



Prairies et protéines: ne pas négliger le soufre!

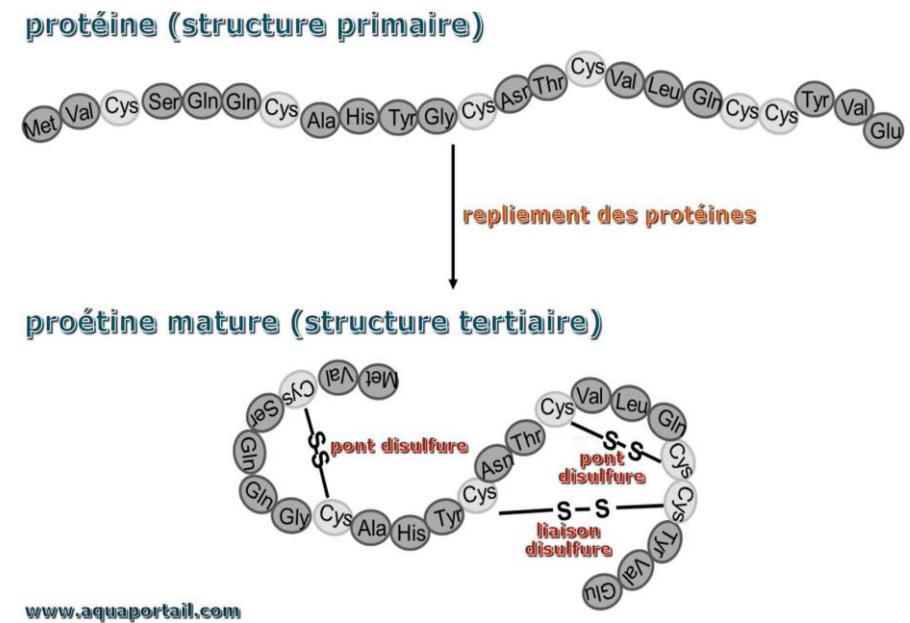
Richard LAMBERT

Earth & Life Institute – UCLouvain

Centre Agri-environnemental de Michamps

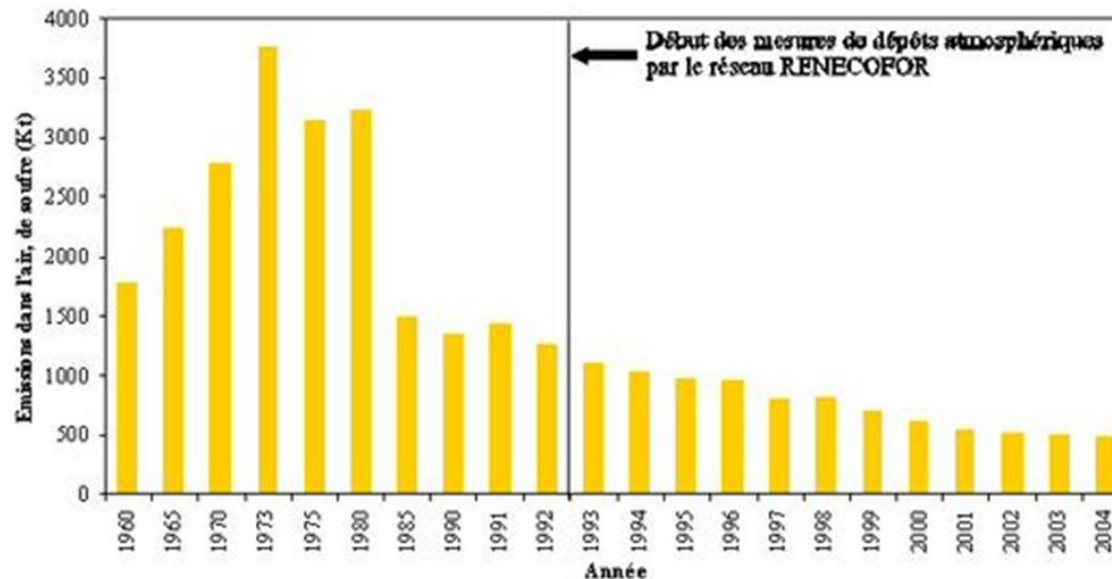
Soufre et protéines

- Élément essentiel (8^{ème} position)
- Protéines
 - Composition des a.a. méthionine et cystéine
 - Structure tertiaire : ponts disulfures entre 2 cystéines
 - Fonctions biologiques
 - Méthionine : début de la synthèse de toutes les protéines (codon AUG sur ARNm)
- Plantes :
 - enzymes, vitamines, chlorophylle, glutathion...
- Animaux :
 - insuline, glutathion, kératine, cartilages, vit B1, vit B8,...



