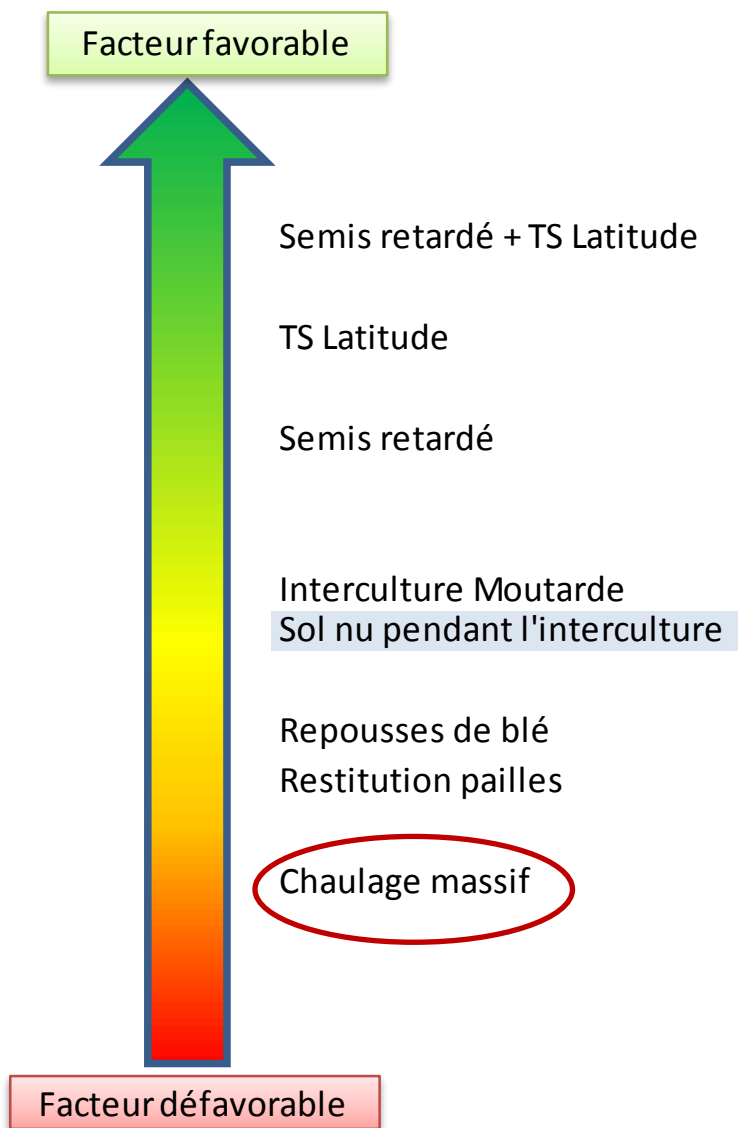




Incidence du pH et du chaulage sur le développement du piétin échaudage



Hiérarchie de l'impact de différents facteurs sur le développement du piétin échaudage.





Une biblio abondante sur l'impact du pH sur la croissance du piétin échaudage

R. James Cook – 2003 (page 81)

Take-all is typically less severe at lower soil pH values and is well known to increase in severity when soils are limed.

Le piétin-échaudage est généralement moins sévère lorsque le pH du sol est plus bas et il est bien connu que sa sévérité augmente lorsque les sols sont chaulés.

Christensen et al 1987

Take-all severity was increased by increasing soil pH and by fertilization with NO₃.

La gravité du PE est augmentée par l'augmentation du pH des sols et par une fertilisation avec l'ion nitrate.

Reis et al 1983

Take all severity increased with increasing pH but not with increasing amount of calcium or magnesium.

L'augmentation de l'intensité des attaques croît avec le pH, mais pas avec l'augmentation du niveau de Ca ou Mg.

1950 - 1960 : la mise en culture de friches et d'importants chaulages réalisés en Bretagne se traduisent par de sévères attaques de piétin échaudage.

Huber 1981.

Alkaline soils are generally more conducive to take-all.

Les sols alcalins sont généralement plus propices au PE.



Une biblio abondante sur l'impact du pH sur la croissance du piétin échaudage

The Influence of Soil pH on the Saprophytic Growth in Soil of the Take-all Fungus *Gaeumannomyces graminis var. tritici* - O. E Glenn and K. Sivasithamparam – Aust. J. Soil Res., 1991, 29, 627-34

Epidemiology of wheat take-all as influenced by soil pH and temporal changes in inorganic soil N
N. W. Christensen, R. L. Powelson, and Marcia Brett – Plant and Soil 98, 221 230 (1987).

Sensitivity to pH and ability to modify ambient pH of the take-all fungus *Gaeumannomyces graminis var. tritici* - L. Lebreton, S. Daval, A.-Y. Guillerm-Erckelboudt, C. Gracianne, K. Gazengel and A. Sarniguet – Plant Pathology (2014) 63, 117–128

Influence of In Situ and In Vitro pH on suppression of GGT by *Pseudomonas fluorescens* 2-79 – Bonnie H Owley, David M Weller and Linda S Thomashow – 1991

Elevated pH and Associated Reduced Trace Nutrient Availability as Factors Contributing to Take-All of Wheat upon Soil Liming - E M Reis, RJ Cook and BL Mac Neil – 1982

Relationship between take-all of wheat and rhizosphere pH in soils fertilized with ammonium vs. nitrate nitrogen. Smiley RW, Cook RJ. Phytopathology 1973;73:882–90.

Take-all of wheat - R. James Cook Washington State University, 26 January 2003

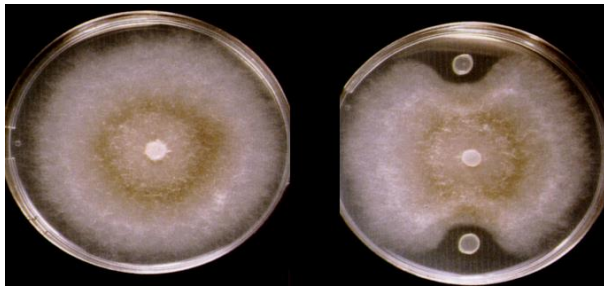
...



Des bactéries antagonistes du piétin échaudage

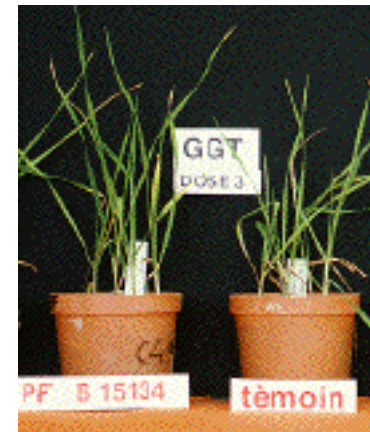
Ex: *Pseudomonas fluorescens*

In vitro



Culture en pots

Avec bactéries antagonistes (à gauche) – Témoin (à droite).



