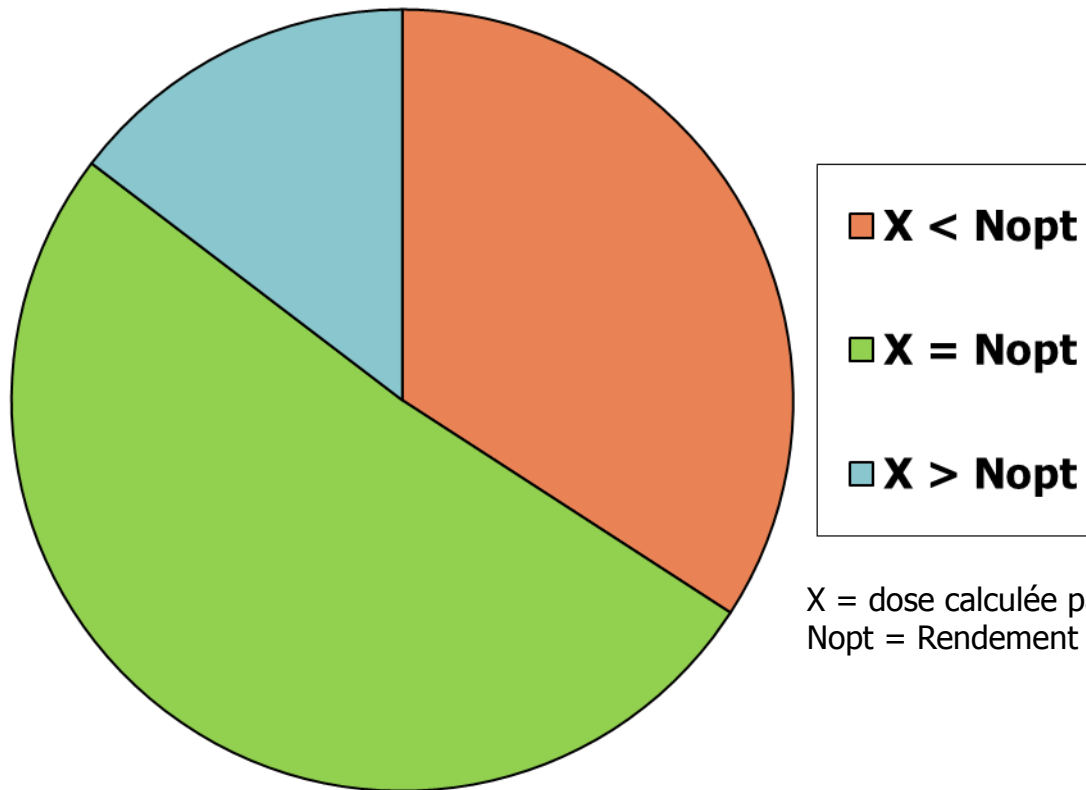


Améliorer l'efficacité des engrais azotés

Pourquoi se soucier plus que jamais d'efficacité de la fumure azotée ?

Pertinence technique de la dose d'azote calculée par la méthode du bilan prévisionnel Synthèse de 41 essais (2000/2013)



X = dose calculée par la méthode du bilan
Nopt = Rendement maximum à 3% ou 2 q/ha près

Dans un contexte plus contraignant concernant le raisonnement de la dose d'azote, maximiser l'efficacité de l'engrais azoté est un vrai enjeu technique, économique et filière.

Les différentes notions d'efficacité

› **Le Coefficient Apparent d'Utilisation**

- › C'est l'augmentation d'azote absorbé par une parcelle fertilisée par rapport à un témoin non fertilisé rapportée à la dose d'azote fournie
- › Son calcul nécessite la mesure de la biomasse à floraison et sa teneur en azote

› **Le Coefficient Réel d'Utilisation**

- › C'est le pourcentage de l'azote épandu absorbé par la plante
- › Sa détermination nécessite l'utilisation d'azote marqué

› **Le bilan énergétique**

- › C'est le rapport entre l'énergie restituée (grain, pailles ?) et l'énergie nécessaire à la synthèse de l'azote, son transport, son épandage

