

**AFPP – ONZIEME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES MALADIES DES PLANTES  
TOURS – 7 AU 9 DECEMBRE 2015**

**DETERMINATION DES DOMAINES DE VALIDITE DES PRODUITS DE BIOCONTROLE, ETAPE  
INDISPENSABLE POUR ASSURER UN CONSEIL ADAPTE AUX AGRICULTEURS**

**ETUDE DE CAS : LE VACCIPLANT, UNE SUBSTANCE NATURELLE POUR LUTTER CONTRE LES MALADIES DES CEREALES A PAILLE**

A. PINEAU <sup>(1)</sup>, L. DE SOUSA <sup>(2)</sup>, S.LEFEVRE <sup>(3)</sup>, D. TAILLIEZ LEFEBVRE <sup>(4)</sup>

<sup>(1, 2, 3, 4)</sup> InVivo AgroSolutions, 83 av. de la grande armée, 75 782 Paris Cedex 16, France,

<sup>(1)</sup> [apineau@invivo-group.com](mailto:apineau@invivo-group.com), <sup>(2)</sup> [laetitiadesousa24@gmail.com](mailto:laetitiadesousa24@gmail.com), <sup>(3)</sup> [slefevre1@invivo-group.com](mailto:slefevre1@invivo-group.com), <sup>(4)</sup> [dtaillez-lefebvre@invivo-group.com](mailto:dtaillez-lefebvre@invivo-group.com)

## **RÉSUMÉ**

InVivo AgroSolutions et 56 coopératives ont répondu à un appel à manifestation d'intérêt du Ministère de l'Agriculture sur la thématique du biocontrôle en grandes cultures. Un des objectifs étaient alors de déterminer les performances agro-éco-environnementales des solutions de biocontrôle par rapport aux solutions phytopharmaceutiques conventionnelles. En 2013 et 2014, 37 essais sur blé tendre répartis sur l'ensemble de la France ont été menés afin de tester les performances du Vacciplant. Ce produit de biocontrôle, composé d'un extrait d'algue, la laminarine, est homologué comme stimulateur des défenses des céréales. L'intérêt d'associer la résistance variétale aux maladies du blé et le décalage de la date de semis au programme de biocontrôle à base de Vacciplant permet alors d'améliorer les chances de succès.

Mots-clés: Blé tendre, Biocontrôle, Tolérance, Laminarine, Performances

## **ABSTRACT**

InVivo AgroSolutions and 56 cooperatives have responded to a call for expressions of interest of the Ministry of Agriculture on the theme of biocontrol crops. One objective was then to determine the agro- economic performance of biocontrol solutions over conventional plant protection solutions. In 2013 and 2014, 37 tests on wheat distributed throughout France were conducted to test the performance of Vacciplant. This product biocontrol, comprising a seaweed extract, laminarin, is registered as cereals defenses stimulator. The value of combining varietal disease resistance of wheat and offset of planting date to Vacciplant based biocontrol program then improves the chances of success.

Key-Words: Wheat, Biocontrol, Tolerance, Laminarine, Performance

## INTRODUCTION

Les solutions de biocontrôle, agents et produits utilisant des mécanismes naturels contre les ennemis des cultures, apparaissent comme un complément, voire une alternative aux produits phytopharmaceutiques utilisés pour la protection des cultures. Compte tenu des attentes des agriculteurs et des consommateurs pour des produits plus sains et plus sûrs pour l'environnement et la santé, les produits de biocontrôle représentent une alternative sérieuse aux produits phytosanitaires.

En avril 2011, un rapport de mission parlementaire a abouti à une feuille de route visant à encourager les agriculteurs à utiliser les produits de biocontrôle, promouvoir l'innovation pour le développement, favoriser la mise sur le marché et mieux informer les professionnels (Herth, 2011). En octobre 2012, le biocontrôle a été intégré au plan Ecophyto avec la signature d'un accord-cadre entre le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF), le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) ainsi que 23 partenaires (InVivo, Arvalis, Itepm, etc.). Le 11 septembre 2014, le parlement a adopté le projet de Loi d'Avenir Agricole définissant le biocontrôle comme un outil de la lutte intégrée.

Selon l'IBMA (International Biocontrol Manufacturers Association), la part du biocontrôle en 2014 était de 5 % et devrait atteindre 15 % du marché français de la protection des plantes d'ici 2018 (IBMA, 2014). Toutefois, la méconnaissance actuelle des modalités d'utilisation de ces solutions en protection des grandes cultures représente un frein à leur développement et à leur adoption par les agriculteurs (MAAF, 2013).

En décembre 2013, le MAAF a donc décidé de lancer un appel à manifestation d'intérêt pour participer à une expérimentation collective à grande échelle sur l'utilisation des produits de biocontrôle en grandes cultures. InVivo AgroSolutions et 56 coopératives ont répondu à cet appel à manifestation sous le nom de B-Motived (Biocontrôle : MObilisation du réseau des coopéraTives pour l'Expérimentation et la Diffusion). Ce projet d'une durée de 18 mois, initié en mars 2014, a pour objectif d'évaluer les performances agro-éco-environnementales ainsi que les motivations et les freins à l'utilisation des produits de biocontrôle. Des expérimentations en petites parcelles à répétition, des bandes couples en conditions agricoles, des enquêtes et l'étude des essais historiques menés par les coopératives engagées, ont été analysées pour déterminer les performances agro-éco-environnementales des solutions de biocontrôle par rapport aux solutions phytopharmaceutiques.