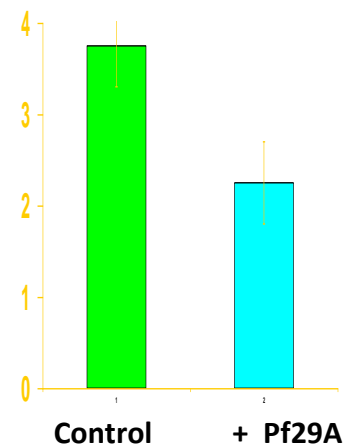
Source INRA

Dans le sol



Témoin +
Pf29A

Necrosis
index



Control + Pf29A



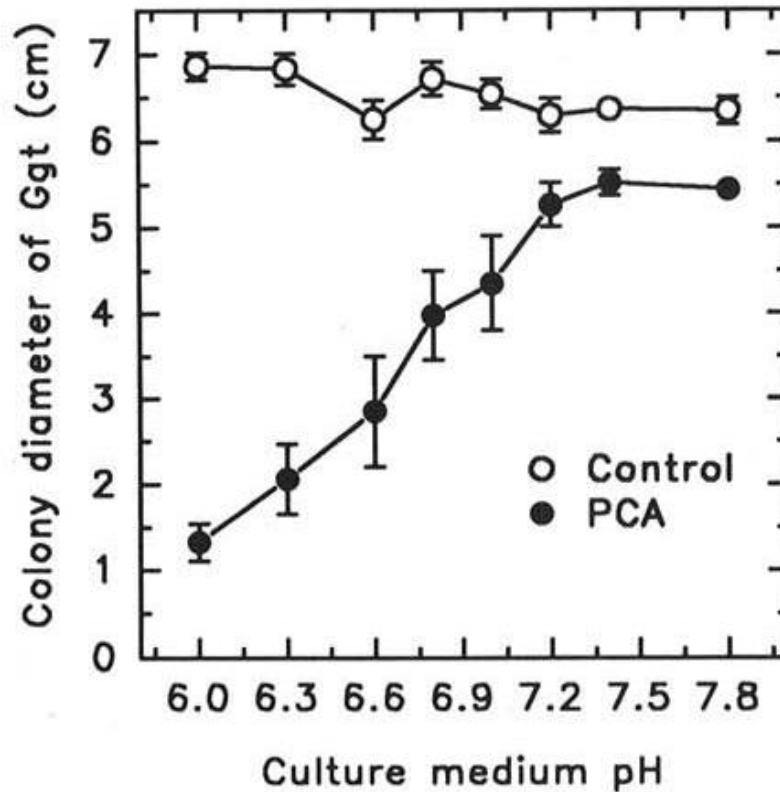
Pseudomonas fluorescens productrice d'acide phénazine
carboxilique (PCA)

Antibiotique fortement antagoniste envers *Gaeumannomyces
graminis*.

Thomashow, L. S., and D. M. Weller. 1988. Role of a phenazine
antibiotic from *Pseudomonas fluorescens* in biological control
of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* . J Bacteriol 170:3499-3508



Des bactéries antagonistes du piétin échaudage pénalisées par les pH élevés.

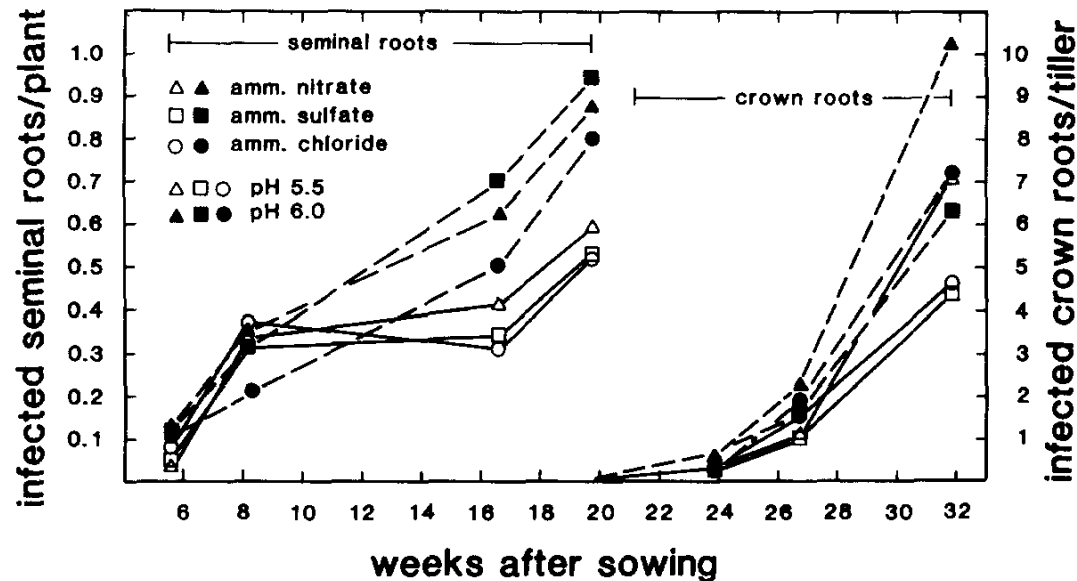


Effet du pH de la solution sur l'activité phénylalanine carboxylique (PCA)
(source Ownley and coll – 1991)

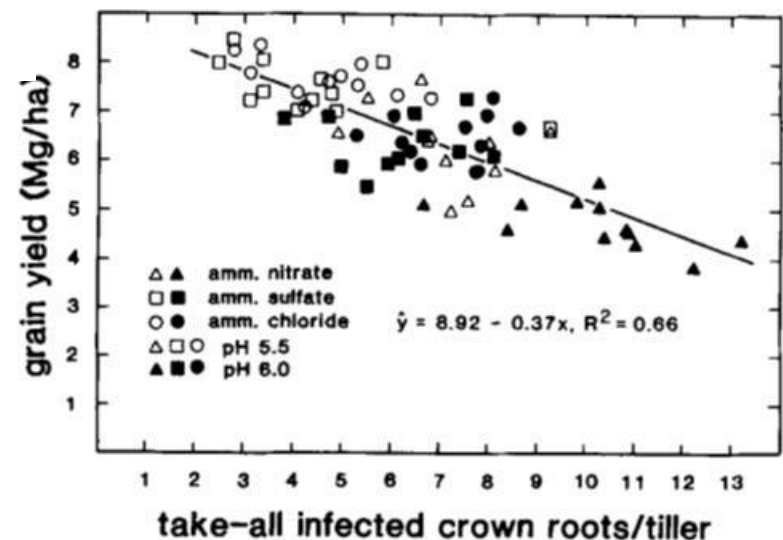


L'épidémiologie du PE influencée par le pH du sol et la forme d'azote

N. W. Christensen, R. L. Powelson, and Marcia Brett – 1986



- 3 années de blé 82 - 83 - 84
- Chaulage en oct 82 (2 niveaux de pH en 84 : 5.5 et 6)