› **L'efficacité technique**

- › Approchée par le rendement et la teneur en protéines obtenus

› **L'efficacité économique**

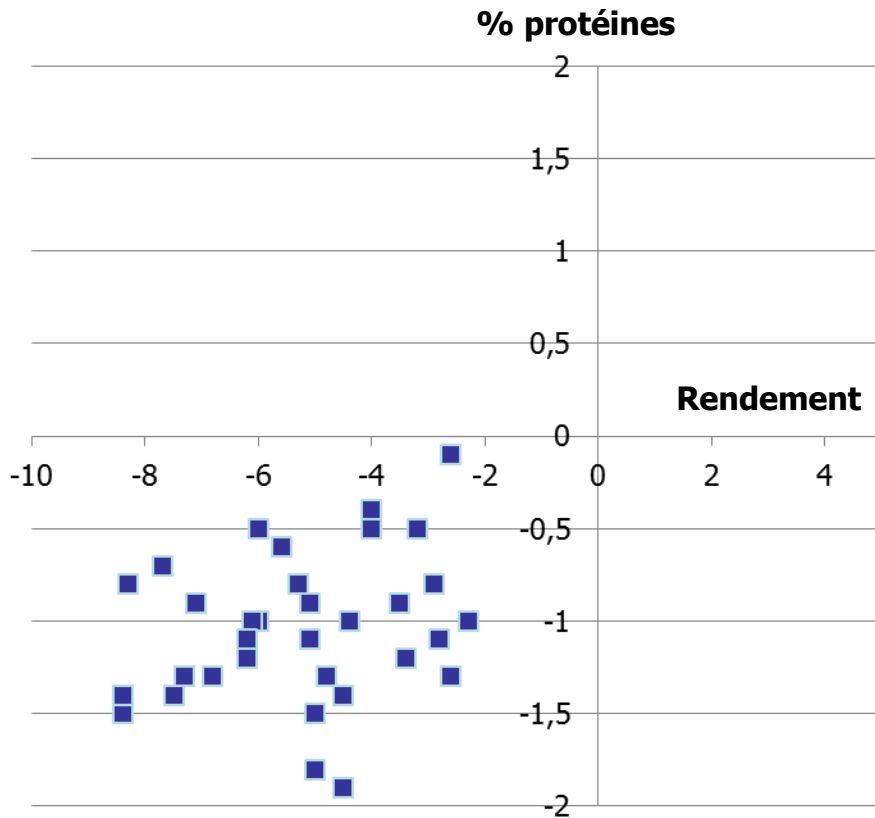
- › Approchée par la marge sur coût azote

› **L'efficacité environnementale**

- › Approchée par le bilan azote exporté dans les grains - azote fourni sous forme d'engrais (E-F)

La bonne dose d'azote : la sous-fertilisation, indéfendable sur le plan de l'efficacité technique et économique

Conséquences d'une **sous-fertilisation** de 40 u
Ecart à la dose optimale
Synthèse de 35 essais sur blé tendre (2000/2013)

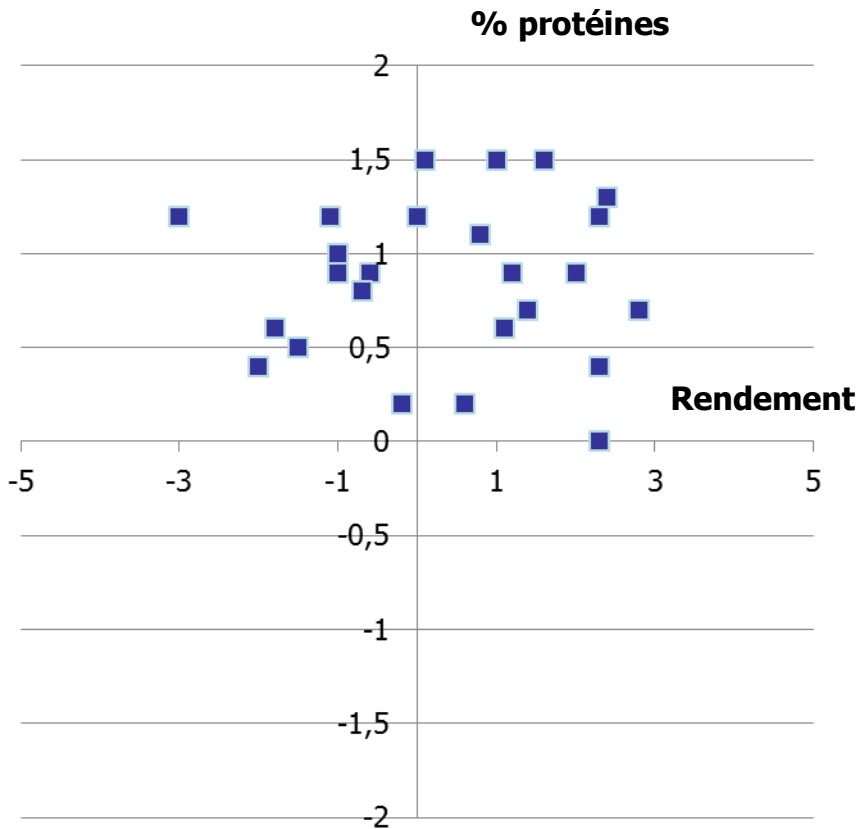


		Nopt -40
Efficacité technique	Rendement	-5,4 q/ha
	Protéines	-1,0 %
Efficacité économique	Marge sur fumure	-52 €/ha
Efficacité environnementale	E - F	+15 u/ha

Attention aux discours encourageant une limitation des fumures azotées pour des motifs environnementaux !!!

