

**AFPP – ONZIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES MALADIES DES PLANTES
TOURS – 7 AU 9 DÉCEMBRE 2015**

**QUELLES PISTES D'AMÉLIORATION POUR MIEUX VALORISER LES DONNÉES ET LES SIMULATIONS
DANS LE BULLETIN DE SANTÉ DU VÉGÉTAL ?**

F. BRUN⁽¹⁾, J. VESLOT⁽¹⁾, L. MICHEL^(1,4), B. CICHOSZ⁽²⁾, A. PETIT⁽³⁾, D. MAKOWSKI⁽⁴⁾

⁽¹⁾ ACTA – Instituts Techniques Agricoles, France, francois.brun@acta.asso.fr

⁽²⁾ Chambre Régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées, France

⁽³⁾ Institut Français de la Vigne et du Vin, France

⁽⁴⁾ INRA, UMR Agronomie, France

RÉSUMÉ

Le Bulletin de Santé du Végétal (BSV) fournit une information sur la situation sanitaire des cultures et son évolution des principaux risques phytosanitaires à partir des informations issues des réseaux d'observation, des outils de modélisation et d'expertise. L'analyse de ces informations sur plusieurs cas d'étude a permis de faire des propositions concrètes pour mieux valoriser les données d'observation et améliorer le couplage avec les autres sources d'information. Différents outils sont envisagés pour aider les acteurs du BSV à mieux exploiter les données d'observation et les sorties de modèles, et ainsi pour mieux formaliser la démarche d'analyse de risque. L'ensemble de la démarche, de l'analyse des pratiques actuelles à l'appropriation par les acteurs, est présenté et illustré sur le cas du mildiou de la vigne en Midi-Pyrénées.

Mots-clés : BSV, valorisation des données, mildiou de la vigne, modèles épidémiologiques, réseau d'observation, Surveillance Biologique du Territoire.

ABSTRACT

WHAT KIND OF TOOLS FOR GETTING MORE INFORMATION FROM DATA AND SIMULATION IN THE PLANT HEALTH BULLETIN?

In France, the Plant Health Bulletin ("Bulletin de Santé du Végétal") provides information on the evolution of the health status of crops for the major pests and diseases based on information from observational networks, modeling tools and expert knowledge. The enhancement of these different sources of information was analyzed on several case studies and concrete proposals are made to improve use of observational data and improve synergy between these sources of information. Different tools are envisaged to improve efficiency during routine analysis of data and simulations by actors and to formalize risk analysis. The approach, from the analysis of current practices to appropriation by the actors, is presented and illustrated with the case study of downy mildew on grape vine in Midi-Pyrenees.

Keywords: BSV, downy mildew on grape vine, modeling, observation network, disease monitoring.

INTRODUCTION

UN BULLETIN DE SANTE DU VEGETAL BASE SUR DIFFERENTES SOURCES D'INFORMATION

Le Bulletin de Santé du Végétal (BSV) fournit depuis 2009 une information sur l'évolution de la situation phytosanitaire des cultures, en remplacement des Avertissements Agricoles des anciens Services de la Protection des Végétaux. Ce dispositif collectif avec son réseau d'épidémiosurveillance adossé est piloté par la Direction Générale de l'Alimentation (Ministère de l'Agriculture) et mis en œuvre par les Chambres Régionales d'Agricultures avec ses partenaires de régionaux. Il a pour objectif d'apporter une information publique pour aider les agriculteurs et leurs conseillers à mieux connaître l'état sanitaire des cultures et son évolution, information utilisée pour mieux optimiser leurs interventions et ainsi contribuer à atteindre les objectifs du plan Ecophyto. Ce plan est par ailleurs en train d'évoluer vers Ecophyto II (version mise en consultation publique du 8 au 29 juin 2015, <http://agriculture.gouv.fr/Consultation-publique-ecophyto-2>) : le dispositif du BSV serait conservé, mais rénové afin d'en renforcer la capacité prédictive (Axe 1. Action 5: Rénover le Bulletin de Santé du Végétal).