La nuisibilité du PE augmente avec l'augmentation du pH mais pas avec l'augmentation de la quantité de calcium ou de magnésium

E M Reis, RJ Cook and BL Mac Neil – 1982

TABLE 1. Effect^a of pH^b and calcium^c on the number of roots and severity of take-all on wheat grown in a silica sand rooting medium infested with *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*


pH	Total No. of roots at Ca level (mg/L)				No. of diseased roots at Ca level (mg/L)				Percent of roots diseased at Ca level (mg/L)				Disease rating ^d at Ca level (mg/L)			
	200	400	600	Mean	200	400	600	Mean	200	400	600	Mean	200	400	600	Mean
4.5	11.9 b	11.8 a	12.0 b	11.9 b	5.8 c	7.9 b	6.2 b	6.6 d	49 e	67 c	51 c	55 c	1.7 e	2.7 c	2.0 d	2.1 e
5.5	10.5 c	11.5 a	11.8 b	11.3 c	5.7 c	8.1 b	7.7 a	7.2 c	54 d	71 b	65 b	63 b	2.0 d	3.0 b	2.5 c	2.5 d
6.5	13.0 a	12.0 a	12.7 a	12.6 a	8.6 b	7.2 c	8.3 a	8.0 b	66 c	60 d	65 b	64 b	3.0 c	2.8 c	2.7 c	2.8 c
7.5	11.5 b	10.4 b	9.7 c	10.5 d	8.5 b	9.1 a	8.1 a	8.6 a	74 b	87 a	84 a	82 a	3.6 b	4.0 a	3.8 a	3.8 a
8.5	10.1 c	10.1 b	9.5 c	9.9 e	9.8 a	5.8 d	8.2 a	7.9 b	96 a	57 d	86 a	80 a	3.9 a	2.5 d	3.5 b	3.3 b
Mean	11.4 f	11.2 f	11.1 f		7.7 e	7.6 e	7.7 e		68 d	68 d	70 d		2.8 f	2.9 f	2.9 f	

^a Each value is the mean of four replicates with five seedlings per pot. Data taken 27 days after sowing. Within any given column, means with a common letter are not significantly different at $P = 0.05$, according to Duncan's multiple range test.

^b pH adjusted by adding H₂SO₄ or NaOH.

^c Ca added as CaSO₄ in Hoagland's solution.

^d 0 = no disease, 4 = most severe disease.



Absence de piétin échaudage

$\text{pH}_{\text{eau}} : 6.4$

Présence de piétin échaudage

$\text{pH}_{\text{eau}} : 7.4$

Parcelle Saint Ygeaux (22) 30 04 2015

Soutenance du mémoire de fin d'études sur le thème :

LE PIÉTIN ÉCHAUDAGE SUR BLÉ TENDRE EN VENDÉE

Présenté par : Manon VERGER

En vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome
Spécialisation : Agrobiosciences Végétales

Tuteur de stage :

M. Jean-Luc LESPINAS
Responsable Service Agronomie CAVAC

Encadrant pédagogique :

Mme Fabienne VAILLEAU
Enseignante à l'ENSAT

Toulouse, le mercredi 13 septembre 2017

Stage effectué du : 06/03/2017 au 08/09/2017,
à CAVAC, 85000 La Roche-Sur-Yon

INP-ENSAT

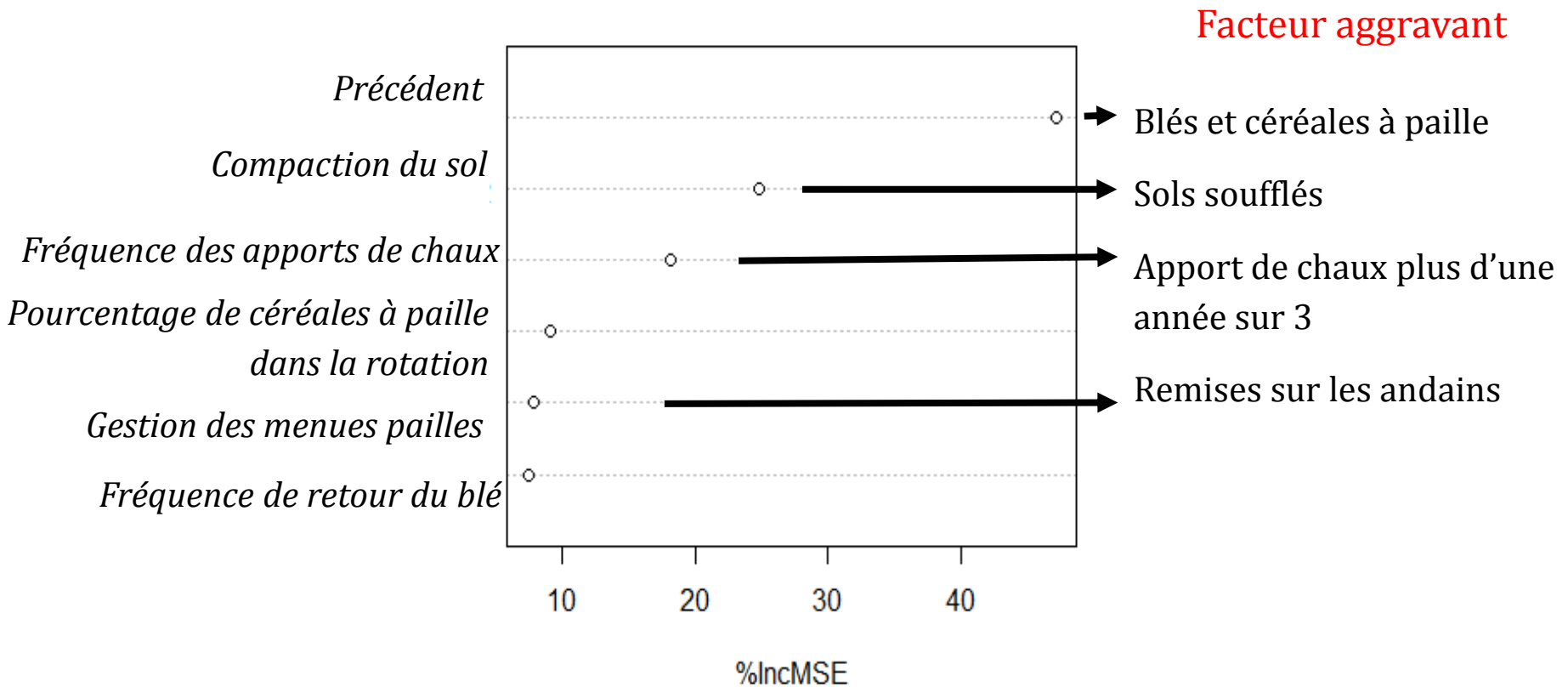


(Institut National Polytechnique - École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse)
Avenue de l'Agrobiopole, 31326 Auzeville-Tolosane