La bonne dose d'azote : la sur-fertilisation, indéfendable sur le plan de l'efficacité économique et environnementale

Conséquences d'une **sur-fertilisation** de 40 u
Ecart à la dose optimale
Synthèse de 27 essais sur blé tendre (2000/2013)

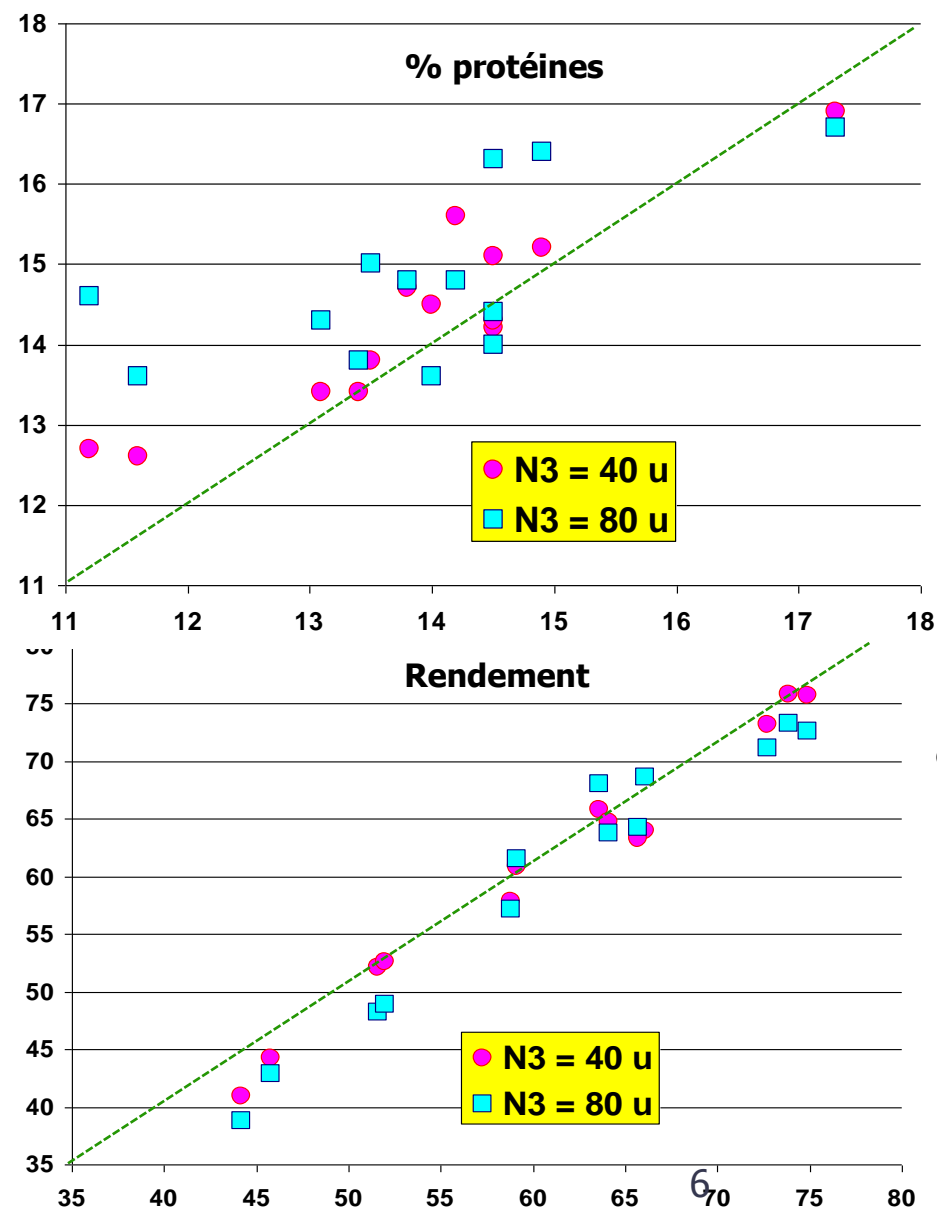


		Nopt +40
Efficacité technique	Rendement	+0,7 q/ha
	Protéines	+0,8 ‰
Efficacité économique	Marge sur fumure	-26 €/ha
Efficacité environnementale	E - F	-28 u/ha

Attention aux discours encourageant une sur-qualité !!!

La fourniture d'azote au bon moment : 3 apports, un facteur d'efficacité technique et environnementale

Conséquences d'un fractionnement en 3 apports à dose d'azote totale constante
Synthèse de 26 essais sur blé dur
(Comité technique blé dur, 2000/2013)



