

FERTILISATION SOUFRÉE DES CÉRÉALES

DES SITUATIONS déficitaires plus nombreuses



La diminution importante des retombées atmosphériques de soufre depuis le début des années 2000 amène à un bilan du soufre de plus en plus déficitaire dans de nombreuses parcelles et conduit à l'extension des surfaces justifiant un apport. Mais le risque de carence reste encore très variable et certaines régions sont encore dispensées d'apports sur céréales.

Le soufre est avec l'azote, le phosphore et le potassium, un des quatre éléments nutritifs majeurs essentiels à la croissance des céréales à paille. Cet élément a en effet un rôle clé dans la fabrication de nombreux constituants de la plante (protéines, vitamines, chlorophylle...). Ces fonctions sont très liées à celles de l'azote, tous deux agissant en synergie au sein du végétal bien qu'ils puissent entrer en compétition pour leur absorption sous forme d'anions (NO_3^- et SO_4^{2-}). La plante ajuste sa composition en ces deux éléments selon un rapport N/S qui se situe idéalement autour de 15 dans les parties aériennes des céréales en cours de végétation. C'est ce qui explique que la carence en soufre est observée en premier dans les zones des parcelles

accidentellement sur-fertilisées en azote (recouplement de passages d'épandeur). Inversement, des cultures sous-fertilisées ont moins de risque d'extérioriser une carence en soufre.

Jusqu'à 25 q/ha de pertes de rendement

En cas de déficience, l'apport d'engrais soufré valorise mieux l'azote apporté mais ne peut en aucun cas se substituer à ce dernier. La carence en soufre pénalise le rendement des céréales via la baisse du nombre d'épis et parfois de leur fertilité. La perte de rendement peut aller jusqu'à 25 q/ha dans les situations les plus carencées. La déficience du soufre apparaît au plus tôt en tout début de montaison, donc plus tardivement que celle en azote qui peut se manifester dès le tallage. La fourniture du

sol en soufre, aussi faible soit elle, permet en effet de satisfaire les besoins qui restent faibles jusqu'au stade début montaison. Les carences sont observées souvent au tout début de ce stade dans les sols les plus superficiels, mais peuvent être décelées à deux nœuds voire au stade dernière feuille dans des sols plus profonds, à la faveur d'une période froide limitant la minéralisation du soufre. Néanmoins, la période d'apport préconisée (fin tallage) anticipe le risque de carence le plus précoce.

Une estimation du risque encore basée sur les essais au champ

La dynamique du soufre dans le sol est proche de celle de l'azote avec prédominance de la forme organique qui se minéralise sous forme de soufre sulfate et est absorbée ensuite par les cultures. Les références sur cette dynamique sont encore très peu nombreuses et empêchent pour l'instant, contrairement à l'azote, de proposer une méthode d'estimation de la fourniture du sol. Des travaux récents de l'INRA de Laon ont néanmoins montré sur vingt sols de grandes cultures que la minéralisation du soufre peut être prédite de manière satisfaisante à partir de critères couramment mesurés (carbone organique, argile, S-SO₄ et pH). Ces données demandent cependant à être validées sur un plus grand nombre de situations. L'évaluation du risque de carence en soufre selon les types de sols est donc basée actuellement sur des essais réalisés au cours des 25 dernières années. Dans la grille de décision proposée par ARVALIS, trois catégories de sols se distinguent. Tout d'abord, les sols à risque élevé. Ce sont en général des sols superficiels où le reliquat de soufre sulfate est souvent très faible car lessivé chaque hiver, et dont la minéralisation du soufre est faible : sols sableux sains à faible teneur

APPORT DE SOUFRE : des résultats très variables selon les parcelles.

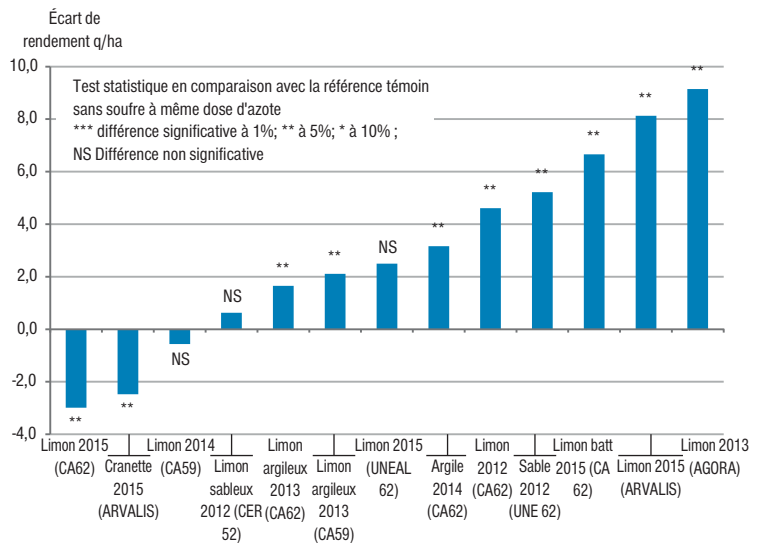


Figure 1 : Réponse du rendement du blé à un apport de 40 kg SO₃/ha au tallage sur 13 essais conduits dans la région Nord-Pas de Calais depuis 2012.

en matière organique (MO), sols argilocalcaires superficiels. Ensuite, les sols à risque moyen. Ce sont des sols argilocalcaires moyennement profonds et des sols de craie où la minéralisation du soufre est faible, et avec un reliquat de soufre sulfate plus variable, en lien avec la pluviométrie hivernale. Sont aussi inclus dans cette catégorie les sols limoneux ou limono-sableux battants à teneur en MO faible (< 1,8 %), dont la minéralisation du soufre est plus faible et tardive. Enfin, tous les autres sols sont considérés à risque faible et ne nécessitent un apport de soufre sur céréales que les années à hiver très humide. La grille de risque d'ARVALIS module pour chaque cas la dose d'apport conseillée selon la pluviométrie hivernale et l'historique d'apport en produits organiques et en soufre.