Problématique : objectiver la maladie sur le territoire vendéen

- 1. Quelle est la vision des agriculteurs du bocage vendéen vis-à-vis du piétin échaudage ?*
 - 32 enquêtes auprès des agriculteurs
- 2. Quel est l'impact de la maladie pour la campagne 2016-2017 ?*
 - 88 parcelles de blé tendre échantillonnées = 660 ha
- 3. Quels sont les facteurs aggravants et limitants la maladie ainsi que les leviers de lutte potentiels ?*
 - Analyse de 60 facteurs agronomiques et météorologiques

Résultat du test du Random-Forest (Forêts aléatoires)



Les points représentent l'augmentation de l'erreur quadratique moyenne due à la permutation des données au sein de chaque arbre et réduite par son écart-type (%IncMSE). Plus cette valeur est grande, plus la variable est importante dans la contribution à l'explication de la fréquence de la maladie



L'ÉPINEUSE MALADIE DU PIÉTIN ÉCHAUDAGE

ÉTUDE

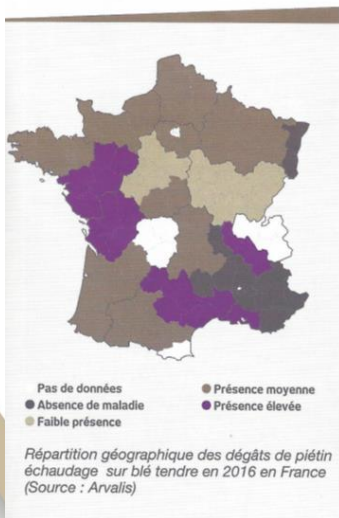


S'il y a bien une maladie que les agriculteurs peinent à combattre, c'est le piétin échaudage. Insidieuse, cette maladie racinaire causée par un champignon n'est souvent visible qu'en fin de cycle. Il existe aujourd'hui très peu de moyens de lutte efficaces à disposition des agriculteurs. Éclairages.

Les deux dernières années ont été particulièrement favorables au développement du piétin échaudage sur notre territoire entraînant des pertes de rendements. Sans moyen de lutte efficace, les agriculteurs se trouvent dans une impasse. C'est dans ce contexte que la coopérative et Arvalis-Institut du végétal ont souhaité avoir une meilleure vision du piétin échaudage sur notre territoire. D'autant plus que ce problème du piétin est très pénalisant dans notre région. Avec le Languedoc-Roussillon, le nord-ouest de la France est en effet particulièrement touché (cf. carte).

Pendant 6 mois, une étude financée par la région Pays-de-la-Loire a été menée lors de la campagne 2016-2017 à la fois sous forme d'enquête auprès de 32 agriculteurs et aussi sur le terrain dans 90 parcelles de blé tendre situées dans le Bocage.

Concernant la présence du piétin, les chiffres parlent d'eux-mêmes : **96 % des parcelles ont été touchées par la maladie**, certes à des degrés plus ou moins importants.



Zoom sur... les racines

Causée par le champignon *Gaeumannomyces graminis tritici*, la maladie se caractérise par des nécroses noires au niveau des racines. Les symptômes se révèlent surtout en fin de cycle avec un échaudage des plantes atteintes, notamment à l'emplacement des andains de paille de l'année précédente. L'étude confirme le caractère insidieux de la

« dans 25 % des cas, aucun symptôme n'était visible au champ »

maladie car dans 25 % des cas, aucun symptôme n'était visible au champ. Les agriculteurs dont les parcelles étaient concernées ont été surpris à l'annonce de ces résultats. Et même quand elle est détectée, il est souvent trop tard en l'absence de traitement curatif. En effet, le seul moyen de lutte phytosanitaire à disposition est le traitement de semences Latitude®, qui n'est efficace qu'à hauteur de 50 % maximum.

Le précédent, le facteur n°1

L'étude s'est intéressée aux éléments qui influencent le développement de la maladie. L'objectif étant d'identifier les facteurs sur lesquels nous avons la possibilité d'agir. Une batterie d'indicateurs ont ainsi été passés à la loupe. **Le choix du précédent contribue le plus à la fréquence du piétin échaudage.** Planter un blé après un blé, un orge ou un triticale augmente très fortement la fréquence de la maladie. Au contraire, implanter un blé après un maïs, du colza ou

des légumineuses la limite. La fréquence de retour du blé dans la rotation a également un très fort impact. Le retour du blé plus d'une année sur deux va poser problème.

D'autres facteurs favorisant la maladie ont été identifiés dans cette étude, tels que la fréquence d'apport de chaux. Apportée plus d'une année sur trois dans la même parcelle ou juste avant un blé, la chaux concourt à l'augmentation du piétin échaudage. En effet, un pH trop basique est néfaste à la flore antagoniste du champignon. L'aération du sol a aussi un impact. On a pu observer un développement plus important du piétin dans les sols soufflés, bien aérés.

Quelles solutions ?

Sans moyen pour la guérir, on ne peut donc que prévenir cette maladie qui a un impact majeur pour la majorité des exploitations. L'allongement des rotations, le décalage des dates des semis et l'utilisation du traitement de semences Latitude®, notamment sur les seconds blés, sont aujourd'hui les seules réponses vraiment efficaces. Mais plus facile à dire qu'à faire, bien qu'alertés du risque encouru en cultivant des blés sur blés, nombre d'agriculteurs conservent cette pratique pour des raisons économiques. À partir de quel seuil d'infestation s'alerter pour son revenu ? En termes de perspectives, il serait vraiment intéressant de prolonger ce travail par une étude approfondie de l'impact économique du piétin-échaudage. ■

Un constat partagé par les acteurs qui ont travaillé sur le sujet
Etude CAVAC – ARVALIS
Campagne 2017





D'autres facteurs favorisant la maladie ont été identifiés dans cette étude, tels que la fréquence d'apport de chaux. Apportée plus d'une année sur trois dans la même parcelle ou juste avant un blé, la chaux concourt à l'augmentation du piétin échaudage. En effet, un pH trop basique est néfaste à la flore antagoniste du champignon. L'aération du sol a aussi un impact. On a pu observer un développement plus important du piétin dans les sols soufflés, bien aérés.

Un constat partagé par les acteurs qui ont travaillé sur le sujet
Etude CAVAC – ARVALIS
Campagne 2017

Bulletin CAVAC
Septembre 2017



Grille multi-critères d'évaluation du risque piétin échaudage

Pour chaque critère : inscrire la valeur de la colonne dans la cellule correspondant au choix - multiplier par son coefficient pour obtenir le score.

