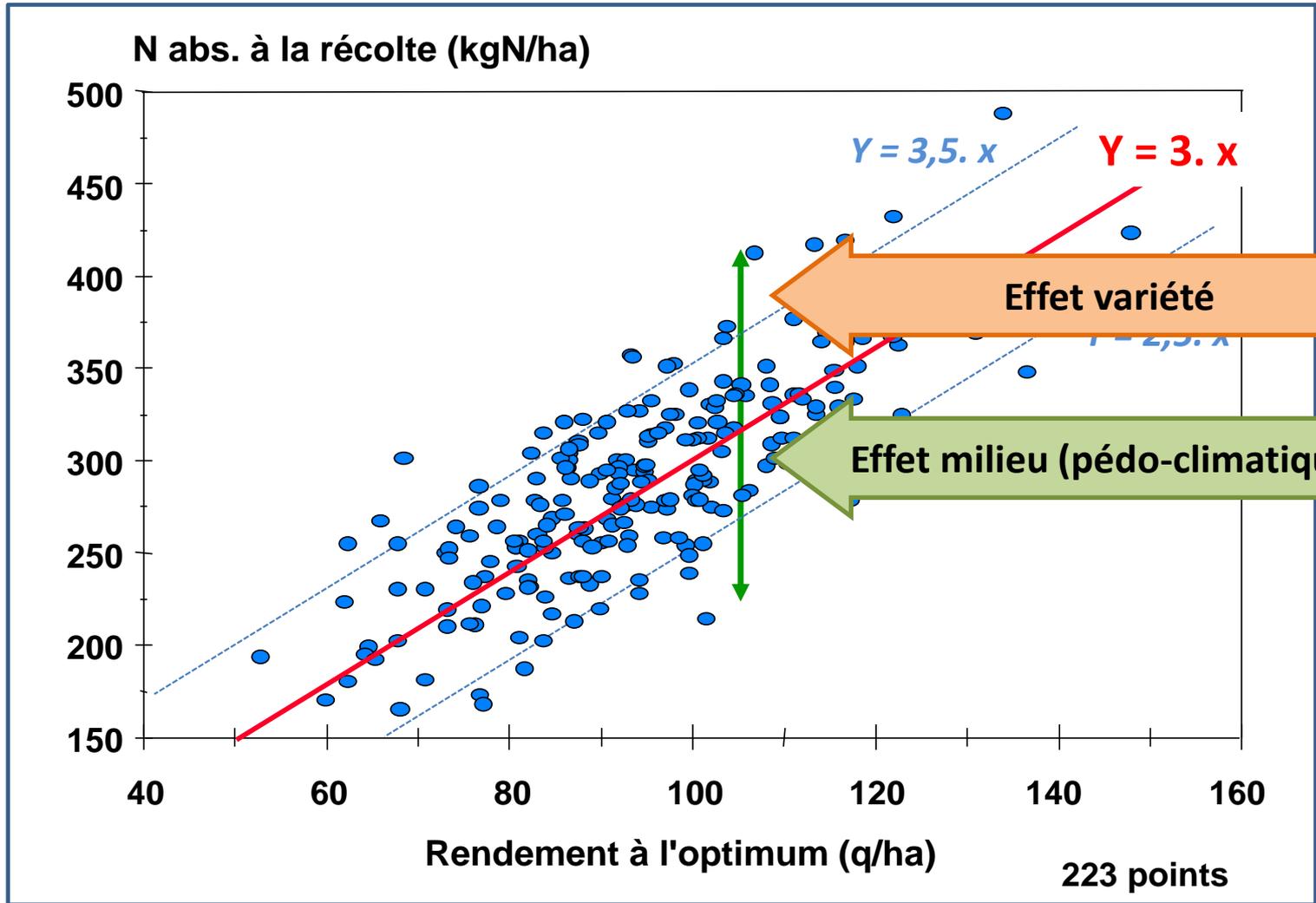
$$\text{Besoin unitaire = b (étiquette)} = \frac{\text{Quantité N absorbé (kg)}}{\text{Rendement (q)}}$$

le besoin par quintal se détermine à l'optimum de fumure pour le rendement
(sans prise en compte de la teneur en protéines)





Variabilité du besoin par quintal (b)



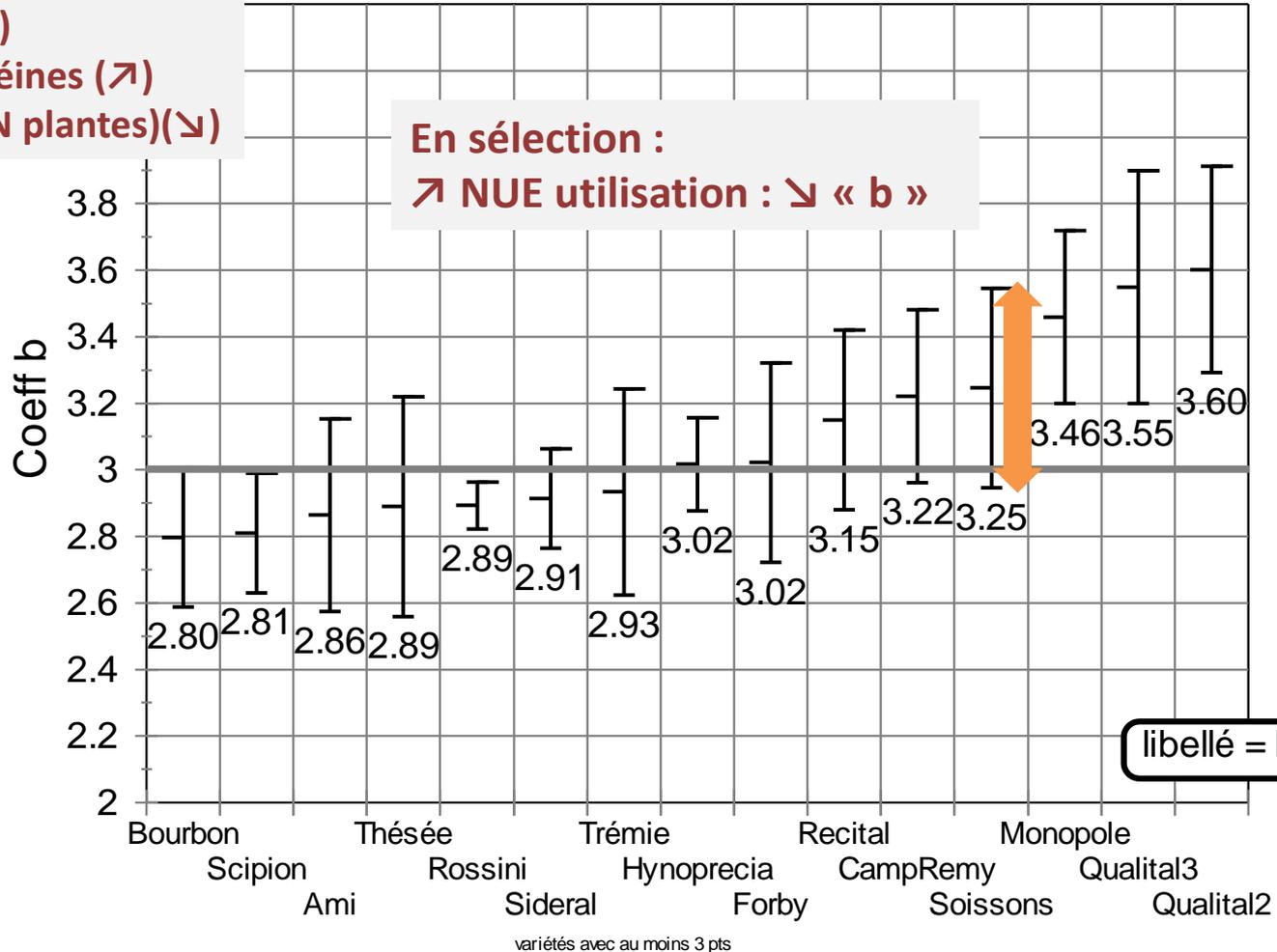
Un effet de la variété (Blé Tendre)



