

**AFPP – 6^e CONFÉRENCE SUR LES MOYENS ALTERNATIFS DE PROTECTION
POUR UNE PRODUCTION INTEGRÉE
LILLE – 21, 22 ET 23 MARS 2017**

**SDP : LES CLEFS DU SUCCES DU TRANSFERT DU LABORATOIRE AU CHAMP.
EXEMPLE D'UN CAS CONCRET**

M.-E. SAINT-MACARY⁽¹⁾, C. VERLY^(2,3), et F. GIRAUD⁽³⁾

- (1) Staphyt, Equipe BIOTEAM, La Paluzette, Route des Mas 34590 Marsillargues, France, mesaintmacary@staphyt.com
- (2) INRA, Institut Jean-Pierre Bourgin (IJPB), UMR 1318 INRA-AgroParisTech, ERL CNRS 3559 - Université Paris-Saclay, F-78026 Versailles, France, cverly@staphyt.com
- (3) Staphyt, Service L&G, Site de Montesquieu, Av François Magendie, 33650 Martillac, France, fgiraud@staphyt.com

RÉSUMÉ

Parmi les produits de biocontrôle, les Stimulateurs de Défense des Plantes (SDP) ne peuvent être évalués en utilisant la méthodologie classique dédiée aux produits phytopharmaceutiques conventionnels. Dans le cadre d'une évaluation officielle, en raison de leur mode d'action indirect, ils doivent d'une part, démontrer leur non ou faible activité biocide et d'autre part, leur action de protection contre les parasites et/ou les maladies ciblés par activation des mécanismes de défense des plantes. L'équipe Bioteam de la société Staphyt a lancé un projet prometteur de R & D afin de fournir des outils efficaces et adaptés aux SDP pour leur évaluation en laboratoire et sur le terrain: GUSTAVE, un test de sélection rapide *in vitro* de SDP à l'aide de plantes GUS d'*Arabidopsis thaliana* et, à venir, ELICITEST, un kit de diagnostic terrain. Nous illustrons notre stratégie avec un exemple concret : l'outil GUSTAVE ayant déjà fourni des informations significatives pour adapter les essais sur le terrain et permettre le succès de ces produits alternatifs.

Mots-clés : SDP, vigne, défenses, expérimentation, mildiou.

ABSTRACT

ELICITOR : KEYS TO SUCCESS FROM THE LABORATORY TO THE FIELD. A CONCRETE CASE

Among biocontrol products, elicitors could not be evaluated using the conventional methodology dedicated for pesticides. For an official evaluation, because of their indirect mode of action, they must demonstrate in one hand, their no or few biocide activity and on the other hand, their protective action against targeted pests and/or diseases using activation of the plant defense mechanisms. As easy efficacy tools are lacking for elicitors, Staphyt Bioteam has initiated a promising R&D project in order to provide efficient and adapted tools dedicated both for lab and field evaluation of elicitors: GUSTAVE, a rapid *in vitro* screening test of elicitors / potentiators using GUS *Arabidopsis thaliana* plant strategy and ELICITEST to come (field diagnostic tool). We illustrated our strategy with a concrete example: GUSTAVE tool already gave significant information in order to adapt the field trials and allow the field success of these unconventional products.

Keywords: Elicitor, grapevine, defences, trials, downy mildew.

INTRODUCTION

Les plantes possèdent un système immunitaire inné qui leur permet de se défendre contre les bio-agresseurs. Ce système de perception interne fait intervenir de nombreux processus physiologiques impliquant principalement deux voies de défense systémiques que sont la SAR (Systemic Acquired Resistance) et l'ISR (Induced Systemic Resistance) (Vallad et Goodman, 2004). La SAR est principalement mise en place suite à une attaque par un agent pathogène et fait intervenir l'acide salicylique (SA). L'ISR est généralement induite par des rhizobactéries non pathogènes et fait intervenir l'acide jasmonique (JA) et l'éthylène (ET) (Pieterse et van Loon, 1999 ; Jourdan *et al*, 2008). L'utilisation de Stimulateurs de défense des plantes (SDP) repose sur l'activation de différentes voies de défense de la plante pour limiter l'infection par les agents pathogènes. Dans certains cas, les SDP n'activent pas directement les défenses, mais créent un état d'alerte de la plante lui permettant de répondre plus rapidement suite à un stress biotique. Ce phénomène est appelé « potentialisation » ou « priming » (Conrath *et al*, 2006). En agriculture, l'utilisation des SDP permettraient une réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires « conventionnels » (Aziz *et al*, 2003 ; Benhamou et Rey, 2012).