Valeur	0	1	2	3	4	Score
Rotation		N-1=Tête d'assolement, N-2=Céré à paille (si - de 3 Céré à P dans les 5 dernières années)	N-1=Tête d'assolement, N-2=Céré à paille (si + de 3 Céré à P dans les 5 dernières années)	N-1=Céré à P/Jach. Gra, N-2=Tête d'assolement N-1=Maïs/Prairies N-2=Céré à paille	N-1=Céré à P/Prairie/Jach, N-2=Céré à P/Prairie/Jach	Coef.12 x ___ = ___
Climat N-1	Défavorable		Favorable		Très favorable	Coef. 4 x ___ = ___
Désherbage graminées N-1	Excellent		Mauvais contrôle AG		Fortes infestations	Coef. 4 x ___ = ___
Date de semis	Après le 31 octobre	Du 21 au 31 octobre	Du 11 au 20 octobre	Du 1 ^{er} au 10 octobre	Avant le 1 ^{er} octobre	Coef. 5 x ___ = ___
Conditions de semis	Rappuyé	Légèrement soufflé		Soufflé	Très soufflé	Coef. 2 x ___ = ___
Chaulage	Aucun		Entretien ou redressement N-1		Redressement	Coef. 2 x ___ = ___
Type de sol		Argile dominant	Limón dominant	Argilo-calcaire superficiel	Très léger (sableux)	Coef. 2 x ___ = ___
Climat	Plutôt continental = 1			Plutôt océanique = 2		Coef.10 x ___ = ___
Risque piétin échaudage : <40 : Très faible - 40-60 : Faible - 60-80 : Moyen - 80-100 : Fort - >100 : Très fort						Total = _____

Source Certis (Monsanto)



Hiérarchiser les facteurs de développement du piétin échaudage

4 essais Ouest 2015 et 2016

Traitements comparés (dans 3 ou 4 essais).

- Interculture de moutarde brune.
- Apport de chaux vive (2 t/ha).
- Pailles restituées et enfouies.
- Rappuyage au semis du blé.
- Traitement de semences Latitude.
- Semis retardé.

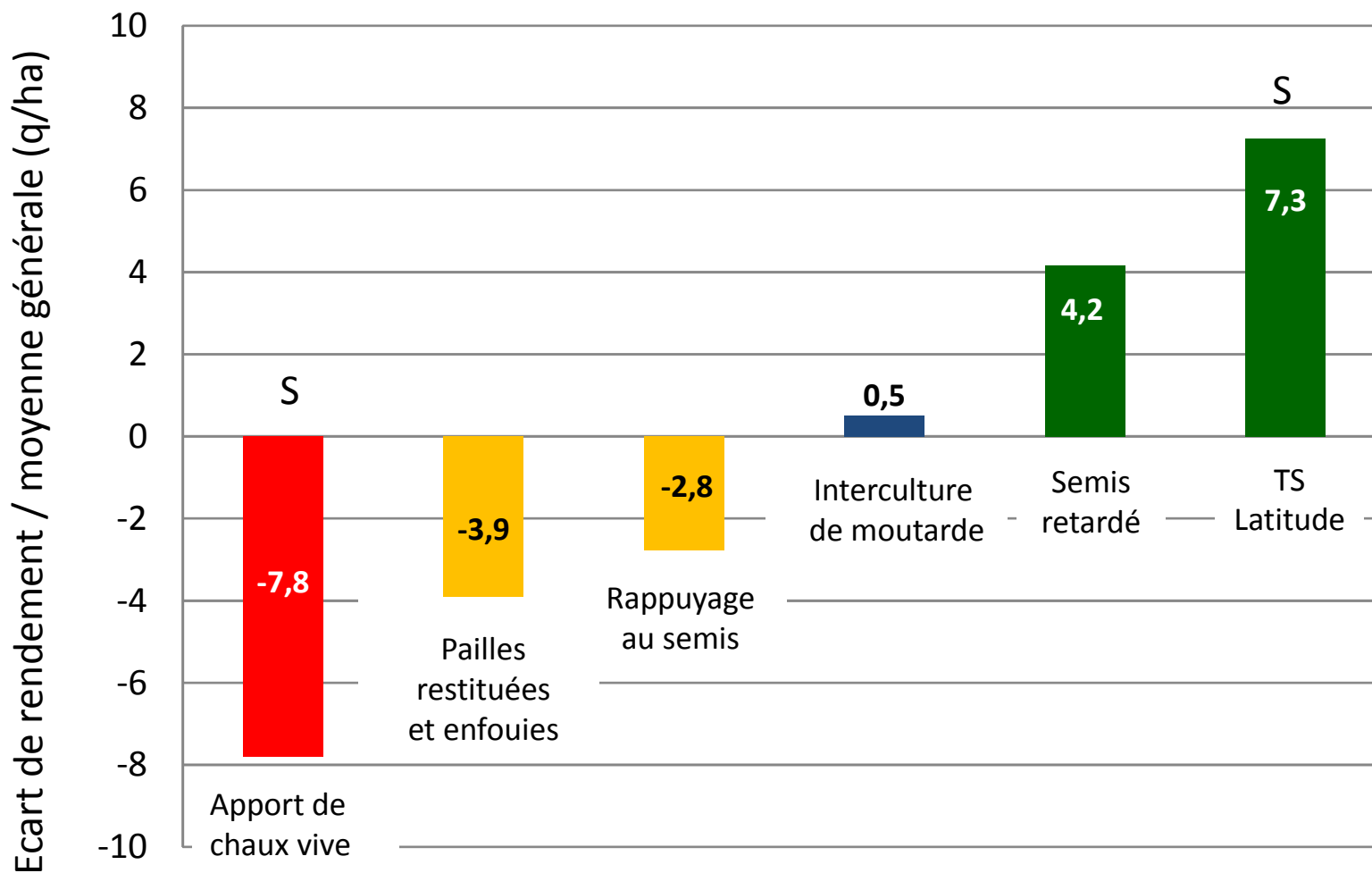


4 essais réalisés dans l'Ouest ARVALIS - 2015 et 2016

Lieu	Bignan (56)	Bignan (56)	La Jaillière (44)	Saint Hilaire La Palud (85)
Nom du sol	Limons sur schistes	Limons sur schistes	Limon argileux humide sur schistes	Groies moyennes
Date de semis	23/10/2014	22/10/2015	13/10/2015	12/10/2015
Date de semis pour la modalité semis retardé	10/11/2014	26/11/2015	09/11/2015	02/11/2015
Travail du sol	Labour	Labour	Décompacteur + herse	Déchaumeur Lemken
Précédent	Blé tendre	Blé tendre	Blé tendre	Blé tendre
pH _{eau}	6.1	6.8	7.7	8



Analyse des rendements - Ecart à la moyenne générale (q/ha) ARVALIS - 4 essais ouest 2015 - 2016



Analyse du regroupement d'essais : différences entre les moyennes ajustées des traitements et la moyenne générale du regroupement.