COEFF b MOYEN PAR VARIETE et Ecart-type (+/- 1 x STDS)

Effet variété expliqué par :

- Rendement (↘)
- Teneur en protéines (↗)
- NHI (N grains/N plantes)(↘)





Répartition des variétés de Blé Tendre d'hiver selon leur besoin en azote (Coefficient b, en kg N/q)

GROUPE

b = 2,8

VARIETES (Blé tendre d'hiver)

Accroc, Addict, Adhoc, Ambition, Amundsen, Andalou, Aramis, Arlequin, Armada, Atoupic, Aymeric, Belepi, Bermude, Cellule, Diderot, Espart, Expert, Fairplay, Fructidor, Glasgow, Granamax, Hekto, Hybery, Hybiza, Hymack, Hypod, Hyscore, Hystar, Hysun, Hyteck, Hywin, Hyxtra, Ionesco, Istabraq, JB Diego, Kundera, Laurier, Lear, Lyrik, Lythium, Mandragor, Meeting, Memory, Modern, Oakley, Odysée, Pakito, Parador, Perfector, Pierrot, Prevert, Reciproc, Ronsard, Roysac, Scipion, Scor, Selekt, Sobbel, Sobred, Sokal, Sponsor, Stadium, Starway, Sy Moisson, Tentation, Terroir, Tobak, Torp, Trapez, Trémie, Valdo, Viscount, Zephyr

b = 3,0

Adequat, **Advisor**, **Aigle**, Aldric, Aligator, Alixan, Altigo, Altria, Amador, Andino, Apache, **Aplomb**, Aprilio, Arezzo, Aristote, Arkeos, As de cœur, Ascott, Attitude, **Auckland**, Aurele, Autan, Bagou, Barok, Basmati, Bastide, Bergamo, Boisseau, Bonifacio, Boregar, Boston, Brentano, Calumet, Campero, Catalan, Celestin, Centenaire, Charger, Chevron, **Collector**, Compil, Cordiale, **Creek**, Descartes, Dialog, Diamento, Dinosor, Epidoc, Ephoros, Equilibre, Euclide, Flaubert, Fluor, **Foxyl**, Folklor, Forblanc, **Gallixe**, Galopain, Garantus, Garcia, Goncourt, **Gotik**, Grapeli, Haussmann, Hybred, Hyfi, **Hyguardo**, Hyxo, Hyxpress, Illico, Innov, Isengrain, Kalystar, Karillon, Lavoisier, Marcelin, Matheo, Maxwell, Minotor, **Nemo**, Nirvana, Nucleo, Orcas, Oregrain, Orvantis, Oxebo, Paledor, Patras, Pepidor, Perceval, Phare, Plainedor, **Popeye**, Pr22r20, Pr22r28, Pr22R58, Premio, Razzano, **RGT Ampiezzo**, **RGT Castello**, RGT Kilimanjaro, **RGT Mondio**, **RGT Tekno**, **RGT Texaco**, Richepain, Rochfort, Rodrigo, Rosario, Rubisko, Rustic, Sankara, **Salvador**, Seyrac, **Sherlock**, Sirtaki, Sogood, Solehio, Sollario, Solognac, **Sothys CS**, Sweet, Swinggy, **Syllon**, Thalys, Toisondor, **Triumph**, Uski, **Vyckor**, 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, Conexion, Croisade, Exelcior, Exotic, Farandole, Frelon, Galactic, Graindor, Instinct, Interet, Iridium, Isidor, Kalango, Koreli, Lazaro, Limes, Lukullus, Manager, Mendel, Mercato, Miroir, Musik, Nogal, Nuage, Numeric, Oratorio, Paindor, Pueblo, Racine, Recital, Ressor, RGT Venezia, Saint Ex, Samurai, Scenario, Soissons, Solveig, Sophytra, Sorrial, Sy Alteo, Sy Tolbiac, Valodor, Zinal

2016

• Les autres variétés non référencées ici et non améliorantes sont positionnées par défaut en b = 3,0

• Les **variétés introduites (ou modifiées) cette année dans le classement** sont en police rouge.

• Les variétés de **blés améliorants** sont dorénavant référencés dans des tableaux spécifiques régionaux

Cette répartition pourra être soumise à des modifications avec l'acquisition de nouvelles références

(16 décembre 2015)