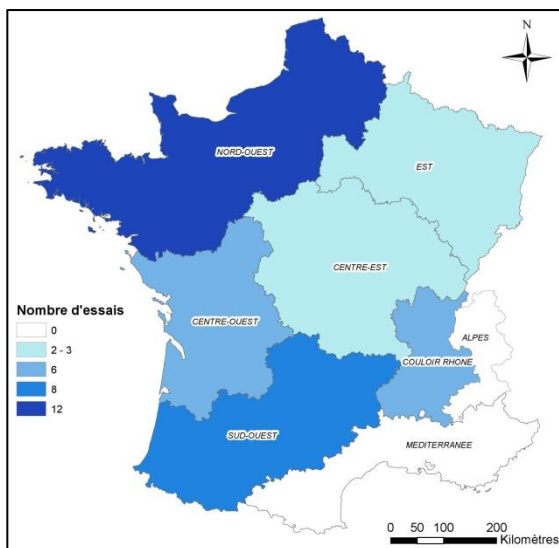
Une première étude, réalisée dans le cadre du projet, auprès de 718 agriculteurs et 380 conseillers a mis évidence que les agriculteurs et les conseillers sont intéressés par la protection intégrée des cultures, la démarche Ecophyto ainsi que l'utilisation des produits de biocontrôle. Ces résultats montrent une bonne réceptivité des agriculteurs et des conseillers pour réduire l'usage des produits phytopharmaceutiques et pour développer les solutions de biocontrôle. Leur utilisation ou recommandation est notamment motivée par leur efficacité. Toutefois, l'étude révèle également que la méconnaissance de leurs domaines de validité, représente un frein à lever. Positionnées en amont et en aval de l'exploitation agricole, les coopératives agricoles, avec l'appui d'InVivo AgroSolutions, ont un rôle essentiel à jouer en matière d'accompagnement au changement sur l'utilisation des solutions de biocontrôle.

L'étude présentée ici a ainsi pour objectif de comprendre quels sont les domaines de validité du vacciplant, produit de biocontrôle, composé d'un extrait d'une algue, la laminarine, et homologué comme stimulateur de défenses des plantes sur céréales. Le conseil de cette solution pourra alors être adapté.

## MATERIEL ET MÉTHODE

### PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Figure 1 : Répartition des essais B-Motived étudiés / Trial distribution B-Motived studied



Les 37 essais de l'étude se répartissent sur toute la France à l'exception des parties Méditerranéenne et Alpine. La région Nord-Ouest est la plus représentée (Figure 1).

Les essais ont été conduits dans des essais en micro-parcelles d'un minimum de 15 m<sup>2</sup> réparties au sein de parcelles de blé tendre d'hiver. Seuls 4 des 37 essais ont été mis en place en 2013. Les 33 autres essais ont été menés en 2014.

Le dispositif expérimental est réparti en 4 blocs de Fisher comportant 4 modalités (figure 2) :

- 1 : Témoin non traité
- 2 : Référence chimique coopérative
- 3 : Programme chimique dose réduite
- 4 : Programme biocontrôle

Figure 2 : Protocole expérimental / Experimental protocol

|          | Stade d'application :             | BBCH 32                     | Stade d'application : | BBCH 39            |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|
| Modalité | Programme                         | Dose en l/ha                | Programme             | Dose en l/ha       |
| 1        | Témoin Non Traité (TNT)           |                             |                       |                    |
| 2        | CHIMIQUE COOPERATIVE              | X Dose coopérative          | CHIMIQUE COOPERATIVE  | X Dose coopérative |
| 3        | CHIMIQUE COOPERATIVE              | 0,6X Dose coopérative       | CHIMIQUE COOPERATIVE  | X Dose coopérative |
| 4        | CHIMIQUE COOPERATIVE + VACCIPLANT | 0,6X Dose coopérative + 0,5 | CHIMIQUE COOPERATIVE  | X Dose coopérative |

### NOTATIONS EFFECTUEES

Le pourcentage d'attaque sur septoriose, uniquement, a été noté sur 25 feuilles par modalité et par bloc lors des stades BBCH 39 + 30 jours et BBCH 39 + 50 jours sur les étages foliaires F1 et F2.

Le rendement et les données relatives à la qualité (PS, protéines, humidité) ont été mesurés sur l'ensemble des micro-parcelles des essais.

En France, la septoriose fait partie des principales maladies foliaires du blé tendre (Bancal et *al.*, 2007) provoquant des pertes de rendement pouvant s'élever jusqu'à 40 quintaux/ha. En 2013 et 2014, l'intensité d'attaque en septoriose dans les essais a été considérée par InVivo AgroSolutions comme moyenne en France (Figure 3). Les nuisibilités constatées sur les différents essais étaient semblables lors des deux années d'étude (23,0 q/ha en 2013, 22,9 q/ha en 2014).