Les SDP, utilisés dans le cadre de la phytoprotection, constituent donc un nouvel enjeu pour une utilisation des intrants agricoles compatible avec le développement durable. Or, ceux-ci ne peuvent être évalués en utilisant la méthodologie classique dédiée aux produits phytosanitaires (PPP) conventionnels. Dans le cadre d'une évaluation officielle, en raison de leur mode d'action indirect, ils doivent démontrer d'une part leur non ou faible activité biocide et d'autre part leur action de protection contre les parasites et les maladies ciblées en utilisant l'activation des mécanismes de défense des plantes. En outre, l'homologation des SDP dépend du règlement (CE) N° 1107/2009 relatif aux produits phytopharmaceutiques. Ainsi, ils doivent démontrer un minimum d'efficacité intrinsèque dans les conditions de production des cultures. Mais la démonstration de l'efficacité dans des essais de valeur pratique revêt une importance particulière dans le contexte des SDP car ils peuvent contribuer à la gestion de la résistance ou à la réduction des PPP instaurée par la directive européenne 2009/128/CE dans le cadre d'action communautaire (déclinée en France par le plan Ecophyto).

Dans ce contexte, une méthode générale française dédiée à l'évaluation des stimulateurs de défense des plantes portée par la CEB et soutenue par l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail) a été délivrée début 2016 (MG 14, Principes généraux d'expérimentation de stimulateurs des défenses des plantes). Afin de répondre aux exigences de cette nouvelle méthode, l'équipe Bioteam de la société Staphyt a lancé des projets de R & D innovant pour créer des outils efficaces et adaptés à l'évaluation des SDP en laboratoire et sur le terrain: d'une part, GUSTAVE, un test *in vitro* rapide pour démontrer et étudier le mode d'action indirect (MoA) des SDP et/ou potentialisateurs et ELICITEST, un outil de diagnostic terrain simple et fiable pour la détection *in situ* d'une activation des défenses naturelles des plantes. Le but de cette recherche innovante et appliquée est de parfaire l'expertise de Staphyt Bioteam sur ce sujet dans toute l'Europe. Par exemple, l'outil GUSTAVE a déjà fourni des informations significatives pour la compréhension de mode d'action, mais aussi pour adapter les essais sur le terrain grâce à une meilleure connaissance du comportement des produits.

L'expertise terrain acquise depuis de nombreuses années sur la thématique de la stimulation des plantes et les projets développés par notre service R&D en particulier au niveau du service Laboratoire et Serre (service L&G) permettent à STAPHYT d'accompagner les projets innovants dans leur globalité et ce, à travers l'Europe, comme le montre l'exemple présenté dans cet article.

MATERIEL ET MÉTHODE

TEST LABORATOIRE

Principe du test :

Afin de mettre en évidence l'activation de la voie SA par effet direct ou indirect, des plantes exprimant un gène rapporteur qui s'active en réponse à cette hormone, est utilisée. Il s'agit de plantes transgéniques possédant le gène rapporteur de la β -glucuronidase (GUS) sous le contrôle du promoteur du gène *PR1* (Pathogenesis-related 1). L'enzyme GUS est capable de cliver le substrat X-Gluc (5-bromo-4-chloro-3-indolyl- β -D-glucuronic acid, cyclohexylammonium) et produit un précipité bleu et insoluble. Pour mettre en évidence l'activation de l'expression de l'enzyme GUS, les plantes sont incubées dans le X-Gluc. Si une coloration bleue apparaît, c'est que le promoteur *PR1* a été activé et donc que la voie de défense de type SAR a également été activée.

Tableau I : Plantes utilisées pour révéler l'activation de la SAR
(Plants used as indicators of SAR activation)

Construction exprimée par la plante	Type de réponse détectée
<i>PR1 ::GUS</i>	SAR par la voie de l'acide salicylique (Kariola <i>et al</i> , 2003).

Mise en place du test :

Afin d'étudier l'activation directe engendrée par le produit expérimental SDP1 testé, des plantes d'*Arabidopsis thaliana* (exprimant la fusion GUS décrite ci-dessus) sont cultivées *in-vitro* puis pulvérisées avec différents éliciteurs. Les produits utilisés comme contrôles positifs de l'activation de la voie systémique SAR sont l'acide salicylique (SA à 1 mM) et l'éliciteur commercial, Bion® (0,05 kg/ha). Dans notre test, l'eau est utilisée comme témoin négatif, le SA comme témoin positif.

