



## **Projet SynOEM. Mieux profiter de la synergie entre réseaux d'observations, expertise et modélisation pour l'élaboration du Bulletin de Santé du Végétal.**

Projet porté par François Brun, ACTA – Les Instituts Techniques Agricoles.

Partenaires : INRA, Arvalis – Institut du végétal, CRA Champagne-Ardenne, CRA Centre, CRA Midi-Pyrénées, IFV, Terres Inovia, CA Yonne et CIRAME

Projet financé dans le cadre de l'APR "Pour et Sur le Plan ECOPHYTO (PSPE)", action pilotée par le ministère en charge de l'agriculture, avec l'appui financier de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto. Moyens complémentaires : la thèse de Lucie MICHEL (ACTA / INRA Grignon – UMR Agronomie) a bénéficié d'un cofinancement CIFRE de l'ANRT.

Dates du projet : 8 juillet 2013 au 7 juillet 2016

### **1. Fiche de synthèse à diffusion publique**

Voir Annexe 1.

### **2. Rapport d'activité**

#### **Administratif**

Voici les principales dates-clefs dans la gestion globale du projet.

- Juillet 2013 : début projet SynOEM. La thèse de Lucie Michel a débuté en mai 2013.
- Automne 2013 : conventions partenaires signées.
- Juin 2014 : séminaire inter-projets PSPE.
- Novembre 2014 : rapport intermédiaire.
- Septembre 2015 : rapport intermédiaire.
- Septembre 2015 : séminaire inter-projets PSPE.
- Juillet 2016 : fin du projet.
- Septembre-Octobre 2016 : récupération des justificatifs finaux des partenaires.

Nous avons rencontré quelques difficultés pour récupérer certains justificatifs de partenaires.

#### **Synthèse du déroulement du projet**

**La première année du projet.** Analyse des dispositifs de rédaction du BSV. Récupération des sorties de modélisation et des données d'observation. Premières propositions de méthodes.

**La seconde année du projet.** Développement méthodologique et analyse des performances des méthodes proposées. Premières versions des outils vigne et blé.

**La troisième année du projet.** Valorisations scientifiques et techniques des travaux. Finalisation des outils opérationnels. Formation des utilisateurs à ces outils.

#### **Implication des partenaires.**

Globalement, les partenaires ont contribué aux différentes tâches comme prévu initialement, autour de la thèse de Lucie Michel et du recrutement essentiel d'un statisticien, Jacques Veslot en CDD de 12 mois la dernière année.

L'ACTA a mené le projet (François Brun, Lucie Michel et Jacques Veslot) et nous avons choisi d'investir plus de moyens dès le début du projet sur les cas d'étude du mildiou de la vigne et de la septoriose du blé. Nous avons mobilisé les partenaires autour de ces deux cas d'étude (IFV, Arvalis, CRA MP, CA et Centre).

L'INRA (David Makowski), avec l'encadrement de la thèse de Lucie Michel, a apporté une expertise et un appui méthodologique décisif.

Pour le ver de la grappe, nous avons surtout avancé dans la dernière année du projet avec le CIRAME, une fois les deux premiers cas d'étude bien avancés. Faute de temps, nous n'avons pas pu atteindre un résultat opérationnel sur ce cas d'étude, mais des pistes prometteuses ont été identifiées.

Pour le sclérotinia du colza, nous avons mené des premiers essais de transfert méthodologique sans grand succès : la problématique et la structure de données sont très différentes. En complément, Terres inovia a exploré une autre piste en menant des travaux d'évaluation des modèles existants. Un nouveau modèle épidémiologique a été conçu et évalué.

Tous les partenaires ont été réactifs dès le lancement du projet et ont fourni les éléments demandés (protocoles, extraction des bases de données, simulations,...). En discutant de nos propositions et en les testant en cours de campagne, ils ont permis que le projet débouche sur des outils opérationnels.

## **Bilan des actions prévues par tâche**

Le projet initial était construit autour de 3 volets. Voici l'état de réalisation en fin de projet pour chacun.

### **Volet 1. Analyser les pratiques d'intégration actuelles pour préciser les besoins et les contraintes**

- Analyse approfondie des dispositifs entourant l'élaboration des BSV

Les dispositifs autour des cas d'étude Septoriose du blé et Mildiou de la vigne ont été analysés en détail. Cela a été fait en participant aux réunions d'édition du BSV en tant qu'observateur et en organisant des échanges avec les acteurs pour bien cerner le fonctionnement et les attentes. La place qu'occupent la modélisation et l'observation dans ce processus a été particulièrement étudiée. Les dispositifs des autres cas d'étude ont aussi été analysés de manière moins approfondie lors des réunions générales.

- Analyse comparative des réseaux de données météorologiques mobilisés

Depuis le montage du projet, les besoins ont changé et la politique de Météo-France à ce sujet est en pleine évolution. Ce projet a été présenté à Météo-France (Commission Agriculture, en 2013) et avec la DGAL (Frédéric Vey), nous avons cherché à défendre un accès gratuit aux données météorologiques dans le cadre de l'édition des BSV puisqu'il s'agit d'une mission de service public déléguée aux partenaires agricoles. Dans le cadre du RMT modélisation et analyse de données, nous avons organisé un séminaire sur l'open data (7 janvier 2015) en agriculture, avec une session sur les données météorologiques, avec la participation de Météo France. Un second séminaire portant sur l'agro-météo est organisé les 14 et 15 janvier 2015 par Météo France avec un atelier autour du Bulletin de Santé du Végétal. Récemment, suite à la mention dans Ecophyto v2 de cette question, Météo-France étudie la question de la fourniture des données aux acteurs du BSV.

### **Volet 2. Proposer des améliorations et les mettre en œuvre sur des cas d'étude**

- Préciser les questions méthodologiques communes et spécifiques aux différents cas d'étude

Dès le début du projet, les réunions par cas d'étude ont permis de préciser les méthodes mobilisables. La première réunion générale du projet en février 2014 a permis de montrer différents développements méthodologiques effectués lors des premiers mois du projet sur les cas d'étude Mildiou-Vigne et Septoriose-Blé, de discuter de la pertinence de ces approches et de leur généralité.

- Définition du programme de travail sur chacun des cas d'étude. En fonction des questions posées et des contraintes, le programme de travail à réaliser et les méthodes testées seront précisés.

Nous nous sommes concentrés sur les cas d'étude 1 et 2 qui ont fait l'objet de plus de travaux (en lien notamment avec l'orientation de la thèse de Lucie Michel). Sur les cas 3 et 4, il s'agissait initialement plus d'un transfert méthodologique (à partir des cas 1 et 2), mais ils ont présenté des spécificités demandant de nouveaux développements.