Origines du soufre disponible pour culture

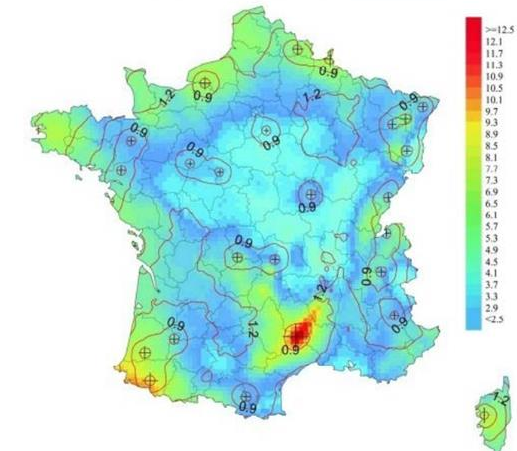
- Retombées atmosphériques (pluies acides)
 - Energies fossiles et volcans
 - Diminution importante des émissions et des retombées depuis A80 en Europe
 - Wallonie : -91 % entre 1990 et 2014



RENECOFOR - CATAENAT

Dépôts atmosphériques totaux hors couvert forestier de sulfate ($S-SO_4$, kg/ha/an)

Source : Croisé et al 2002



Origines du soufre disponible pour culture

- Minéraux du sol
 - Matière organique
 - Engrais
-
- En prairies, apparition de carences en Europe à partir des années 80

Intérêt de la fertilisation soufrée sur la qualité et le rendement des prairies (Mathot et al., 2008)

- Belgique (2001-2004)
- UCLouvain et Service Pédologique de Belgique
- 7 sites = 18 situations « site x année »
 - Choix des sites (sols superficiels, sableux, éloignés des zones industrielles)
- (3 niveaux N) x (3 ou 5 niveaux S)
- Bloc aléatoire complet / 4 rép.

- **Effets + de S sur rendements**

- 4 situations/18 = 20%
- 7coupes/51 = 14%
- Doses N moyennes (80-100 kgN/coupe) et élevées (1,3 x Nmoy)
- Augmentation significative de rendement (seulement 6%) entre 0,2 et 1,2 t MS/ha
 - Murphy & Quirke, 1997 : 40%

