



**Dans quelles situations la fertilisation soufrée est-elle nécessaire?**

**Quelle est la grille de décision disponible ?**

**ARVALIS**  
Institut du végétal

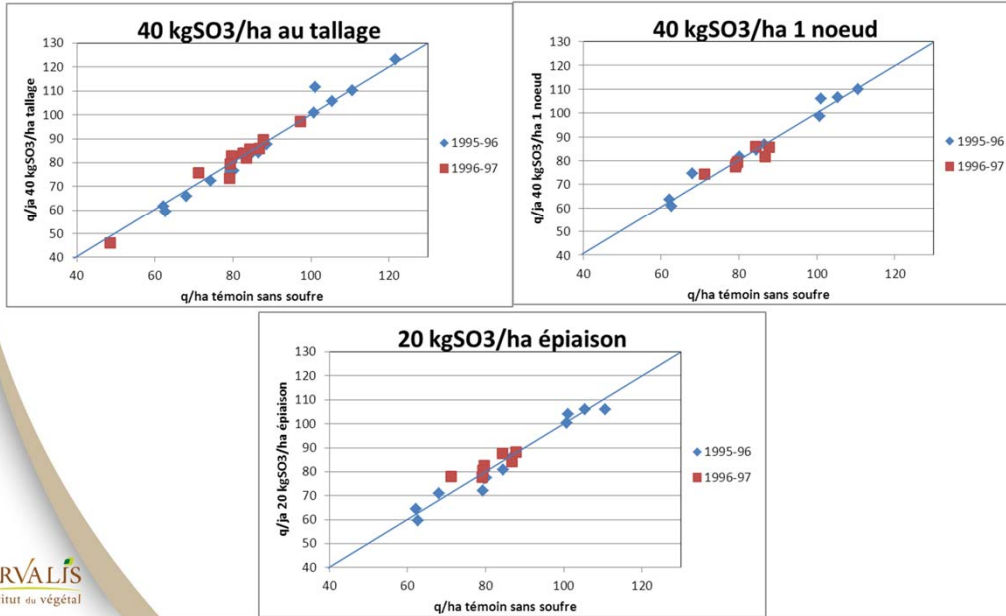


## Réseaux d'expérimentation sur le Soufre conduit par Arvalis et de multiples partenaires

Localisation des essais soufre sur céréales et type de sols	Année de mise en place (récolte du blé)	Nombre d'essais
<b>Région Poitou-Charentes</b> Terres de groies (argilo-calcaire)	1986 / 1987 / 1988	91 essais
<b>Région Centre</b> Argilo-calcaires, limons, sables ..	1987 / 1988	52 essais
<b>Champagne Crayeuse</b> Sols de craie	1987 / 1988	32 essais
<b>Régions Centre, Nord et Poitou-Charentes</b> Réseau animé par le CRITT Hyginov	1996 – 1997 - 1998	91 essais
<b>Champagne Crayeuse</b>	1995 - 1996	23 tests
<b>Sud-Ouest</b> Argilo-calcaire, boulbènes	1995 - 1996	10 tests
<b>Réseau national Arvalis sur blé</b> <i>Objectif : évaluer la réponse à la fertilisation soufrée dans des milieux à faible risque</i>	2001 / 2002	15 essais
<b>Réseau national sur blé tendre et blé dur</b> : Arvalis, Cerexagri et partenaires (chambre d'agriculture, coopératives, négoce, organisme de développement, l'INRA, le laboratoire SAS-Agrosystèmes) <i>Objectif : mieux cerner la réponse au soufre, améliorer la grille de décision « soufre » sur céréales, évaluer les indicateurs</i>	2006 / 2007	61 essais



## Réponse du rendement aux apports de soufre: 2 années d'essais en région Centre (Réseau CRITT HYGINOV 1995-97)





## Réseau national Arvalis Soufre - Essais 2000/2001

### Caractéristiques des essais :

site (dép.)	sol	mat. org. %	passé org	pluvio1/10 - 31/03	variété	forme
Kergu(56)	limon	3.2	non	1228	Altria	Thiovit
Satol(69)	sablo graveleux	2.5	non	586	Aztec	Microthiol
Thiza(36)	arg.calc.caill.		non	513	Soissons	Super 18
Berni(27)	limon battant	1.6	non	553	Shango	Kieserite
Berge(24)	arg.calc.caill.	3.76	non	655	Galibier	Thiovit
Misér(01)	limon	1.8	non	543	Aztec	Microthiol
StHil(55)	limon argileux	2.5	non	648	Shango	Thiovit
Laberg(21)	limon argileux		non	545	Isengrain	Kieserite
Roquel(32)	boulbène		non	451	Apache	Kieserite

