

Céréales à pailles

Bilan de deux campagnes d'essais de fertilisation soufrée

L'apport systématique de soufre ne se justifie que dans les sols à risque élevé. Les résultats de deux campagnes d'essais confirment cette préconisation.

Alain Bouthier
a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

Daniel Danjou
daniel.danjou@uniphos.com

CEREXAGRI



© F. Laurent, ARVALIS-Institut du végétal

▲ Les effets de la déficience en soufre sur le rendement du blé restent modestes dans les sols à risque moyen ou faible.

Remerciements

Les 61 essais ont été mis en place par ARVALIS-Institut du végétal, Cerexagri, Chambre d'Agriculture d'Ile-de-France, Chambre d'Agriculture de Seine-Maritime, Chambre d'Agriculture de la Somme, Chambre d'Agriculture du Loiret, GRAINOR, SC2, CULTIVANCES, CAVAC, CETA Romilly, NORIAP, CAPL (49), MCA, SOUFFLET ATLANTIQUE, CHARENTE COOP, INRA Le Rheu.

La baisse des retombées atmosphériques de soufre (liée aux réglementations en vigueur en matière d'émissions de soufre) engendre l'accroissement des surfaces où se manifestent les déficiences en soufre.

Toutefois, l'apport systématique de soufre sur les céréales à pailles ne semble pas encore justifié: il est avéré pour les sols superficiels filtrants, mais pas pour les sols profonds, d'autant que des effets dépressifs ont été mis en évi-

▶ Excepté dans les sols superficiels filtrants, les apports systématiques de soufre ne sont pas justifiés.

dence dans quelques essais.

Pour mieux prendre en compte ces situations, ARVALIS-Institut du végétal et la société Cerexagri ont souhaité mettre en place un observatoire soufre sur les céréales. Impliquant de nombreux partenaires, cette étude s'appuie sur 61 essais conduits

en 2006 et 2007. Trois objectifs étaient visés:

- mieux cerner l'ampleur de la réponse à l'apport de soufre en particulier dans les situations à risque faible ou moyen selon les préconisations actuelles,
- tester la grille de décision d'apport de soufre diffusée par ARVALIS-Institut du végétal, basée sur quatre critères: le type de sol, le passé de fertilisation organique, la pluviométrie hivernale et l'apport de soufre sur le précédent. Cette grille constitue un premier élément

Nombre d'essais conduits en 2006 et 2007 dans les classes de risque de déficience de la grille de décision (tab. 1)

	Pluviométrie 1/10 au 1/03	Pas d'apport de produits organiques		Apport de produits organiques	
		Précédent colza	Autres précédents	Précédent colza	Autres précédents
Risques élevés, sols superficiels filtrants : argilo-calcaire	forte ou normale (> 300 mm)	2	9 (2)	1	2 (1)
	faible (< 300 mm)	4 (1)	4 (2)	0	1
Risques moyens : argilo-calcaire profond ; limon battant froid hydromorphe	forte (> 500 mm)	0	1	0	0
	normale	1	1	0	1 (1)
	faible (< 300 mm)	0	0	0	1
Risques faibles : sols profonds sains ; limons argileux profond, limon franc	forte (> 500 mm)	0	1	1	1
	normale	2	10	2	1
	faible (< 300 mm)	1	11	0	3

Entre parenthèses le nombre d'essais avec réponse positive à l'apport de soufre supérieure à 5 q/ha ou statistiquement significative.

Une majorité d'essais a été conduite dans des sols à risque de carence en soufre faible ou fort. Les réponses au soufre sont essentiellement observées en sols à risque élevé.

Dans plusieurs essais, un effet dépressif des apports de soufre a été observé.

de raisonnement de l'apport de soufre fin tallage.

- tester des indicateurs de nutrition soufrée susceptibles d'améliorer le diagnostic en début de montaison des céréales.

Trois indicateurs plantes testés

Trois indicateurs de nutrition soufrée des plantes ont été testés : le test malate sulfate, le test teneur en sulfate du jus de base de tiges et le test GPN® soufre.

