

# & CHOISIR & DÉCIDER

SYNTHÈSE  
NATIONALE  
2016

**Céréales à paille**  
Interventions de printemps

ARVALIS  
Institut du végétal

# SOMMAIRE

Piétin échaudage ..... 2

# Piétin échaudage

## De nouvelles références pour limiter le risque

### UN CHAMPIGNON DU SOL PARTICULIEREMENT AGRESSIF

Le piétin échaudage (*Gaeumanomyces graminis*) est un champignon du sol parasite des racines des céréales. Il contamine les racines séminales des plantes hôtes à l'automne (infection primaire) et envahit le système vasculaire. Il progresse ensuite à l'intérieur des vaisseaux conducteurs de sève en les obstruant ce qui a pour conséquence un échaudage généralisé des plantes par foyers.

La progression de l'épidémie est principalement liée à une phase de propagation qui a lieu lorsque les racines saines sont en contact avec des racines contaminées (infection secondaire).

La conservation du champignon dans le sol se fait surtout sous forme mycélienne à partir de tissus infectés.

La durée de vie du champignon sans hôte intermédiaire est de 2 ans environ, mais cette durée semble variable selon les régions (persistance observée pendant 4 ans en Bretagne par exemple...)

Quatre sous-espèces ont été décrites *G. graminis* var. *tritici* (Ggt), *G. graminis* var. *avenae* (Gga), *G. graminis* var. *graminis* (Ggg), *G. graminis* var. *maydis* (Ggm). Le Ggt est capable de coloniser le système racinaire de nombreuses Poacées dont les céréales à paille. Le blé et l'orge sont les espèces les plus sensibles alors que la sensibilité est très variable pour le triticale et faible pour le seigle. Au sein du Ggt, deux groupes génétiques distincts existent (G1 et G2) pour lesquels des différences d'agressivité ont été observées (G2>G1).

### DES FACTEURS FAVORABLES A SON DEVELOPPEMENT

L'analyse bibliographique et les observations font apparaître quelques facteurs majeurs qui peuvent favoriser le piétin échaudage. Cette liste est loin d'être exhaustive.

**Facteurs climatiques** : hivers doux et humides favorables.

Les attaques sont favorisées par des séquences de pluie accompagnées de températures douces pendant la formation des racines. Les hivers doux et humides sont donc les plus propices à l'installation de la maladie.

**Facteurs agronomiques** : sols légers et pH élevés favorisant.

Les sols légers (sols peu argileux qui peuvent être sableux ou limoneux), à teneur élevée en matières organiques prédisposent à un état structural soufflé où le mycélium peut se développer facilement, favorisant ainsi l'extension de la maladie. Un pH élevé augmente la sévérité de la maladie à cause des équilibres microbiens qui sont plus favorables au développement de la maladie. Le risque évoqué à pH élevé ne concerne pas les sols calcaires.

#### Conduite de cultures :

- Rotation : une fréquence importante de cultures hôte (blé, orge...) dans la rotation est favorable au maintien de l'inoculum. A l'inverse, l'insertion de cultures non hôtes dans la rotation (avoine, tournesol, sorgho, pois, pomme de terre...) limite son développement. Il faut noter également que le maïs déplace l'équilibre microbien dans un sens favorable au développement du champignon, mais il n'exprime pas la maladie.

- Date de semis : une date de semis précoce allonge la période d'infection automnale au cours de laquelle ont lieu les infections primaires.

- Fertilisation et amendements : le chaulage avant implantation des cultures est favorisant ; à l'inverse, une fertilisation azotée précoce et majoritairement ammoniacale permet de stimuler l'activité des bactéries antagonistes du piétin échaudage.

- Restitutions de paille : ce facteur est peu cité dans la bibliographie, mais les observations montrent des attaques souvent plus importantes au niveau des andains de paille du précédent. Cet impact des pailles et menues pailles sur le développement du champignon mériterait d'être quantifié et analysé.

### DIAGNOSTIC : OBSERVER LES RACINES

Pour déterminer la présence de piétin échaudage, l'observation minutieuse des racines est primordiale. L'objectif consiste à conserver un maximum de racines lors d'un prélèvement soigné à la bêche ou au plantoir. Les racines sont ensuite lavées pour observer la pré-

sence éventuelle de manchons noirs. Plusieurs lavages sont souvent nécessaires pour réaliser une observation en l'absence totale de terre.

