

COMPARAISON DE METHODES D'ANALYSE DU SOUFRE DANS LES SOLS ET LIENS AVEC LES INDICES DE NUTRITION DES FOURRAGES

Mariage¹ C., Cugnon² T., & Colinet¹ G.

¹ Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux (Belgique) ; ² UCLouvain Centre de Michamps, Bastogne (Belgique)

Contexte

Le soufre (S) est un élément essentiel dans la constitution des protéines et de certaines vitamines des plantes. Ces dernières décennies, les retombées atmosphériques soufrées ont été fortement réduites par suite des mesures prises pour réduire la pollution de l'air et les pluies acides. C'est pourquoi la fertilisation soufrée a retrouvé un réel intérêt ces dernières années. Dans ce contexte, les laboratoires de REQUASUD (réseau wallon de laboratoires d'analyses) ont décidé de s'associer pour tester différentes méthodes d'analyse du S dans les sols. L'extractif AA-EDTA, déjà utilisé en routine par les laboratoires pour mesurer les teneurs en éléments disponibles (P,K,Mg,...), pourrait également servir pour le dosage du S. Les objectifs de cette étude sont de (i) comparer les teneurs obtenues par la méthode d'extraction habituelle (AA-EDTA) à d'autres méthodes utilisées par ailleurs, et (ii) éprouver cette méthode analytique du S dans les sols par rapport aux indices de nutrition des fourrages en vue de l'établissement de conseils de fertilisation.

Plusieurs méthodes possibles pour l'analyse du soufre dans les sols

Plusieurs méthodes d'extraction du soufre « disponible » dans les sols ont été comparées :

- DIP (Disponible Immédiat de Production, eau distillée)
- KCl 0,5N (extractif utilisé en Wallonie dans le cadre de l'analyse des nitrates)
- Scott (KH₂PO₄, référence en France)
- Mehlich 3 (référence au Canada et utilisée par certains laboratoires du réseau)
- Acétate d'ammonium et acide éthylène diamine tétracétique à pH 4,65 selon la méthode Lakanen et Erviö, 1971 (AA-EDTA, utilisée en Wallonie pour l'analyse des éléments disponibles P,K,Mg,...)

Les 2 premières méthodes sont réalisées sur sol frais et extraient le soufre minéral (principalement SO₄²⁻) ; le dosage est réalisé par colorimétrie. Les 3 dernières méthodes sont réalisées sur sol sec et tamisé à 2 mm, et extraient le soufre minéral (principalement SO₄²⁻) et une partie du soufre organique réputée facilement disponible pour la plante ; le dosage est réalisé par ICP. L'analyse concerne l'horizon de surface (généralement 0-30 cm).

Les laboratoires de REQUASUD ont analysé des échantillons issus de l'ensemble du territoire wallon et à différentes périodes durant 4 années dans le cadre de différents projets. L'utilisation de ces données permet d'assurer une représentativité du territoire, une diversité des contextes pédologiques, des cultures, des teneurs mesurées, etc.

Le Tableau 1 synthétise l'ensemble des données disponibles pour réaliser ces comparaisons de méthodes.

Tableau 1 – Nombre d'échantillons (N), teneur minimale observée (Min) et teneur maximale observée (Max) des résultats analytiques obtenus selon les 5 méthodes d'extraction testées

	DIP	KCl 0,5N	Scott (KH ₂ PO ₄)	Mehlich 3	AA-EDTA
N	33	33	33	296	296
Min (mg S/kg TS)	3,40	1,10	8,90	4,84	2,50
Max (mg S/kg TS)	31,10	31,80	55,40	53,00	50,80

Les résultats montrent que, globalement, les plus faibles teneurs mesurées sont obtenues avec la méthode KCl. Les méthodes KCl et DIP donnent par ailleurs des résultats moins bien corrélés et

biaisés par rapport aux autres méthodes (rapport $\approx \frac{1}{2}$). Les 3 autres méthodes (Scott, Mehlich 3 et AA-EDTA) donnent des teneurs plus similaires entre elles.