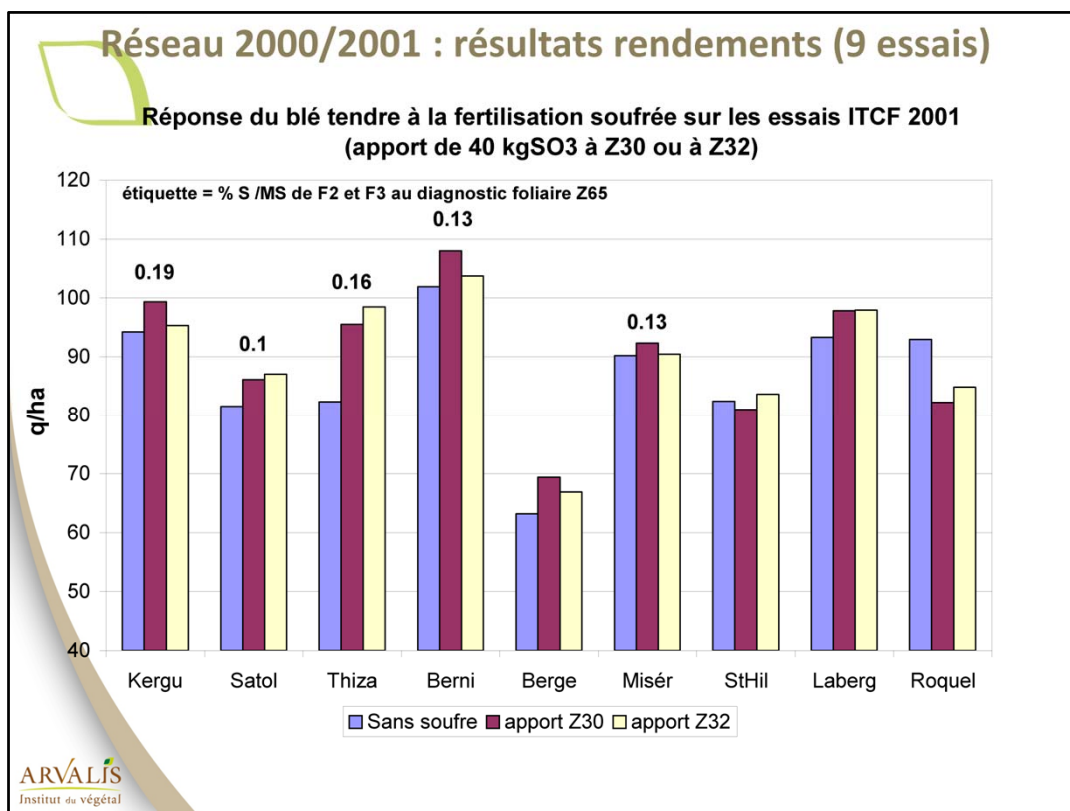
**Rappel climat : Abondance des pluies en 2000/2001**

### Réseau national Arvalis 2001 – 9 essais –

Un module soufre a été intégré à des essais azote.

Modalités soufre étudiées : témoin sans apport de soufre, apport de 40 kg SO<sub>3</sub>/ha à épi 1 cm, apport de 40 kg SO<sub>3</sub> /ha à 2 nœuds.