A l'échelle de la parcelle, les symptômes peuvent être des foyers de moins d'un mètre, à de grandes zones

irrégulières se rejoignant. Les symptômes sont souvent observés au niveau des andains de paille du précédent ou de l'antéprécédent.

**Stade précoce** : les premiers symptômes d'attaques peuvent apparaître très précocement dès l'automne. En effet, lorsque le mycélium du champignon pénètre dans les racines séminales, il provoque une rupture d'alimentation qui se traduit par le jaunissement de la pointe des vieilles feuilles. A ce stade, l'observation des racines ne permet pas toujours de constater la présence de manchons noirs caractéristiques.

**Sortie hiver** : les symptômes deviennent plus caractéristiques. Les racines présentent des nécroses noires (manchons) de plusieurs centimètres. Les plantes tou-

chées ont une faible croissance et un tallage réduit. Les vieilles feuilles jaunissent par la pointe, symptôme caractéristique des défauts d'alimentation azotée.

**A l'épiaison** : on observe un échaudage complet de toute la plante avec ses talles, qui montre une couleur dominante blanc (paille sèche). Les racines présentent des nécroses noires parfois étendues à toute la racine. Un manchon noir de 1 à 3 cm est le plus souvent observé sur le bas de la tige ; il monte parfois au-dessus du plateau de tallage.

Pour visualiser les symptômes, regardez la [vidéo piétin échaudage](#)

ou consultez la [fiche diagnostic des accidents](#)



Les symptômes sont souvent observés au niveau des andains de paille du précédent



Les 1ères attaques se traduisent par un jaunissement de la pointe des vieilles feuilles.



Début montaison, la présence de nécroses noires sur les racines est beaucoup plus visible.



Les plantes touchées (en haut) présentent une faible croissance.



En fin de cycle, les plantes touchées sont entièrement desséchées et échaudées.

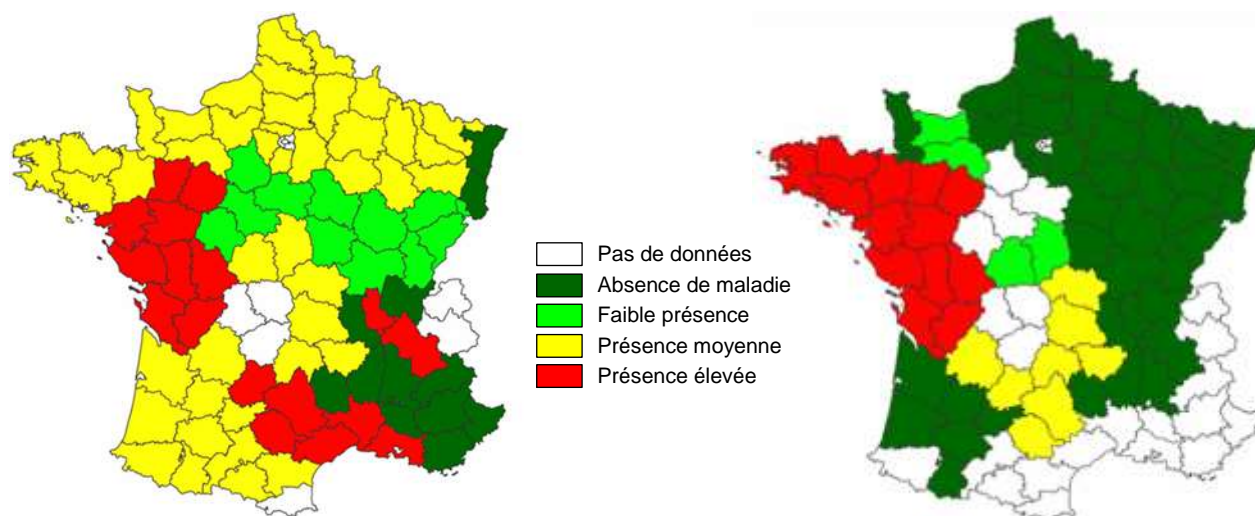


En fin de cycle, le piétin échaudage peut atteindre le bas de tige. Un manchon noir peut remonter au-dessus du plateau de tallage. Les racines sont noires et entièrement nécrosées.