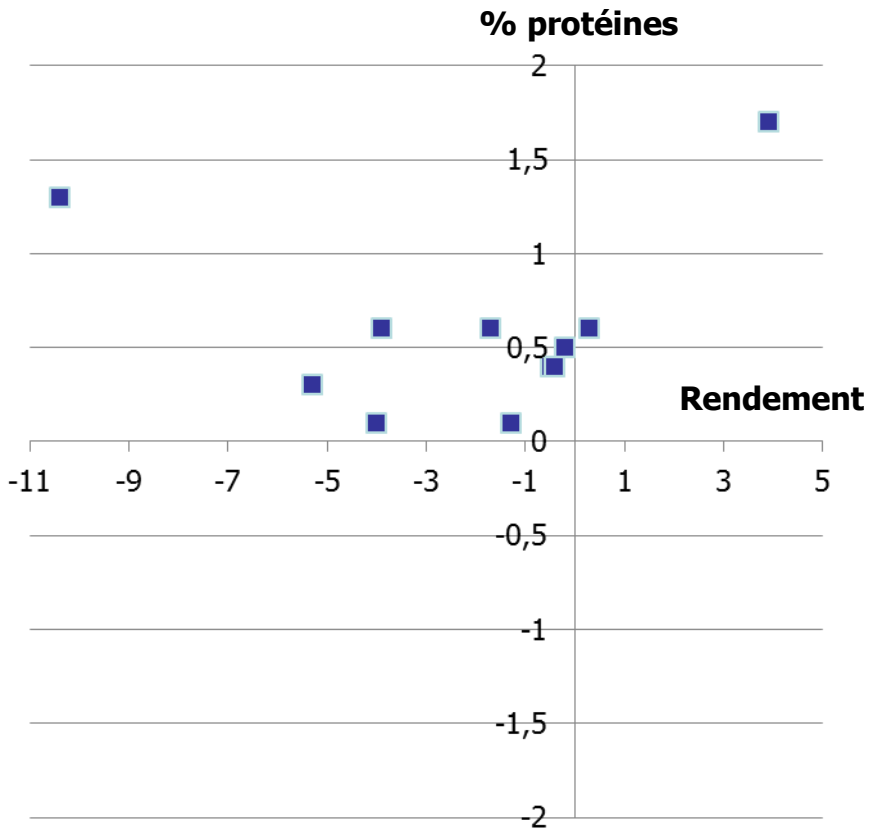
	N3=40	N3=80	
Efficacité technique	Rendement	+0,0 q/ha	-0,9 q/ha
	Protéines	+0,5 %	+0,9 %
Efficacité économique	Marge* sur fumure	0 €/ha	-22 €/ha
Efficacité environnementale	E - F	+5 u/ha	+7 u/ha

L'intérêt d'un apport d'azote fin montaison n'est plus discuté mais de gros 3^{ème} apport peuvent poser problème en matière d'efficacité technique et économique

1 q = 24,5 €
1 uN = 0,93 €
* Hors effet éventuel sur le taux de mitadinage

La fourniture d'azote au bon moment : supprimer l'apport tallage, un bénéfice qualité aux dépens de tous les autres critères d'efficacité

Conséquences d'un **report du N1 sur le N2** de 40-60 u
à dose d'azote totale constante
Synthèse de 11 essais sur blé tendre (années 2008/2013)



		N1=0
Efficacité technique	Rendement	-2,1 q/ha
	Protéines	+0,6 ‰
Efficacité économique	Marge sur fumure	-35 €/ha
Efficacité environnementale	E - F	-4 u/ha

Supprimer l'apport au tallage est certes bénéfique à la teneur en protéines mais les autres indicateurs d'efficacité sont dégradés

La forme de l'engrais azoté : la solution azotée, l'efficacité économique aux dépens de l'efficacité technique et environnementale

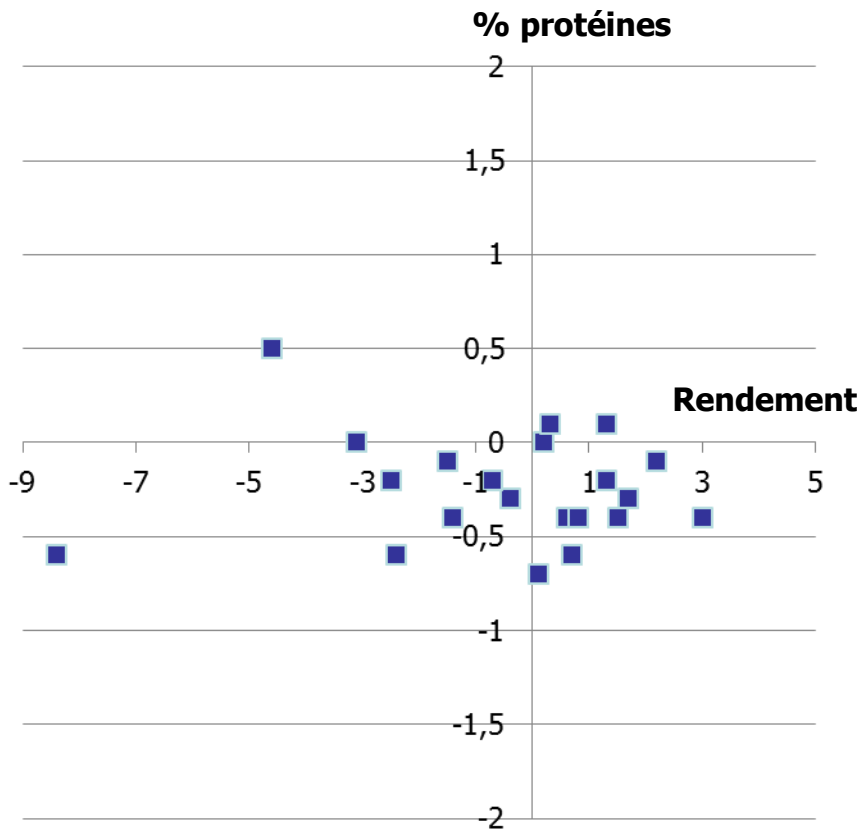
Comparaison d'une fertilisation sous forme **solution azotée comparée à l'ammonitrate**
Synthèse de Yara/Arvalis en sol non calcaire sur blé tendre (fin des années 1900)