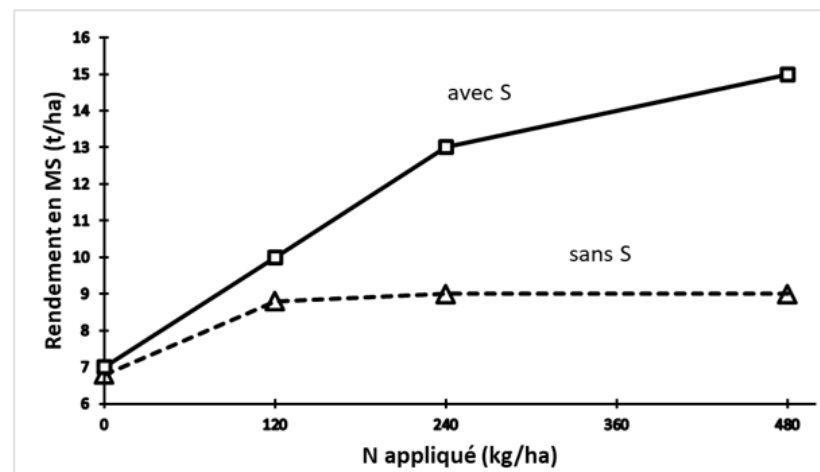


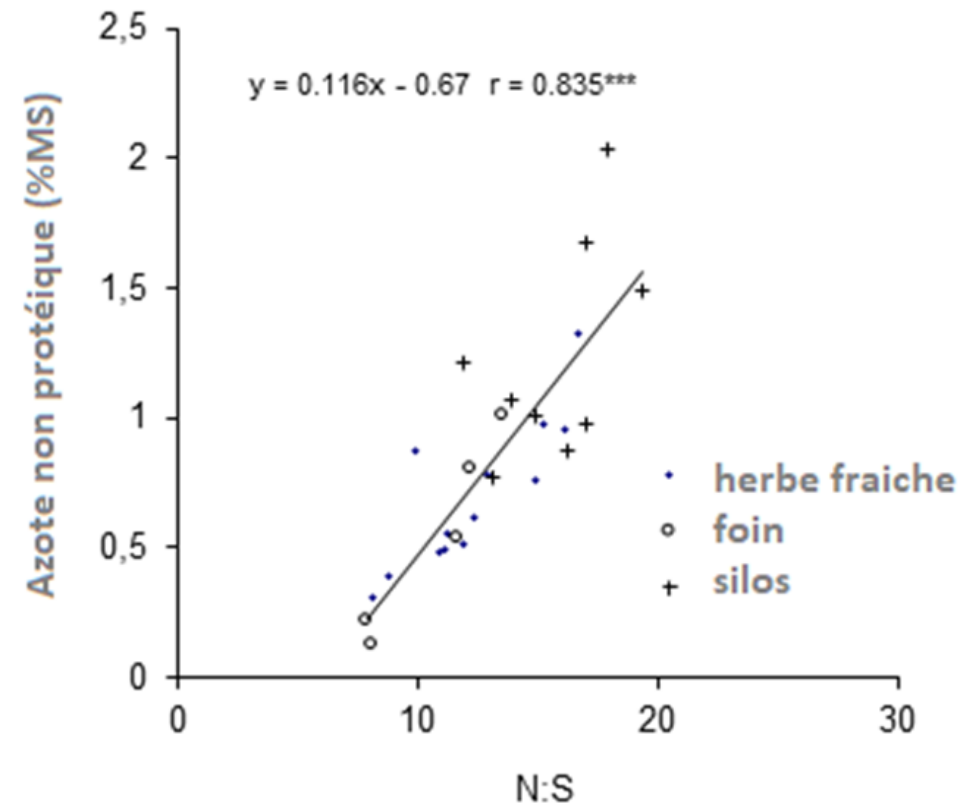
FIGURE 1 : Effet du soufre (25 kg/ha) sur le rendement de l'herbe pour différents niveaux de fertilisation azotée (Murphy & Quirke, 1997)

- Pas d'effet significatif sur teneur en protéines, mais +190 kg prot./ha

- Essai Bocholt/1^{ère} coupe/2002 (Mathot et al., 2003)
 - Teneurs en a.a.
 - Ac.Aspartique : -36 %
 - Méthionine : + 18% (cet a.a. peut être limitant pour la production laitière)
 - + Ser., Gly., Arg., Thre., Tyr., Val., Isoleu., Phé.

- Azote non protéique

- ANP = NKjeldahl – Nstudzer
- ANP corrélé à N:S
- ANP pas corrélé à N, ni à S
 - N Studzer = dosage des protéines précipitées par hydroxyde de Cu





Identifier les carences

- Carences « phytotechniques »
 - L'analyse du végétal
 - L'analyse du sol
- Carences « zootechniques »

L'analyse du végétal

Europ. J. Agronomy 30 (2009) 172–176



Contents lists available at ScienceDirect

European Journal of Agronomy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/eja



Sulphur and nitrogen content as sulphur deficiency indicator for grasses

M. Mathot^{a,*}, L. Thélier-Huché^b, R. Lambert^a

Data source, type of experiment and origin, number of site, sward species and number of data utilised from each source in the sulphur deficient (def) or sufficient (suf) database.