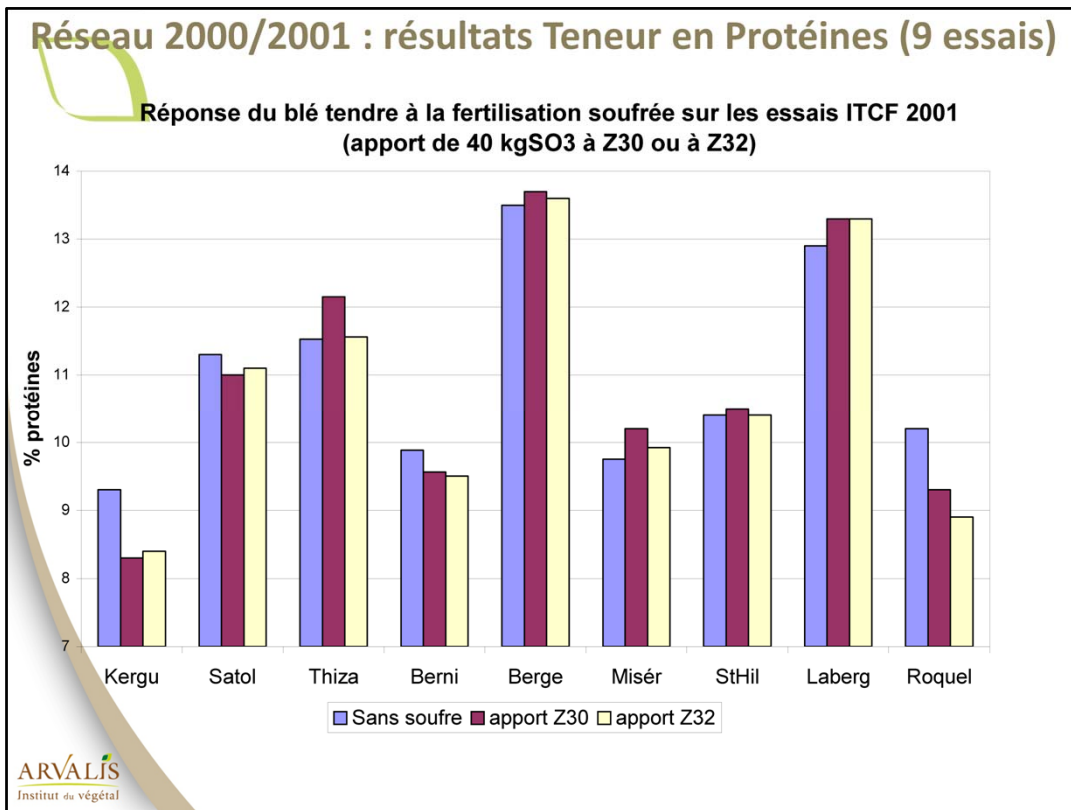
Le tableau présente les caractéristiques des 9 lieux d'essais.



Réponses assez fréquentes et en tout type de sol, expliquées par la pluviométrie importante de l'hiver. La réponse la plus forte est logiquement observée en sol argilo calcaire superficiel.

L'essai de Roquelaure montre une perte de rendement avec l'apport de SO<sub>3</sub> au stade épi 1 cm (Z30) comme au stade 2 nœuds (Z32). Les observations et mesures sur l'essai ne permettent pas de proposer une explication à ce résultat. Il n'y a pas eu de mesure à floraison (Z65), toutefois les teneurs en soufre des grains à la récolte traduisaient une déficience en SO<sub>3</sub> sur le témoin, non corrigée sur les traitements avec apport de SO<sub>3</sub>. Ce type de comportement a parfois été observé dans le passé, et a pu être expliqué par un retard de végétation avec apport de SO<sub>3</sub>, lié à la montée de talles tardives, et une sécheresse de juin pénalisant davantage le PMG sur la végétation en retard. Ces quelques résultats négatifs nous avaient incité alors à la prudence quant aux apports systématiques de SO<sub>3</sub> sur blé.

La teneur en soufre au diagnostic foliaire à floraison (Z65) est partout inférieure à 0.20 % de la MS qui est le seuil en dessous duquel il y a réponse très probable au soufre. Les valeurs de chaque essai sont signalées sur le graphique (étiquette).



Effets sur la teneur en protéines assez variables selon les essais.

On note toutefois une majorité d'essais sans effet notable (> 0.3%) ce qui correspond à ce que l'on observe le plus couramment avec un apport de soufre.

Les effets négatifs marqués sur 2 essais sont sans explication. On remarque que ces deux essais ont les teneurs en protéines les plus basses.

## Présentation du Réseau Soufre 2006 et 2007 – 61 essais

Nombre d'essais conduits en 2006 et 2007 dans les classes de risque de déficience de la grille de décision

	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

Réseau animé par ARVALIS Institut du végétal et Cerexagri, avec de nombreux partenaires : Chambres d'Agriculture de Ile-de-France, Seine-Maritime, Somme, Loiret, GRAINOR, SC2, CULTIVANCES, CAVAC, CETA Romilly, NORIAP, CAPL, MCA, SOUFFLET ATLANTIQUE, CHARENTE COOP, INRA Le Rheu.