Le test malate sulfate, proposé en routine (coût de l'analyse : environ 20 € HT) depuis 2002 par le laboratoire anglais de Hill Farm Court Research, est largement développé en Angleterre sur colza, blé tendre et orge. Le test est basé sur la relation étroite entre l'état de nutrition soufrée des plantes et le rapport des teneurs des anions malate et sulfate, présents dans les tissus foliaires. Le test est réalisé sur un échantillon d'une trentaine de feuilles (plus jeune feuille ligulée) et peut être interprété du tallage à la fin de la montaison. Des seuils d'interprétation, établis à partir de nombreux essais anglais, sont proposés pour le blé tendre, l'orge et le

colza. C'est le seul indicateur sur plante permettant un diagnostic suffisamment précoce pour permettre une intervention destinée à corriger une carence en cours.

Le dosage du sulfate dans le jus de base de tiges au stade 2 nœuds est développé par Challenge Agriculture depuis le début des années 2000 dans le cadre de la méthode Nutrichek®. Un premier apport de soufre fin tallage est géré selon une grille très proche de celle proposée par ARVALIS-Institut du végétal. La mesure Nutrichek® permet d'envisager un apport éventuel au stade 2 nœuds.

Le GPN® soufre est diffusé depuis 2007 par la société GPN et Cerexagri. Sa mise en œuvre est analogue à celle du GPN® azote : un étalon abondamment fertilisé avec du soufre est mis en place fin tallage. La mesure réalisée à partir du stade 2 nœuds permet de faire un ajustement à partir de ce stade selon le diagnostic GPN® soufre. Cette méthode offre plusieurs avantages : facilité de mise en œuvre, obtention immédiate du résultat et d'un diagnostic sur une surface importante de la parcelle. Seul point faible, elle implique la mise en place d'un étalon à la fin du tallage.

Les carences en soufre affectent la croissance de la plante. ▶

Les plus fortes réponses en sols à risque élevé

En 2006 comme en 2007, l'effet de la fertilisation soufrée sur le rendement s'est révélé de faible ampleur : le gain de rendement moyen a été de 1,9 q/ha en 2006 et 0,2 q/ha en 2007. Le gain de rendement a été supérieur ou égal à 5 q/ha dans seulement six essais en 2006 et un seul en 2007 (figure 1). Ces résultats sont cohérents avec la pluviosité hivernale faible ou modérée sur l'ensemble des essais en 2006 et sur une majorité d'essais (13 sur 19) en 2007.

Les plus fortes réponses ont été observées pour des sols sur craie, argilo-calcaires superfi-

Méthodologie de l'étude

L'étude a porté sur 43 essais conduits sur du blé tendre et 18 sur du blé dur. Les essais ont été mis en place dans différentes régions de France, dans des contextes pédoclimatiques et culturaux très variés et représentatifs des différentes situations à risque vis-à-vis de la déficience en soufre (tableau 1).

Le protocole prévoyait la mise en place d'un témoin et d'une parcelle avec un apport de 30 à 60 kg SO₃/ha (ajusté selon la grille ARVALIS-Institut du végétal) réalisé fin tallage soit sous forme de soufre micronisé (Cerethiol®, engrais liquide CE contenant 1,75 kg SO₃/l, et 0,03 kg N/l) soit avec un engrais contenant du sulfate. Le dispositif le plus souvent retenu était un dispositif en blocs à 3 ou 4 répétitions, 19 essais sur les 61 ne comportaient toutefois pas de répétitions.

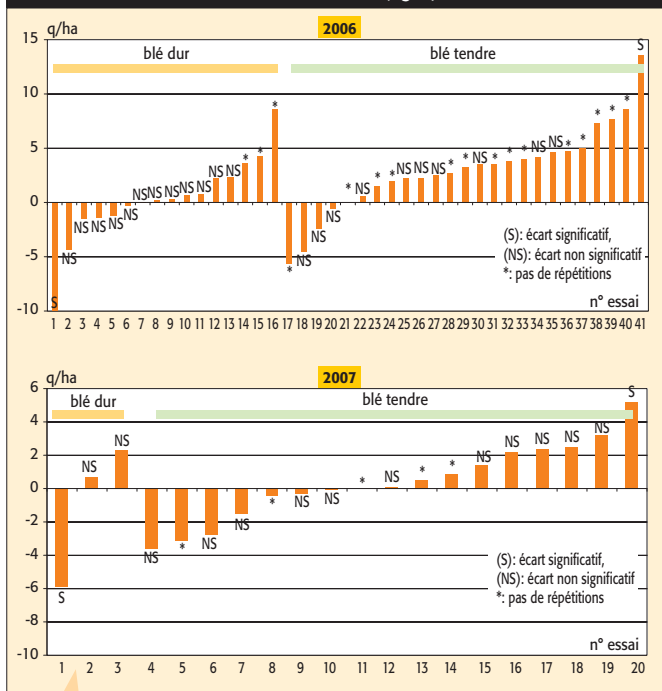
Les trois indicateurs plante ont été mesurés au stade 2 nœuds (Z32) sur le témoin sans soufre de chaque essai. Le test malate sulfate a également été réalisé au stade épi 1 cm. La teneur en soufre des feuilles 2 et 3 en partant de l'épi, au stade floraison, a également été mesurée.