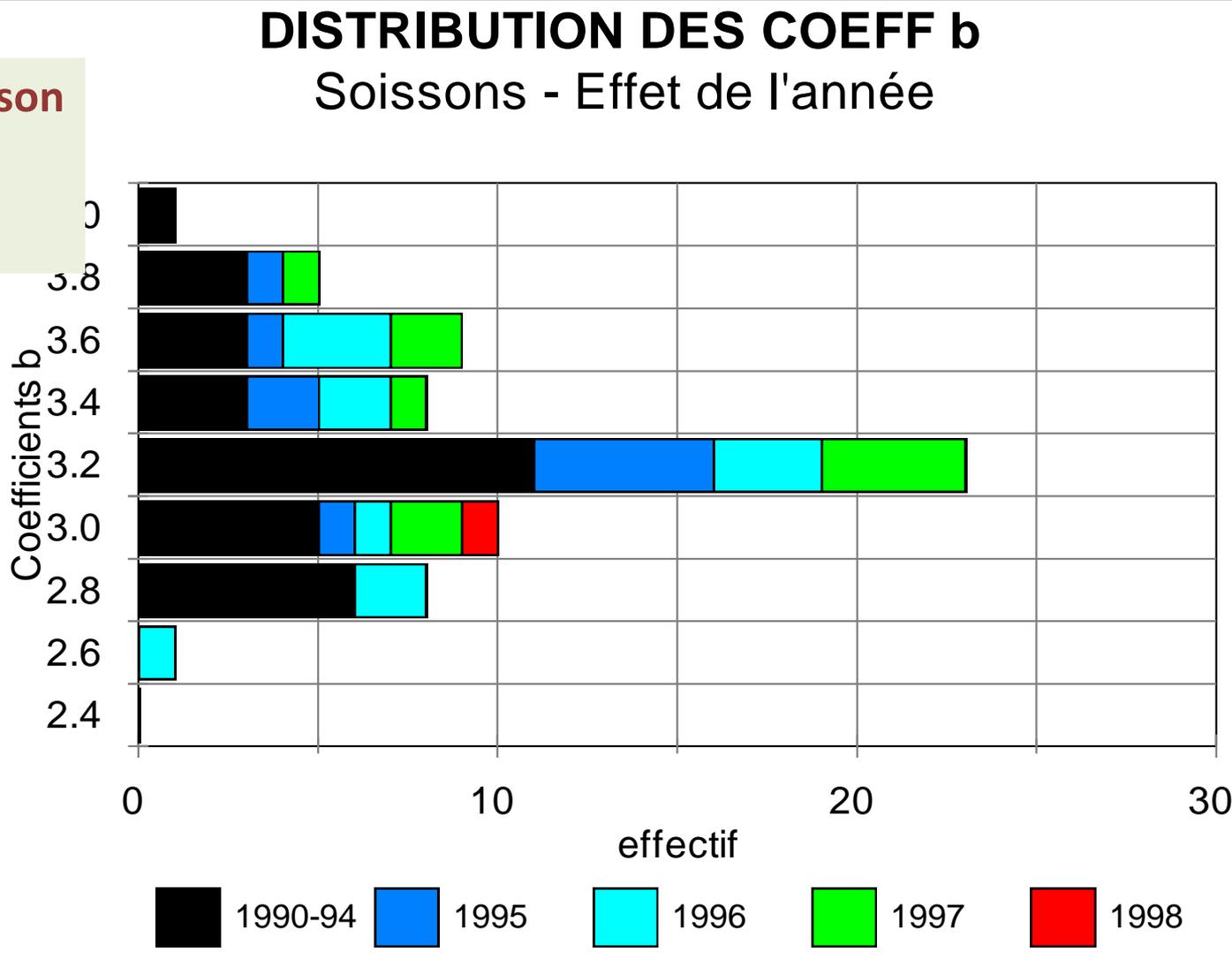


Variabilité du « b »

Autre effet : milieu

SOISSONS

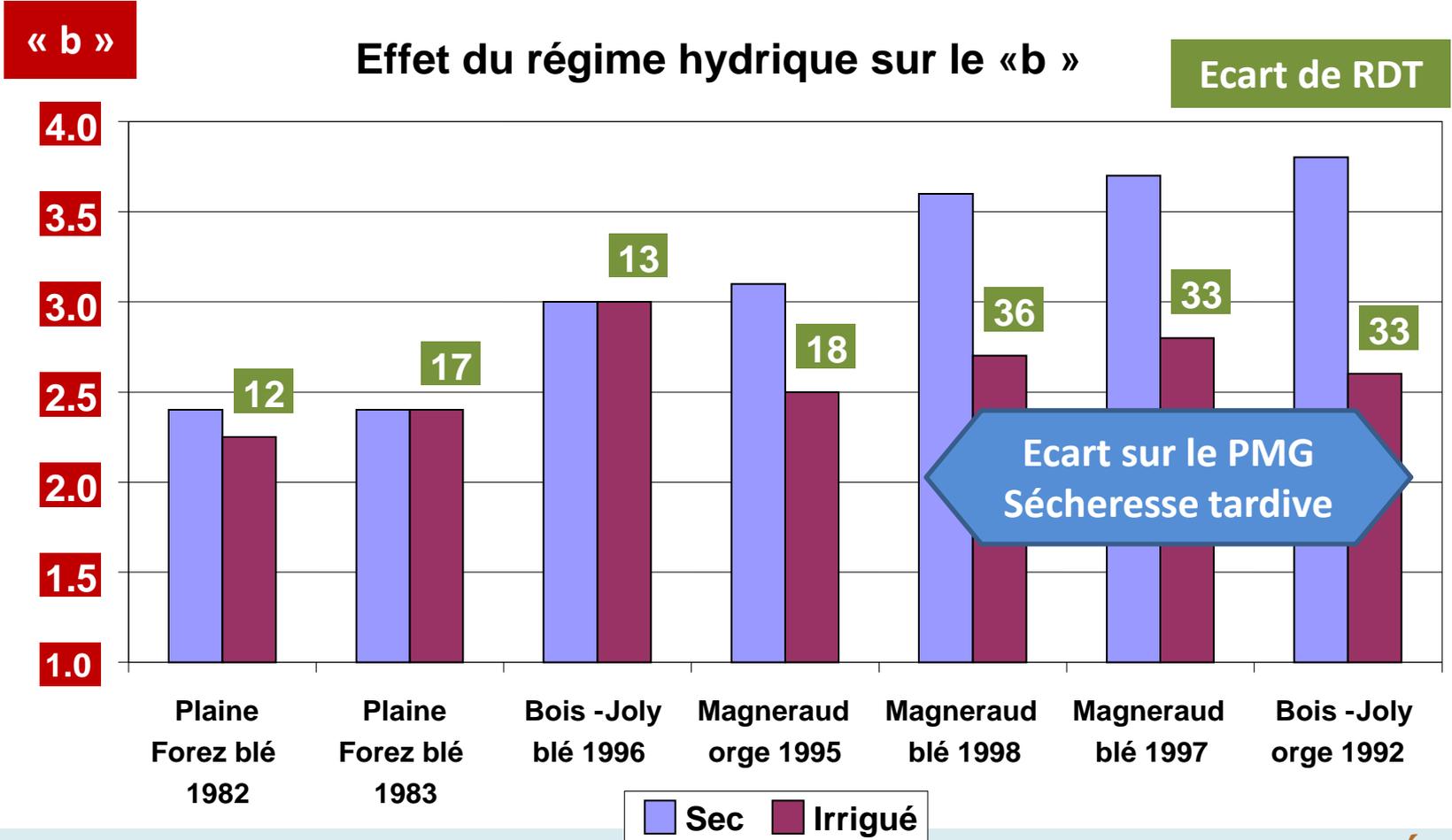
- stress post floraison
- azote disponible post floraison





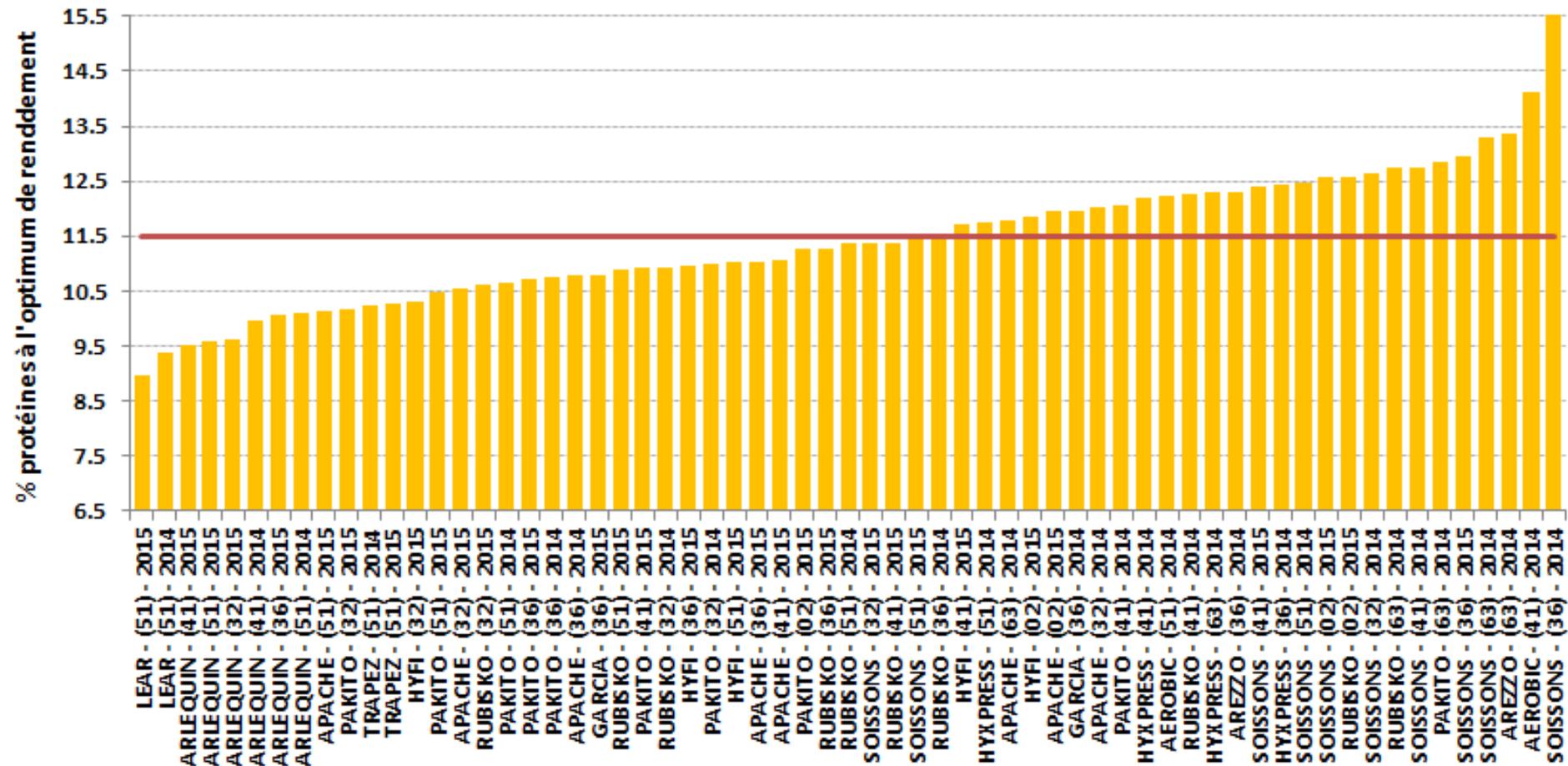
Courbes de réponses comparées irriguées/sec