ARVALIS  
Institut du végétal

Mise en place d'un observatoire soufre sur céréales par **Arvalis et Cérexagri** impliquant de nombreux partenaires. Cette étude s'appuie sur 61 essais (43 essais blé tendre + 18 essais blé dur) dont les objectifs visés sont :

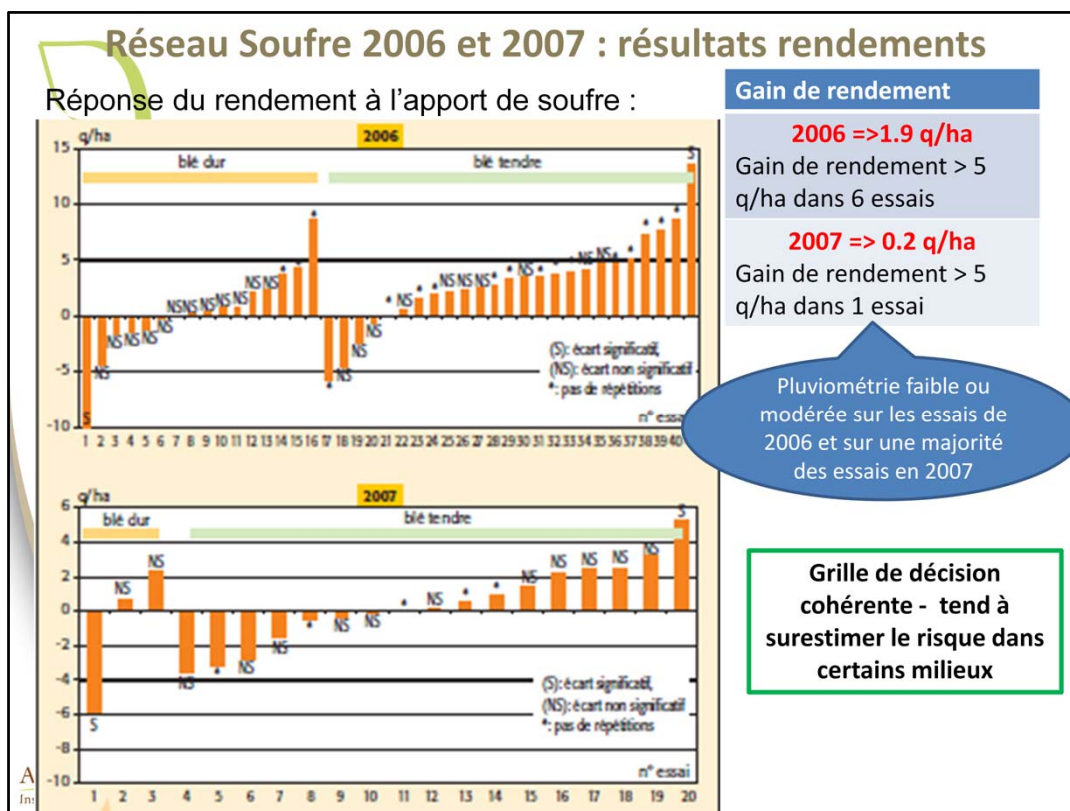
- mieux cerner l'ampleur de la réponse à l'apport de soufre en particulier dans les situations à risque faible ou moyen selon les préconisations actuelles + tester la grille de décision d'apport de soufre diffusée par ARVALIS-Institut du végétal,
- tester des indicateurs de nutrition soufrée susceptibles d'améliorer le diagnostic en début de montaison des céréales.

Les essais ont été conduits dans différentes régions de France, dans des contextes pédoclimatiques et culturels très variés et représentatifs des différentes situations à risque vis-à-vis de la déficience en soufre. (Cf nombre d'essais conduits dans les classes de risque de la grille soufre)

**Le protocole** prévoyait la mise en place d'un témoin et d'une parcelle avec un apport de 30 à 60 kg SO<sub>3</sub>/ha réalisé fin tallage soit sous forme de soufre micronisé (Cerethiol®), engrais liquide CE contenant 1,75 kg SO<sub>3</sub>/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. Le rendement et la teneur en protéines ont été mesurés.

**Les partenaires sont :** 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.



**Concernant les résultats :** en 2006 comme en 2007, l'effet de la fertilisation soufrée sur le rendement s'est révélé de faible ampleur. Ces résultats sont cohérents avec la pluviométrie faible ou modérée sur l'ensemble des essais en 2006 et sur une majorité d'essais en 2007 (13 sur 19 essais).

Les plus fortes réponses ont été observées pour des sols sur craie, argilo-calcaires superficiels 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 dans le contexte de l'étude. Néanmoins, des facteurs agissant sur le PMG (fortes températures, sécheresse en 2006 et maladies en 2007) peuvent masquer la réponse au soufre.