Source	Type of experiment and origin ^a	Number of site	Sward species	Number of data	
				Def	Suf
Bolton et al., 1976	Pot experiment	/	Lp ¹	7	38
Brown et al., 2000	Field (UK)	2	Lp	2	9
Eppendorfer, 1976	Pot experiment	/	Lm ²	7	80
Hahtonen and Saarela, 1995	Field (Fin)	6 ^a	Pp ³ , Dg ⁴ and Fp ⁵	0	80
Kowalenko, 2004	Field (Can)	1 ^b	Dg, Lp, Fa ⁶ , Tp ⁷ and Tr ⁸	3	15
Mathot et al., 2005	Pot experiment	/	Lp	12	79
Mathot et al., 2008	Field (Bel)	8	Lp and Lm	14	366
Mertens, 2005	Field (Bel)	2	Lp	2	49
Morris et al., 1994	Field (USA)	1	Lm	0	54
Murphy et al., 2002	Field (Irl)	1 ^b	Lp and Tr	2	4
Stevens and Watson, 1986	Field (N-Irl)	20 ^c	n.c.	10	42
Total				59	816

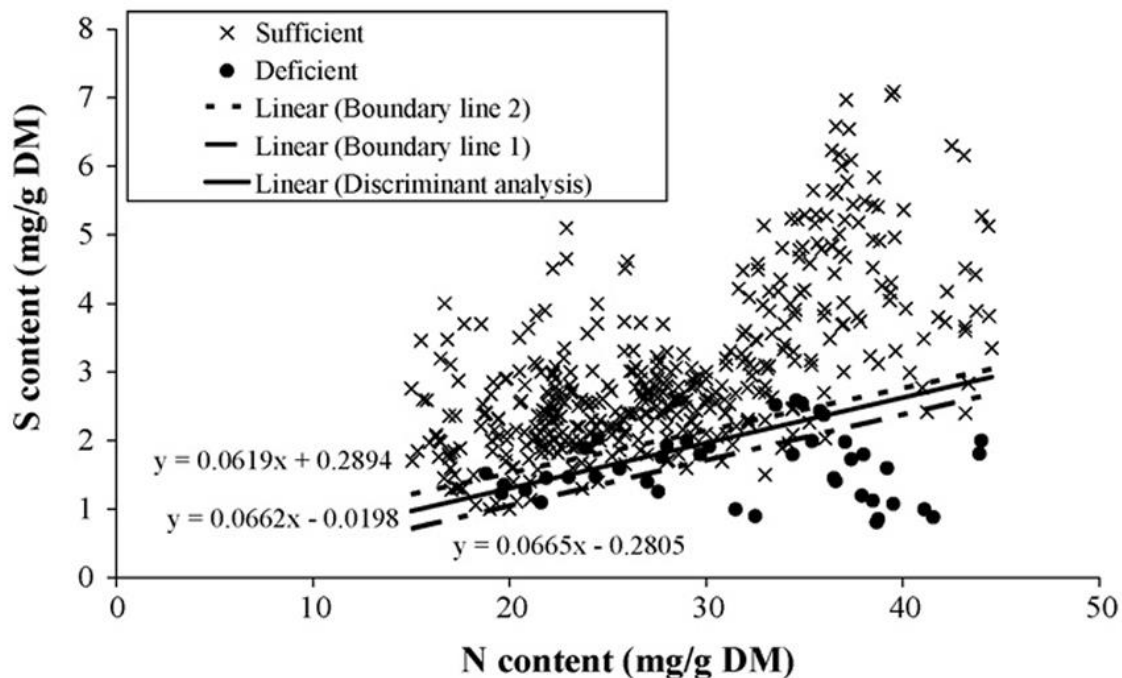


Fig. 6. Boundary line 1, 2 and the discriminant linear relation for delimiting the sulphur nutritional status zones.