EVALUATION AU CHAMP (VIGNOBLE)

But de l'expérimentation :

Des essais au vignoble ont été réalisés sur 2 campagnes (2015 et 2016) sur 4 sites en Europe. Ces expérimentations avaient pour objectif d'évaluer l'efficacité intrinsèque du produit expérimental SDP1 testé vis-à-vis du mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*) tout au long de la saison, et ce en fonction de différents niveaux de pression parasitaires, cépages et conditions météorologiques. Dans le même temps, une modalité en valeur pratique a été testée afin d'anticiper le positionnement du produit SDP testé en programme avec des produits conventionnels.

Protocole expérimental :

Le protocole est le même pour tous les sites expérimentaux, comprenant 5 modalités au total (cf. liste des modalités, Tableau II). Un témoin non traité a permis d'évaluer la pression de la maladie au sein de chacune des expérimentations. Une référence Bouillie Bordelaise, classiquement utilisée pour combattre le mildiou de la vigne, est introduite pour valider les essais.

Les applications ont eu lieu à intervalle de 7 à 10 jours à partir du stade 4 feuilles de la vigne pour les modalités testant le SDP1 et à partir des premiers risques et/ou début floraison pour la référence cuprique Bouillie Bordelaise et la référence fongicide classique (produit à base de folpet ou cymoxanil) (cf. Tableau III, Planning d'application).

Tableau II : Différentes modalités testées en 2015 et 2016 dans les essais au vignoble
(Treatments tested in 2015 and 2016 trials in vineyard)

Modalité	Nom Traitement	Dose	Planning d'application
1	Témoin Non Traité		
2	Bouillie Bordelaise	3,75 kg/ha	Risque de maladie (alertes locales) - Début floraison puis tous les 7-10 jours
3	SDP1	3 L/ha	Tous les 7-10 jours à partir de 4-5 feuilles
4	SDP1	3 L/ha	Tous les 7-10 jours à partir de 4-5 feuilles jusqu'à début floraison puis 2 applications en fin de cycle (après fongicides)
	Fongicides (folpet ou cymoxanil)	3 L/ha	3-4 applications à partir de début floraison
5	Fongicides (folpet ou cymoxanil)	3 L/ha	3-4 applications à partir de début floraison

Tableau III : Planning d'application des essais au vignoble : Bouille Bordelaise (gris foncé), SDP1 (gris clair) et fongicide conventionnel (noir)
(Application timing of grapevine trials : Bouillie Bordelaise in dark grey, SDP1 in light grey and conventional fungicide in black)

Modalité	Stades de développement de la vigne		
	4 feuilles – début floraison	Début floraison – développement des baies	Maturation des baies
2			
3			
4			
5			

Chaque essai est réalisé en blocs de Fisher avec 4 répétitions. Les parcelles expérimentales comportaient un minimum de 12 pieds de vigne (maximum de 15), dont seuls les 10 ou 13 ceps centraux ont été observés. Les observations ont été réalisées avant chaque application, soit à intervalle de 7 à 10 jours tout au long des essais (débutant fin avril-début mai jusqu'à fin juillet-début août selon les localités). Les observations ont consisté d'une part à la vérification de la sélectivité du produit SDP1 testé et d'autre part à l'évaluation de l'intensité (surface attaquée) et de la fréquence (nombre de feuilles touchées) du mildiou de la vigne sur feuilles (n = 100) ou grappes (n = 50 ou 100).

Différents cépages ont été testés afin d'évaluer l'effet variétal sur l'efficacité du SDP : Pinot gris (2015), Cabernet-Sauvignon (2015-2016), Chardonnay (2015-2016), Silvaner (2015-2016) et Sauvignon Blanc (2016). Par manque de pression de maladie en 2015 sur Pinot gris et Silvaner (0-1% incidence de la maladie), les données n'ont pas été intégrées dans la synthèse présentée.

Analyse des données :

L'ensemble des résultats des essais avec une pression suffisante (supérieure à 5% d'intensité de la maladie) a été analysée. Pour cela, le calcul de l'efficacité sur l'intensité et la fréquence de la maladie a été réalisé puis les résultats ont été regroupés afin de comparer les différentes modalités entre elles sur les 2 campagnes et les différents cépages à l'aide d'une analyse statistique. Pour cela, les

comparaisons de moyennes sont effectuées par l'analyse de la variance (ANOVA) puis les modalités classées les unes par rapport aux autres par le test de Newman et Keuls (seuil 5%) après transformation si nécessaire.