Le rendement et la teneur en protéines ont été mesurés. Les indicateurs ont été mis en relation avec les écarts de rendement mesurés entre le témoin et le traitement avec apport de soufre.

© N. Cornec



Réponse du rendement à l'apport de soufre sur les essais 2006 et 2007 (fig. 1)



Peu d'essais avec des écarts supérieurs à 5 q/ha ou statistiquement significatifs.

ciels et sablo-limoneux superficiels, indépendamment des pluviosités hivernales. Dans ces sols, l'apport de soufre est nécessaire quelle que soit la pluviométrie hivernale. Néanmoins, 9 essais sur 23 situés sur des sols à risque élevé de déficience et ayant reçu une pluviométrie hivernale normale ou élevée n'ont pas montré de réponse significative à l'apport de soufre.

Aucune réponse significative n'a été observée sur des sols à risque moyen ou faible, qui pour une majorité, ont enregistré une pluviométrie hivernale faible ou moyenne. Les quatre essais avec une pluviométrie hivernale forte n'ont pas montré de réponse significative à la fertilisation soufrée. Ces données, trop peu nombreuses, ne permettent toutefois pas de tirer de conclusions tangibles.

Deux essais en situations de sol profond à risque faible de déficience montrent une perte de rendement significative avec l'apport de soufre. Dans ces situations, l'apport de soufre n'était pas nécessaire selon la grille de préconisation.

Les résultats obtenus montrent une surestimation du risque dans les sols à risque élevé. Néanmoins, des facteurs agissant sur la composante poids de 1000 grains (fortes températures, sécheresse en 2006 et maladies en 2007) peuvent masquer la réponse au soufre.

Performance des indicateurs

Les trois indicateurs évalués au stade 2 nœuds discriminent de la même façon les essais avec ou sans réponse du rendement à l'apport de soufre. Les figures 2 et 3 montrent les relations entre la valeur donnée par le Nutrichek® et le rapport malate/sulfate d'une part, entre la valeur Nutrichek® et l'indice GPN® soufre, d'autre part.

L'absence de réponse au soufre a été observée dans de nombreux essais dans lesquels les indicateurs diagnostiquaient une déficience en soufre.

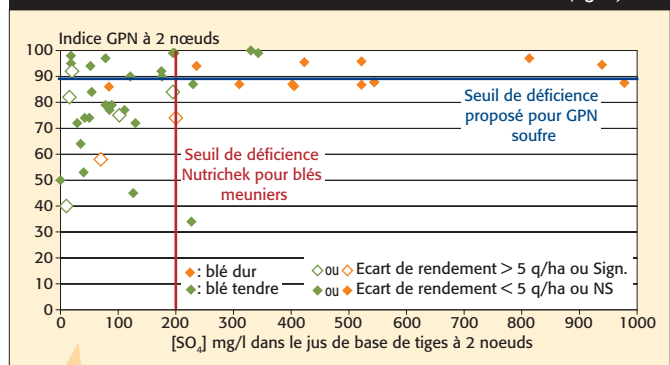
La comparaison des trois



indicateurs mesurés au stade 2 nœuds révèle une cohérence de diagnostic : les sites déficients d'après la méthode Nutrichek® l'étaient aussi pour le test malate sulfate et pour le GPN® soufre. Les indicateurs sembleraient donc mettre en évidence une déficience en soufre temporaire dans de nombreuses situa-

tions dont les effets n'auraient pas été visibles sur les rendements. Par ailleurs, au vu des résultats, les seuils proposés par le malate sulfate semblent moins discriminant pour le blé dur que pour le blé tendre. En effet, dans de nombreux essais avec blé dur, ce test diagnostiquait l'existence d'une déficience que ne confirmaient pas