### BASES DE DONNEES INITIALE ET DE TRAVAIL

Toutes les données ont été enregistrées par les conseillers des coopératives. La Base de Données (BDD) initiale contient les variables lieu, date de semis, type de sol, variété, nuisibilité et rendement. La variable relative au type de sol n'a pas été prise en compte dans la suite de l'étude car elle n'avait pas été renseignée par toutes les coopératives.

## ETUDE DE L'INTERET DU VACCIPLANT PAR RAPPORT A UN PROGRAMME FONGICIDE CHIMIQUE

Afin de comparer les performances du vacciplant à celle du programme chimique, les variables relatives au gain de rendement par rapport au témoin non traité ( $G_r$ ) et à l'efficacité sur la septoriose ( $E_{\text{Septo}}$ ) sont considérées. Elles se calculent comme suit :

$Gr_{N=R_N-R_{TNT}}$  avec  $R_N$  et  $R_{TNT}$  les rendements (q/ha) respectifs de la modalité N et du témoin non traité (TNT).

$E_{\text{SEPTO} N} = \left( \frac{S_{TNT} - S_N}{S_{TNT}} \right) * 100$  avec  $S_{TNT}$  et  $S_N$  les pourcentages de surfaces atteintes par la septoriose associées respectivement au témoin non traité (TNT) et à la modalité.

Une analyse de variance (ANOVA) a été ensuite réalisée sous StatBox® afin de voir s'il existait des différences significatives entre les différentes modalités pour ces 2 variables. Si une différence significative était observée, un test de Newman-Keuls au seuil 5 % a été réalisé afin d'établir des groupes homogènes. Le test de Newman-Keuls détermine les différences significatives entre les moyennes des groupes dans une analyse de variance.

## DETERMINATION DES DOMAINES DE VALIDITE DU VACCIPLANT

La Base de données a permis de déterminer les domaines de validité du Vacciplant, grâce à la réalisation d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). L'objectif est de pouvoir établir des groupes homogènes sur la base des modalités des variables considérées. Pour cela chaque classe a été divisée en modalité afin d'obtenir des variables qualitatives qui permettent la réalisation d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Les notes sont considérées comme des variables qualitatives ce qui a obligé la réalisation d'une ACM (Analyse des correspondances multiples) en amont de la CAH.

## VARIABLES

### ✓ LA VARIABLE QUALI

La variable QUALI calculée permet de savoir si le programme biocontrôle obtient un gain de rendement supérieur au programme chimique.

Cette variable est calculée de la manière suivante :

$$QUALI = \frac{Gr_{\text{vacciplant}}}{Gr_{\text{chimique}}} * 100$$

Ensuite, l'indicateur a été segmenté en 4 modalités :

- **QUALI\_1** si la variable QUALI est inférieure à 90 % (N=11)
- **QUALI\_2** si la variable QUALI est comprise entre 91 % et 100 % (N=11)
- **QUALI\_3** si la variable QUALI est comprise entre 101 % et 110 % (N=7)
- **QUALI\_4** si la variable QUALI est supérieure à 111 % (N=8)

Les modalités QUALI\_1 et QUALI\_2 caractérisent les essais où le gain de rendement par rapport au témoin non traité de la modalité chimique est respectivement nettement supérieur et supérieur à la modalité biocontrôle. A contrario, les variables QUALI\_3 et QUALI\_4 caractérisent les essais où le gain de rendement par rapport au témoin non traité de la modalité biocontrôle est respectivement supérieur et nettement supérieur à la modalité chimique.

### ✓ LA VARIABLE SEN

La note de sensibilité globale du blé tendre aux maladies fongiques, définie par le GEVES est utilisée pour caractériser le niveau de sensibilité aux maladies des variétés présentes dans les différents essais.

Dans l'étude, trois modalités caractérisent ce niveau de sensibilité :

- **SEN\_1** : Variétés sensibles avec des notes GEVES inférieures ou égales à 3 (N=8)
- **SEN\_2** : Variétés moyennement sensibles avec des notes GEVES comprises entre 4 et 5 (N=21)
- **SEN\_3** : Variétés tolérantes avec des notes GEVES supérieures ou égales à 6 (N=8)

#### ✓ LA VARIABLE SEMIS

La variable SEMIS traduit la précocité de la date de semis des essais.

Trois niveaux caractérisent la précocité de semis :

- **SEMIS\_1** : Semis précoce effectué avant le 15 octobre (N=10)
- **SEMIS\_2** : Semis effectué entre le 16 octobre et le 31 octobre (N=19)
- **SEMIS\_3** : Semis tardif effectué après le 31 octobre (N=7)

#### ✓ LA VARIABLE NUIS

La nuisibilité de l'essai (en q/ha) est représentée par la variable NUIS.

**NUIS** =  $R_{NS} - R_{TNT}$  avec  $R_{NS}$  et  $R_{TNT}$  les rendements (q/ha) respectifs de la modalité la plus importante de l'essai et du témoin non traité.

Celle-ci permet de connaître l'effet sur le rendement de la pression en maladie.