Dose Solution 390 (% Ammonitrate)	Ecart de rendement	Ecart de protéines
100	- 1,95	- 0,63
105	- 1,30	- 0,49
110	- 0,65	- 0,35
115	- 0,27	- 0,14
120	+ 0,05	- 0,10

		Solution 390 N=X	Solution 390 N=X+10%
Efficacité technique	Rendement	-1,9 q/ha	-0,6 q/ha
	Protéines	-0,6 %	-0,3 %
Efficacité économique	Marge sur fumure	+15 €/ha	+25 €/ha
Efficacité environnementale	E - F	-11 u/ha	-23 u/ha

La forme de l'engrais azoté : l'urée, l'efficacité économique aux dépens de l'efficacité technique voire environnementale

Comparaison d'une fertilisation sous forme **uréique comparée à l'ammonitrate**
à dose d'azote totale constante
Synthèse de 7 essais (et 3 doses d'azote) sur blé tendre et dur (2000/2013)



Efficacité technique	Rendement	-0,5 q/ha
	Protéines	-0,25 %
Efficacité économique	Marge sur fumure	+25 €/ha
Efficacité environnementale	E - F	-5 u/ha

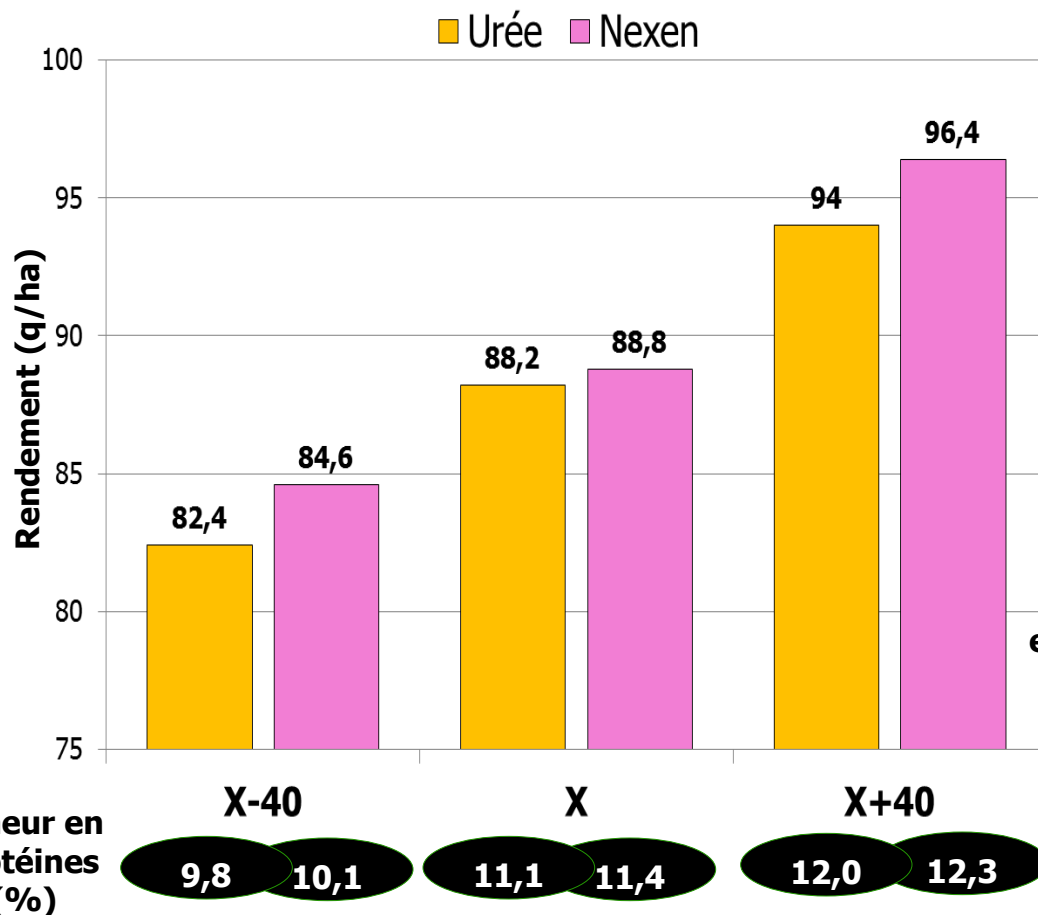
En termes d'efficacité technique et environnementale, l'urée est intermédiaire entre l'ammonitrate et la solution azotée