« b » En moyenne + 0.54 en sec





La dose N optimale pour le rendement n'est pas toujours suffisante pour atteindre 11.5% de protéines

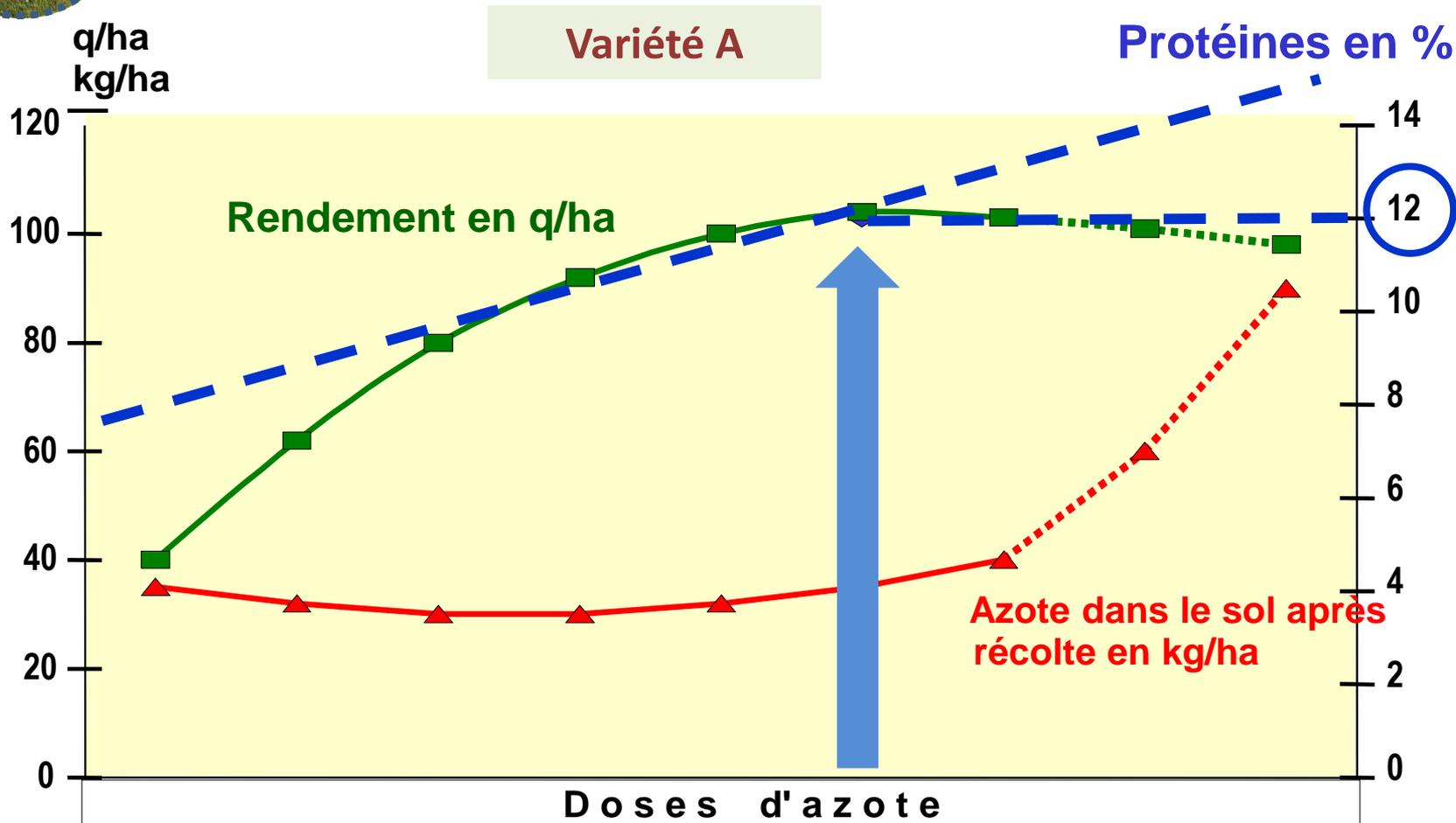


10 essais 17TNVQR 2014 et 2015 ARVALIS

Synthèse provisoire



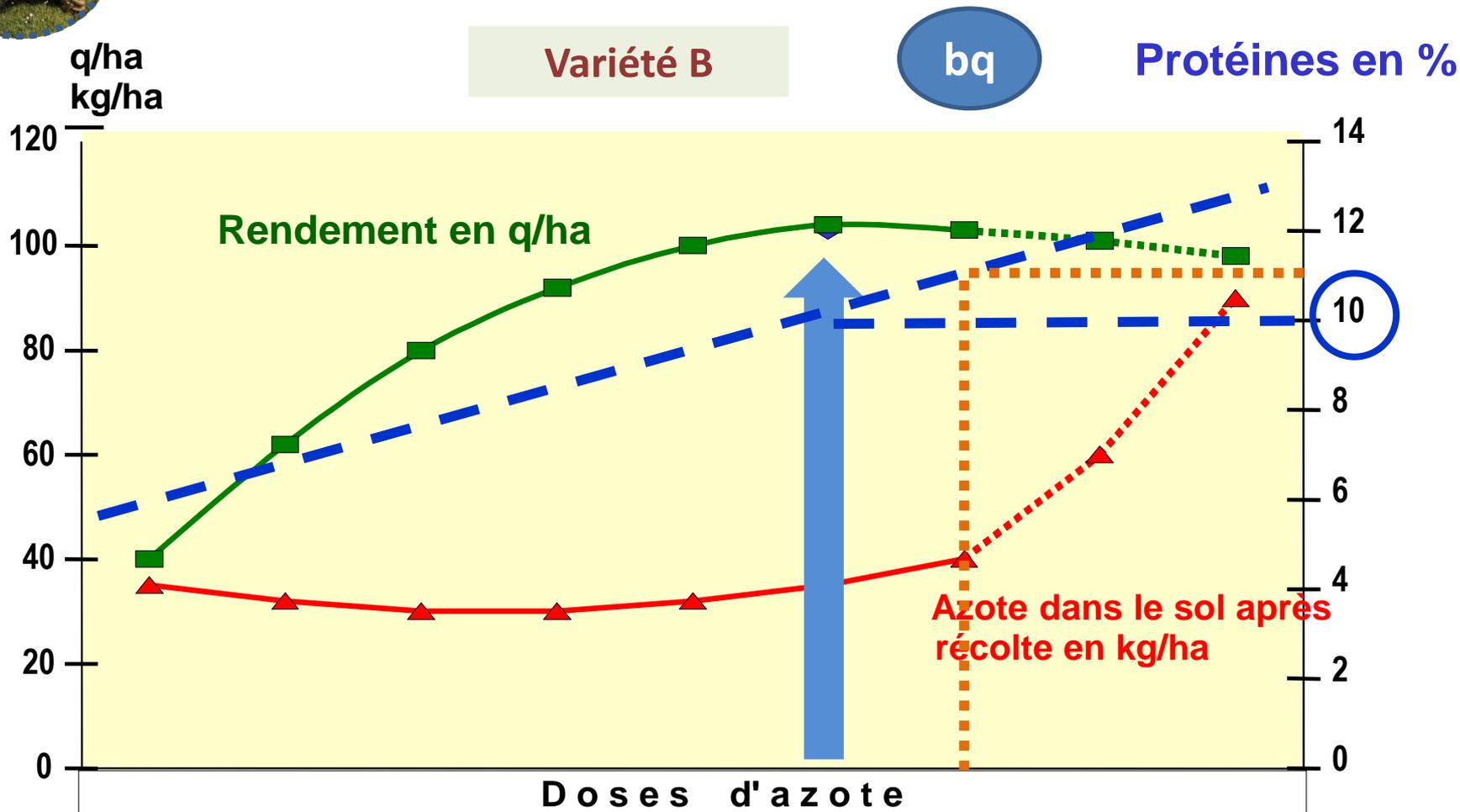