RESULTATS

TEST DE LABORATOIRE : GUSTAVE

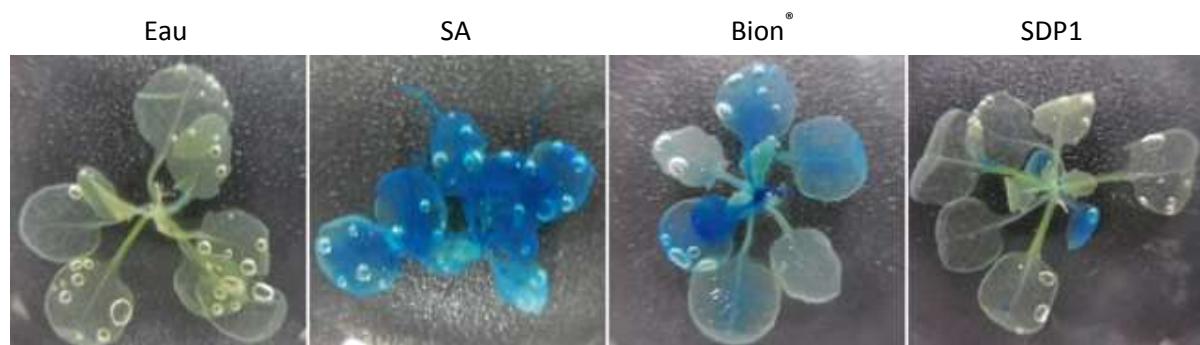
Dans cette partie sont présentés les résultats du test d'activation directe de la SAR (et non de potentialisation) par le produit expérimental SDP1 (Fig. 1 et 2).

Test d'activation directe :

Les résultats du test d'activation directe via l'expression du gène rapporteur *PR1* montrent que les témoins positifs acide salicylique (SA) et Bion® induisent bien la voie de défense de type SAR chez *A. thaliana*. Dans ce contexte, il est clairement démontré que le produit expérimental SDP1 ne génère qu'une activation de l'expression de *PR1* limitée au niveau des cotylédons, à la différence du SA et du Bion®.

Figure 1 : Visualisation *in situ* de l'activation du gène *PR1* à l'aide de la construction *PR1-GUS* d'*A. thaliana* après application des témoins positifs (SA et Bion®) et du produit expérimental SDP1.

(*In situ* visualization of *PR1* gene activation (using *PR1-GUS* construct in *A. thaliana* after application of positive controls (SA and Bion®) and tested product SDP1)

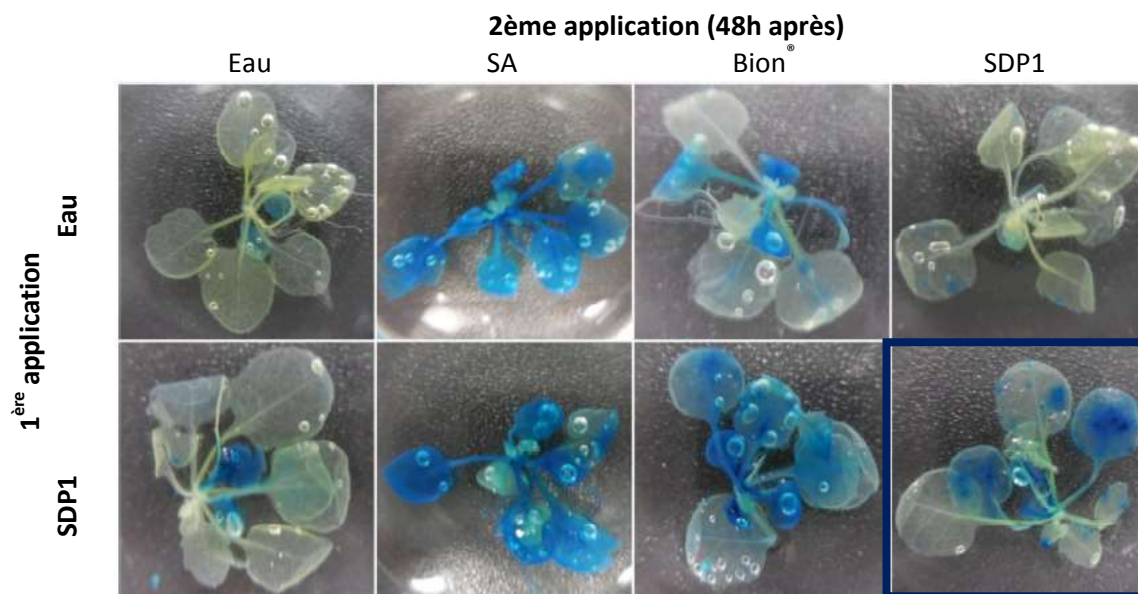


Au vu de ces résultats, un second test via l'outil GUSTAVE a été entrepris avec cette fois plusieurs applications successives de SDP1 afin de voir si l'activation des défenses des plantes par le produit expérimental peut être ainsi optimisé.