Pour les principales filières de chaque région, un BSV est édité régulièrement, souvent hebdomadaire en pleine campagne. Aussi, le travail de collecte de données, de modélisation, d'analyse, d'interprétation et de rédaction représente une grande quantité de travail qui doit être réalisée, pour chaque édition, en un temps très court afin d'être fidèle à la situation du moment et à son évolution. Ces BSV s'appuient sur un réseau d'observation, des suivis biologiques en laboratoire, sur les résultats de modèles épidémiologiques lorsque c'est possible, et sur de l'expertise. Les réseaux d'observation collectent des informations qui servent de référence. Mais la couverture régionale et la représentativité de la diversité des pratiques et des environnements physiques sont souvent restreintes. Par ailleurs, leur utilisation actuelle ne permet pas de réaliser une prédiction du risque pour les semaines suivantes. De leur côté, les modèles, en représentant les processus de contamination, peuvent permettre d'estimer les risques au niveau régional plus tôt dans la saison, lorsque les symptômes ne sont pas encore observables, et de faire des prévisions d'évolution en mobilisant les prévisions météorologiques. Néanmoins, ces modèles sont loin d'être d'une fiabilité absolue. Enfin, l'expertise des acteurs de terrain est souvent mobilisée lors de l'analyse de risque, mais cette information reste peu formalisée. Pour aboutir au diagnostic complet et à l'analyse de risque inclus dans le BSV, les acteurs analysent et intègrent ces différentes informations pour chacune des problématiques sanitaires importantes faisant l'objet d'un suivi.

La collecte de données d'observation représente une grande part des moyens avec, au niveau national et toutes filières confondues, plus de 3 500 observateurs sur plus de 15 000 parcelles. Si ces données sont actuellement mobilisées pour élaborer les éditions hebdomadaires du Bulletin de Santé du Végétal et les bilans de campagne, on fait le constat (partagé avec les acteurs rencontrés) qu'il n'y a pas une exploitation systématique et formelle de toutes ces données et que globalement cette source d'information est peut-être sous-valorisée. Le premier enjeu identifié est de mieux exploiter ces données d'observations pour produire des indicateurs intelligibles permettant de mieux appréhender l'évolution temporelle et la dimension spatiale de la situation sanitaire.

Souvent seul l'information issue des observations ou celle issue du modèle est mise en avant, ou alors les deux types d'information sont mis en parallèle, sans être combinés pour le diagnostic. Le second enjeu est donc de mieux combiner toutes ces sources d'informations disponibles issues des réseaux d'observations, des modèles épidémiologiques, mais également l'expertise des acteurs.

Enfin, la démarche d'analyse de risque est peu ou pas formalisée et peut inclure une interprétation implicite. Ainsi, le troisième enjeu est de proposer aux acteurs du BSV des outils opérationnels pour mieux formaliser l'ensemble de l'analyse et rendre la démarche plus reproductible, plus explicite, moins subjective, notamment pour mieux intégrer les différentes sources d'information, et ainsi rendre l'analyse de risque plus objective.

Enfin, outre les progrès possibles les méthodes et outils, il faut prendre en compte l'aspect organisationnel, avec un BSV rédigé en très peu de temps par un comité rassemblant différents acteurs de la filière et compétences.

CONSTRUIRE DES OUTILS POUR LES ACTEURS DU BULLETIN DE SANTE DU VEGETAL

Dans ce contexte, le projet de Recherche et Développement "Mieux profiter de la synergie entre réseaux d'observations, expertise et modélisation pour l'élaboration du Bulletin de Santé du Végétal" (SynOEM, 2013-2016) 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 et à faciliter le passage des observations régionales à une information pertinente pour la prise de décision locale. Il s'agira d'explorer de proposer de nouveaux outils opérationnels d'appui à l'analyse permettant de mieux valoriser les réseaux d'observation, les modèles épidémiologiques, l'expertise des acteurs et les synergies entre ces sources d'information.