Notion de besoin pour le rendement Et la teneur en protéines « bq »



azote absorbé à la récolte
À la dose optimale



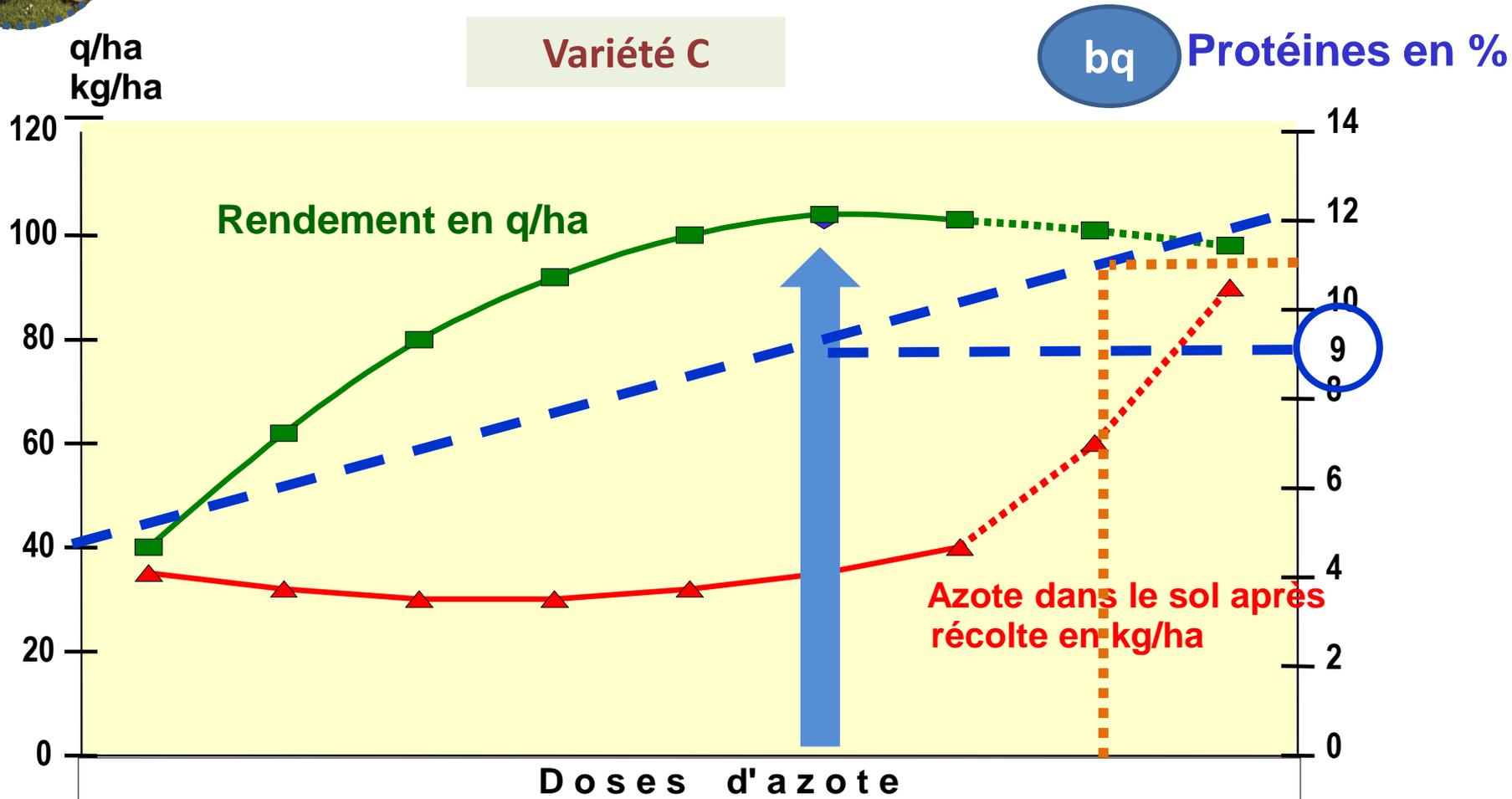
Notion de besoin pour le rendement Et la teneur en protéines « bq »



azote absorbé à la récolte
À la dose optimale



Notion de besoin pour le rendement Et la teneur en protéines « bq »