Test d'activation directe par applications successives :

Des plantes d'*A. thaliana* ont été pulvérisées une première fois avec de l'eau (témoin négatif) ou avec le produit expérimental SDP1. Ensuite, une seconde pulvérisation a été effectuée 48h après avec soit du SA ou du Bion® (témoins positifs), soit avec le produit expérimental SDP1. Les plantes pulvérisées deux fois avec de l'eau ne présentent pas de coloration bleue, montrant l'absence d'induction de la voie SA. Les plantes ayant reçues les traitements SA et Bion® en seconde application montre des résultats équivalents à ceux du test précédent ne présentant qu'une seule application, avec une coloration bleue marquée. Comme précédemment, le traitement à l'eau suivi de l'application du produit expérimental SDP1 ne démontre qu'une activation limitée du gène *PR1*, marqueur de la défense des plantes de type SAR. Par contre les plantes pulvérisées une première fois avec le produit SDP1 suivi par une nouvelle pulvérisation du produit SDP1 sont nettement plus colorées en bleu par rapport aux plantes n'ayant subi qu'une seule application du produit SDP1 (Fig. 2). Ces résultats suggèrent fortement que le produit expérimental SDP1 nécessite une accumulation d'application pour activer les défenses de type SAR et ne semble pas un activateur direct comparable au Bion®.

Figure 2 : Visualisation *in situ* de l'activation du gène *PR1* à l'aide de la construction *PR1-GUS* d'*A. thaliana* après potentialisation des défenses par le produit expérimental.
(*In situ* visualization of *PR1* gene activation using *PR1-GUS* construct in *A. thaliana* after priming of plant defenses by the test item)



Fort de cette information concernant le mode d'action « par accumulation » du produit expérimental SDP1, des expérimentations en conditions naturelles au vignoble ont été menées et le protocole adapté à ce type de produit.

Ces résultats suggèrent le besoin de réaliser au moins 2 applications du produit en préventif afin de maximiser son potentiel de protection des plantes. Dans cet objectif, le protocole expérimental pour les essais sur vigne réalisés en 2015-2016 a été adapté afin de positionner stratégiquement plusieurs applications de produit en amont de l'infection.

EVALUATION AU VIGNOBLE

Au niveau des essais au vignoble, les pressions en mildiou ont été notablement hétérogènes selon l'année et le site étudié. Pour cette synthèse, seuls les résultats des essais avec des seuils de sévérité de mildiou supérieur à 5% sur grappes ont été gardés et analysés. Dans ces conditions, des résultats très prometteurs ont été enregistrés avec le produit SDP1 appliqué en conditions naturelles.

Le témoin non traité a permis d'évaluer la pression de la maladie au sein de chacune des expérimentations et de ne garder que les essais avec une pression suffisante pour une bonne évaluation du produit expérimental. L'ensemble des résultats des 6 essais restants est synthétisé au niveau d'une part de l'intensité de la maladie et d'autre part de la fréquence du mildiou observées dans le vignoble suite à l'application des différentes modalités testées.