- Réalisation des travaux sur les différents cas d'étude

Les travaux sur les quatre cas d'étude ont été engagés sur l'ensemble des 4 cas d'étude, mais à la fin du projet nous ne sommes pas arrivés au même état d'avancement. Nous n'avons pas abandonné de cas d'étude, mais seuls les deux premiers cas d'étude ont fait l'objet de sorties opérationnelles pour les acteurs du BSV. Les 3 premiers ont fait l'objet d'une valorisation scientifique.

#### Cas d'étude 1. Elaboration du BSV pour le Mildiou de la Vigne en région Midi-Pyrénées

Pour le cas d'étude du mildiou de la vigne, nous avons investi d'autres pistes (complémentaires) et les tests ont également eu lieu lors des campagnes 2014 et 2015 avec des rapports semi-automatiques valorisant les données fournis en temps réel à destination du comité de rédaction. Le transfert de la méthodologie développée sur la septoriose a aussi été réalisé. Dans ce cas, il y a un plus faible effectif des parcelles suivies en TNT : il s'agit de voir dans quelle mesure et à quelle échelle les différents indicateurs sont pertinents. L'outil web est utilisé de manière autonome et en routine depuis 2016. Avec l'IFV, nous étudions les possibilités de plus forte intégration à la plateforme EPICURE pour la campagne 2017.

#### Cas d'étude 2. Elaboration du BSV pour la Septoriose du Blé en région Champagne Ardenne

Pour la Septoriose du blé, la méthodologie est stabilisée et validée (article scientifique). Des méthodes de régression logistique (fréquentistes et bayésiennes) sont utilisées pour prédire l'incidence de la maladie en fonction du temps, avec un effet site et année, et l'ajout de co-variables pertinentes pour déterminer des groupes de risque en fonction des pratiques (date semis, variété). Les premiers tests en temps réel pendant la campagne 2014 ont été étendus en 2015 à l'ensemble du comité de rédaction de la Chambre d'agriculture Champagne-Ardenne. L'extension à la région Centre a été réalisée (CRA Centre partenaire du projet) pour l'exercice de bilan de campagne 2015. En 2016, en Champagne-Ardenne et Centre, les acteurs ont pu utiliser l'outil web de manière autonome. L'extension au niveau national est à l'étude (besoin notamment de redéfinir les groupes de risque).

#### Cas d'étude 3. Elaboration du BSV pour Sclérotinia du Colza en région Bourgogne

Pour le Sclérotinia du Colza, des travaux sur l'évaluation et l'amélioration du modèle existant ont été réalisés. Un nouveau modèle épidémiologique a aussi été développé. Nous avons mené une étude exploratoire des données, mais il semble difficile de transposer les méthodes acquises sur les deux premiers cas d'étude (autre structure de données et problématique bien différente).

#### Cas d'étude 4. Elaboration du BSV pour la tordeuse de la vigne en région Provence Alpes Côte d'Azur

Pour le ver de la grappe de Vigne, nous avons accès à l'ensemble des données et des simulations correspondantes. Les premières analyses ont permis de caractériser les données et de faire quelques propositions. Il s'agit ici plus d'aider à estimer la date de début ou du pic du vol des adultes. Nous n'avons pas pu aller plus loin dans la valorisation faute de temps en fin de projet.

### **Volet 3. Mutualiser et diffuser les résultats**

- Synthèse et analyse critique des outils produits et de leur utilisation

Nous n'avons pas réalisé de document de synthèse de l'ensemble des outils, mais les deux cas d'étude qui ont produit le plus de résultat ont fait l'objet de publications scientifiques et techniques (associant l'ensemble des acteurs impliqués) permettant d'évaluer la valeur de ces outils ainsi que leurs limites. Les outils ont été améliorés au fur et à mesure des retours des utilisateurs dès la campagne 2015. Ils font encore l'objet d'améliorations pour 2017, notamment lors de l'extension à d'autres régions : les nouveaux utilisateurs peuvent formuler de nouveaux besoins.

- Formation pour la prise en mains des outils produits à destination des acteurs de BSV

Au fur et à mesure de la mise à disposition des outils, nous avons formé les utilisateurs à l'utilisation des outils et à l'interprétation des graphiques et tableaux fournis. Par ailleurs, nous avons pris soin de bien documenter les rapports automatiques avec une section dédiée à la documentation et des légendes exhaustives.

- Séminaires du projet

Les membres du dernier comité de pilotage du projet (janvier 2016), et notamment les partenaires impliqués dans le BSV, n'ont pas jugé utile d'organiser un séminaire final du projet. Il a été décidé d'utiliser les moyens restants pour finaliser les outils le plus possible, de communiquer à travers les instances existantes nationales (présentations à la réunion des animateurs inter-filières le 10 mars 2016) et locales (Comité Régionale d'Epidémiosurveillance, réunions de lancement et de bilan de campagne).

### **Echanges avec les autres projets PSPE**

Outre les échanges lors des séminaires inter-projets de l'AAP PSPE, nous avons organisé avec VESPA et CASIMIR un échange sur les questions d'échantillonnage le 9 juillet 2015.

### **Valorisations**

- Mieux valoriser les réseaux d'épidémiosurveillance lors de l'élaboration du Bulletin de Santé du Végétal. Mémoire de thèse de Lucie Michel. mai 2016.
- A framework based on generalised linear mixed models for analysing pest and disease surveys. L. Michel · F. Brun · F. Piraux · D. Makowski. Soumis à Crop Protection (soumis juin 2016).
- Estimating the incidence of Septoria leaf blotch in wheat crops from in-season field measurements. L. Michel, F. Brun · F. Piraux · D. Makowski. European Journal of Plant Pathology (2016).
- Un outil d'analyse des dynamiques épidémiologiques pour le bulletin de Santé du Végétal : application à la septoriose du blé. L. Michel, A. Decarrier, M. Franche, V. Bochu, K. Benredjem, G. Hugerot, D. Simonneau, F. Piraux, E. Gourdain, J.Veslot, D. Makowski, F. Brun. AFPP CIMA 2015.
- Quelles pistes d'amélioration pour mieux valoriser les données et les simulations dans le Bulletin de Santé du Végétal ? F. Brun, J. Veslot, L. Michel, B. Cichosz, A. Petit, D. Makowski. AFPP CIMA 2015.
- Mise en évidence de liens entre la température et l'humidité relative au sein du couvert et le développement du sclerotinia en colza d'hiver. C. Saglibene, S. Gervois, A. Penaud, J.-L. Lucas. AFPP CIMA 2015.
- Les outils septoriose du blé et mildiou de la vigne sont également mis à disposition des partenaires des régions Midi-Pyrénées (depuis 2015, avec une extension à Aquitaine prévue en 2017) et en région Centre (depuis 2016) et Champagne-Ardenne (depuis 2015).

On peut également mentionner de nombreuses présentations de la démarche et des résultats lors de séminaires et de différents comités au-delà du cercle des partenaires du projet.