Dans l'étude, quatre niveaux sont associés à la variable NUIS:

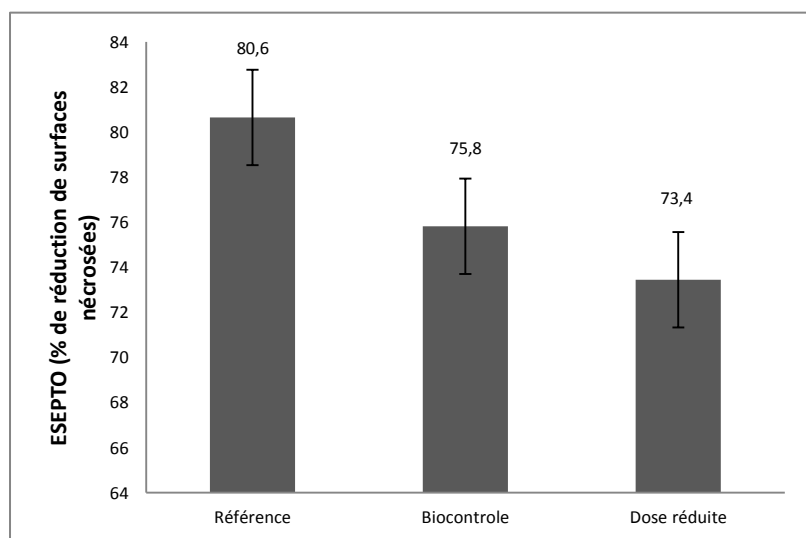
- **Nuis\_1** : Nuisibilité faible, inférieure à 10 quintaux/ha (N= 7)
- **Nuis\_2** : Nuisibilité moyenne, comprise entre 11 quintaux/ha et 20 quintaux/ha (N=12)
- **Nuis\_3** : Nuisibilité forte, comprise entre 21 quintaux/ha et 30 quintaux/ha (N=10)
- **Nuis\_4** : Nuisibilité très forte, supérieure à 31 quintaux/ha (N=8)

La date de semis, la variété, la nuisibilité sont les variables considérées pour établir les domaines de validité du vacciplant. La variable QUALI a également été créée afin de classer les essais en fonction de leurs différences de gain de rendement entre la modalité biocontrôle et la modalité chimique.

## RESULTATS

### ✓ ETUDE DE L'INTERET DU PROGRAMME BIOCONTROLE PAR RAPPORT A LA REFERENCE CHIMIQUE

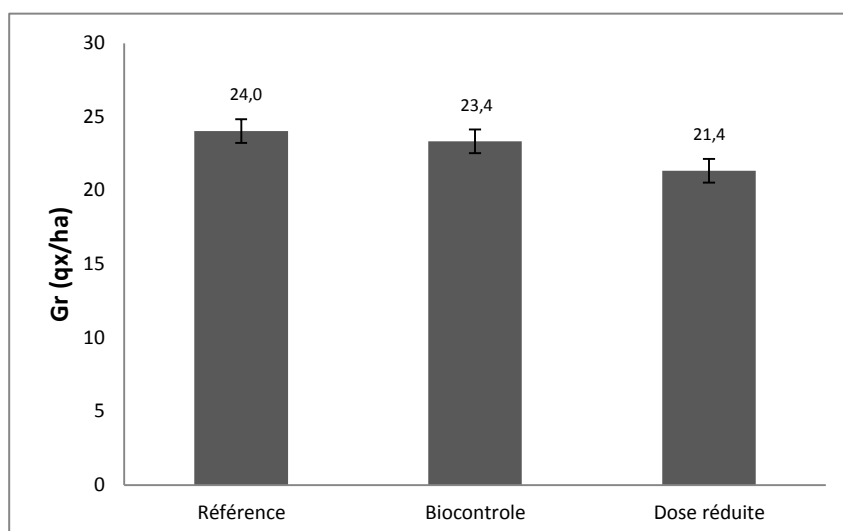
Figure 4 : Efficacité des programmes sur septoriose / Effectiveness of programs on septoria



Une analyse de variance montre des résultats non significatifs (p-value=0.381) sur les trois modalités. Cependant, nous pouvons en retirer des conclusions tendanciellles; les modalités « biocontrôle » et « dose réduite » semblent présenter des efficacités légèrement inférieures à la modalité « référence ».

Figure 5 : Gain de rendement des programmes par rapport au TNT / Program performance gain compared to the untreated control

Une analyse de variance montre que les gains de rendements par rapport au témoin non traité ( $G_r$ ) ne sont pas significativement différents ( $p$ -value=0.902, figure 5). La modalité « dose réduite » semble présenter un gain de rendement inférieur aux modalités « référence » et « biocontrôle ». Un traitement à base de Vacciplant associé à une dose réduite de fongicide semble présenter le même rendement qu'un traitement fongicide classique.