Les travaux de synOEM reposent sur quatre cas d'étude autour desquels tous les acteurs concernés seront mobilisés :

1. Mildiou de la Vigne en région Midi-Pyrénées.
2. Septoriose du Blé en région Champagne Ardenne. Les résultats détaillés sont présentés dans une autre communication du CIMA 2015 (Michel et al., 2015)
3. Sclérotinia du Colza en région Bourgogne.
4. Tordeuse de la Vigne en région Provence Alpes Côte d'Azur.

Porté par l'ACTA - Le Réseau des Instituts des filières animales et végétales, le projet synOEM rassemble différents acteurs du BSV, ingénieurs régionaux, modélisateurs et méthodologistes issus des partenaires suivants : Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV), ARVALIS - Institut du végétal, Terres Inovia (institut technique des producteurs d'oléagineux, de protéagineux et du chanvre), l'UMR d'agronomie de l'INRA de Grignon, les Chambres Régionales d'Agricultures de Midi-Pyrénées, de Champagne-Ardenne, de Bourgogne et du Centre, le Centre d'Information Régional Agrométéorologique (CIRAME).

A travers cette communication, les principales étapes de la démarche seront présentées et illustrées à partir des travaux concernant le Mildiou de la Vigne en région Midi-Pyrénées.

MATERIELS ET METHODES

LES POINTS CLEF DE NOTRE DEMARCHE

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.

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 rapport 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

leur preuve. 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.

RESSOURCES UTILISEES POUR LE DIAGNOSTIC

Pour la vigne en Midi-Pyrénées, nous nous sommes basés sur différents documents, mais aussi des échanges avec des acteurs du BSV :

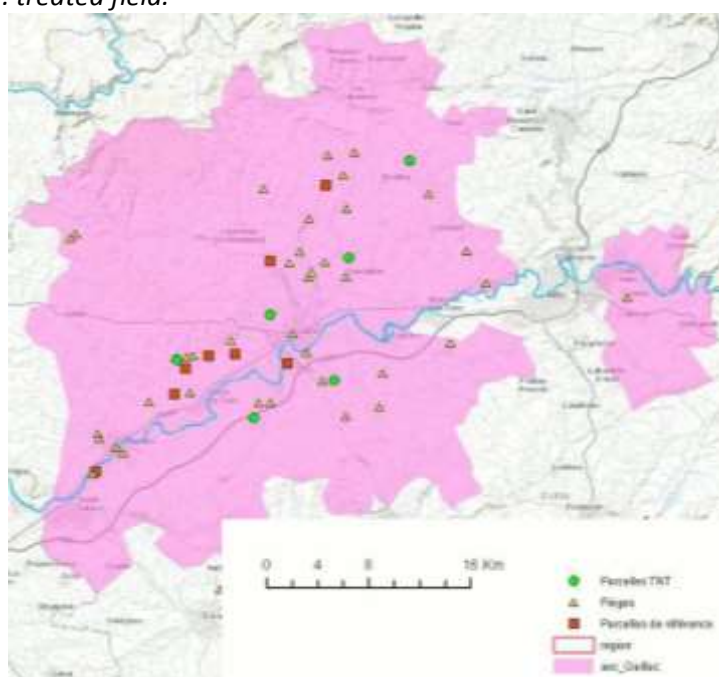
- Analyse des éditions de BSV pour la filière viticulture diffusées et disponibles en ligne, en particulier des éditions de 2013 des bulletins hebdomadaires et du bilan de campagne 2013 (CRAMP, 2013) ;
- Analyse des données d'observation (données saisies dans la plateforme EPICURE) ;
- Analyse des modèles utilisés et des simulations (fichier avec les simulations brutes et documents de synthèse hebdomadaires préparés par l'IFV) ;
- Participation aux séances téléphoniques de rédaction des BSV en tant qu'observateur (notamment en 2013, 2014 et 2015) ;
- Discussions régulières avec l'animatrice filière régionale et la responsable modélisation en 2013, 2014, 2015 pour confirmer le diagnostic, définir les travaux à mener et mettre à jour notre plan d'action.