Est-il pertinent de faire un chaulage massif sur deux des trois essais alors que le pH_{eau} est de 6.8 et 7.7 ? Ce traitement n'est-il pas à charge pour la chaux vive employée ?

ARVALIS : Ces essais avaient pour objectif de valider l'incidence du chaulage sur le développement du piétin échaudage. Le niveau de pH initial est certes élevé pour 2 essais, mais l'impact mesuré est proche dans l'essai de Bignan 2015 (pH_{eau} : 6.1)

Traitements	4 essais			Bignan 2015		
	Moyennes ajustées (q/ha)	Ecart à la moyenne générale (q/ha)		Rdt (q/ha)	Ecart à la moyenne générale (q/ha)	
3- Couvert de moutarde brune	68.9	0.5	NS	74.9	-4.3	bcd
4- Apport de chaux vive (2T/ha)	60.6	-7.8	S*	74.3	-4.9	cd
5- Pailles restituées et enfouies (5T/ha)	64.5	-3.9	NS	80.4	1.2	bc
6- Blé traité TS Latitude	75.7	7.3	S*	90.9	11.7	a
7- Rappuyage au semis du blé	65.6	-2.8	NS	77.8	-1.4	bcd
10- Semis retardé	72.6	4.2	NS	81.0	1.8	b



Le traitement statistique est-il pertinent et suffisamment robuste pour pouvoir hiérarchiser les facteurs de risque? (comparatifs réalisés sur 3 des 4 essais pour le facteur cité pour un niveau d'apport CaO ne correspondant absolument pas à la pratique)

ARVALIS : c'est l'analyse statistique la plus pertinente pour regrouper des essais avec témoins adjacents.

L'analyse stat est suffisamment précise pour classer les traitements.

Pour avoir plus de robustesse, il faudrait un grand nombre d'essais difficiles à mettre en œuvre.

L'impact du chaulage sur le développement du piétin échaudage est pas ailleurs largement évoqué dans les bibliographie et dans des résultats plus anciens.



Analyse regroupement modèle mixte

tests type III

Response: rdt

	F	Df	Df.res	Pr(>F)	
(Intercept)	280.193	1	2.9826	0.000480	***
traitement	4.908	6	13.0542	0.007802	**

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

moyennes ajustées

traitement	lsmean	SE	df	lower.CL	upper.CL
Apport de chaux vive	60.62178	4.682100	5.00	48.58618	72.65739
Blé traité TS Latitude	75.66970	4.486575	4.29	63.54187	87.79754
Couvert de moutarde brune	68.92765	4.669318	4.96	56.89886	80.95645
Pailles restituées et enfouies	64.50568	4.682100	5.00	52.47007	76.54128
Rappuyage au semis du blé	65.63458	4.682100	5.00	53.59897	77.67018
Semis tardif	72.58441	4.486575	4.29	60.45657	84.71225
Traitement en végétation	70.96882	4.669318	4.96	58.94003	82.99761

comparaison à la moyenne générale

contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
Apport de chaux vive effect	-7.7943050	2.222447	13.06	-3.507	0.0241
Blé traité TS Latitude effect	7.2536147	1.949721	13.02	3.720	0.0162
Couvert de moutarde brune effect	0.5115647	2.266173	13.10	0.226	1.0000
Pailles restituées et enfouies effect	-3.9104118	2.222447	13.06	-1.760	0.4567
Rappuyage au semis du blé effect	-2.7815135	2.222447	13.06	-1.252	0.7724
Semis tardif effect	4.1683189	1.949721	13.02	2.138	0.2670
Traitement en végétation effect	2.5527320	2.266173	13.10	1.126	0.8407

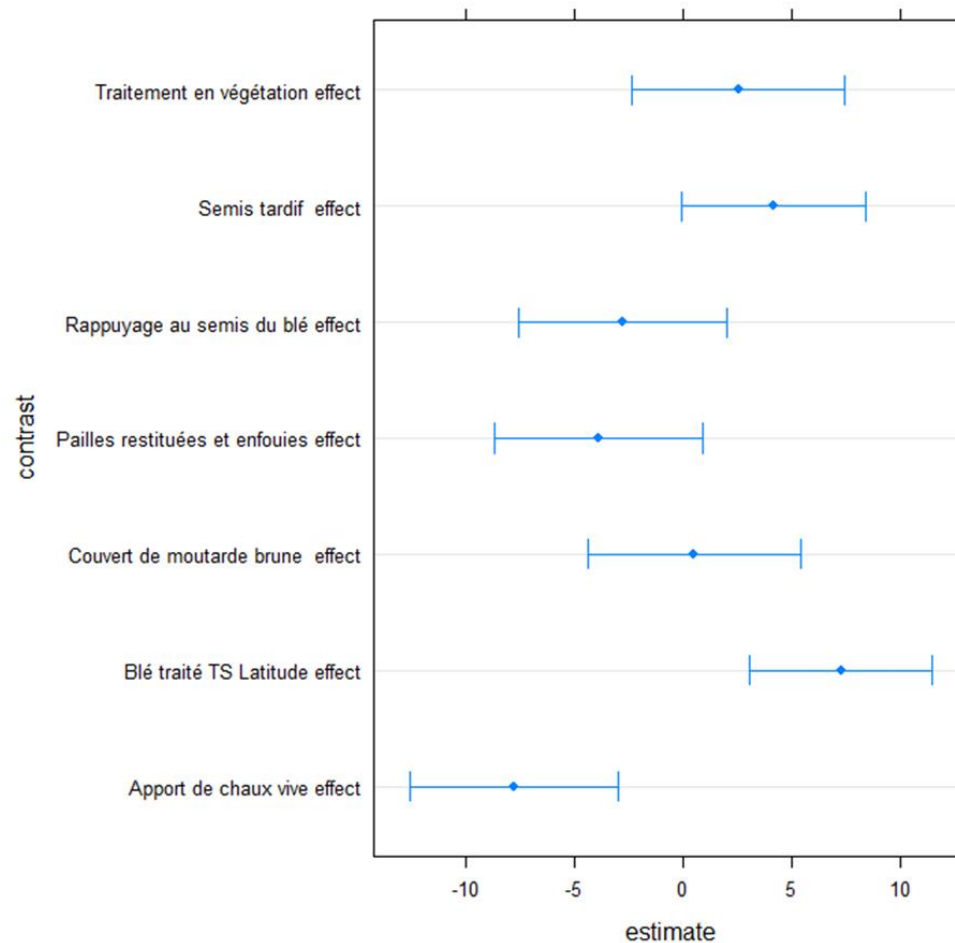


Par ailleurs il n'y a pas d'écart type sur les histogrammes ce qui ne permet pas non plus d'appréhender la variabilité intersites.