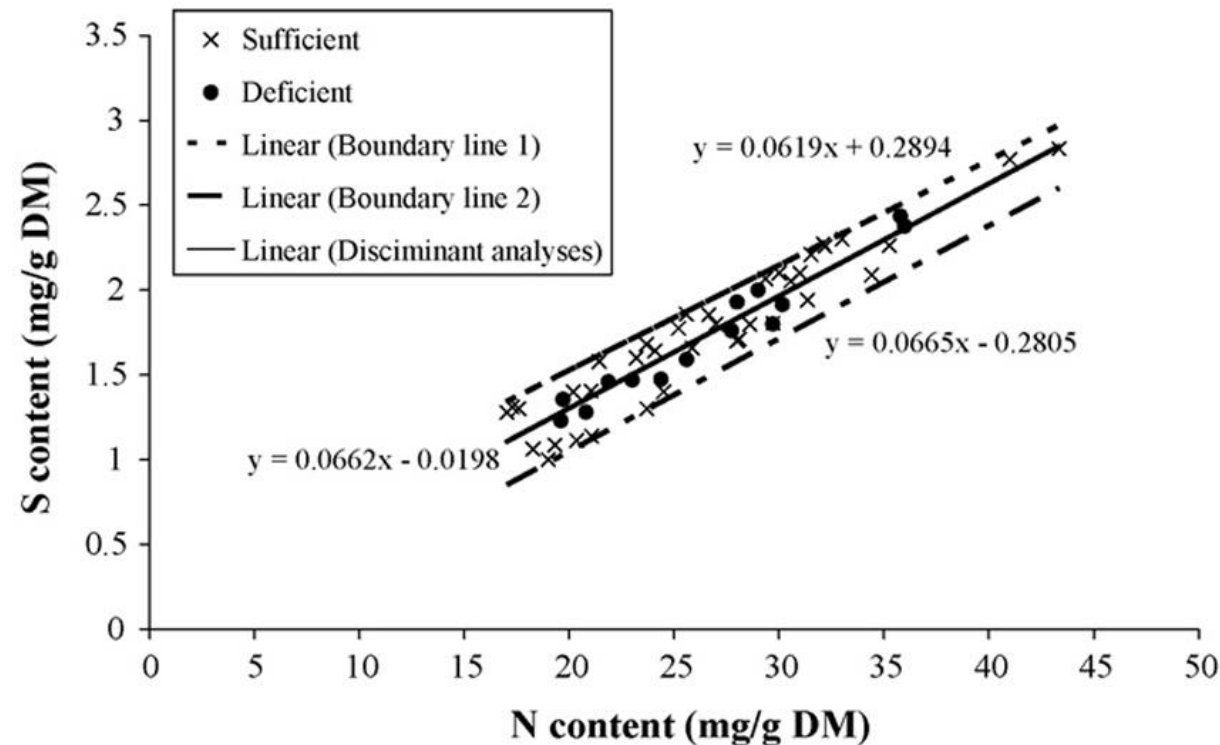


Fig. 5. Discriminant curve definition in the uncertainty zone.