1 q = 16,5 €
1 uN ammo = 0,93 €
1 uN urée = 0,71 €

Les efforts de formulation des engrais azotés : le NBPT, un additif qui améliore l'efficacité technique et environnementale de l'urée

Conséquences d'une imprégnation de l'urée par le NBPT

Synthèse 2012/2013 de 3 essais sur blé tendre ou dur



Efficacité technique

Rendement

+1,7
q/ha

Protéines

+0,3 %

Efficacité économique

Marge sur fumure

+5 €/ha

Efficacité environnementale

E - F

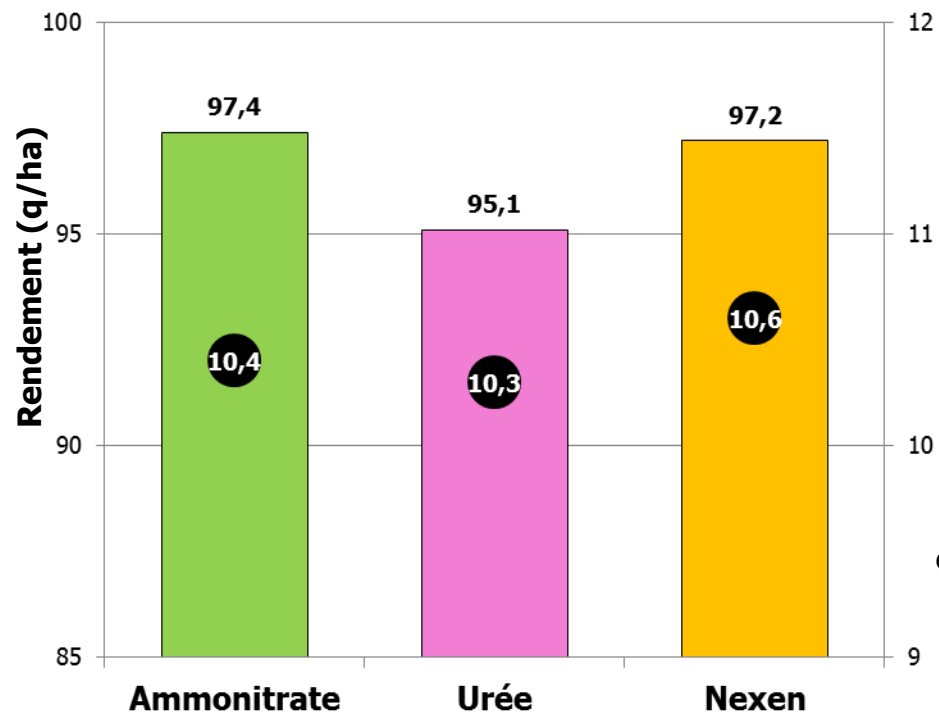
+7 u/ha

1 q = 16,5 €
1 uN urée = 0,71 €
1 uN urée imprégnée = 0,85 €

Les efforts de formulation des engrais azotés : le NBPT permet à l'urée d'être proche en efficacité de l'ammonitrate *(à confirmer !)*

Comparaison de l'urée et de l'urée + NBPT à l'ammonitrate
à dose d'azote totale constante
Synthèse de 2 essais 2013 (et 3 doses d'azote) sur blé tendre