ARVALIS : Dans les regroupements de plusieurs essais, il est préférable de représenter les intervalles de confiance plus représentatifs de la variabilité dans les milieux observés (F Piraux - statisticien ARVALIS)



Intervalles de confiance (rendements 2015)



contrast	estimate	SE	df	lower.CL	upper.CL
Apport de chaux vive effect	-7.7943050	2.222447	13.06	-12.59338257	-2.9952274
Blé traité TS Latitude effect	7.2536147	1.949721	13.02	3.04211800	11.4651113
Couvert de moutarde brune effect	0.5115647	2.266173	13.10	-4.38034307	5.4034725
Pailles restituées et enfouies effect	-3.9104118	2.222447	13.06	-8.70948939	0.8886658
Rappuyage au semis du blé effect	-2.7815135	2.222447	13.06	-7.58059107	2.0175641
Semis tardif effect	4.1683189	1.949721	13.02	-0.04317781	8.3798155
Traitement en végétation effect	2.5527320	2.266173	13.10	-2.33917583	7.4446398



Les notations sont jugées en cohérence avec les rendements : pour autant les notations chaux vive donnent 8% avec -7.8 qx contre 16% avec -3.8 qx pour les pailles enfouies ?

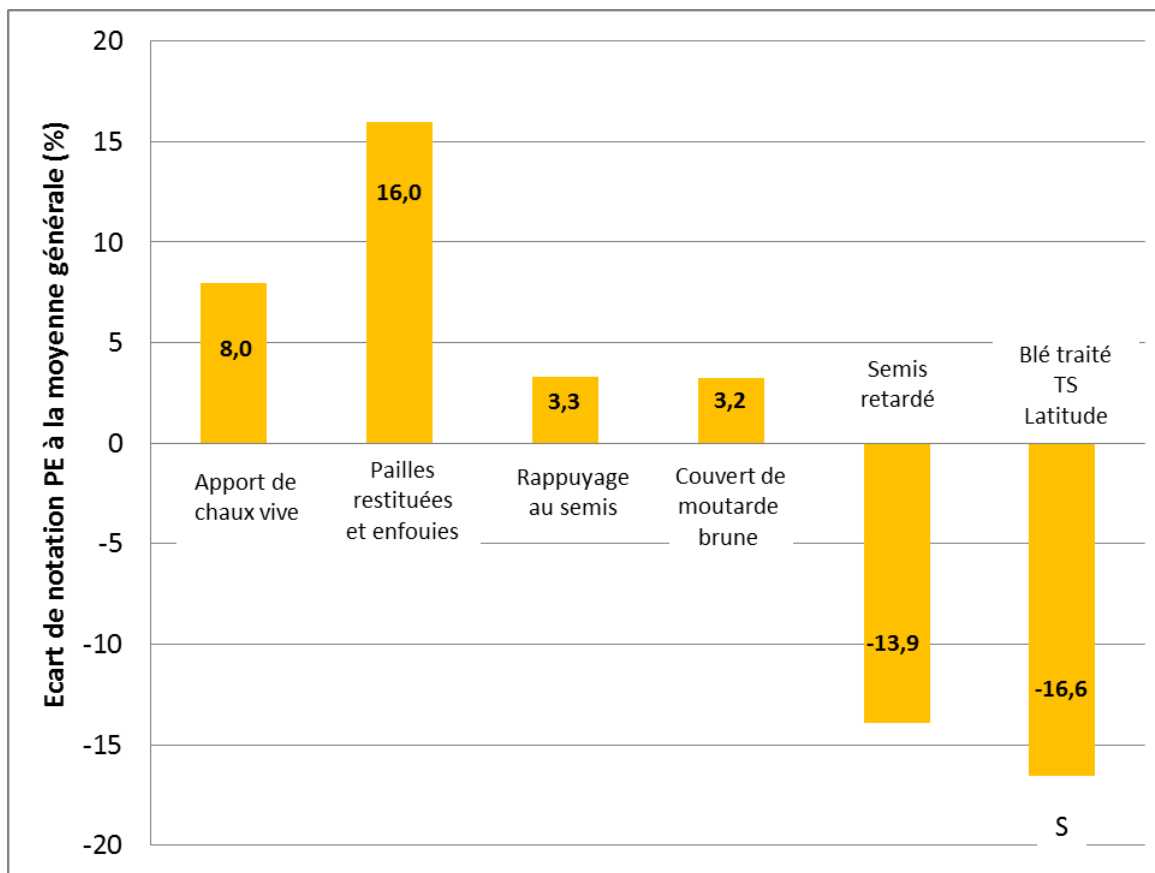
Si on regarde les tendances pour les 4 premières modalités, il n'y a pas de cohérence entre les deux graphiques.

ARVALIS : C'est vrai dans ce cas précis (chaulage), mais la relation est bonne pour les autres traitements. Cette constatation est généralement vérifiée dans les essais.



Analyse des notations piétin échaudage - Ecart à la moyenne générale (%)