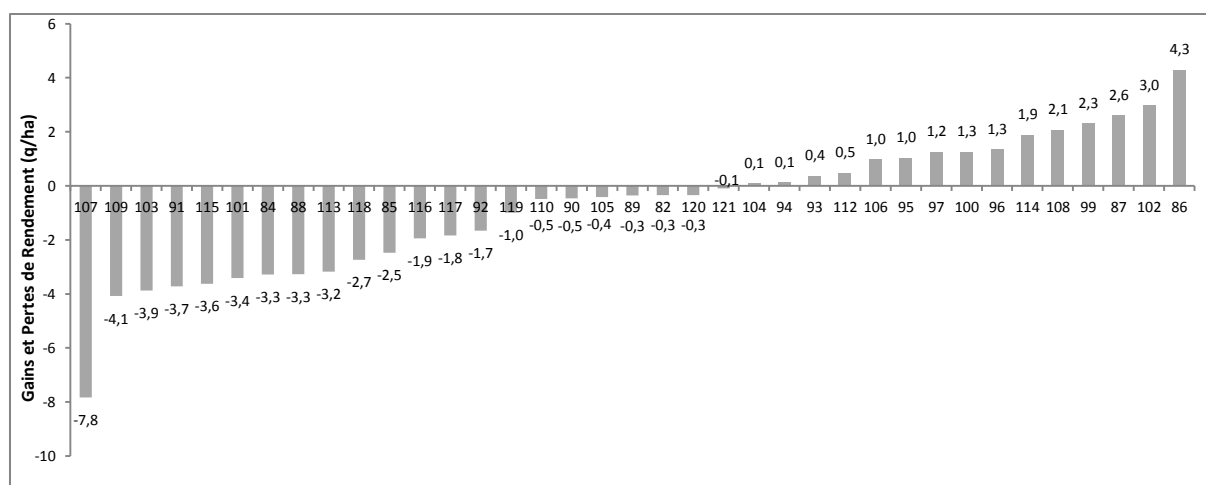


Malgré une efficacité de lutte contre la septoriose légèrement inférieure à un traitement fongicide classique appliqué à pleine dose (analyse non significative), l'application de Vacciplant semble permettre de conserver un niveau de rendement équivalent à un programme 100 % chimique. Ces tendances mériteraient être confirmées par une analyse similaire sur d'autres campagnes climatiques.

#### DETERMINATION DES DOMAINES DE VALIDITE DU VACCIPLANT

##### ✓ REPARTITION DES GAINS ET DES PERTES DE RENDEMENTS ENTRE LA MODALITE BIOCONTROLE ET LA MODALITE CHIMIQUE

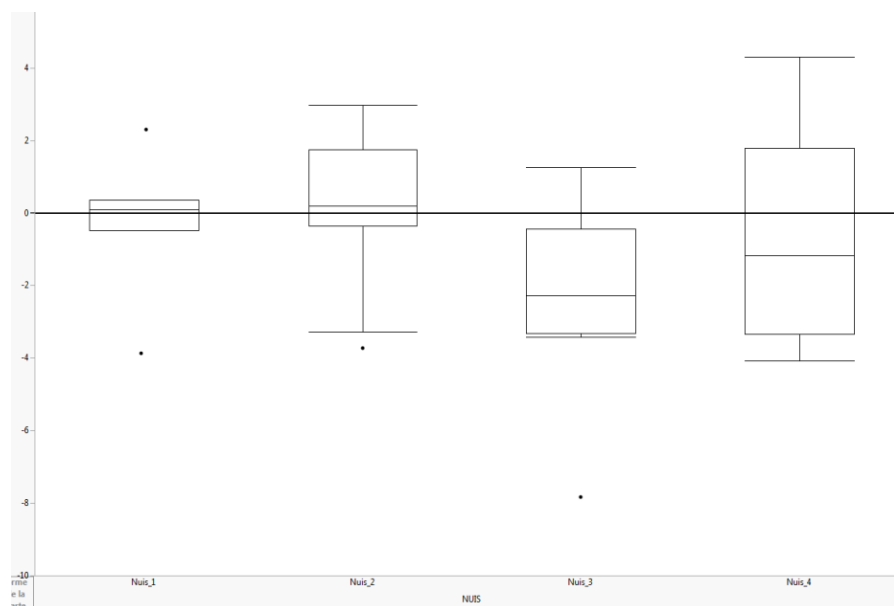
Figure 6: Gains et pertes de rendement du programme biocontrôle par rapport à un programme chimique / Gains and losses in yield biocontrol program compared to a chemical program



En moyenne, le gain de rendement de la modalité biocontrôle est égal au gain de rendement de la modalité chimique (Figure 5). Cependant, une variabilité importante est constatée entre les essais (Figure 6). Dans 42 % des essais, le gain de rendement de la modalité biocontrôle est supérieur au gain de rendement de la modalité chimique. A l'inverse, dans 58 % des essais, le gain de rendement de la modalité chimique est supérieur au gain de rendement de la modalité biocontrôle.

##### ✓ REPARTITION DES GAINS ET DES PERTES DE RENDEMENT ENTRE LA MODALITE BIOCONTROLE ET LA MODALITE CHIMIQUE PAR RAPPORT A L'INDICATEUR NUIS

Figure 8: Gains et pertes de rendement par rapport à la nuisibilité / Gains and losses in yield compared to the harmfulness



Le gain de rendement de la modalité biocontrôle par rapport au gain de rendement de la modalité chimique est dépendant de la pression parasitaire (Figure 8).