⇒ 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 à surestimer le risque dans certains milieux.**

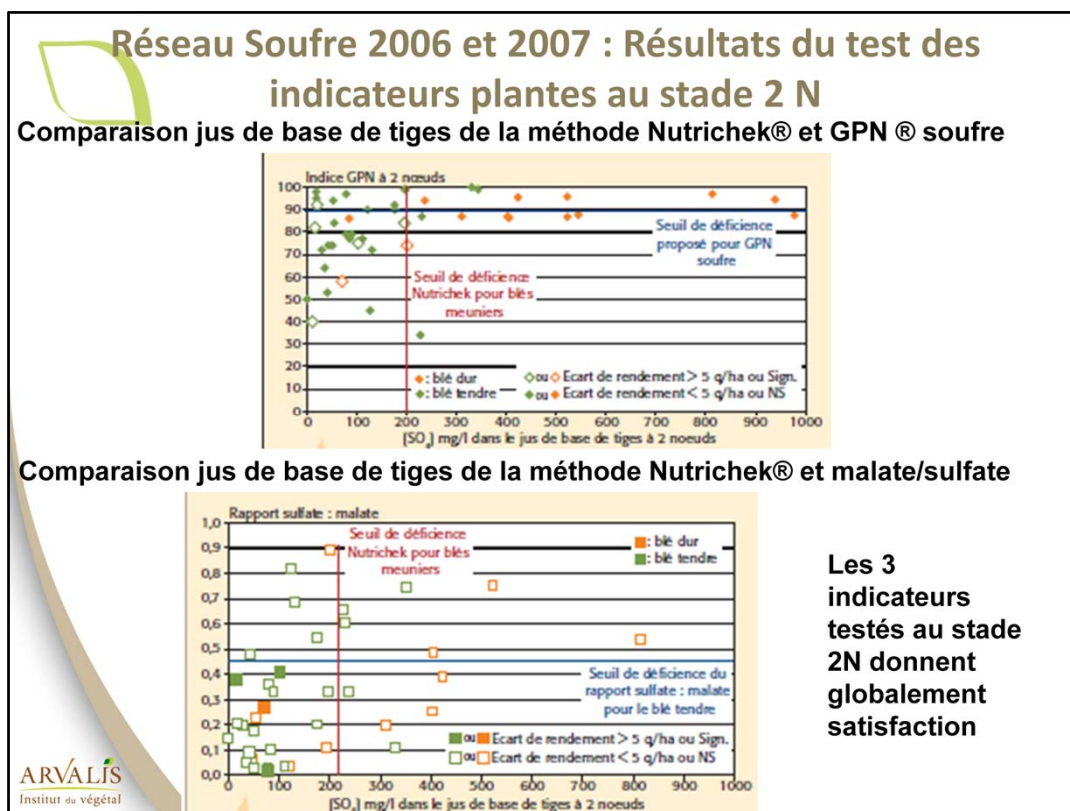




## Réseau Soufre 2006 et 2007 : test des indicateurs plantes

**Un des objectifs du réseau** : tester des indicateurs de nutrition soufrée susceptibles d'améliorer le diagnostic en début montaison

Test	Comment ?	Où, qui ?
Test malate sulfate	Echantillon de 30 feuilles Diagnostic de Tallage à fin montaison Seuil d'interprétation	Laboratoire anglais HILL FARM COURT RESEARCH
Test teneur en sulfate du jus de base de tige	Dosage du sulfate dans le jus de base de tiges au stade 2 nœuds Permet d'envisager un apport éventuel de soufre au stade 2 nœuds	Méthode Nutricheck® , développée par Challenge Agriculture
Test GPN® soufre	Étalon sur-fertilisé en soufre fin tallage Mesure à partir du stade 2 nœuds Permet d'envisager un apport éventuel de soufre au stade 2 nœuds	Développé par GPN et Cerexagri



**Les 3 indicateurs testés au stade 2N donnent globalement satisfaction**

En préambule, 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 3 indicateurs mesurés au stade 2 noeuds 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 situations dont les effets n'auraient pas été visibles sur les rendements.