Comparaison de deux indicateurs de nutrition soufrée au stade 2 nœuds sur blé tendre et blé dur (essais soufre 2006 et 2007) : teneur en sulfate du jus de base de tige de la méthode Nutrichek® et indice GPN® soufre (fig. 2)

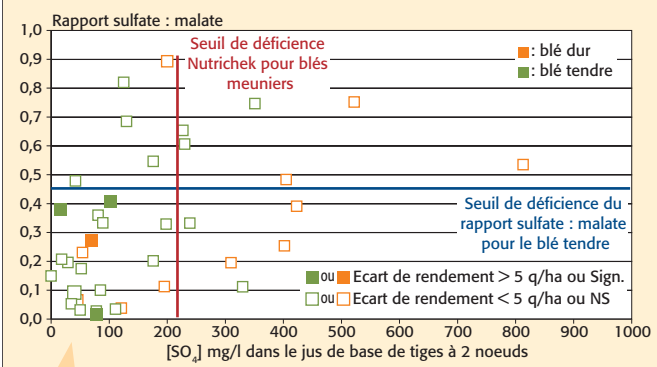


Les sept essais avec réponse au soufre supérieure à 5 q/ha ou statistiquement significative étaient diagnostiqués comme déficients en soufre au stade 2 nœuds selon ces deux indicateurs, excepté pour un essai avec le GPN® soufre.



© D.R.

Comparaison de deux indicateurs de nutrition soufrée au stade 2 nœuds sur blé tendre et blé dur (essais soufre 2006 et 2007) : teneur en sulfate du jus de base de tiges de la méthode Nutrichek® et rapport malate/sulfate (fig. 3)



Les quatre essais avec réponse au soufre supérieure à 5 q/ha ou statistiquement significatifs étaient diagnostiqués comme déficients en soufre au stade 2 nœuds selon ces deux indicateurs.

▶ Dans les sols à risque moyen ou faible, l'apport de soufre conduit très rarement à un gain de rendement en année à pluviosité faible ou modérée.

Mesurer les enjeux

Les effets de la déficience en soufre sur le rendement du blé restent modestes dans les sols à risque moyen ou faible et pour des pluviosités hivernales faibles à modérées. La grille de décision d'apport de soufre sur céréales à pailles

reste d'actualité et tend même à surestimer le risque de déficience dans certains milieux.

Les trois indicateurs de nutrition soufrée testés au stade 2 nœuds donnent globalement satisfaction: ils diagnostiquent correctement la déficience, même si les seuils diagnostiqués semblent devoir être adaptés. Ce sont des outils utiles dont on ne peut qu'encourager l'utilisation pour améliorer dans certains contextes le diagnostic établi à partir de la grille de décision. ■

▲ Les résultats obtenus confirment le mode d'estimation actuel du risque de carence en soufre dans les sols à risque faible ou moyen.

les deux autres indicateurs. Le seuil à retenir d'après ces résultats est inférieur ou égal à 200 mg SO₄/l pour le Nutrichek® et inférieur ou égal à 85 pour l'indice GPN®.

La fertilisation soufrée des céréales à paille n'est pas encore une pratique généralisée sur l'ensemble de la sole céréalière française.



© N. Cornec

Ce qui influence la minéralisation du soufre

L'INRA vient de publier une thèse sur le thème « minéralisation du soufre associée à la décomposition des matières organiques dans les sols et relations avec les dynamiques du carbone et de l'azote ». Ce travail met notamment en évidence, à partir d'une étude de laboratoire sur 22 sols, les caractéristiques des sols qui semblent le plus influencer la minéralisation du soufre: teneur en carbone organique, pH, taux d'argile et teneur en sulfate initiale. Ces données constituent une première contribution à l'élaboration d'un bilan du soufre minéral, appliqué à la gestion de la fertilisation soufrée.

Jean-Marie Machet, INRA de Laon

Formations ARVALIS: du cœur des métiers de l'agriculture



Pour en savoir plus, ARVALIS - Institut du végétal dispense une formation technique intitulée: « Le chaulage et les oligo-éléments ».

Objectif: diagnostiquer les besoins et les risques de carences, proposer des modalités de chaulage et de correction en oligo-éléments adaptées aux différentes façons culturales.

Date: au choix des entreprises
Durée: 1 jour

Renseignements et inscriptions: M. Rousseau, tél.: 01 64 99 2251