azote absorbé à la récolte
À la dose optimale



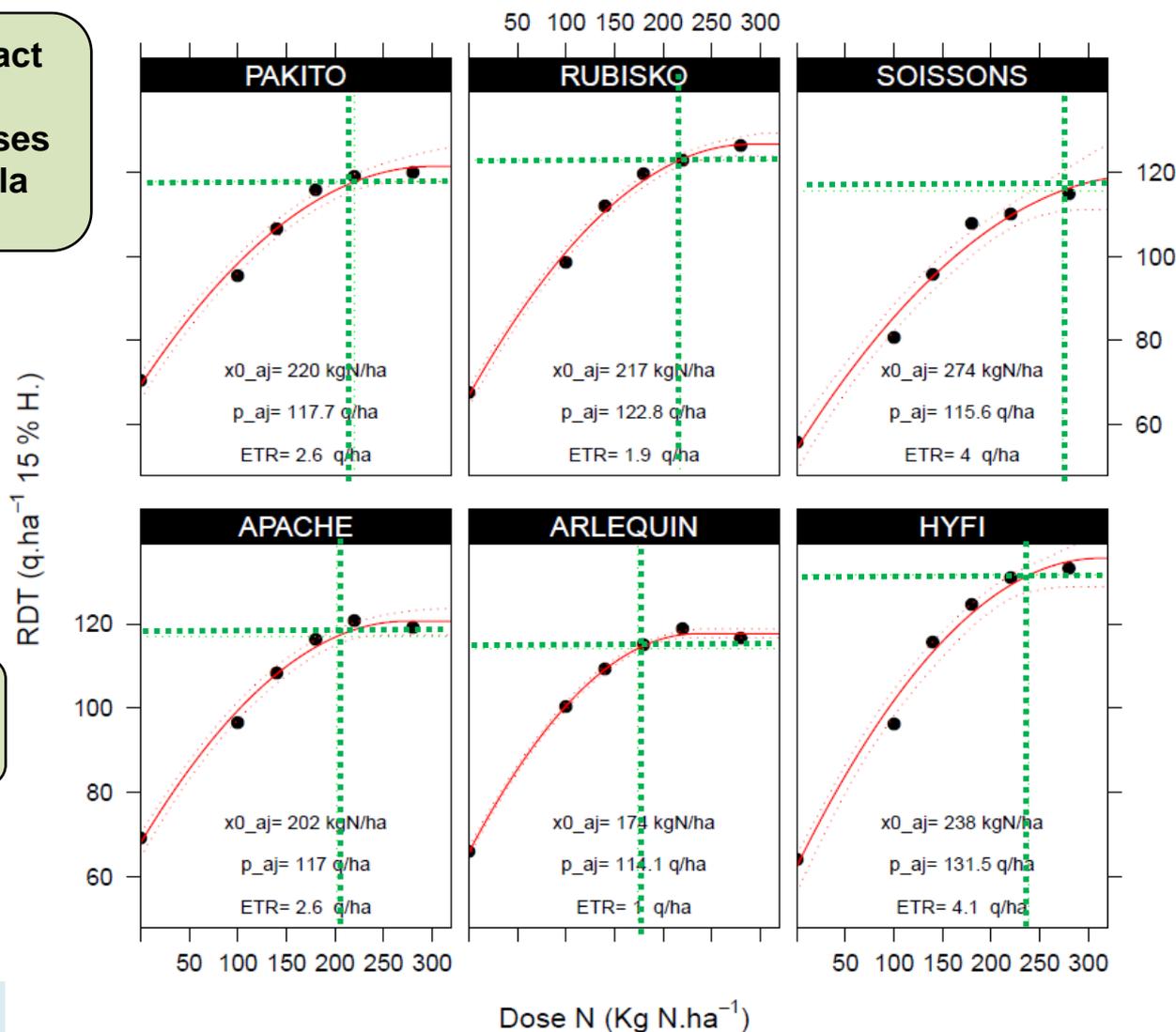
Exemple d'un essai - BINAS (41) 2015

Ajustement des courbes de réponse du rendement à l'azote

Optimum 97%

Exemple de l'impact variétal sur les courbes de réponses du rendement à la dose d'azote

Dose optimale :
175 à 275 kg/ha



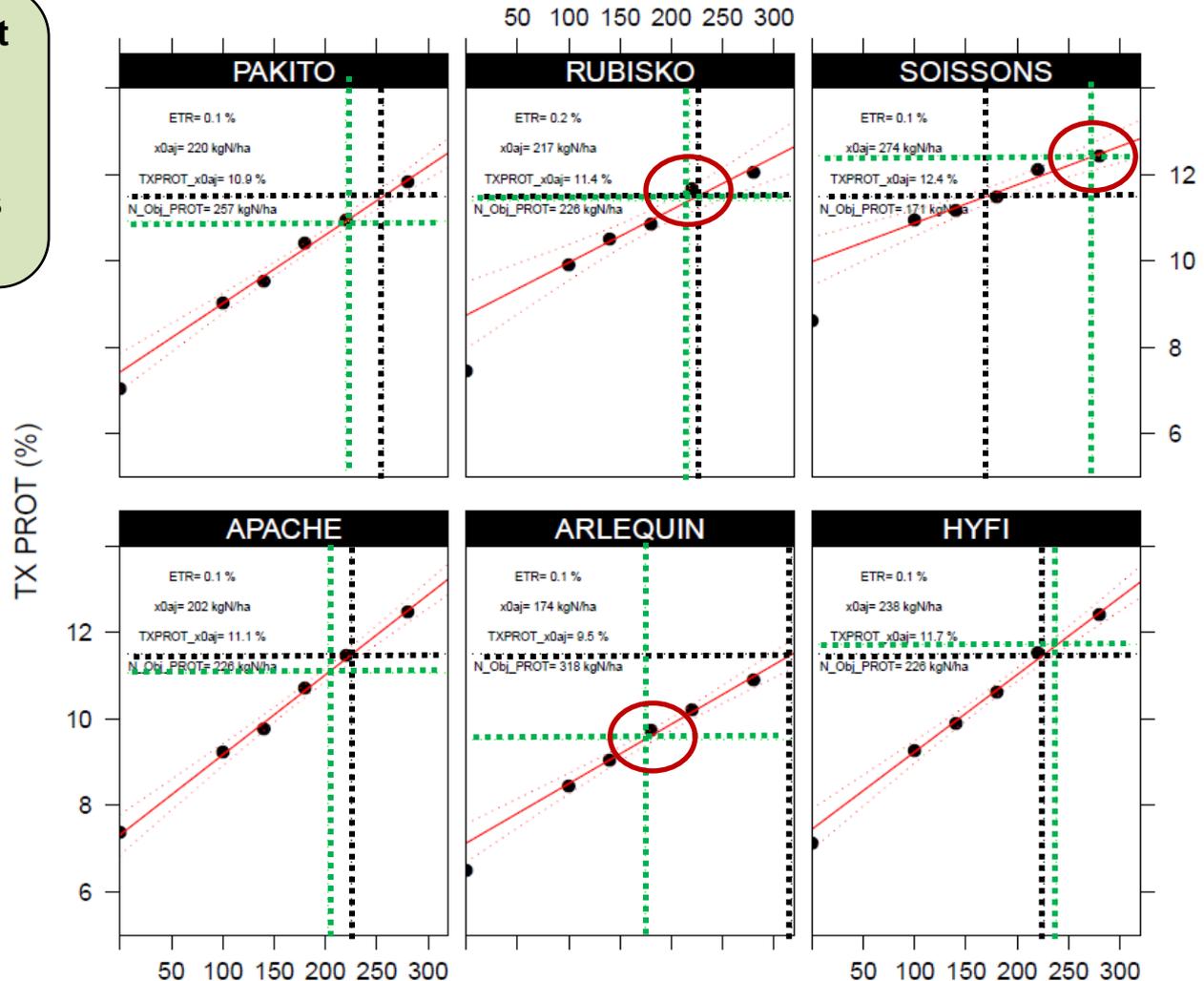
Exemple d'un essai - BINAS (41) 2015

Ajustement des courbes de réponse de la teneur en protéines à l'azote

Optimum 97%

Obj. Protéines 11.5 %

Exemple de l'impact
variétal sur les
courbes de
réponses de la
teneur en protéines
à la dose d'azote