0,6
kg SO₃ est le besoin en soufre par quintal de grains de blé

Des apports plus fréquents et des différences Nord - Sud

L'enquête nationale annuelle d'ARVALIS sur la fertilisation indique une tendance globale haussière d'apport de soufre en France. Alors qu'ils n'étaient que 50 % dans le sud en 2009 et 2010 (60 % dans le nord), 75 % des agriculteurs ont réalisé en 2015, dans les deux zones, au moins un apport de soufre. La forme d'engrais utilisée varie cependant selon les régions : ammonitrate soufré, solution soufrée, sulfate d'ammoniaque et sulfate de magnésie se partagent équitablement le marché au nord, alors qu'au sud, super 18 (ou 25) et ammonitrate soufré dominant. L'apport de soufre est le plus souvent unique et est réalisé en fin tallage (en mars au nord et entre février et mars au sud).



L'élément absorbé par la culture provient du reliquat de soufre sulfate en sortie d'hiver ainsi que du soufre minéralisé à partir de la matière organique du sol.

Le soufre et les apports organiques

Les produits organiques contiennent du soufre en proportion non négligeable mais très variable selon les types de produits (tableau 1). Pour un même type d'effluent d'élevage, il a ainsi été mis en évidence une forte variation de la teneur en soufre selon la composition de la ration et les conditions de stockage de l'effluent (en lien avec les pertes par volatilisation en H₂S). Les rares travaux sur la disponibilité du soufre des effluents d'élevage montrent que l'élément en majorité sous forme organique est peu disponible l'année de l'apport. Seuls des apports répétés dans le temps peuvent donc contribuer à une fourniture de soufre significative. La grille de risque soufre d'ARVALIS prend en compte ces résultats.

Des essais récents apportent de nouvelles précisions

Les essais réalisés depuis 2010 apportent des informations nouvelles par rapport au risque de carence en soufre sur céréales. Les travaux réalisés par ARVALIS et les chambres d'Agriculture en Bretagne et dans les Pays de la Loire confirment notamment qu'en cas d'apports réguliers d'effluent d'élevage, le risque de carence reste très faible hormis dans le cas d'hivers exceptionnellement pluvieux. Par contre, les essais réalisés depuis 2012 dans la région Nord-Pas de Calais montrent des réponses au soufre dans des parcelles en sols profonds (limons, argiles) alors que le risque y est considéré comme faible et où l'apport n'aurait pas été conseillé compte tenu de la pluviométrie hivernale. Ces résultats suggèrent que dans des sols profonds où les rendements du blé dépassent régulièrement 100 q/ha depuis quelques années, les besoins en soufre plus importants peuvent ne pas être satisfaits par la fourniture du sol. Les

EFFLUENTS D'ÉLEVAGE : des quantités en soufre très hétérogènes

Type d'effluent	Kg SO ₃ /t de produit brut
Fumier de bovins	1 à 2,5
Lisiers de porcs	0,7 à 1,5
Fumiers de volailles	3 à 4

Tableau 1 : Fourchette de teneur en kg SO₃/t de produit brut pour quelques effluents d'élevage.

exportations en soufre plus importantes liées aux rendements élevés semblent aussi contribuer à aggraver plus rapidement qu'ailleurs le déficit du bilan soufré. Les teneurs en MO plus faibles liées à des systèmes de culture à plus faibles restitutions organiques (cultures légumières de plein champ, pomme de terre, betterave) peuvent aussi conduire à une faible fourniture du sol en soufre par minéralisation.

Un phénomène global à conséquences régionales

Ce constat d'extension progressive du risque de déficience en cet élément est partagé dans de nombreux pays européens compte tenu de la baisse généralisée des émissions de soufre dans l'atmosphère afin de satisfaire les exigences réglementaires. Ce phénomène conduira probablement dans l'avenir à devoir réaliser un apport systématique de soufre sur céréales à paille dans toutes les régions ne recevant pas régulièrement d'apports organiques, à des doses pouvant être modulées selon les sols et les années. Cependant, toutes les

« En cas d'apports réguliers d'effluent d'élevage sur la parcelle, le risque de carence reste très faible hormis dans le cas d'hivers exceptionnellement pluvieux. »

régions ne sont pas égales face à ce risque dans la mesure où les retombées atmosphériques de soufre sont très variables. Ainsi dans certains secteurs comme la Seine-Maritime, aucune réponse au soufre n'a été observée sur les douze dernières années dans les essais de la chambre d'Agriculture, y compris dans des sols à risque. Les retombées atmosphériques plus importantes observées sur cette région, comme sur d'autres localisées sous le vent d'activités émettrices de soufre (région parisienne, bordure de l'Allemagne...), expliquent probablement ces résultats.

Alain Bouthier - a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS - Institut du végétal



Toutes les régions ne sont pas égales face au risque de carence en soufre car les retombées atmosphériques sont très variables en fonction du type d'industrie présente sur le territoire.

© N. Cornec - ARVALIS-Institut du végétal