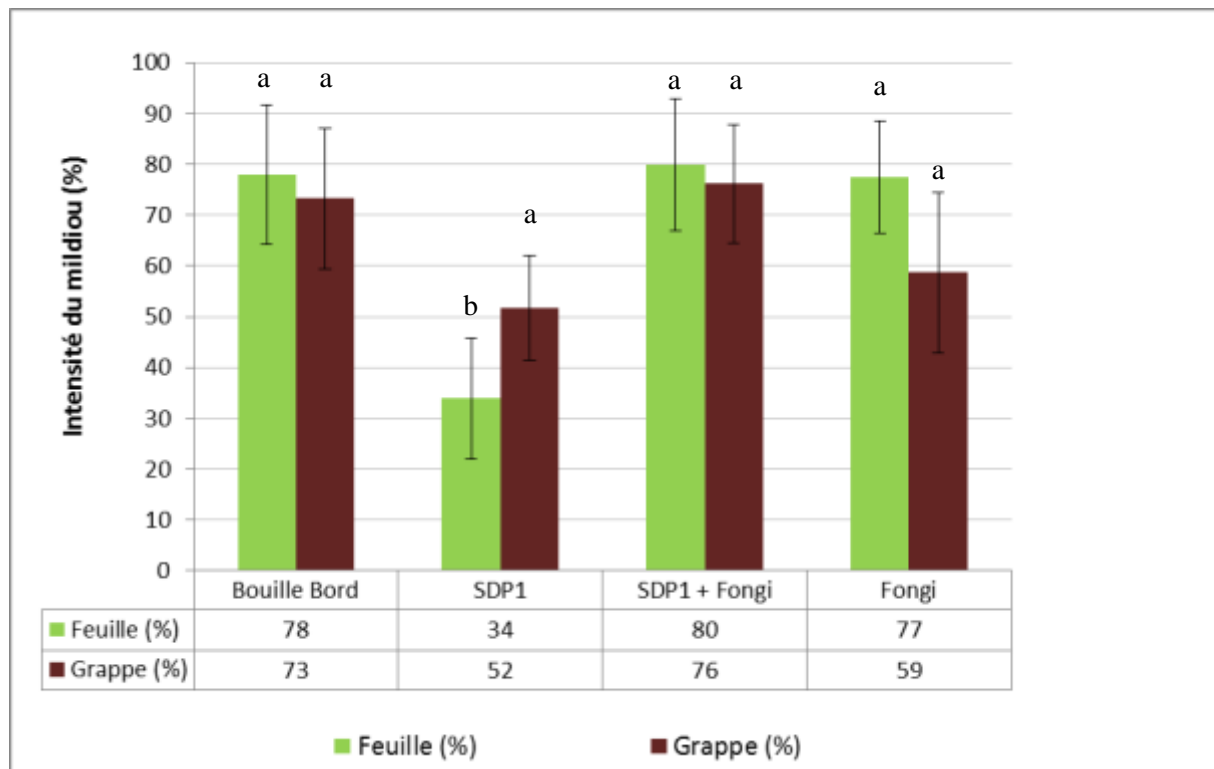
Au niveau des pressions de la maladie enregistrées en fin d'essais (fin juillet-début août), une moyenne d'intensité de 21.7% sur feuilles et de 36.9% sur grappes ainsi qu'une moyenne de fréquence élevée de 66.3% sur feuilles et 78.8% sur grappes ont été relevées.

Résultats au niveau de l'intensité de la maladie :

Comme attendue, la référence Bouillie Bordelaise, classiquement utilisée pour combattre le mildiou de la vigne, a montré une bonne efficacité globale à la fois sur feuilles et sur grappes (73-78% efficacité), validant le système expérimental (cf. Figure 3). Dans ces conditions, le produit expérimental SDP1 présente globalement un niveau insuffisant de protection de la vigne, mais montre malgré tout une efficacité de 52% sur grappes, statistiquement équivalent à toutes les autres modalités (cf. Figure 3). Ainsi, l'efficacité intrinsèque du produit SDP1 semble notable, y compris pour des intensités de mildiou sur grappes de l'ordre de 50-75%.

En programme avec des fongicides conventionnels à la floraison, le produit SDP1 n'apporte pas de protection supplémentaire au niveau du feuillage mais augmente notablement l'efficacité sur grappes avec près de 18% d'efficacité supplémentaire par rapport au témoin de vraisemblance composés uniquement des fongicides du programme testé (cf. Figure 3). Bien que les résultats ne soient pas statistiquement discriminants, le produit SDP1 présente des résultats équivalents à la référence Bouillie Bordelaise, et supérieurs à l'application des fongicides seuls, lorsqu'il est appliqué en programme, et ce plus particulièrement sur grappes.

Figure 3 : Efficacité du produit SDP1 seul ou en programme au niveau de l'intensité du mildiou de la vigne (n = 6 essais, moyenne de 21.7% sur feuilles et 36.9% sur grappes)
Efficacy of the product SDP1 alone or combined with chemicals on downy mildew severity on grapevine (n = 6 trials, mean of 21.7% on leaves and 36.9% on bunches)