■ Rendement ● Protéines



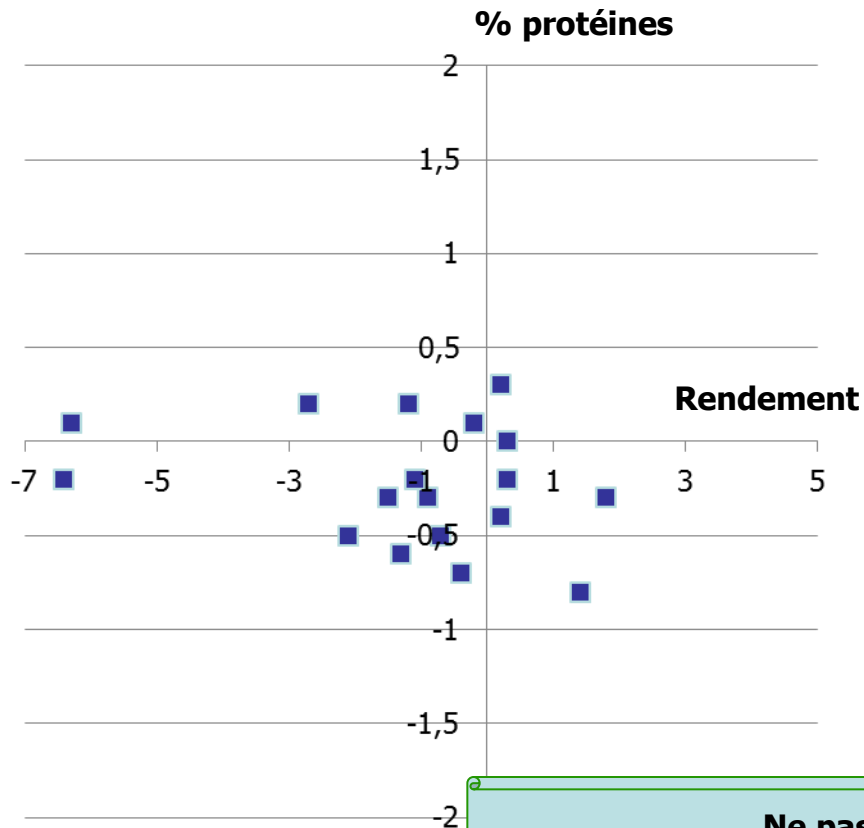
	urée	Urée + NBPT
Efficacité technique	Rendement: -2,3 q/ha	-0,2 q/ha
	Protéines: -0,1 %	+0,2 %
Efficacité économique	Marge sur fumure: -5 €/ha	+9 €/ha
Efficacité environnementale	E - F: -5 u/ha	+3 u/ha

L'ajout d'un inhibiteur d'uréases à l'urée est une piste très intéressante (à confirmer par davantage de données expérimentales)

Les efforts de formulation des engrais azotés : ajouter un retardateur de libération d'azote n'a pas d'intérêt sur céréale à paille

Comparaison d'une fertilisation sous forme solide (ammonitrate ou urée)
à une fertilisation au tallage sous forme ENTEC (retardateur de nitrification),
ou au redressement pour partie COTEN ou ESN (enrobage de l'urée)
à dose d'azote totale constante

Synthèse de 11 essais sur blé tendre et blé dur (2006/2013)



Efficacité
technique

Rendement

-1,1 q/ha

Protéines

-0,2 %

Efficacité
économique

Marge
sur fumure

-47 €/ha

Efficacité
environnementale

E - F

-5 u/ha

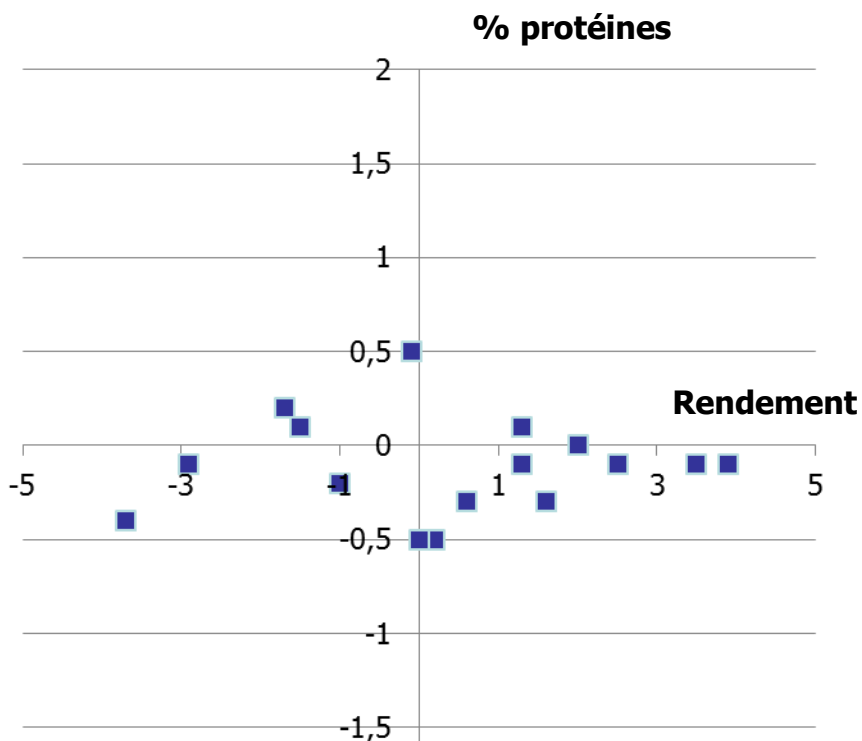
Ne pas globaliser :
sur un essai prairie longue durée (4 ans),
ENTEAC améliore la productivité moyenne annuelle
de **0,4 t MS/ha** par rapport à l'urée.