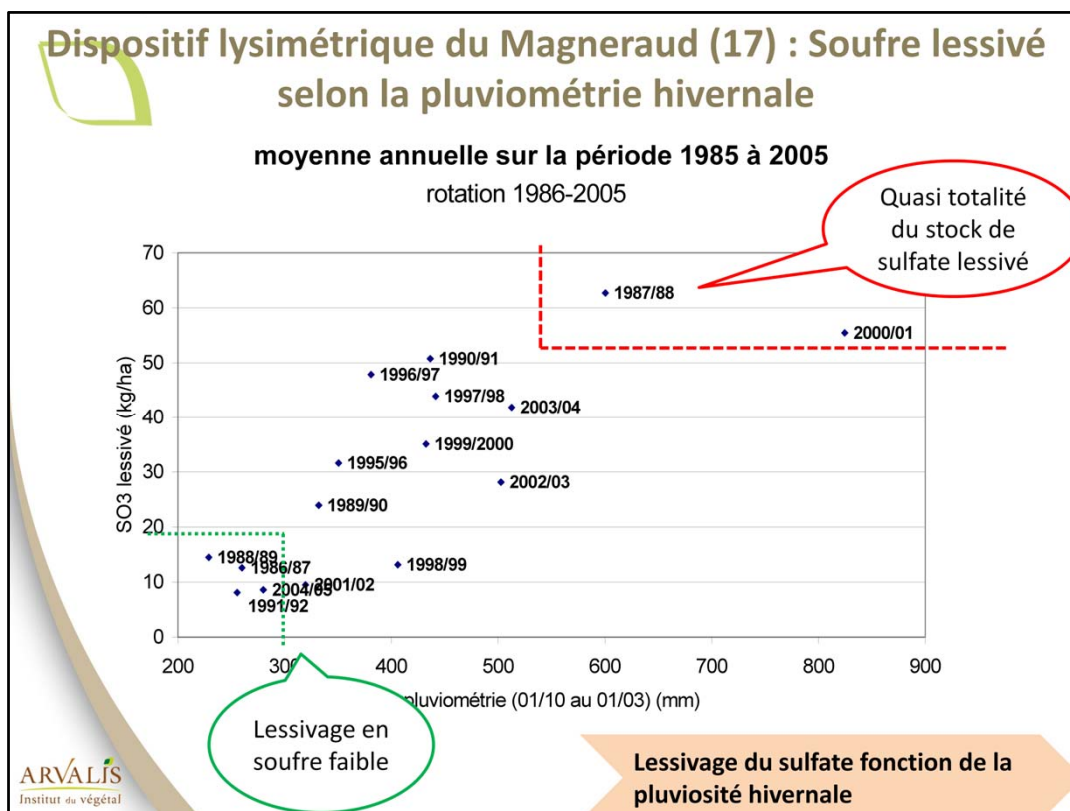
**Graphique 1 : Comparaison jus de base de tiges de la méthode Nutrichek® et GPN® soufre**

Les 7 essais avec réponse au soufre supérieure à 5 q/ha ou statistiquement significative étaient diagnostiqués comme déficients en soufre au stade 2 noeuds selon ces deux indicateurs, excepté pour un essai avec le GPN® soufre.

**Graphique 2 : Comparaison jus de base de tiges de la méthode Nutrichek® et malate/sulfate**

Les 4 essais avec réponse au soufre supérieure à 5 q/ha ou statistiquement significative étaient diagnostiqués comme déficients en soufre au stade 2 noeuds selon ces deux indicateurs.

**On retient =>** Les 3 indicateurs de nutrition soufrée testés au stade 2 noeuds 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.



**Le dispositif des cases lysimétriques du Magneraud (17)** sur des terres de groies (argilo-calcaires caillouteux avec une réserve utile de 130 mm) met en relation l'importance du lessivage du sulfate en fonction de la pluviométrie hivernale (du 1<sup>er</sup> octobre au 1<sup>er</sup> mars).

Pour une pluviométrie hivernale inférieure à 300 mm, le lessivage est quasiment nul alors que la totalité du stock de sulfate (de l'ordre de 60 kg SO<sub>3</sub>/ha) est lessivée pour des pluviométries supérieures à 550 mm.

Une expérimentation complémentaire a mis en évidence que dans ce système selon le précédent, les quantités de soufre lessivé pour la période 1995-2005 varient de :

56 kg SO<sub>3</sub>/ha après le maïs irrigué qui recevait 40 à 70 kg SO<sub>3</sub>/ha (en comptant l'apport par l'eau d'irrigation)

35 kg SO<sub>3</sub>/ha après colza qui recevait 70 kg SO<sub>3</sub>/ha,

24 kg SO<sub>3</sub>/ha après blé qui recevait 40 kg SO<sub>3</sub>/ha.