**Ces valorisations sont disponibles sur la page : <http://www.modelia.org/moodle/course/view.php?id=55>**

### 3. Rapport scientifique

#### Introduction

Le constat actuel et partagé est que l'on utilise trop de produits phytosanitaires et qu'il faut diminuer leur utilisation. Dans le cadre ESR (Efficience-Substitution-Reconception) proposé par Hill et MacRae (1995), l'efficience se traduit par une optimisation de la date et de la dose de traitement. La substitution correspond au remplacement des produits par des intrants naturels, la lutte biologique. La reconception consiste à revoir en profondeur les systèmes de cultures (allonger les rotations par exemple). Nos travaux s'inscrivent bien dans ce concept d'efficience en lien avec la protection raisonnée.

La Surveillance Biologique du Territoire (SBT) s'est renforcée en France depuis 2009, à la suite du Plan Écophyto. Elle repose sur le suivi d'un réseau de parcelles cultivées. Plusieurs maladies et ravageurs sont observés sur ces parcelles selon des protocoles harmonisés. Les observations sont utilisées pour élaborer le Bulletin de Santé du Végétal (BSV), mais la valorisation actuelle de ces données reste limitée et repose essentiellement sur des analyses descriptives faute de temps et d'outils adaptés.

Ce projet a pour objectif de faire des propositions pour formaliser et améliorer les processus d'analyse et d'intégration des différentes sources d'information lors de l'édition des BSV. Il vise notamment à améliorer la représentativité du message contenu dans le Bulletin. Il s'agit également de faciliter le passage des observations régionales à une information pertinente pour la prise de décision locale. Ce projet a pour ambition de développer des outils pour mieux valoriser les réseaux d'observation, les modèles épidémiologiques, l'expertise des acteurs et les synergies entre ces sources d'information. Ces outils doivent faciliter l'analyse de risque faite en cours de campagne, chaque semaine.

Nos travaux ont concerné différentes maladies et ravageurs essentiellement sur le blé, la vigne, le colza, mais nous avons testé également des extensions à des cultures tropicales.

Nous reprenons ici les principaux éléments de notre démarche et résultats. Les détails techniques et l'ensemble des résultats scientifiques acquis à ce jour sont précisés dans les valorisations mentionnées ci-dessus.

#### Les approches scientifiques et techniques utilisées

##### Les points-clefs de notre démarche

L'interaction forte entre les acteurs du BSV et les méthodologistes dans le projet doit permettre des avancées significatives pour améliorer la qualité de l'analyse des risques en santé végétale dans le cadre du BSV, tout en retenant les solutions compatibles avec les contraintes pratiques et temporelles de rédaction du BSV, qui doivent s'effectuer dans des délais extrêmement brefs et chaque semaine.

La première étape repose sur l'analyse des pratiques actuelles pour préciser les besoins et les contraintes des acteurs. Nous sommes partis de l'organisation mise en place en 2009 dans chaque région et nous avons observé et analysé les procédures mises en œuvre. Il s'agissait aussi de faire exprimer les besoins, éventuellement sur la base de premières propositions que nous pouvions faire. Cette étape s'est poursuivie tout au long du projet afin de continuer à affiner notre diagnostic et de faire des propositions plus pertinentes dans une véritable démarche de co-construction avec les acteurs du BSV.

La seconde étape vise à formaliser les propositions d'améliorations et à les mettre en œuvre sur les cas d'étude du projet. Ces propositions concernent l'automatisation de l'extraction, du traitement des données, l'édition de rapports avec des tableaux de bord pour faciliter le travail des acteurs. On propose des outils pour mieux valoriser l'ensemble des informations collectées avec la description des dynamiques, les comparaisons entre années, la prédiction à partir de modèles statistiques utilisant les observations, la combinaison des observations et des sorties de modèles épidémiologiques, ou encore la cartographie des prédictions.

Enfin, la troisième étape consiste à mutualiser et diffuser les résultats. Il s'agit notamment d'étudier les possibilités d'extension à d'autres régions et maladies/ravageurs de certaines méthodes ayant fait leurs preuves, mais aussi, de faire un effort de pédagogie dans l'explication des méthodes mobilisées et pour l'interprétation des résultats avec des formations pour l'utilisation des nouveaux outils.

### Des cas d'étude

Les travaux reposent sur quatre cas d'étude principaux autour desquels tous les acteurs concernés sont mobilisés : 1) Mildiou de la Vigne en région Midi-Pyrénées, 2) Septoriose du Blé en région Champagne Ardenne ; 3) Sclérotinia du Colza en région Bourgogne ; 4) Tordeuse de la Vigne en région Provence Alpes Côte d'Azur. Certains résultats ont fait l'objet d'une extension en transférant la méthodologie à deux cultures tropicales (banane et patate douce) et à d'autres régions.

### Données d'observation disponibles

Les observations collectées dans le cadre du BSV sont en général des données de suivi dans le temps d'un ensemble de parcelles définies pour la campagne. Cela peut concerner différentes variables comme des mesures d'incidence, de sévérité ou encore de comptage.

Par exemple, pour la vigne en Midi-Pyrénées, chaque vignoble dispose d'un réseau d'observation lié à des parcelles agricoles géo-localisées et dont les caractéristiques sont enregistrées (cépage notamment) (Figure 1).

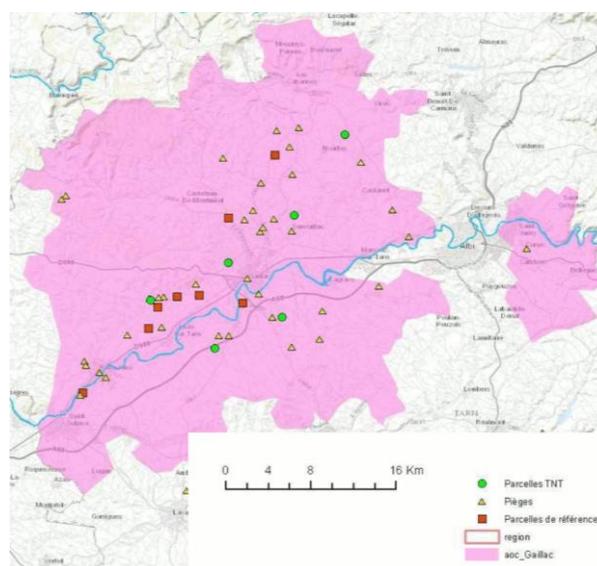


Figure 1. Le réseau d'observation en 2013 pour le vignoble de Gaillac

Ce réseau comporte deux types de parcelles, identifiées en début de campagne : des parcelles de références (REF), sur lesquelles les agriculteurs font des traitements selon leurs pratiques, et des parcelles « témoins non traités » (TNT) comportant une zone délimitée sur laquelle aucun traitement phytosanitaire n'est effectué. Des parcelles flottantes identifiées en cours de saison, faisant l'objet d'observations occasionnelles en fonction des remontées de terrain, complètent le dispositif. La composition du réseau est variable pour chaque zone. Le réseau est défini en début de campagne, puis chaque parcelle est normalement suivie tout au long de la campagne. Une grande part de l'analyse de risque sur les « problématiques mildiou » repose sur les observations de ce réseau. Les autres maladies (Oïdium, Black Rot, Botrytis et Pourriture Grise) et ravageurs sont également suivis. Les notations sont faites sur la base d'un protocole harmonisé au niveau national et saisie dans la base de données EPICURE.