## UNE MALADIE PRESENTE SUR TOUT LE TERRITOIRE EN 2016.

**Figure 1 : Estimation des dégâts de piétin échaudage sur blé tendre en 2016.**

**Figure 2 : Estimation des dégâts de piétin échaudage sur orge d'hiver en 2016.**



Sur blé tendre, les régions Ouest et Languedoc semblent présenter les plus gros dégâts, mais la maladie s'exprime également sur une partie importante du territoire (figure 1).

Sur orge d'hiver, seule la région Ouest présente de gros dégâts (figure 2)

## ANALYSE DES FACTEURS FAVORABLES AU PIETIN ECHAUDAGE

Afin de quantifier et hiérarchiser l'incidence des facteurs influant sur le développement du piétin échaudage, 4 essais ont été mis en place dans l'Ouest au cours des 2 campagnes 2015 et 2016, (tableau 1).

**Tableau 1 : caractéristiques des essais.**

| 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 - T10 et T11                                    | 10/11/2014          | 26/11/2015          | 09/11/2015                         | 02/11/2015                  |
| Travail du sol                                                                               | Labour              | Labour              | Décompacteur + herse               | Déchaumeur Lemken           |
| Variété                                                                                      | Barok               | Cellule             | Cellule                            | Nemo                        |
| Précédent                                                                                    | Blé tendre          | Blé tendre          | Blé tendre                         | Blé tendre                  |
| Antéprécédent                                                                                | Maïs grain          | Maïs grain          | Colza                              | Tournesol                   |
| pH <sub>eau</sub> (mesure hiver)                                                             | 6.1                 | 6.8                 | 7.7                                | 8                           |
| Modalité avec moutarde brune en interculture - T3. Production de la moutarde brune (t MS/ha) | 1.7                 | -                   | 1.5                                | 1.7                         |

## Modalités mises en comparaison

**Traitement de semences Latitude** : son efficacité bien que partielle (proche de 50 % en situation d'attaque moyenne) n'est jamais dépassée dans les essais conduits depuis son autorisation, par d'autres tentatives de lutte phytosanitaire (application de fongicides en végétation, test d'autres produits sur semences). Dans ces essais, le gain de rendement atteint une valeur moyenne proche de 10 q/ha en blé sur blé. Ce traitement de semences sert de témoin de référence haute dans cette série de 4 essais.

**Interculture de moutarde brune** : semée après la récolte du précédent blé, l'interculture de moutarde brune est broyée et enfouie rapidement avant la floraison. A ce stade, les glucosinolates contenus dans la plante sont présents en grande quantité. Ils pourraient limiter le développement du piétin échaudage (méthode de biofumigation)

**Chaulage massif** : la bibliographie a souvent relaté un impact négatif du chaulage qui limiterait la flore antagoniste du piétin échaudage. Bien que supérieur aux préconisations habituelles, le chaulage pratiqué (2t/ha de chaux vive = 1800 kg CaO) a pour objectif d'observer si un tel effet peut s'exprimer. L'épandage de chaux est réalisé avant semis du blé (post moisson du blé précédent, ou dans la quinzaine de jours précédant le semis du blé). Il est suivi d'un enfouissement immédiat pour obtenir une incorporation à 7-8 cm (déchaumeur à disques ou herse rotative).

**Restitutions de paille** : il est souvent observé des attaques plus importantes au niveau des andains du précédent. Dans les régions de polyculture élevage, les pailles sont le plus souvent ramassées, il s'agit donc probablement d'un effet des menues paille. Avant de quantifier l'impact spécifique des menues paille, il semblait nécessaire de mesurer les conséquences de la restitution des pailles.

**Rappuyage au semis du blé** : le gaz carbonique freine le développement du champignon. Dans les sols bien rappuyés ou tassés, l'évacuation du gaz carbonique est

difficile, et pourrait ainsi limiter l'impact du piétin échaudage. Le rappuyage est effectué sur labour avec un passage roues dans roues du tracteur avant de semer (Bignan), ou par un passage de rouleau avant implantation (La Jaillière) suivi d'un autre roulage après semis (Le Magneraud).

**Semis retardé** : en limitant la période d'infestation du piétin échaudage, un décalage de 2 à 3 semaines de la date de semis devrait limiter l'incidence du champignon. Les différentes dates de semis réalisées sont indiquées tableau 1.

Ces traitements ont été mis en comparaison dans 3 ou 4 essais. L'analyse statistique (analyse regroupement modèle mixte) a pu être ainsi effectuée (tableau 4). Quelques traitements ne sont pas présents dans les 4 situations, mais leur rendement a pu être estimé par l'analyse.