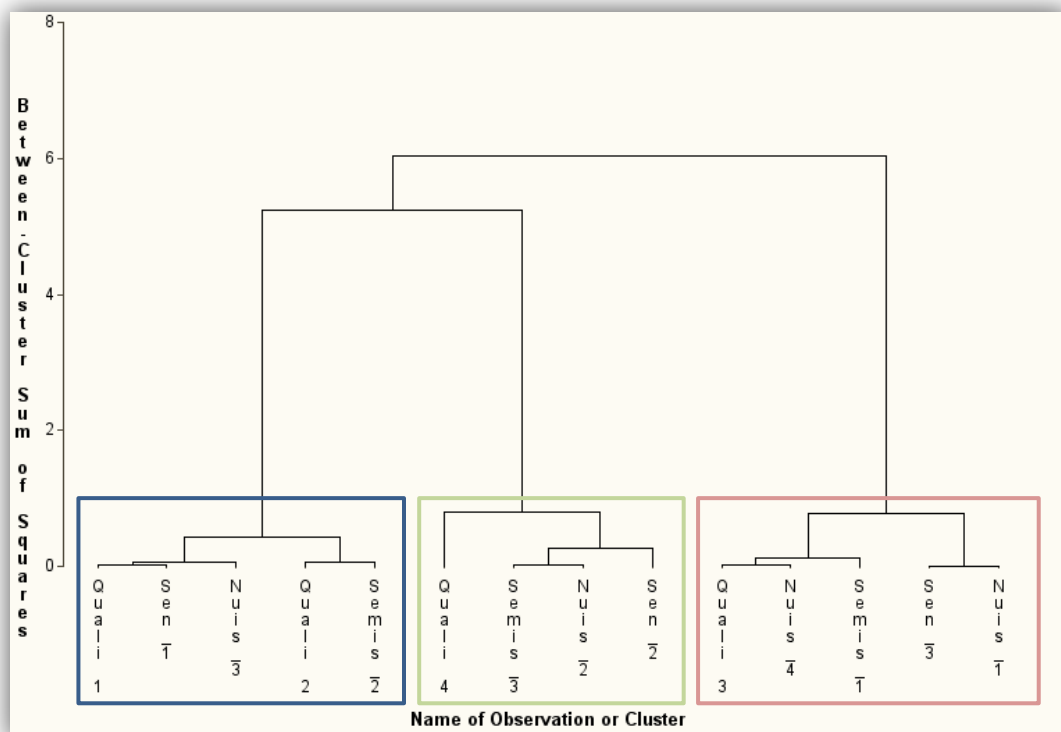
On remarque que pour des nuisibilités caractérisées de faibles (NUIS\_1) ou moyennes (NUIS\_2) le gain de rendement de la modalité biocontrôle est supérieur à la modalité chimique.

A l'inverse, lorsque la nuisibilité est caractérisée de forte (NUIS\_3) ou de très forte (NUIS\_4) l'analyse met en évidence qu'un rendement

de la modalité biocontrôle est plus faible que celui de la modalité chimique.

#### ✓ DETERMINATION DES DOMAINES DE VALIDITE GRACE A L'INDICATEUR QUALI

Figure 9: Classification Ascendante Hiérarchique / Hierarchical Classification



La classification ascendante hiérarchique nous permet ici de déterminer les domaines de validité du programme biocontrôle.

Trois clusters différents ont été mis en évidence dans l'étude. Un premier groupe caractérise les modalités QUALI\_1 et QUALI\_2 (Gain de rendement chimique nettement supérieur et

supérieur au gain de rendement biocontrôle), un second groupe la modalité QUALI\_3 (Gain de rendement biocontrôle supérieur au gain de rendement chimique) et un dernier la modalité QUALI\_4 (Gain de rendement biocontrôle nettement supérieur au gain de rendement chimique).

Lorsque les essais ont un gain de rendement biocontrôle inférieur (QUALI\_2) et nettement inférieur (QUALI\_1) aux gains de rendement de la modalité chimique, les variétés mises en place dans les essais sont plutôt sensibles aux maladies (SEN\_1) et la nuisibilité constatée dans les essais est généralement forte (NUIS\_3). On constate également que les semis associés sont ceux effectués entre le 16 octobre et le 31 octobre (SEMIS\_2).

| Groupe 1   |         |
|------------|---------|
| QUALI_1 ou | QUALI_2 |
| SEN_1      |         |
| SEMIS_2    |         |
| NUIS_3     |         |

| Groupe 2 |  |
|----------|--|
| QUALI_4  |  |
| SEN_2    |  |
| SEMIS_3  |  |
| NUIS_2   |  |

En revanche, lorsque le gain de rendement de la modalité biocontrôle est nettement supérieure au gain de rendement de la modalité chimique (QUALI\_4), les semis associés à cette performance sont généralement réalisés tardivement (SEMIS\_3), la nuisibilité associée est moyenne (Nuis\_2) et les variétés implantées sont moyennement sensibles aux maladies (SEN\_2).

Un dernier groupe caractérise les essais où le gain de rendement de la modalité biocontrôle est supérieur au gain de rendement de la modalité chimique. Les variétés utilisées sont tolérantes aux maladies et la pression parasitaire associée est plutôt faible.

| Groupe 3         |  |
|------------------|--|
| QUALI_3          |  |
| SEN_3            |  |
| SEMIS_1          |  |
| NUIS_1 ou NUIS_4 |  |

Toutefois, on note également dans ce groupe la présence des modalités NUIS\_4 et SEMIS\_1 qui sont respectivement des essais ayant de très forte nuisibilité et où les semis ont été réalisés précocement. On peut supposer que ces deux variables sont dans ce groupe car la protection chimique des essais concernés n'était pas optimale. La protection biocontrôle a donc probablement permis d'obtenir un rendement légèrement supérieure à la protection chimique.