Pour le blé en Champagne-Ardenne, le réseau est similaire à celui de la vigne, mais presque exclusivement des TNT sont suivis. Entre 65 et 94 parcelles sont sélectionnées chaque année pour constituer le réseau de SBT de 2009 à 2016. Les parcelles sont choisies avant le début de chaque campagne agricole et sont réparties de manière à couvrir l'ensemble du territoire. En accord avec le protocole harmonisé de Vigicultures®, les observations de l'incidence de la septoriose sont réalisées au mieux chaque semaine, de mars à juin dans une zone témoin laissée sans traitements fongicides ni insecticides (taille de 18 m sur 22 m) de chaque parcelle du réseau. A chaque date d'observation, l'incidence est mesurée sur les trois dernières feuilles déployées (feuilles du moment), pour un échantillon de 20 plantes de blé sélectionnées au hasard dans chaque zone témoin non traitée. Chaque feuille est inspectée visuellement pour déterminer la présence ou non de septoriose. Une règle de décision basée sur le stade de la plante permet de transformer le numéro de la feuille du moment en feuille définitive (F1, F2 et F3) permettant ainsi de travailler sur le même étage foliaire sur toutes les parcelles (Figure 2).

Des observations sur d'autres maladies et ravageurs sont également collectées, mais non considérées dans cette étude.

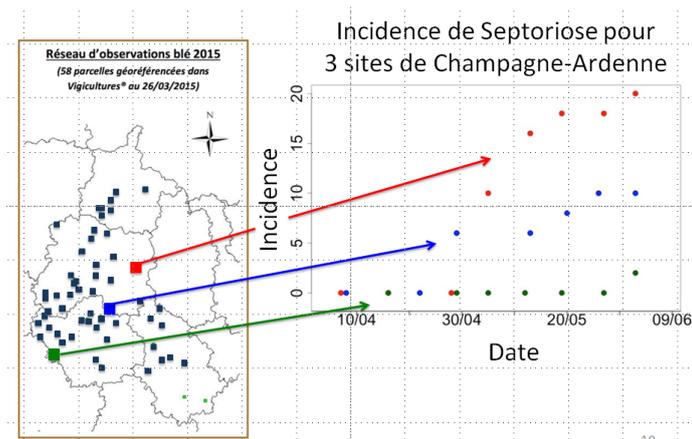


Figure 2. Exemple de 3 dynamiques de l'incidence de la septoriose du blé observée en 2015.

La date de semis et la variété sont également renseignées dans la base de données pour chaque observation, ce qui nous permet de définir le groupe de risque pour chaque parcelle (Table 1). Chaque parcelle n'étant suivie qu'une année, l'effet de la parcelle est alors confondu avec l'effet de l'année, ainsi, les observations sont groupées par combinaison site\*année (« site-année »). Ces données sont saisies dans la base de données Vigicultures.

Risque septoriose	Sensibilité variétale	Date de semis
Faible	Peu sensible	Toutes dates de semis
	Moyennement sensible	> 25/10
Moyen	Sensible	> 25/10
	Moyennement sensible	< 25/10
Fort	Sensible	< 25/10

Table 1. Définition des 3 groupes de risque Fort/Moyen/Faible

#### Un modèle générique de la dynamique épidémiologique

Nous avons proposé une démarche générique basée sur un modèle linéaire mixte généralisé. Cette démarche a d'abord été mise au point sur le cas d'étude de la septoriose du blé en Champagne-Ardenne en construisant un modèle linéaire mixte généralisé prenant en compte un effet site-année aléatoire et un effet niveau de risque fixe défini par les experts régionaux (date de semis et variété) (Michel et al., 2016). Trois niveaux de risque (fort, moyen ou faible) sont définis en appliquant une règle de décision définie par les experts de la région tenant compte de la date de semis et de la résistance variétale (Table 1).

Ce modèle est ajusté aux observations collectées dans le réseau de parcelles suivies dans cette région et ainsi mis à jour semaine après semaine avec les nouvelles données. A chaque fois, le modèle prend ainsi en compte les données historiques (des années précédentes) et les données de la saison. Le modèle permet d'estimer la dynamique de l'incidence de la septoriose du blé à l'échelle régionale en tenant compte du niveau de risque des parcelles.

Cette démarche a été généralisée (Figure 3) et appliquée à d'autres régions et d'autres maladies ou ravageurs (Michel et al., soumis). Le modèle statistique a été modifié pour pouvoir être appliqué à plusieurs régions françaises. Des variantes ont également été proposées pour pouvoir analyser des observations du mildiou de la vigne en région Midi-Pyrénées, des observations de cercosporiose jaune du bananier et des comptages de charançon sur patate douce en Guadeloupe. Ces variantes diffèrent selon le type d'effets aléatoires et d'effets fixes introduits dans le modèle.

## Modèle linéaire généralisé mixte (glmm)

Mesure quantitative de la maladie =  $f(\text{temps, covariables, effet « groupe »})$

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure quantitative de la maladie                     <ul style="list-style-type: none"> <li>– Incidence</li> <li>– Comptage</li> <li>– Niveau de note de risque</li> </ul> </li> <li>• Temps:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>– Jour</li> <li>– Mois</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Covariables:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>– Région</li> <li>– Risque lié à des pratiques</li> </ul> </li> <li>• Groupe:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>– Site</li> <li>– Année</li> <li>– Site-année</li> </ul> </li> </ul> |
|--|--|

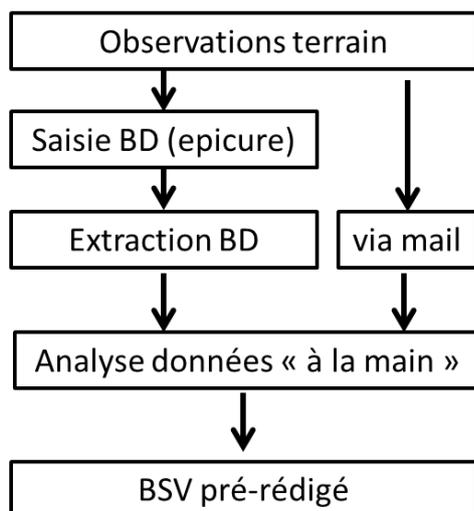
Figure 3. Une démarche générique basée sur l'utilisation du modèle linéaire généralisé mixte

Dans chaque cas, la sélection du modèle le plus adapté à la situation considérée a été réalisée en utilisant plusieurs critères : Akaike information criterion, Root mean square error, analyse des résidus. Dans chacune des situations considérées, chaque modèle a été comparé à sa version bayésienne, développée en utilisant des distributions a priori peu informatives.