D'autres comparaisons ne sont présentes que dans 1 ou 2 essais (repousses de blé à l'interculture, apport de 50 kg/ha de P2O5 en plein, déchaumage creux, semis retardé + Latitude). Leurs rendements respectifs sont indiqués tableau 3.

## Analyse des résultats

La nuisibilité du piétin échaudage mesurée dans les essais est définie par l'écart entre la moyenne des témoins ou parcelles témoins conduites selon les essais avec ou sans repousses spontanées du blé précédent à l'interculture, et la modalité avec le traitement de semences Latitude (T6). Les écarts de rendement ainsi mesurés varient de 3 à près de 20 q/ha selon les essais (tableau 2). L'efficacité du Latitude n'étant que partielle; la nuisibilité réelle du piétin échaudage est potentiellement supérieure à ces écarts mesurés.

De plus, cette nuisibilité peut être sensiblement augmentée selon les pratiques de conduites de culture. Ainsi, la nuisibilité maximum mesurée dans les essais en fonction des pratiques culturales varie de 16.5 à 22.1 q/ha (tableau 2). La hiérarchie de l'impact de ces différents facteurs de pratiques culturales fait l'objet de l'étude présentée.

Tableau 2 : nuisibilité mesurée dans les essais (q/ha)

|                                 | Gain rdt Latitude<br>- Ecart au(x) témoin(s) (q/ha) | Nuisibilité maxi<br>dans l'essai<br>(q/ha) |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Bignan (56) - 2015              | 13                                                  | 16.5                                       |
| Bignan (56) - 2016              | 7.9                                                 | 18.1                                       |
| La Jaillière (44) - 2016        | 19.8                                                | 19.9                                       |
| St Hilaire La Palud (85) - 2016 | 3                                                   | 22.1                                       |

Tableau 3 : Rendements (q/ha) et notations piétin échaudage sur racines (% racines nécrosées)

| N° | Traitements étudiés                    | Bignan (56) 2015 |                  | Bignan (56) 2016 |                  | La Jaillière (44) 2016 |                  | Saint Hilaire La Palud (85) 2016 |                  |
|----|----------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|
|    |                                        | Rdt (q/ha)       | Notations PE (%) | Rdt (q/ha)       | Notations PE (%) | Rdt (q/ha)             | Notations PE (%) | Rdt (q/ha)                       | Notations PE (%) |
| 1  | Sol nu pendant l'interculture          | 77.9             | 67.7             | 61.3             | 78.8             |                        |                  |                                  |                  |
| 2  | Repousses de blé.                      |                  |                  |                  |                  |                        |                  | 53.0                             | 44.3             |
| 3  | Couvert de moutarde brune              | 74.9             | 71.1             |                  |                  | 64.7                   | 42.0             | 71.6                             | 29.2             |
| 4  | Apport de chaux vive (2t/ha)           | 74.3             | 64.1             | 56.3             | 81.6             | 52.7                   | 43.3             |                                  |                  |
| 5  | Pailles restituées et enfouies (5t/ha) | 80.4             | 67.7             | 61.5             | 80.6             | 53.1                   | 64.9             |                                  |                  |
| 6  | Blé traité TS Latitude.                | 90.9             | 28.9             | 69.2             | 58.7             | 72.6                   | 15.7             | 70.0                             | 33.0             |
| 7  | Rappuyage au semis du blé.             | 77.8             | 58.4             | 62.9             | 79.8             | 57.7                   | 52.7             | 59.4                             | 24.8             |
| 8  | Apport de P en plein au semis du blé   |                  |                  |                  |                  |                        |                  | 65.7                             | 46.2             |
| 9  | Déchaumage creux                       | 76.7             | 64.5             |                  |                  |                        |                  |                                  |                  |
| 10 | Semis retardé                          | 81.0             | 29.4             | 68.8             | 56.2             | 72.1                   | 26.0             | 68.5                             | 35.1             |
| 11 | Semis retardé + TS Latitude.           |                  |                  | 74.3             | 50.3             |                        |                  | 75.1                             | 19.6             |
|    | <b>Moyenne de l'essai (q/ha ou %)</b>  | 79.2             | 56.5             | 64.9             | 69.4             | 62.2                   | 40.7             | 66.2                             | 33.2             |
|    | <b>ETR (q/ha)</b>                      | 2.6              |                  | 5.8              |                  | 3.1                    |                  | 4.3                              |                  |

L'analyse du regroupement d'essais a conduit au calcul des effets des traitements étudiés, c'est-à-dire les différences entre les moyennes ajustées des traitements et la moyenne générale du regroupement (tableau 4).