1 q = 17,5 €
1 uN solide = 0,82 €
surcoût N retard = 28 €/ha

Les efforts de formulation des engrais azotés : remplacer une partie de l'azote solide au sol fin montaison par une pulvérisation d'azote foliaire est neutre pour l'efficacité technique et environnementale

**Comparaison d'une fertilisation fin montaison
pour partie sous forme solide au sol et pour partie en pulvérisation foliaire (15u)
à toute la fertilisation sous forme solide au sol
à dose d'azote totale constante**

Synthèse de 16 essais sur blé tendre, blé améliorant et blé dur (2008/2013)



**Efficacité
technique**

Rendement

+0,4 q/ha

Protéines

-0,1 %

**Efficacité
économique**

**Marge
sur fumure**

-19 €/ha

**Efficacité
environnementale**

E - F

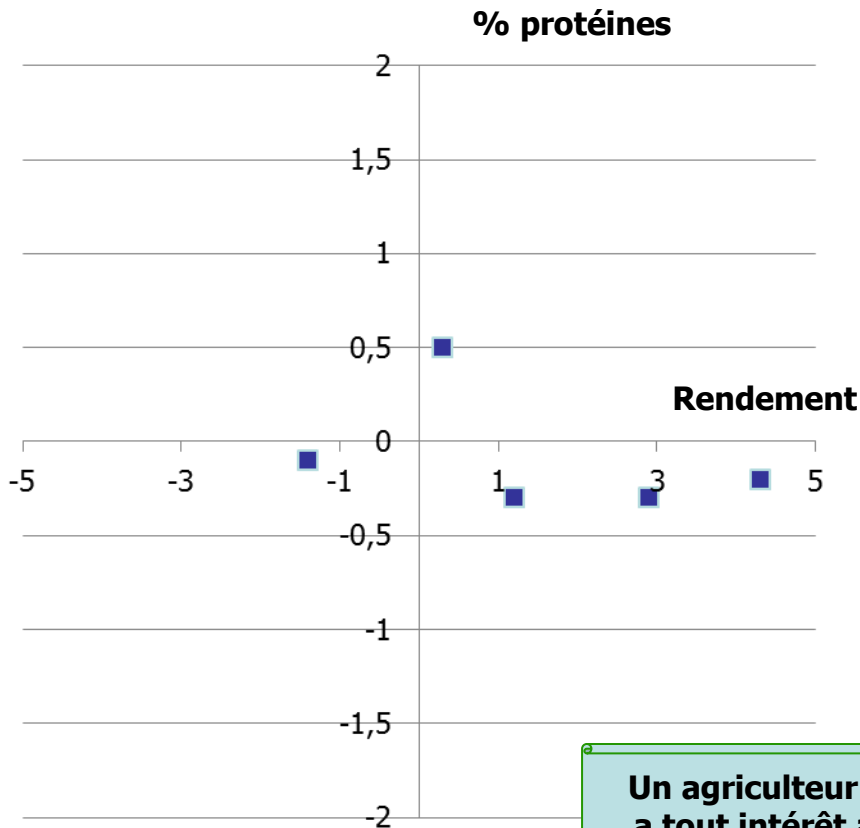
-1 u/ha

**L'apport d'azote solide au sol fin montaison est bien valorisé.
La pulvérisation foliaire ne fait pas mieux en moyenne mais
sécurise les agriculteurs en conditions sèches.**

1 q = 20,5 €
1 uN ammo = 0,93 €
1 uN azote foliaire = 2,73 €

Les efforts de formulation des engrais azotés : ajouter de la glutacétine à la pulvérisation foliaire de solution azotée améliore son efficacité technique

Comparaison d'une fertilisation à épiaison sous forme solution azotée diluée additivée de glutacétine comparée à la solution azotée diluée solo à dose d'azote totale constante
Synthèse de 5 essais sur blé tendre et blé dur (2012/2013)



Efficacité technique

Rendement

+1,5 q/ha

Protéines

-0,1 %

Efficacité économique

Marge sur fumure

+3 €/ha

Efficacité environnementale

E - F

+2 u/ha

Un agriculteur qui n'utilise que l'azote liquide a tout intérêt à compléter son apport foliaire d'azote dilué par de la glutacétine.

1 q = 20,5 €
 1 uN S390 = 0,67 €
 Balsamo = 28 €/ha

Conclusion sur la recherche d'efficacité de la fumure azotée : bien hiérarchiser les enjeux sur céréales

> La bonne dose

- > Proscrire les sous-fertilisations
- > Arrêter les fumures d'assurance

> Le fractionnement

- > Maintenir le 1^{er} apport
- > Généraliser le 3^{ème} apport
- > Renforcer la dose du 3^{ème} apport

> La forme

- > Passer de la solution azotée à l'ammonitrate
- > Passer de l'urée à l'ammonitrate
- > Ajouter un inhibiteur d'uréases à l'urée
- > Utiliser un retardateur de libération d'azote

> L'apport qualité de fin de cycle

- > Passer à la pulvérisation foliaire
- > Ajouter de la glutacétine à la solution diluée pulvérisée

Productivité	Qualité	Economique	Environnement
+++	+++	+++	-
0	---	++	++
++	---	++	0
0	++	0	+
-	+++	-	+
0	+	-	++
0	+	-	+
+	+	0	+
-	-	---	-
0	0	-	0
+	0	0	0