### Un traitement automatisé des données

Le temps disponible est très réduit entre la collecte des observations sur le terrain et la diffusion des éditions du BSV. Souvent, il se passe moins d'une journée entre les dernières observations sur les parcelles et la diffusion de l'édition de la semaine. Des outils de saisie des observations existent et sont utilisés (EPICURE, Vigiculture, Latitude dans les cas d'étude de notre projet), mais des marges de progrès sont à trouver (Figure 4).

#### Déroulement actuel tous les lundis



#### Objectif à atteindre

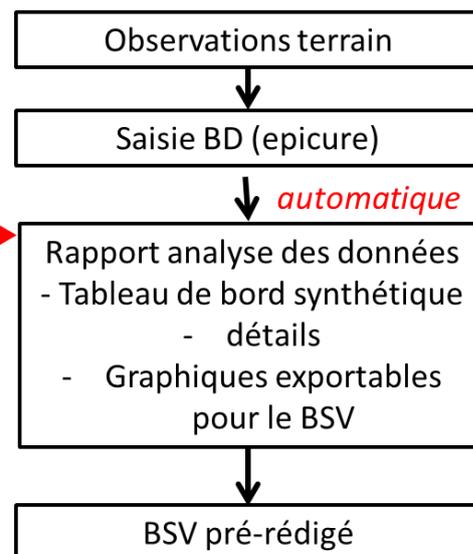


Figure 4. Des observations au BSV : situation actuelle et objectif visé

Certains outils (Latitude par exemple), en concertation régulière avec les animateurs filières ont déjà entrepris cette démarche d'automatisation pour l'édition des BSV. Certains animateurs utilisent directement

les bilans automatiques issus de Latitude dans leur BSV (cf. BSV Rhône Alpes où tableaux et cartes proviennent sans traitement de Latitude). De BSV en BSV la dynamique épidémiologique (dans ce cas le mildiou) prend une dimension régionale plutôt que ponctuelle. Par ailleurs, cela a eu un effet positif sur la qualité des saisies (baisse notable des erreurs de saisie) et sur la volonté des observateurs de géo-référencer leurs parcelles (via Latitude également).

Pour la vigne en Midi-Pyrénées, nous avons mis en place une automatisation des extractions d'EPICURE, du traitement des données et de leur mise en forme. Cela permet, en temps réel, à l'animatrice d'évaluer le niveau de remontée des informations par vignoble, de se focaliser sur les éléments saillants de l'analyse et d'avoir des éléments (graphiques ou tableaux) prêts à l'emploi pour l'analyse collective, voire l'édition. La mise en place de cette automatisation et l'accès des observateurs à ces rapports les incitent à saisir plus rapidement leurs observations dans l'outil EPICURE.

Nous avons fait de même pour le blé en région Centre et Champagne-Ardenne. L'outil d'analyse de la dynamique épidémiologique a été intégré dans ces rapports hebdomadaires.

## Résultats obtenus

### Performance des modèles d'analyse de la dynamique

Les modèles proposés sur les différentes maladies, notamment blé et vigne, présentent des qualités de prédiction très satisfaisantes pour qualifier l'année en cours. La qualité de prédiction à un horizon au-delà d'une semaine se dégrade (Figure 5), mais la prédiction à une semaine semble raisonnable et utile dans ce contexte où de nouvelles données sont collectées chaque semaine.

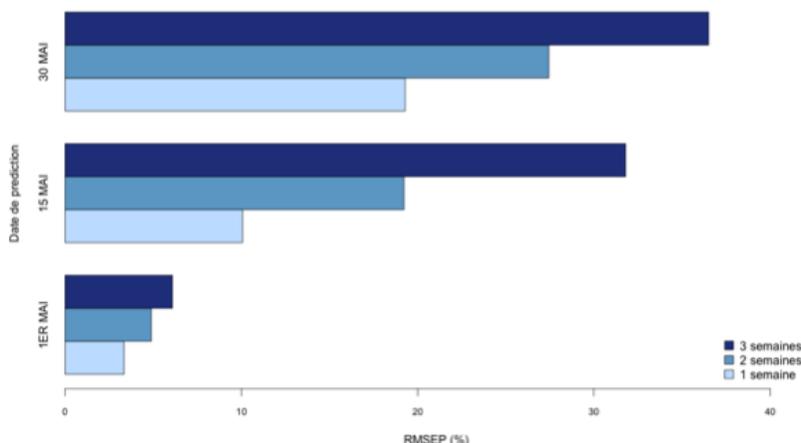


Figure 5. Erreur quadratique moyenne des prédictions (RMSEP %) pour trois différentes dates de prédiction (1er mai, 15 mai, 30 mai) et trois pas de temps (prédictions faites 1 semaine, 2 semaines, 3 semaines plus tôt). Les histogrammes représentent les RMSEP du modèle pour la feuille définitive F2.

Sur le blé, nous avons également évalué la qualité de prédiction à l'échelle nationale et trouvé des petites améliorations en intégrant quelques indicateurs météorologiques ou basés sur des observations précoces. Néanmoins, nous avons décidé de conserver le modèle plus simple décrit ci-dessus pour une mise en œuvre opérationnelle à court terme.

### Des outils opérationnels

En gagnant en efficacité sur ces aspects très opérationnels, l'enjeu est de libérer du temps pour que les rédacteurs se concentrent sur l'essentiel, à savoir l'interprétation de la situation sanitaire et son évolution. Cela permet aussi de laisser plus de temps pour utiliser de nouveaux outils d'analyse (graphiques, tableaux, cartographies). Ainsi, à partir d'une interface web (Figure 6), les acteurs peuvent directement éditer les rapports mis à jour.



**Choisir la région et la date**

Aquitaine

Date d'édition du BSV 05/07/2016

Lancer les calculs et l'édition du rapport

En appuyant sur le bouton, les calculs sont lancés, ainsi que l'édition des rapports. Attention, cette étape d'assimilation des nouvelles données prend du temps (~2min).  
pas de date

**Anciens rapports**

[rapportVigne\\_2016-11-21\\_1349.pdf](#)

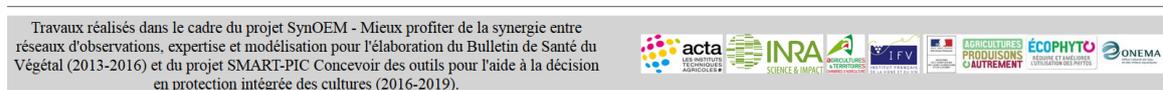


Figure 6. Interface web pour l'édition du rapport vigne, prévue pour 2017 en Midi-Pyrénées et Aquitaine

Ces rapports (Figure 7) contiennent beaucoup d'informations et sont destinés au travail de préparation du bulletin et discussion au sein de la cellule d'analyse. Néanmoins, certains éléments peuvent être repris dans l'édition du BSV comme cela a été le cas en région Centre ou en Midi-Pyrénées.