Dose N (Kg N.ha⁻¹)

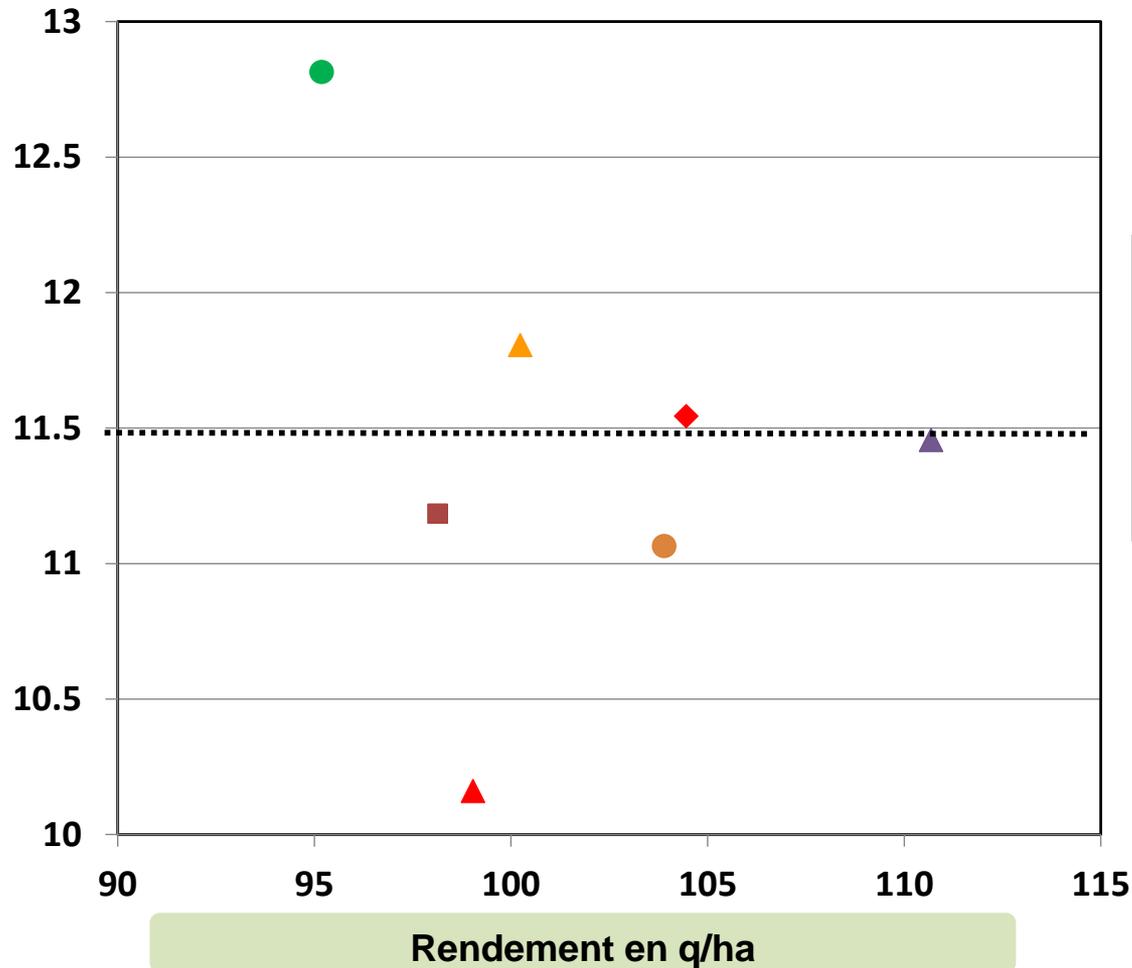
17TNVQR_BINAS(41)_2015

Synthèse provisoire



Les variétés n'ont pas les mêmes teneurs en protéines à la dose d'azote optimale pour le rendement

Teneurs en protéines en %



Synthèse



Synthèse de 10 essais 2014-2015 (6 doses N x 17 variétés de blé tendre d'hiver)
Financement : projet FSOV N-BT

Exemple d'un essai - BINAS (41) 2015

Exemple de calculs
des indicateurs à l'optimum

	Dose optimale (kg N/ha)	Rendement (q/ha)	Protéines %	b	Bq (11.5% prot)
APACHE	202	117	11.1	2.60	0.31 = b_c
HYFI	238	131	11.7	2.68	=
PAKITO	220	118	10.9	2.69	2.97
RUBISKO	217	123	11.4	2.77	2.84
SOISSONS	274	116	12.4	3.08	=

**Attention, les chiffres indiqués n'ont pas valeur de référence.
Celles-ci seront diffusées à l'automne 2016.**



Besoin en N des variétés :

Besoin unitaire associant un objectif de rendement et de qualité (% protéines)

$$\text{Besoin N} = \text{Rendement objectif} \times (b + b_c)$$

- ✓ b : besoin unitaire pour le rendement (définie par variété)
- ✓ b_c : besoin unitaire complémentaire pour une teneur en protéines souhaitée (définie par variété)
- ✓ b_q : besoin unitaire pour une teneur en protéines souhaitée ($b_q = b + b_c$)

Calcul du besoin en azote des blés tendres pour un objectif de 11.5 % de protéines dans le grain :

$$\text{besoin unitaire : } b_{q(11.5)} = b + b_c$$

(mode de préconisation déjà utilisé sur Blé Dur et Blé Améliorant)