$$S > (0.0619 N + 0.2894)$$

pas de carence en soufre

$$\text{Si } (0.0619 N + 0.2894) < S < (0.0665 N - 0.2805)$$

Incertitude

$$S < (0.0665 N - 0.2805)$$

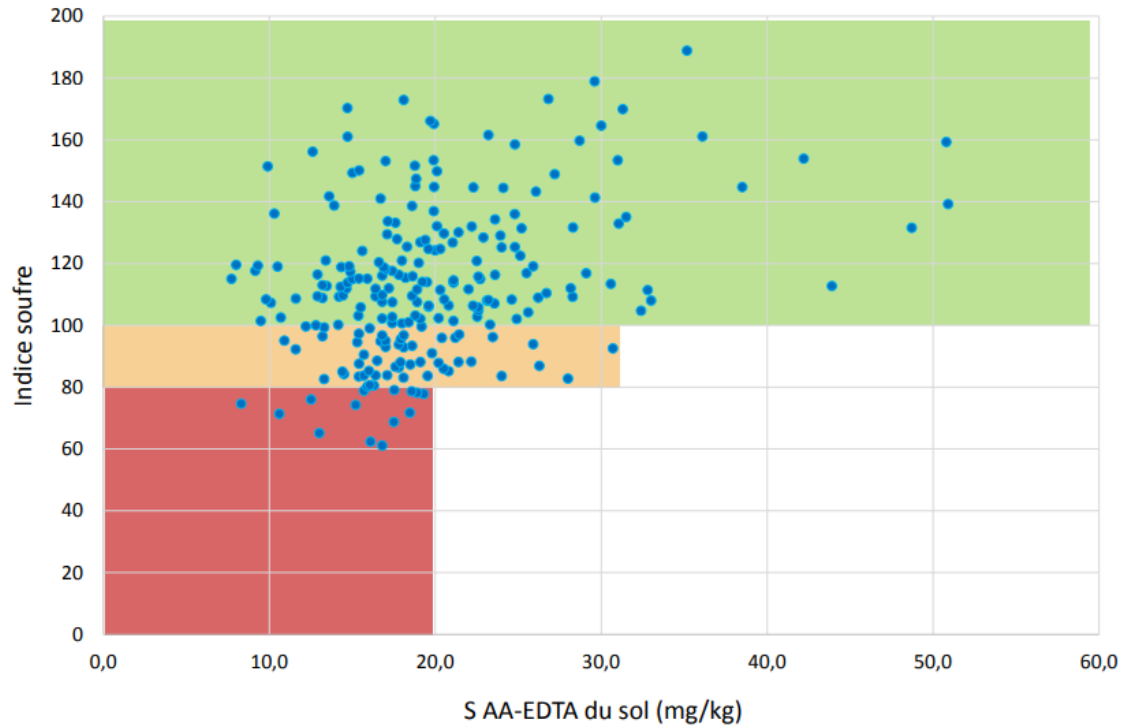
carence certaine en soufre

L'analyse du sol

MARIAGE C., CUGNON T., COLINET G. – 2021

Comparaison de méthodes d'analyse du soufre dans les sols et liens avec les indices de nutrition des fourrages.
COMIFER-GEMAS - 15ème rencontres – 24-25/11/2021 Clermont Ferrand

Relation entre l'indice soufre (IS) et le soufre (S) du sol



	y:	DIP	KCl 0,5N	Scott (KH ₂ PO ₄)	Mehlich 3	AA-EDTA
x:	N	33	33	33	296	296
DIP	33					
KCl 0,5N	33	$y=1,18x$ $R^2=0,77$				
Scott (KH ₂ PO ₄)	33	$y=0,54x$ $R^2=0,81$	$y=0,43x$ $R^2=0,63$			
Mehlich 3	296	$y=0,59x$ $R^2=0,67$	$y=0,46x$ $R^2=0,49$	$y=1,10x$ $R^2=0,81$		
AA-EDTA	296	$y=0,55x$ $R^2=0,84$	$y=0,44x$ $R^2=0,72$	$y=1,00x$ $R^2=0,92$	$y=0,90x$ $R^2=0,75$	