La figure 10 présente la fréquence de réussite du programme biocontrôle chimique. Elle permet d'observer dans les conditions où les domaines de validités sont respectés à quelle fréquence le programme biocontrôle est supérieur au programme chimique et à quelle fréquence il est inférieur.

Figure 10: Fréquence de réussite du programme biocontrôle via l'indicateur QUALI / Frequency successful biocontrol program via the indicator QUALI

|                    | LES CONDITIONS SONT REMPLIES | AU MOINS UNE CONDITION EST REMPLIE | AUCUNE CONDITION N'EST REMPLIE |
|--------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| QUALI_1 OU QUALI_2 | 100% (N=3)                   | 69% (N=26)                         | 36% (N=11)                     |
| QUALI_3            | 100% (N=1)                   | 25% (N=20)                         | 18% (N=17)                     |
| QUALI_4            | 100% (N=3)                   | 23% (N=26)                         | 9% (N=11)                      |

✓ Gain de rendement du programme biocontrôle nettement supérieur au chimique (QUALI\_4)

Lorsque les variétés sont moyennement sensibles aux maladies (SEN\_2), que le semis est réalisé tardivement (SEMIS\_3), après le 31 octobre, et que la nuisibilité caractérisée est moyenne (NUIS\_2), toutes les chances sont réunies (100 %) pour que le programme biocontrôle soit nettement supérieur au programme chimique. Toutefois, lorsqu'une de ces conditions n'est pas remplie, les situations de succès sont très restreintes (23 %). Lorsqu'aucune de ces conditions n'est remplie, on note seulement 9 % de réussite pour que le programme biocontrôle soit nettement supérieur au programme chimique.

✓ Gain de rendement du programme chimique supérieur et nettement supérieur au biocontrôle (QUALI\_2 et QUALI\_1)

Lorsque les variétés mises en place sont sensibles aux maladies (SEN\_1), que le semis est réalisé entre le 16 et le 31 octobre (SEMIS\_2) et que la nuisibilité est caractérisée de forte (NUIS\_3), le programme biocontrôle aura un rendement inférieur au programme chimique (100 %). Lorsqu'une condition n'est pas remplie, 69 % des essais présentent un rendement du programme chimique supérieur à celui du biocontrôle.

- ✓ Gain de rendement du programme biocontrôle supérieur au biocontrôle (QUALI\_3)

Lorsque les variétés mises en place sont tolérantes aux maladies (SEN\_3), que le semis est réalisé avant le 16 octobre (SEMIS\_1) et que la nuisibilité est faible ou très forte, le programme biocontrôle aura un rendement supérieur au programme chimique (100 %). Lorsqu'une condition n'est pas remplie, 23 % des essais présentent un rendement du programme biocontrôle supérieur à celui du chimique.

## DISCUSSION

La synthèse des 37 essais en micro-parcelles répartis sur l'ensemble du territoire Français et menés en 2013 et 2014 ont permis de déterminer qu'un traitement fongicide à dose réduite associé à la solution de biocontrôle Vacciplant présente un gain de rendement équivalent à celui d'un traitement fongicide bien que son efficacité contre la septoriose soit significativement inférieure. Toutefois, une variabilité importante des gains de rendement par rapport au témoin non traité est observée. En effet, dans 42 % des essais le gain de rendement de la modalité biocontrôle est supérieur au gain de rendement de la modalité chimique.

Les variabilités constatées entre les modalités biocontrôle et chimique peuvent être dues à plusieurs facteurs influençant l'intérêt de la solution de biocontrôle. En effet, tout d'abord, les variétés ne sont pas toutes aussi réceptives à la stimulation et déclencheront des voies de défenses plus ou moins efficaces selon leur sensibilité aux maladies (Arvalis-Institut-du-Végétal). De plus, selon Arvalis-Institut-du-Végétal, en bordure maritime, la nuisibilité franchit ainsi en général les 25 q/ha alors qu'elle ne dépasse pas 20 q/ha en Champagne. Les conditions climatiques de l'année et la pression en bio-agresseurs ont probablement aussi un impact sur l'intérêt de la solution en influençant l'importance de la réponse de la plante à la stimulation. En effet, jusqu'à 20 q/ha d'écart peuvent séparer une année à faible nuisibilité telle que 2011 ou une autre à fort potentiel de dégâts comme en 2008. Enfin, la date de semis peut influencer l'intérêt du programme biocontrôle. Le retard du semis limite le risque de la septoriose en réduisant le nombre de cycles des champignons et ainsi l'importance de l'inoculum en sortie d'hiver. Toutefois, les semis trop tardifs peuvent induire des pertes de potentiel de rendement, provoqué par un retard de l'épiaison et ainsi un échaudage à ce stade.