Tableau 4 : Moyennes ajustées rendement (q/ha) et notations piétin échaudage sur racines (% racines nécrosées)

| Traitements                                | Rendement (q/ha)         |                                    |    | Notations piétin échaudage sur racines (%) |                                 |    |
|--------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|----|--------------------------------------------|---------------------------------|----|
|                                            | Moyennes ajustées (q/ha) | Ecart à la moyenne générale (q/ha) |    | Moyennes ajustées (%)                      | Ecart à la moyenne générale (%) |    |
| 3 - Couvert de moutarde brune              | 68.9                     | 0.5                                | NS | 53.8                                       | 3.2                             | NS |
| 4 - Apport massif de chaux vive (2T/ha)    | 60.6                     | -7.8                               | S* | 58.6                                       | 8.0                             | NS |
| 5 - Pailles restituées et enfouies (5T/ha) | 64.5                     | -3.9                               | NS | 66.6                                       | 16.0                            | NS |
| 6 - Blé traité TS Latitude                 | 75.7                     | 7.3                                | S* | 34.0                                       | -16.5                           | S* |
| 7 - Rappuyage au semis du blé              | 65.6                     | -2.8                               | NS | 53.9                                       | 3.3                             | NS |
| 10 - Semis retardé                         | 72.6                     | 4.2                                | NS | 36.6                                       | -13.9                           | NS |

\* différence significative à 5%

L'analyse des rendements (tableau 4) montre un effet négatif significatif sur le rendement de l'apport massif de chaux vive. Les pailles restituées et le rappuyage au semis, conduisent également à un effet négatif sur le rendement, mais non significatif.

La présence de culture de moutarde brune est sans effet. Le faible niveau de production de la moutarde mesuré dans les 3 essais (cf tableau 1) n'a probablement pas pu permettre à la moutarde d'avoir un impact.

Le décalage de la date de semis de 2 à 3 semaines selon les essais (cf tableau 1) conduit à un effet positif

(non significatif) de 4.2 q/ha. Enfin le traitement de semences Latitude procure un gain net significatif de 7.3 q/ha proche des résultats habituellement enregistrés.

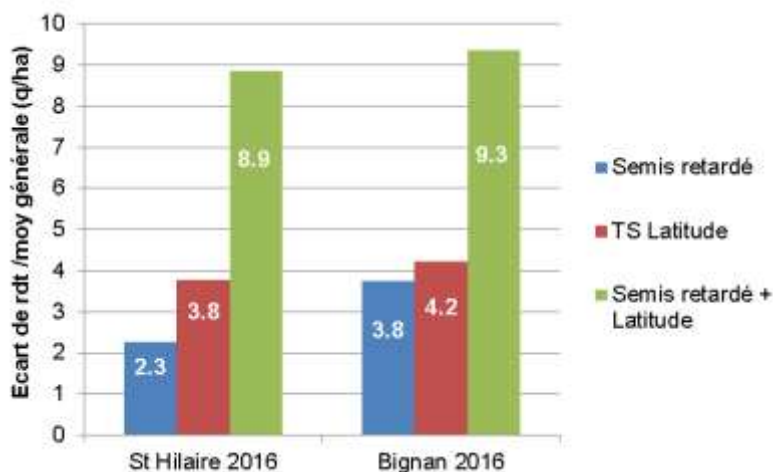
Les notations de présence de piétin échaudage sur les racines sont assez corrélées au rendement observé. Ainsi, l'apport massif de chaux ainsi que la restitution des pailles présentent des attaques plus importantes (tableau 3 et 4). En revanche, le décalage de la date de semis, et surtout le traitement de semences Latitude ont des attaques beaucoup plus faibles. A noter que seul ce dernier est significatif (analyse modèle mixte).

La relation entre les écarts de rendement (à la moyenne générale) et les écarts de notations racinaires (à la moyenne générale) présente un coefficient de corrélation de 0.54.