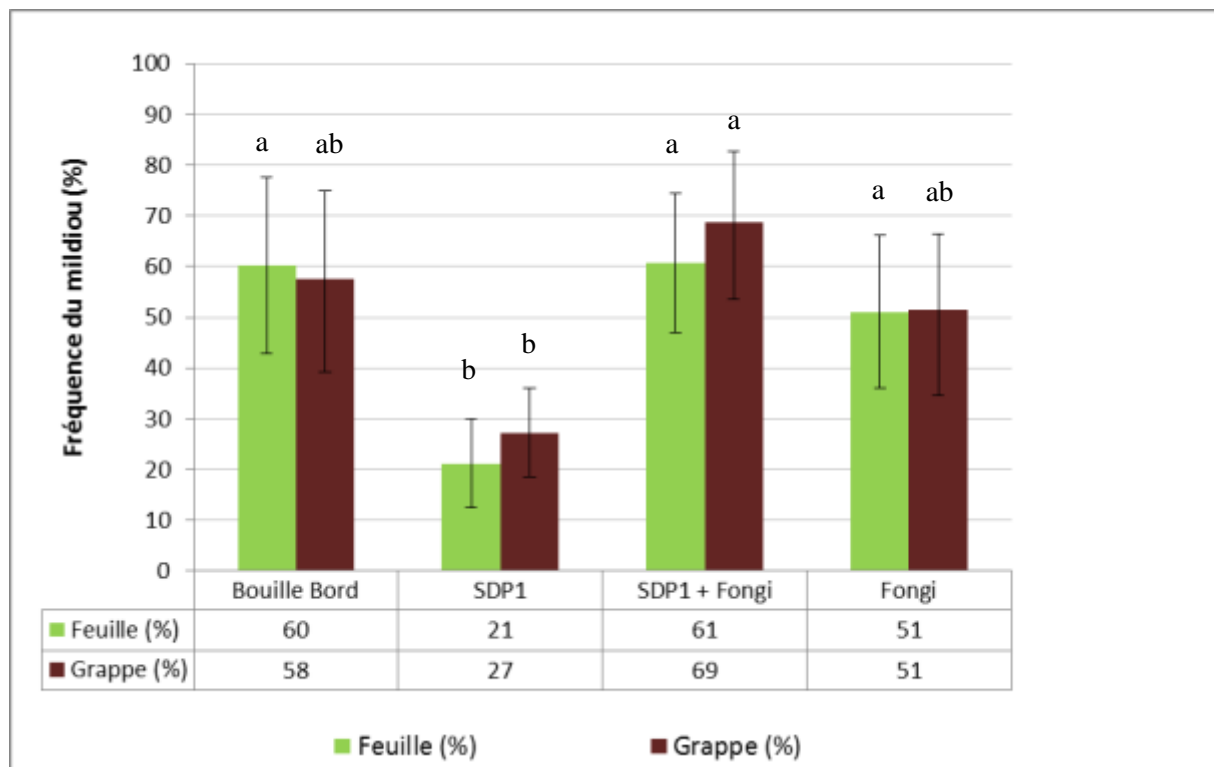
Résultats au niveau de la fréquence de la maladie :

Au niveau de la fréquence du mildiou sur vigne, la référence Bouillie Bordelaise présente une bonne efficacité moyenne à la fois sur feuilles et sur grappes (58-60% d'efficacité). Appliqué seul pendant toute la saison, le produit expérimental SDP1 présente un faible niveau de protection de la vigne contre la propagation de la maladie, avec une efficacité statistiquement inférieure à toutes les autres modalités (cf. Figure 4). Ainsi, l'efficacité intrinsèque du produit SDP1 contre la propagation du mildiou

dans le vignoble est insuffisant, et particulièrement dans nos conditions expérimentales, dans lesquelles 4 essais présentaient une fréquence de mildiou supérieure à 95%.

Par contre, l'efficacité du produit SDP1 en programme avec les fongicides à la floraison est sensiblement supérieure sur grappe à celle observée dans la modalité Bouillie Bordelaise (+10%) et celle avec les fongicides appliqués seuls (+19% d'efficacité), même si cette différence reste statistiquement non significative (cf. Figure 4).

Figure 4 : Efficacité du produit SDP1 seul ou en programme au niveau de la fréquence du mildiou de la vigne (n = 6 essais, moyenne de 66.3% sur feuilles et 78.8% sur grappes)
Efficacy of the product SDP1 alone or combined with chemicals on downy mildew incidence on grapevine (n = 6 trials, mean of 66.3% on leaves and 78.8% on bunches)



DISCUSSION

L'approche expérimentale précédemment mise au point chez Staphyt permettant de détecter l'activation de certaines voies de défense avec des plantes d'*A. thaliana* exprimant la fusion *PR1 ::GUS*, a permis de démontrer que le produit expérimental SDP1 n'active pas directement ou peu la voie systémique de la SAR mais nécessite au moins une double application du produit pour activer les défenses de la plante. Ces résultats de laboratoire suggèrent fortement la nécessité de positionner au moins 2 applications du produit en préventif afin d'activer son potentiel de protection des plantes. Ainsi, le protocole expérimental pour les essais en conditions naturelles au vignoble a été adapté dans le but de positionner stratégiquement plusieurs applications de produit (au moins 2) en amont de l'infection (dès le stade 4 feuilles si nécessaire). Les résultats prometteurs obtenus dans les différents essais menés sur les 2 campagnes d'expérimentation 2015-2016 semblent conforter les résultats issus du test GUSTAVE en laboratoire. En effet, des expérimentations préliminaires menées en 2014 avec une seule application positionnée en préventif montraient des résultats aléatoires et d'une efficacité très limitée. D'autres tests sont envisagés afin de mieux cerner le mode d'action de ce produit, et notamment l'évaluation d'une possible potentialisation (déclinaison du test GUSTAVE, présenté à la XIe Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes, AFPP Tours 2015).