Comprendre les conditions de réussites du vacciplant, c'est l'assurance d'apporter par la suite un conseil pertinent aux agriculteurs. À travers cette étude, nous avons pu confirmer que les situations de réussite du vacciplant sont associées à l'utilisation de variétés moyennement sensibles aux maladies et à la réalisation de semis tardifs, leviers agronomiques de réduction de la pression parasitaire. Associer ces leviers agronomiques à l'utilisation de produits de biocontrôle afin de baisser la pression en maladie et de réduire ainsi la nuisibilité est une condition nécessaire à la réussite de l'utilisation des produits de biocontrôle. En effet, le biocontrôle qui regroupe l'ensemble des techniques de protection des plantes privilégiant l'utilisation de mécanismes naturels vise le recours aux interactions interspécifiques. Son principe fondé sur la gestion des équilibres des populations d'agresseurs permettra à l'association biocontrôle et techniques agronomiques de favoriser le maintien des bio-agresseurs en dessous de leur seuil de nuisibilité.

Dans notre étude, l'utilisation de ces deux leviers permet d'obtenir une nuisibilité moyenne dans les essais et ainsi limiter le risque d'utilisation du programme biocontrôle. La figure 8 met en avant, le caractère impératif d'une nuisibilité relativement faible pour la réussite du programme biocontrôle en comparaison au programme chimique. De plus, lorsque toutes les conditions sont réunies, utilisation de variétés moyennement sensibles, décalage de la date de semis et faible nuisibilité, les essais présentent

un gain de rendement du programme biocontrôle nettement supérieur au gain de rendement du programme chimique (figure 9). On remarque également que dans les essais où le gain de rendement du programme chimique est supérieur au gain de rendement du programme biocontrôle, les variétés utilisées sont sensibles, le semis n'est pas décalé et la nuisibilité est forte.

Pour confirmer les premiers résultats énoncés ici, les coopératives partenaires ont décidé de poursuivre l'étude en mettant en place 26 nouveaux essais en 2015. L'objectif sera de confirmer que l'utilisation de variétés relativement tolérantes ainsi que le décalage de la date de semis favorise l'intérêt du Vacciplant. De plus, l'incidence de la fertilisation azotée sur l'efficacité du Vacciplant sera étudiée. En effet, ce stimulateur de défense induit probablement «un coût» agronomique en mobilisant une partie de l'énergie produite par la plante. Ainsi, en absence de pression cette mobilisation d'énergie inutile peut être néfaste pour la plante et par conséquent sur le rendement. Si l'azote apportée est insuffisante pour synthétiser les différentes molécules impliquées dans la défense, la stimulation s'avérera inefficace vis-à-vis des pathogènes. Enfin, nous observerons également l'incidence du type de sol sur l'intérêt de biocontrôle. Une seconde étude en parallèle caractérisera l'intégration du Vacciplant dans un programme de protection intégré (PPI) en grande bande. Cela permettra d'observer l'efficacité de la solution de biocontrôle dans les conditions réelles d'utilisation.

## **CONCLUSION**

L'étude a permis de mettre en évidence que malgré une efficacité de lutte contre la septoriose légèrement inférieure à un traitement fongicide classique appliqué à pleine dose, l'application de Vacciplant permet de conserver un niveau de rendement statistiquement équivalent à un programme 100 % chimique. Il ressort également que lorsque le gain de rendement de la modalité biocontrôle est nettement supérieur au gain de rendement de la modalité chimique, les semis associés à cette performance sont généralement réalisés tardivement, la nuisibilité associée est moyenne et les variétés implantées sont moyennement sensibles aux maladies. Enfin un gain de rendement biocontrôle inférieur et nettement inférieur aux gains de rendement de la modalité chimique est la conséquence de l'utilisation de variétés plutôt sensibles aux maladies et d'une nuisibilité généralement forte. Positionnées en amont et en aval de l'exploitation agricole, les coopératives agricoles, avec l'appui d'InVivo AgroSolutions, sont incontournables pour assurer la diffusion et la propagation du progrès technique et des bonnes pratiques auprès du plus grand nombre d'exploitations agricoles. Cette étude qui analyse les domaines de validités du vacciplant sera poursuivie par la mise en place de nouvelles expérimentations afin d'apporter ensuite des éléments techniques aux professionnelles agricoles.

## **REMERCIEMENTS**

Nous voulons remercier chaleureusement les coopératives, Actéo, Agrial, Agridev, Alcor, Comptoir Agricole Hochfelden, Dauphinoise, CAVAC, CECAB, CAC, Capseine, Charentes Alliance, COREA, NORIAP, SCAB, SCAEL, Seine Yonne, Ternoveo, Terre Atlantique, UNEAL, val de Gascogne, Val Epi, qui ont mis en place ces essais.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Bancal, M.O., Robert, C. and Ney, B. 2007. Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green leaf area per layer and pre-anthesis reserves. *Annals of Botany*, volume 4, 777-789.

Bayer Agri, 2015. La septoriose du blé tendre. <http://www.bayer-agri.fr/protection-cultures/septoriose-du-ble-tendre/> (consulté en juin 2015).

IBMA (International Biocontrol Manufacturers Association), 2014. Association Française des Fabricants de Produits de Biocontrôle. <http://www.ibmafrance.com> (consulté en octobre 2014)

MAAF, 2013. Appel à manifestation d'intérêt pour expérimenter un programme collectif d'utilisation de produits de biocontrôle en grandes cultures. 4 p.