ARVALIS - 4 essais ouest 2015 - 2016

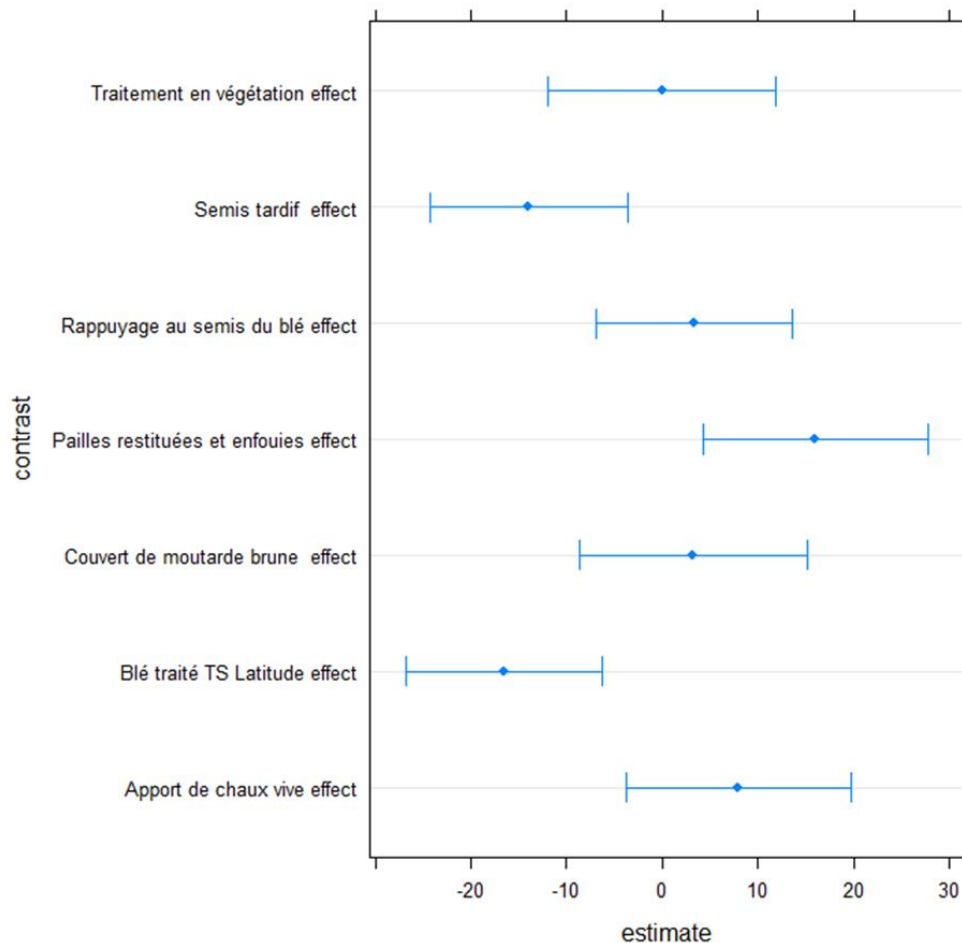


Des notations de piétin échaudage sur racines cohérentes avec les pertes de rendement mesurées.

Analyse du regroupement d'essais : différences entre les moyennes ajustées des traitements et la moyenne générale du regroupement.



Intervalles de confiance (notations 2015)

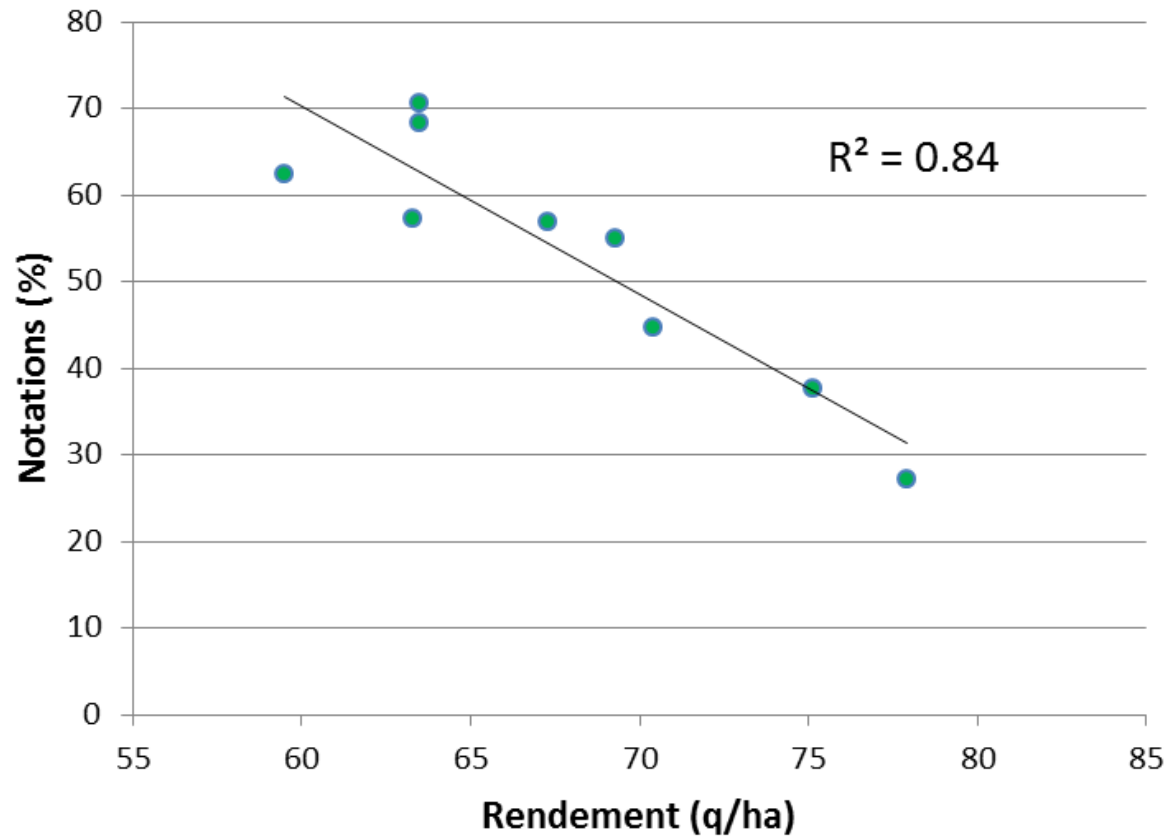


contrast	estimate	SE	df	lower.CL	upper.CL
Apport de chaux vive effect	7.96755667	5.501182	14.10	-3.823494	19.758607
Blé traité TS Latitude effect	-16.54884428	4.787163	14.01	-26.815707	-6.281982
Couvert de moutarde brune effect	3.22932437	5.544601	14.12	-8.653040	15.111688
Pailles restituées et enfouies effect	16.00755667	5.501182	14.10	4.216506	27.798607
Rappuyage au semis du blé effect	3.31115572	4.787163	14.01	-6.955707	13.578018
Semis tardif effect	-13.94634428	4.787163	14.01	-24.213207	-3.679482
Traitement en végétation effect	-0.02040486	5.544601	14.12	-11.902769	11.861959



Relation rendement – notations racines nécrosées

Synthèse 2015 2016 – 6 essais





Conclusions

- Dans les situations à risque (blé/blé, piétin échaudage régulièrement observé dans la parcelle), il est recommandé d'éviter les semis précoces et d'utiliser le traitement de semences Latitude.
- Retarder la date de semis de 2 à 3 semaines permet de diminuer sensiblement le risque de présence de piétin échaudage.
- Le chaulage pratiqué avant implantation de la céréale, doit se limiter à l'utilisation de carbonates broyés ou de produits grossiers.
- Lorsque les pailles ne sont pas ramassées, il est conseillé de broyer finement et bien répartir les andains de paille du précédent, de manière à favoriser leur décomposition et limiter les sols soufflés.
- Il est impératif de détruire les repousses du précédent dans la période d'interculture afin d'éviter que l'inoculum se maintienne ou se multiplie.



La conclusion : « Le chaulage pratiqué avant implantation de la céréale, doit se limiter à l'utilisation de carbonates broyés ou de produits grossiers » est-elle bien en relation avec les protocoles des essais ?

Cette conclusion ne peut pas être le résultat des seuls résultats montrés ici. Ou sont les références qui permettent de formuler ce conseil ?

ARVALIS : C'est un conseil de prudence, qui ne limite pas l'apport d'AMB, mais qui alerte sur l'incidence de l'augmentation rapide et importante sur le risque de piétin échaudage.

Conseil conforme aux préconisations ARVALIS et aux connaissances sur les vitesses d'action des amendements.