La meilleure corrélation avec la méthode AA-EDTA est observée pour la méthode Scott. Le nombre de données est toutefois plus faible que pour la méthode Mehlich 3. La corrélation globale avec la méthode Mehlich 3 est également très bonne ($R^2=0,75$; $a=0,90$) et a été calculée sur un plus grand nombre de données. De manière plus détaillée, les résultats montrent la relation : Mehlich $\approx 0,9$ à $1,1 \cdot$ AA-EDTA. La relation peut être moins bonne pour certains échantillons, sans pouvoir mettre en évidence des caractéristiques explicatives et donc définir une limite d'utilisation de la relation. Un facteur explicatif pourrait être l'occupation du sol (la méthode AA-EDTA extrait plus de S en prairie permanente par rapport à la méthode Mehlich) ; d'autres pourraient également intervenir mais n'ont pas encore pu être identifiés.

Les teneurs en soufre du sol et l'indice de nutrition soufrée des fourrages

En vue d'établir un premier référentiel d'interprétation des teneurs en S du sol, 233 prairies ont été sélectionnées en Wallonie en 2018, 2019 et 2020. Des analyses de sol ont été réalisées sur ces 233 prairies pour y doser le S (méthode AA-EDTA), ainsi que des analyses de fourrages et des déterminations d'indices de nutrition soufrée (IS). Les IS permettent de caractériser le niveau de nutrition en soufre de la prairie sur base des teneurs totales en azote (N) et S de l'herbe. Avec S% et N% exprimés en % de la matière sèche (Mathot *et al*, 2009) :
$$IS = \frac{S\%}{0,0662 \cdot N\% - 0,00198} * 100$$

Les teneurs en S observées dans les sols vont de 8 à 50 mg S/kg TS (moy = $19,9 \pm 6,9$) et les IS de 61 à 190 (moy = $113 \pm 24,6$). 28% des fourrages ont des IS déficitaires (<100) dont 21% des IS nettement déficitaires (<80). Ces carences apparaissent uniquement lorsque la teneur du sol est inférieure à 31 mg S/kg TS pour les IS<100 (90% des prairies analysées) et à 20 mg S/kg TS pour les IS<80 (64% des sols analysés). Toutefois, les carences en S sont très dépendantes des conditions climatiques et de minéralisation du milieu, et les IS sont également corrélés à la teneur en N et donc à sa disponibilité. Si l'on se base uniquement sur la teneur en S de l'herbe, on arrive à une proportion de l'ordre de 50% des fourrages de première coupe qui sont carencés (teneur en S<0,2%).

Conclusions

Les méthodes analytiques testées au cours de cette étude, et en particulier la méthode AA-EDTA, pourraient servir de base commune, simple, utilisable en routine et peu coûteuse pour les laboratoires du réseau. Elles ont toutefois montré leur limite pour doser de manière fiable le soufre disponible dans les sols, lier les teneurs du sol aux indices de nutrition des fourrages et donner des conseils de fertilisation. L'influence de l'occupation du sol est encore à investiguer de manière plus poussée. Une comparaison plus poussée avec la méthode Scott devrait également être réalisée vu sa très bonne corrélation avec le SAA-EDTA et la disponibilité de résultats expérimentaux en France.

Les indices de nutrition soufrée restent un bon indicateur, bien que présentant ses limites, pour témoigner de la nutrition des cultures fourragères mais dont le résultat arrive malheureusement a posteriori. Sa corrélation avec les teneurs du sol permet toutefois d'identifier des seuils potentiels de risque au-delà desquels une carence n'a que peu de chance de se produire, et en deçà desquels ce risque est présent, d'autant plus quand les conditions sont favorables à la croissance du fourrage.

En attendant mieux, une valeur seuil dans les sols de 20 mg S/kg TS et une valeur idéale à atteindre de 30 mg S/kg TS (méthodes Mehlich et AA-EDTA) pourraient être appliquées, pour limiter les situations déficitaires des fourrages. Un apport de 30 à 50 unités de SO_3 avec la première fraction azotée au printemps, modulé selon les apports de matières organiques, suffit généralement à limiter les déficits dans les prairies wallonnes.

La disponibilité du soufre dépend également des conditions météorologiques et de minéralisation. La minéralisation soufrée du sol est actuellement difficile à estimer. La gestion du soufre sur base du modèle azote (reliquat d'azote sous forme de profil) serait sans doute idéale, mais les coûts analytiques liés à ce dosage seraient nettement moins bien amortis que dans le cadre de la fertilisation azotée.