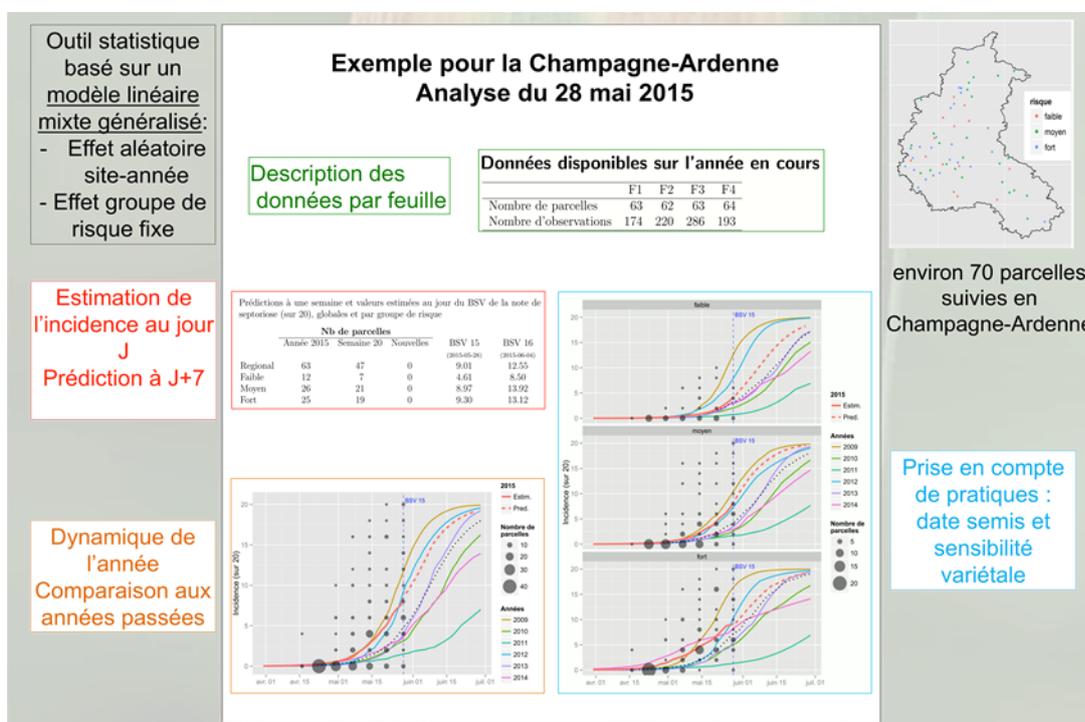


Figure 7. Extrait du rapport sur la septoriose du blé présentant l'analyse de la dynamique épidémiologique

On essaie également de présenter certaines informations sous la forme de tableaux très synthétiques (tableau de bord), mais avec également certains détails à disposition (Figure 8).

• Une synthèse

type	Semaine de l'édition	Semaine précédente
Témoin non traité	100%	75%
Référence traitée	86%	83 %

• Avec les détails

Nom de la Parcelle	Semaine de l'édition			Semaine précédente				
	date	MCF	MFF	MFI	date	MCF	MFF	MFI
CA_ ANGLARS_MA_TNT	29/06/2015	100	4.93	0.55	22/06/2015	99	3.04	1.02
CA_SAUZET_MA_TNT	29/06/2015	22	8.00	0.08	22/06/2015	2	0.01	0.01
CA_SAUZET_MERLOT_TNT	29/06/2015	20	4.00	0.05	22/06/2015	4	0.00	0.00
CA_SOTURAC_MA_TNT	29/06/2015	2	0.01	0.01	22/06/2015	0	0.00	0.00

Figure 8. Extraits du rapport vigne en Midi-Pyrénées utilisé en 2016

Cet outil est bien utilisé en routine par la Chambre d'Agriculture de la région Centre. Il est mentionné dans l'analyse de risque contenue dans le BSV hebdomadaire (Figure 9).

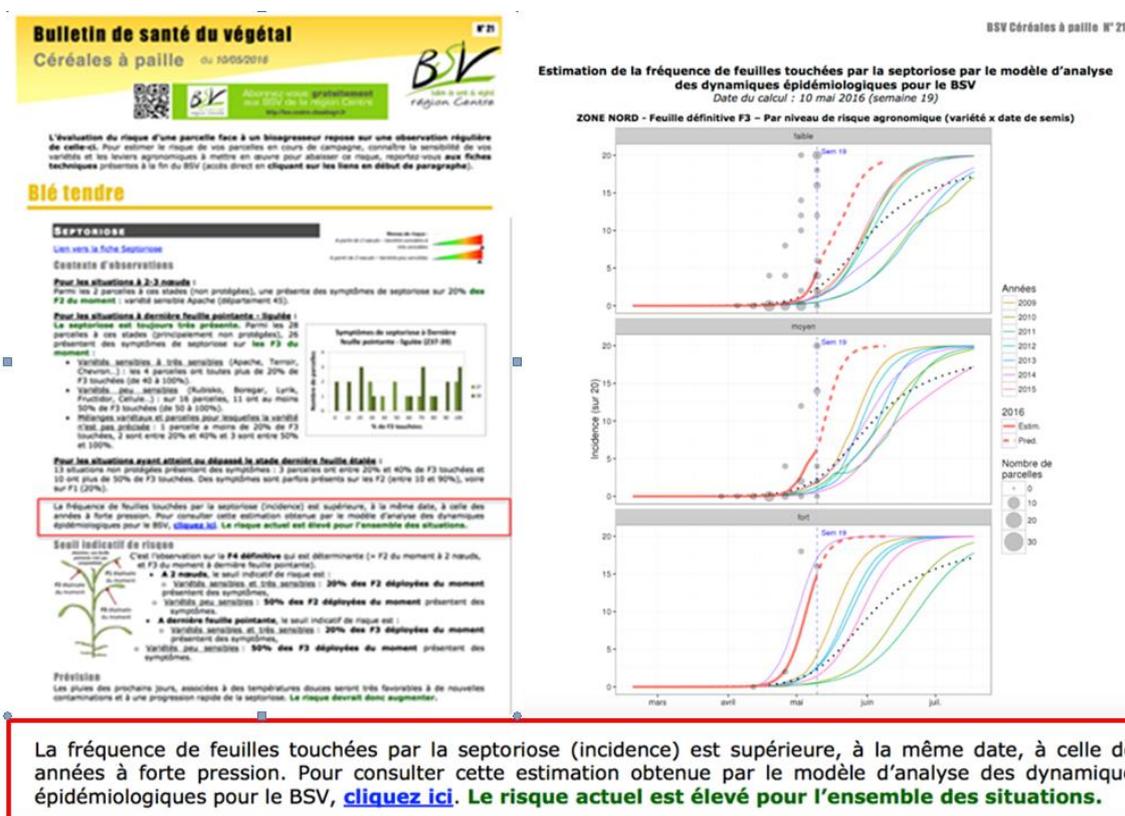


Figure 9. Extrait du Bulletin Céréales à paille du 10 mai 2016. A gauche : partie concernant la septoriose ; à droite : graphiques mis dans l'annexe du bulletin ; en bas : zoom sur la phrase d'analyse de risque citant l'outil