Concernant les essais au vignoble conduit en Europe sur différents sites, le produit SDP1 démontre des efficacités équivalentes voire supérieures sur grappes au produit de référence qu'est la Bouillie Bordelaise lorsqu'il est appliqué en programme avec des fongicides, même si ces différences sont notablement (18% d'efficacité supplémentaire sur grappes) mais pas statistiquement significatives par rapport au témoin de vraisemblance. Au vu des pressions parasitaires enregistrées, des différents cépages testés et des diverses conditions météorologiques relevées dans les différents pays d'Europe, le produit expérimental SDP1 semble avoir une efficacité globale intéressante quel que soit les paramètres agronomiques rencontrés. Ce produit doit encore faire l'objet d'essais en conditions pratiques agricoles afin de valider ces résultats et d'optimiser son utilisation au vignoble.

CONCLUSION

Le test de laboratoire GUSTAVE (*A. thaliana*) développé antérieurement par Staphyt est un test instructif, simple et peu coûteux, permettant de valider l'effet SDP d'une préparation. En effet, ce test a permis d'appréhender le mode d'action du produit expérimental SDP1 en développement et ainsi d'optimiser sa stratégie d'application pour l'expérimentation en champ. D'autres utilisations du test GUSTAVE peuvent être encore envisagées pour affiner notamment la cadence d'application et son impact successif au cours du temps.

Suite à l'adaptation du protocole expérimental pour mener des expérimentations en conditions naturelles ciblant le mildiou de la vigne en Europe sur les saisons 2015 et 2016, les résultats obtenus avec le produit expérimental SDP1 sont encourageants. En effet, l'efficacité intrinsèque du produit SDP1 a été notable sur grappes (52% sur l'intensité du mildiou) même si le niveau de protection de la vigne reste insuffisant appliqué seul.

En revanche, dans le cadre de programme avec des fongicides conventionnels, le produit SDP1 augmente notablement bien que non significativement l'efficacité sur grappes, apportant un niveau de protection équivalent à la référence Bouillie Bordelaise au niveau de l'intensité et supérieur au niveau de la fréquence de la maladie sur grappes.

Ainsi, les résultats obtenus par le produit expérimental SDP1 au vignoble sur 2 saisons (2015-2016) sont prometteurs avec notamment un gain net d'efficacité du produit SDP1 de près de 18% sur grappes au niveau de l'intensité et de la fréquence de la maladie, lorsqu'il est appliqué en programme avec des fongicides conventionnels à la floraison.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier l'Institut Jean Pierre Bourgin (IJPB, Versailles) pour l'accueil du personnel travaillant sur ce projet et le personnel de terrain compétent de l'entreprise Staphyt qui ont mené l'ensemble des expérimentations au vignoble sur cette thématique.

BIBLIOGRAPHIE

- Aziz A., Poinssot B., Daire X., Adrian M., Bézier A., Lambert B., Joubert J.-M., Pugin A., 2003 - Laminarin elicits defense responses in grapevine and induces protection against botrytis cinerea and *Plasmopara viticola*. *MPMI*. 16, 12, 1118-1128.
- Benhamou N., Rey P., 2012 - Stimulateurs des défenses naturelles des plantes : une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'écoproduction durable. : I. Principes de la résistance induite. *Phytoprotection*. 92, 1, 1-23.
- Conrath C.-U., Beckers J.-M.-G., Flors V., García-Agustín P., Jakab G., Mauch F., Newman M.-A., Pieterse C.-M.-J., Poinssot B., Pozo M.-J., Pugin A., Schaffrath U., Ton J., Wendehenne D., Zimmerli L., Mauch-Mani B., 2006 - Priming: Getting Ready for Battle. *MPMI*, 19, 10, 1062–1071.
- Jourdan E., Ongena M., Thonart P., 2008 - Caractéristiques moléculaire de l'immunité des plantes induite par les rhizobactéries non pathogènes. *Biotechnol Agron Soc Environ*. 12, 4, 437-449.
- Pieterse C.M.J., van Loon L.C., 1999 - Salicylic acid-independent plant defence pathways. *Trend in plant Sci*. 4, 2, 52-58.
- Vallad G.E., Goodman R.M., 2004 - Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Sci*. 44, 1920-1934.