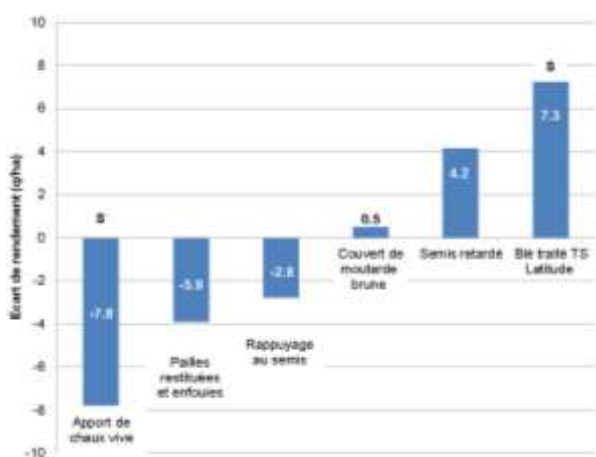
2 essais (Bignan et Saint Hilaire La Palud) ont permis de mesurer l'intérêt du semis retardé associé au traitement de semences Latitude (figure 3).

L'ensemble des traitements étudiés permet de proposer une hiérarchie des facteurs de risque (figure 6). Cette proposition pourra être précisée et complétée avec les essais réalisés au cours des campagnes futures.

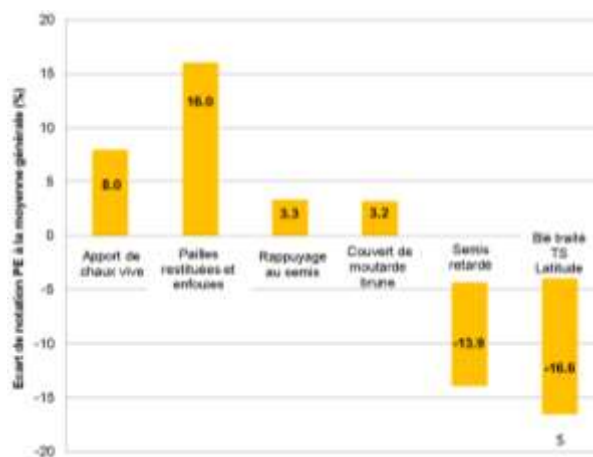
**Figure 3 : Impact du décalage de la date de semis - ARVALIS 2016**



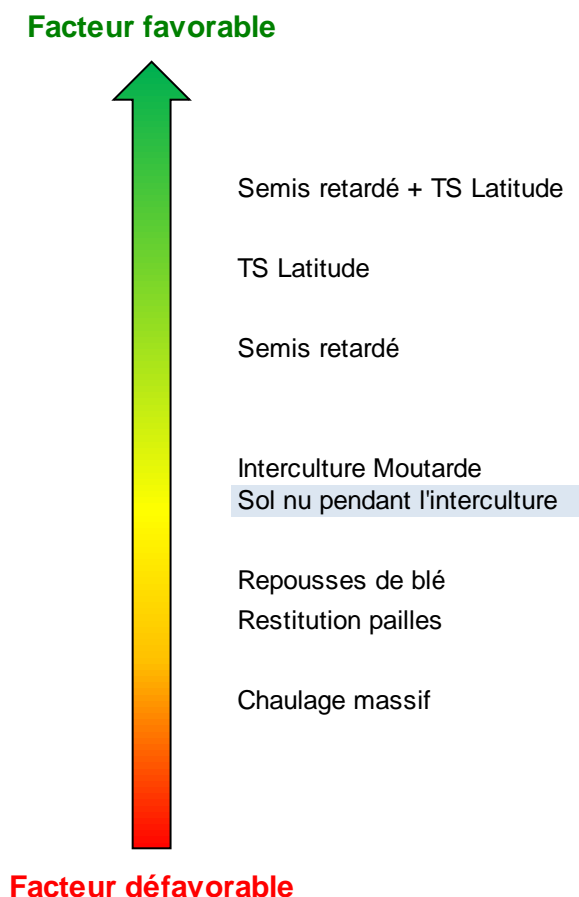
**Figure 4 : Analyse des rendements - Ecart à la moyenne générale (q/ha) - ARVALIS - 4 essais ouest 2015 - 2016**



**Figure 5 : Analyse des notations piétin échaudage - Ecart à la moyenne générale (%) - ARVALIS - 4 essais ouest 2015 - 2016**







## ETUDES COMPLEMENTAIRES EN COURS

### Projet RACINE en Pays de la Loire

Le piétin-échaudage s'exprime particulièrement dans la région Pays de la Loire en raison des successions de culture pratiquées très favorisantes : retour fréquent de céréales à paille et de cultures hôtes du pathogène comme les graminées fourragères et le maïs. Les dommages causés aux céréales par ce parasite semblent augmenter depuis quelques années sans que l'on en comprenne clairement les raisons – impact de l'occupation des sols, du travail du sol, du climat ? Evolution des souches pathogènes ?