De l'analyse à l'outil final en passant par des tests des prototypes

Afin d'arriver à ces outils opérationnels, nous avons suivi les étapes suivantes :

1. Analyse par les acteurs du BSV partenaires du projet, afin d'évaluer l'intérêt d'un premier "prototype"
2. Testée sur les campagnes précédentes, afin de confirmer l'intérêt, d'évaluer les performances et d'améliorer la forme
3. Testée dans la campagne en cours par acteurs du BSV partenaires du projet en "Back Office", lors du travail de pré-rédaction
4. Présentée et testée auprès du comité de rédaction du BSV (quelques propositions)
5. L'objet d'un point en fin de campagne afin de garder les outils d'intérêt et de les améliorer, pour continuer à les utiliser sur les campagnes suivantes

6. Testée sur d'autres régions et sur d'autres problèmes sanitaires
7. Intégrée dans les systèmes d'information existants des filières, pour faciliter leur utilisation

D'autres travaux

Pour la Tordeuse de la Vigne, nous avons entamé une démarche similaire en cherchant à modéliser les pics de vol liés aux différentes générations et en confrontant ces résultats aux simulations du modèle biologique de développement. Il s'agirait de pouvoir corriger les décalages observés dans ces simulations pour les générations 2 et 3 grâce aux observations lors du premier pic (Figure 10).

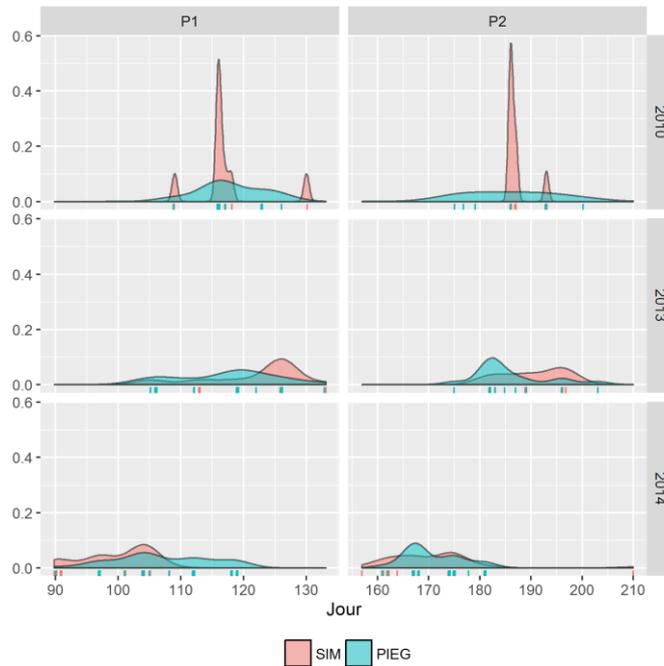


Figure 10. Distribution du jour de pic évalué à partir des piégeages (PIEG) et évalué à partir des simulations (SIM), par sous-période et par année.

Sur le Sclérotinia du Colza, nous avons cherché à modéliser les conditions météorologiques favorables au développement de la maladie basée sur des données horaires de température et d'humidité du couvert. Ce modèle permettrait de classer différentes situations selon le risque épidémiologique et d'identifier les conditions climatiques limitant ou favorisant l'infection (Figure 11).

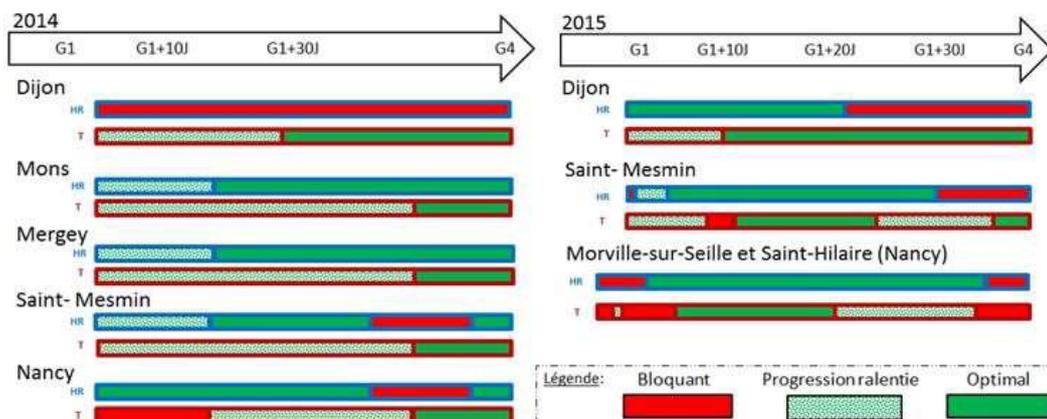


Figure 11. Schéma synthétisant les conditions météorologiques pour le sclérotinia en 2014 et 2015

Sur la septoriose du blé, la question de l'échantillonnage a également été abordée au travers d'une étude de l'impact d'une réduction du nombre de parcelles observées sur la qualité des prédictions (thèse de L. Michel).

Le projet a également contribué à la réflexion sur la question des données météorologiques nécessaires pour le BSV (Figure 12).

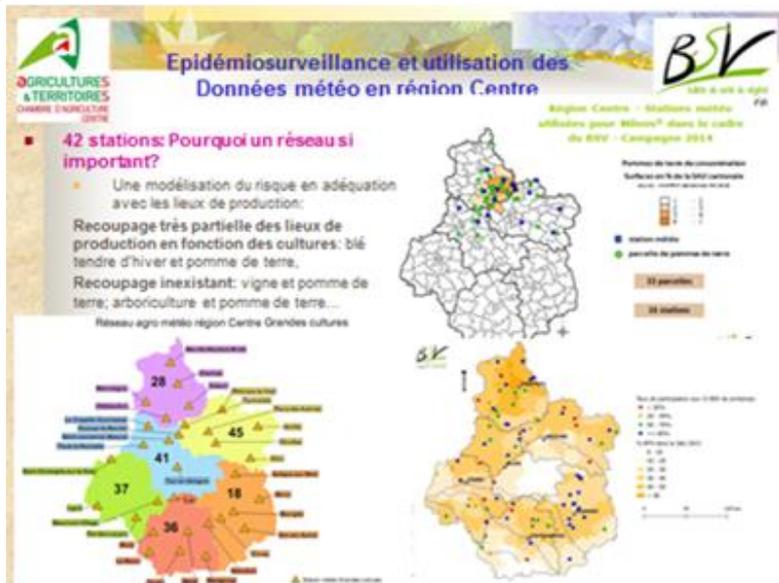


Figure 12. Extrait de la contribution aux rencontres nationales de l'agro météorologie 14-15 janvier 2015 organisées par Météo-France et à l'atelier « quelles données météorologiques pour le bulletin de santé du végétal ? » (Centre)

## Discussion et conclusion

Les différents indicateurs proposés et les modèles statistiques pour prédire les dynamiques épidémiologiques ont été choisis en fonction des caractéristiques des données disponibles, mais également de l'expertise des acteurs qu'il était possible de formaliser. La qualité prédictive de ces outils a été évaluée de manière rigoureuse afin de choisir la meilleure solution et de préciser leur domaine d'utilisation.