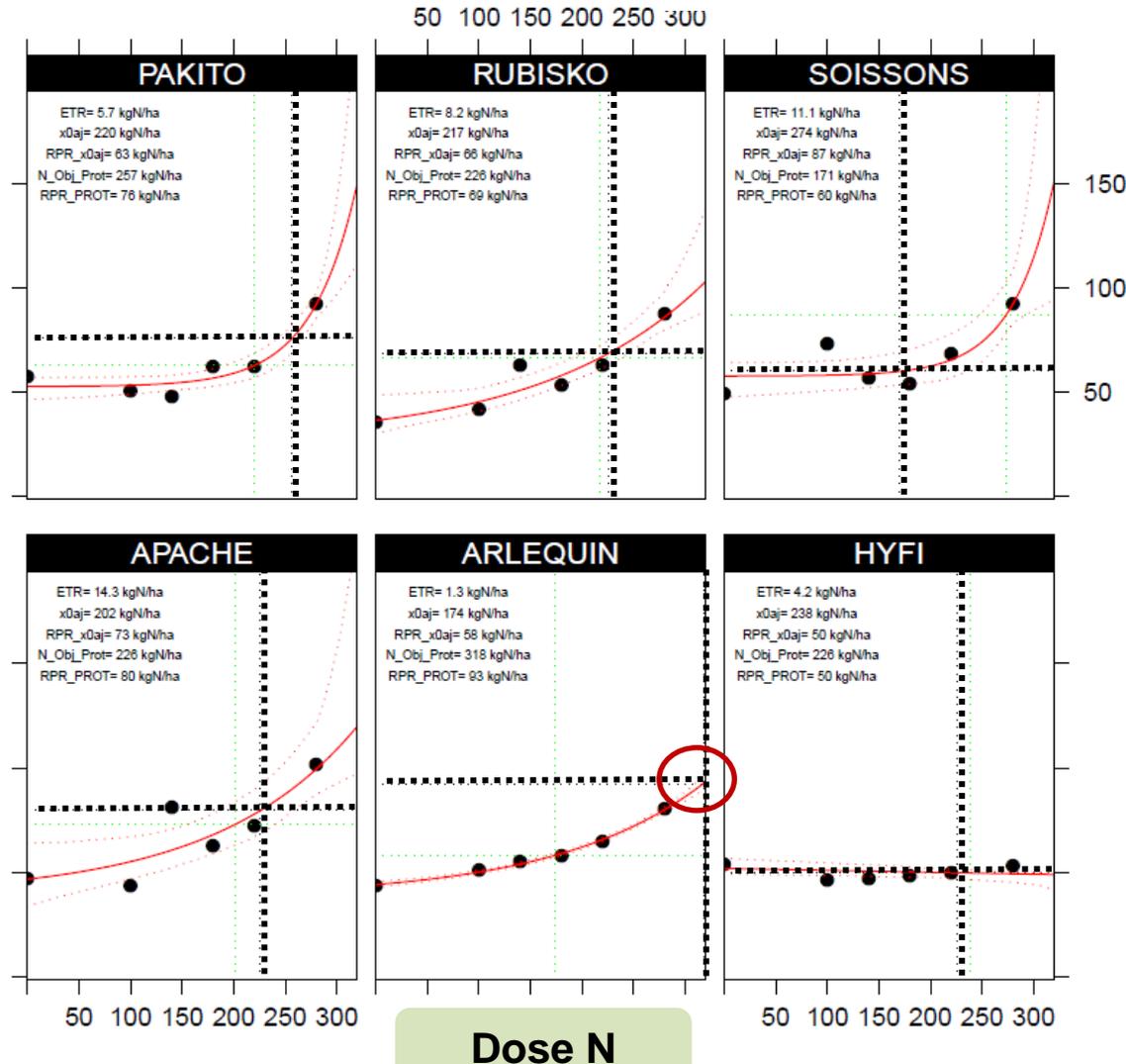
Exemple d'un essai - BINAS (41) 2015

Ajustement des courbes de réponse du reliquat post récolte à l'azote

Obj. Protéines 11.5 %

Exemple de l'impact variétal sur les courbes de réponses du reliquat récolte à la dose d'azote

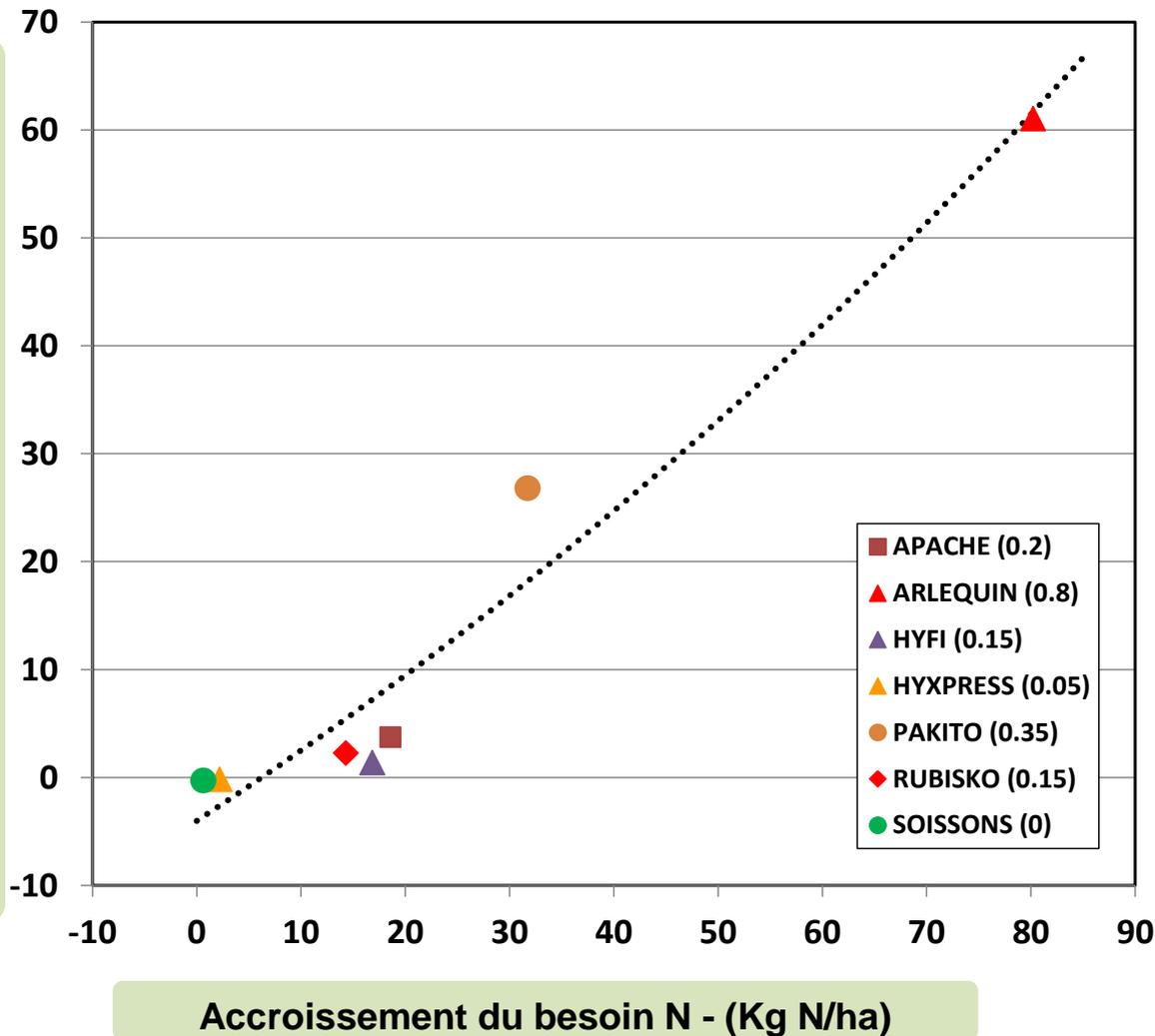
RPR
RPR H1H2 (Kg N.ha⁻¹)





Effet de la majoration du besoin (bq) des variétés sur le stock d'azote minéral du sol à la récolte

Accroissement du stock minéral d'azote à la récolte - (Kg N/ha)



Accroissements calculés par rapport à une situation conduite à l'optimum de rendement

■ VARIETE (bc)

Synthèse de 10 essais 2014-2015
(6 doses N x 17 variétés de blé tendre d'hiver)
Financement : projet FSOV N-BT

Modèle exponentiel
ETR = 6.3 kg N/ha





Besoin en N des variétés pour le rendement et la teneur en protéines (bq) Précautions dans la mise en œuvre

- Diffusion des besoins permettant d'assurer le rendement optimal et une teneur en protéines objectif.
- Valeurs nationales de « b » et « bq »
- Bornage du complément N lié à l'obtention de la teneur en protéines objectif pour maîtriser le risque d'augmentation du stock d'azote minéral dans le sol à la récolte.
- Accompagnement des compléments N proposés de préconisations de fractionnements des apports appropriés.
- Intégration de ces compléments dans les outils de pilotage.





Conclusions

- **Des valeurs de besoins unitaires qui évoluent visant à respecter à la fois des enjeux de qualité , d'économique, et d'environnement.**
- **Argumentation technique, objective et transparente**
- **Soumis à d'éventuelles évolutions : programme de recherche pluri-partenaires en cours, avec une échéance fin 2017.**
- **Rendez-vous cet automne/hiver, pour les propositions de valeurs.**