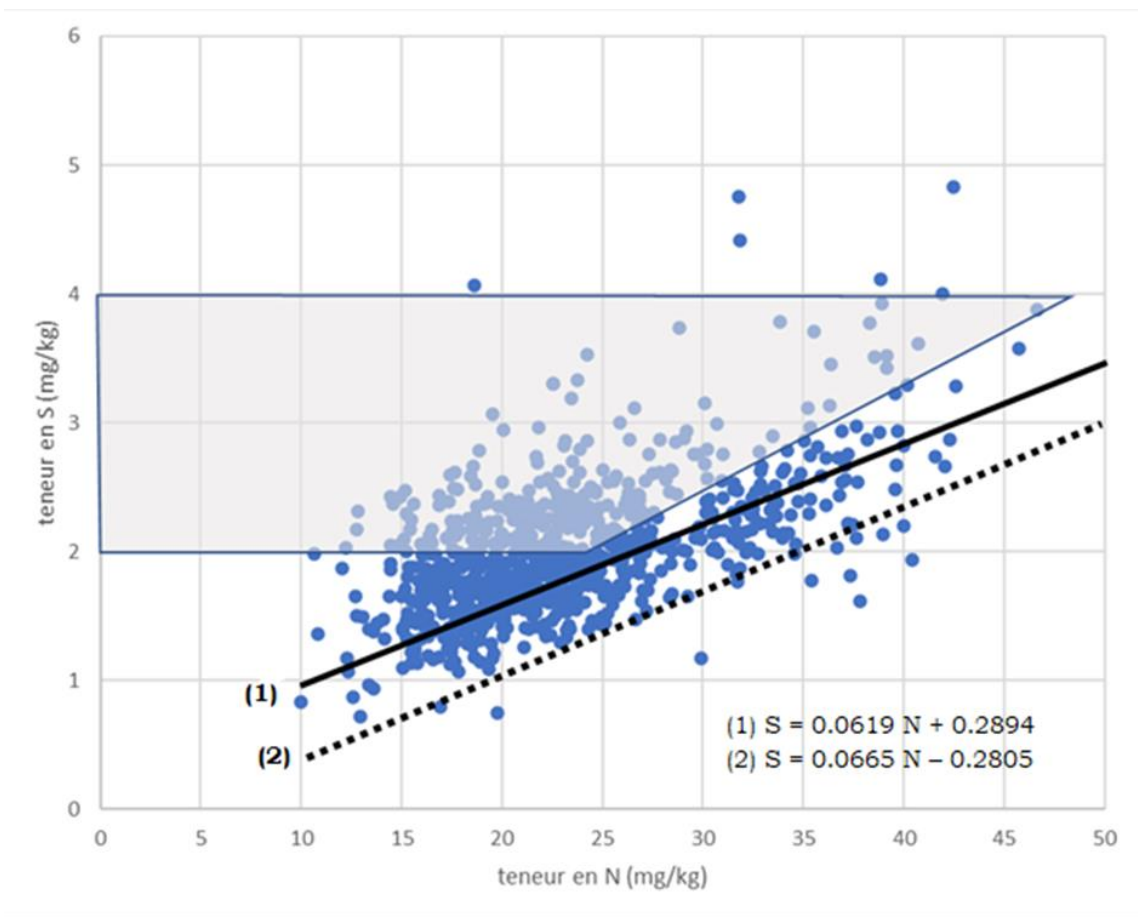
- 233 prairies analysées entre 2018 et 2020
- Analyse simultanée de iS (plante) et $S_{AA-EDTA}$ (Sol)
- 28% ont iS < 100 et 6 % < 80
- Analyse de sol = indicateur peu précis
 - Au-dessus de 30 mg/kg de $S_{AA-EDTA}$, iS est tjs > 100
 - Au-dessus de 20 mg/kg de $S_{AA-EDTA}$, iS est tjs > 80

Carence « zootechnique »

- Performance animales
- Activité des microorganismes du rumen et digestibilité de la cellulose
- Tisdale, 2002
 - % S : 0,2 à 0,25 %
 - N:S entre 10:1 et 12:1
 - < 0,4 % (NRC, 2001)
- Excès
 - risque de nécrose du cortex cérébral chez le ruminant (polyencéphalomalacie)
 - Antagonisme Se, Zn, Cu

Situation de la nutrition S des prairies wallonnes

- 790 échantillons analysés depuis 2008 par le laboratoire du Centre Agri-environnemental de Michamps
- Première coupe
- Carences phytotechniques : (Mathot et al., 2009)
- Carences zootechniques (Tisdale, 2002; NRC, 2001)



- Carence phytotechnique
 - Certaine (sous la ligne pointillée)
 - 2 %
 - Possible (entre les 2 droites)
 - 23 %
- Carence zootechnique (hors trapèze grisé)
 - 68 %
- toxicité (>4 mg/kg)
 - 1 %

Eviter les carences

- Teneur en MO du sol
 - Engrais organiques
 - Disponibilité et pertes (H_2S)?
 - Engrais minéraux
 - Superphosphate normal et concentré
 - Sulfate d'ammoniac
 - Sulfate de potasse
 - Kieserite ($MgSO_4$)
 - Sous-produits de désulfuration
 - Gypse, phosphogypse, soufre élémentaire
 - Lisier acidifié (H_2SO_4)
-
- Dose : 15-20 kg SO_3 /coupe soit environ 1 unité S / 4 à 5 unités N
 - Facteur de conversion de S en SO_3 : 2,5





Merci pour votre attention