RACINE, un projet de recherche sur ce sujet, financé par la région Pays de la Loire a été mis en place en partenariat entre ARVALIS Institut du végétal et la coopérative CAVAC. Il se déroule sur une période de 3 ans de Juin 2016 à fin 2019. Il a pour objectifs de :

- mieux caractériser et quantifier l'incidence du piétin échaudage sur le potentiel de production de céréales en Pays de la Loire
- valider des itinéraires techniques permettant de limiter le développement de ce bio-agresseur
- identifier les freins à leur mise en œuvre dans les exploitations agricoles ligériennes.

Dans le cadre de ce projet, une première campagne d'échantillonnage a été effectuée en Vendée sur des parcelles de céréales à paille (blé tendre, blé dur, orge d'hiver et triticale) choisies de manière aléatoire juste avant la récolte 2016. Il en ressort que 23% des parcelles visitées présentaient des symptômes plus ou moins sévères de piétin échaudage sur les racines. L'année particulièrement favorable au pathogène permet donc de quantifier à près d'un quart les parcelles pouvant être impactées dans la région et confirme l'importance de mettre en œuvre les leviers de lutte contre le champignon.

### Caractérisation de la résistance variétale des céréales à paille au piétin échaudage et prédiction du risque (Projet FSOV)

La lutte génétique serait un levier complémentaire pour diminuer l'impact du piétin échaudage. Des données préliminaires, obtenues dans le réseau d'expérimentation d'ARVALIS, montrent des niveaux de sensibilités potentiellement différents selon les variétés de blé tendre. Néanmoins, les méthodes actuelles ne permettent pas aux sélectionneurs de pouvoir caractériser facilement leurs matériels vis à vis de cette maladie.

En effet, il est difficile de trouver des parcelles contaminées de façon homogène et faire de la monoculture de blé ne permet pas non plus d'avoir un niveau d'attaque homogène et stable dans le temps.

Ainsi, ce projet propose de développer différentes méthodes permettant d'améliorer la caractérisation variétale des céréales à paille vis-à-vis du piétin échaudage et mieux comprendre le risque de présence de la maladie.

Le premier volet de cette étude consistera en la mise au point et l'évaluation d'une méthode de phénotypage de la tolérance variétale par l'apport d'un inoculum artificiel au champ et la mise en place d'essais en conditions favorables pour 3 espèces de céréales à paille sensibles

(blé tendre, orge et triticale). La méthode la plus efficace sera ensuite utilisée pour caractériser les variétés.

Le second volet portera sur la caractérisation du risque piétin échaudage selon le précédent en utilisant et évaluant des méthodes déjà publiées dans la littérature scientifique (test biologique sol, qPCR) et ainsi identifier les espèces et les variétés les plus à risques dans la constitution de l'inoculum.

Ce projet est financé dans le cadre d'un projet FSOV (Fonds de Soutien à l'Obtention Végétale). Il est piloté par ARVALIS, est conduit en partenariat avec KWS Momont, RAGT et Secobra recherches.

## REPERES POUR 2017

- 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. Les produits fins à action rapide tels que les chaux ou les calcaires pulvérisés peuvent favoriser le piétin échaudage, dans la mesure où apportés juste avant l'implantation du blé, l'effet sur le pH sera maximum aux stades précoces du blé où le risque d'infection est important. Ils sont à éviter dans toutes les situations où un chaulage d'entretien est réalisé sans analyse préalable du pH<sub>eau</sub> du sol. La mesure régulière du pH<sub>eau</sub> s'impose tout particulièrement dans les parcelles à risque de piétin échaudage pour éviter d'aggraver le risque avec un chaulage.
- 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.

**ARVALIS**  
Institut du végétal

3 rue Joseph et Marie Hackin  
75116 Paris  
Tél. 01 44 31 10 00  
Fax 01 44 31 10 10  
[www.arvalisinstitutduvegetal.fr](http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr)

membre de :