Il semble que ces informations permettent aux acteurs de mieux qualifier la dynamique de la maladie, notamment en la resituant par rapport aux années passées et en analysant la prédiction à court terme.

In fine, des outils opérationnels ont été déployés et utilisés dès 2015 par les acteurs du BSV sur le mildiou de la vigne en Midi-Pyrénées et la septoriose du blé en Champagne-Ardenne et Centre. Ces outils sont des applications web permettant aux acteurs d'éditer automatiquement un rapport à jour contenant un ensemble de graphiques et de tableaux lors de la rédaction du Bulletin hebdomadaire.

L'extension à d'autres régions et maladies est en cours.

#### **4. Contribution au plan Ecophyto (et à l'agroécologie)**

Ce projet avait pour objectif de fournir des outils opérationnels à destination des acteurs du BSV. Cela a été réalisé sur deux maladies majeures pour les cultures de blé et de vigne.

Pour le blé, l'outil web permet l'édition d'un rapport mis à jour contenant des tableaux et graphiques et centré sur l'outil d'analyse de la dynamique épidémiologique de la septoriose sur les 3 dernières feuilles. Il a été utilisé en routine et de manière autonome en 2016 (test en 2014 et 2015) par les acteurs du BSV de la région Centre et Champagne-Ardenne. En région Centre, l'utilisation de l'outil a été décidée par le comité régional (octobre 2015) et l'outil est utilisé systématiquement en période de risque et mentionné dans l'analyse de risque. Une partie des graphiques est même reprise en annexe du BSV diffusé. A noter que la mise en avant de l'effet du groupe du risque, c'est-à-dire de l'importance de la sensibilité variétale à la septoriose et la date de semis, va dans le sens de la sensibilisation des agriculteurs et leurs conseillers à l'utilisation de ces leviers agronomiques et de leur prise en compte pour moduler les traitements.

Pour la vigne, l'outil web permet l'édition d'un rapport mis à jour contenant des tableaux et graphiques sur la phénologie et le mildiou. Il intègre également l'outil d'analyse statistique de la dynamique épidémiologique et des cartographies valorisant cet outil. Il est utilisé en routine et de manière autonome en Midi-Pyrénées depuis la campagne 2016 (après des tests en 2014 et 2015). Certains éléments sont repris dans le bulletin lorsque cela illustre bien la situation. La nouvelle version pour 2017 prévoit l'extension à la région Aquitaine et aux autres maladies de la vigne (Oidium, Black rot, Pourriture Grise et Botrytis) et peut-être aux ravageurs. Cette nouvelle version s'appuie sur la mise à disposition des données d'EPICURE via la plateforme API-AGRO afin de faciliter l'interface de l'utilisateur qui n'a plus qu'à renseigner sa région et la date d'édition du BSV.

Pour les deux autres cas d'étude (colza et vers de la grappe sur vigne), les sorties opérationnelles n'ont pas été atteintes, mais comme cela a déjà été discuté en cours de projet avec le GER, il était difficile de mener de front l'ensemble des travaux. Néanmoins, les travaux sur le colza ont fait l'objet d'une valorisation partielle dans le cadre d'une communication scientifique. Pour le ver de la grappe, on a pu identifier des pistes intéressantes, mais il faudrait des travaux supplémentaires pour aller vers une sortie opérationnelle.

Par ailleurs, cette expérience a fait prendre conscience aux acteurs collecteurs de données que les données doivent être saisies dans la base de données le plus rapidement possible afin de les valoriser dans ces rapports et ainsi les prendre en compte de manière complète dans l'analyse de risque. Cela a également permis de sensibiliser ces acteurs à la question des erreurs de saisies ou d'échantillonnage qui prend une grande importance quand on commence à capitaliser dans le temps (années précédentes et dynamique de la campagne). Les collecteurs de données semblent également intéressés par ces rapports qui sont plus riches que le résumé contenu dans le BSV et valorisent ainsi leur travail de terrain.

L'extension à d'autres maladies et ravageurs est déjà demandée par ces acteurs qui doivent en effet réaliser l'analyse de risque sur l'ensemble des problèmes sanitaires. Nous pourrions répondre en partie à ces besoins, mais nos moyens post-projets sont limités. Pour la mise en œuvre de l'extension à d'autres régions et problématiques sanitaires, nous pensons que des moyens supplémentaires sont nécessaires. Nous avons eu l'occasion de présenter ces travaux et applications à la DGAL afin d'évoquer la suite à donner (18 décembre 2015) et à une réunion des animateurs interfilières des BSV organisée par l'APCA (10 mars 2016). Nous sommes preneurs de conseils et d'appuis pour que ce type de travaux visant à mieux outiller les acteurs du BSV puissent se poursuivre avec une dimension nationale.

Suggestions de contacts des acteurs du BSV pour demander leur avis :

- Non impliqués dans le projet
  - Anne-Laure Bourigault (APCA) [anne-laure.bourigault@apca.chambagri.fr](mailto:anne-laure.bourigault@apca.chambagri.fr)
  - Nicolas Lenne (DGAL) [nicolas.lenne@agriculture.gouv.fr](mailto:nicolas.lenne@agriculture.gouv.fr)
- Impliqués dans le projet (sur cas blé et vigne pour les outils opérationnels)
  - Barbara CICHOSZ (CRAMP) [barbara.cichosz@mp.chambagri.fr](mailto:barbara.cichosz@mp.chambagri.fr)

- Audrey Petit (IFV) Audrey.Petit@vignevin.com
- Danièle Simonneau (Arvalis) d.simonneau@arvalisinstitutduvegetal.fr
- Agnès Tréguier (Arvalis) a.treguier@arvalisinstitutduvegetal.fr
- Thierry Bordin (CRA centre) bordint45r@centre.chambagri.fr

## **5. Rapport financier**

voir Françoise Correia

*Annexe 1 – fiche de synthèse à diffusion publique*