DONNEES D'OBSERVATION

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

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

The observation network in 2013 Gaillac zone. Green circle : non treated fields. Red square : treated field.



MODELISATION DU MILDIOU DE LA VIGNE.

Deux modèles sont utilisés pour le mildiou. Le modèle Potentiel Système (Strizyk, 2006 ; Strizyk, 1981) fonctionne uniquement à partir des données météorologiques de pluie et de température. Un paramétrage local basé sur l'historique des données météorologiques disponibles assure son adaptation à l'échelle d'un vignoble ou d'une zone relativement homogène sur le plan climatique. Différentes variables sont exploitées pour le diagnostic et la prédiction. Pour la prédiction de la semaine à venir, l'IFV utilise les prédictions météorologiques et estime la quantité de pluie nécessaire sur la semaine (seuil de pluie) pour que le modèle prédise des contaminations de masse. Le modèle Milvit (MAGNIEN et al., 1991 ; Rouzet and Jacquin, 2003) est un modèle descriptif et quantitatif de la phase estivale du mildiou de la vigne. Il s'agit d'un modèle fondé sur une structure compartimentée étroitement calquée sur le cycle infectieux de *Plasmopara viticola*. L'indicateur de risque retenu est le nombre de spores disponibles pour la pollution de la vigne. Pour son fonctionnement, le modèle utilise la température, l'humidité relative et la pluie. L'essentiel de l'analyse de risque s'appuie sur les sorties de Potentiel Système, dont les résultats sont exposés dans le BSV, parfois en détails.

Milvit était l'outil utilisé « historiquement » par les services de la protection des végétaux pour la modélisation du risque de contamination par le mildiou dans les avertissements agricoles. Depuis leur transfert dans le dispositif d'épidémiosurveillance, les résultats de ce modèle Milvit sont sous exploités, faute de compétences suffisantes de la part de la cellule d'analyse régionale. Le transfert des modèles PV ne s'étant pas accompagné d'une formation suffisante pour assurer un transfert de compétences d'interprétation aux utilisateurs, des demandes de formations complémentaires sont formulées auprès de la DGAL.

Les données météorologiques utilisées par les modèles proviennent de stations météorologiques, de données radars et de prévisions météorologiques. Trois différents réseaux de stations couvrent la zone Midi-Pyrénées, avec une procédure de récupération des données semi-automatique depuis l'IFV de Lisle-sur-Tarn, avec au total 43 stations météo en 2013. A partir de la campagne 2014, les données spatialisées Antilope (avec les pluies issues des données RADAR de Météo-France) sont utilisées. En 2015, le réseau de stations a été optimisé par l'intégration de données radar sous la forme de « stations virtuelles ». Les prédictions météorologiques à l'échelle de la semaine sont fournies par Météo-France et d'autres fournisseurs.

RESULTATS

DIAGNOSTIC : DEROULEMENT ACTUEL DES COMITES DE REDACTION ET CONTENU DES BSV.

Pour chaque cas d'étude du projet, nous avons étudié l'élaboration actuelle du BSV afin d'identifier les besoins et les contraintes opérationnelles.

Pour la vigne en Midi-Pyrénées, le périmètre du BSV est particulier. La viticulture est relativement importante dans la région, mais localisée dans des vignobles présentant des caractéristiques pédoclimatiques et de cépages bien différents. Aussi, cette région a fait le choix de proposer des éditions distinctes pour chacune des zones (Fronton, Gaillac, Cahors-Lot, Gascogne-Saint-Mont-Madiran, Tarn-et-Garonne et Aveyron). Un accord inter-régions a rattaché le vignoble du Limousin à cette cellule et l'édition pour le raisin de table est aussi associée à ce comité de rédaction.

Il y a donc en tout 8 éditions pour la vigne coordonnées par la CRA Midi-Pyrénées. Ce dispositif s'appuie sur un partenariat régional multi-acteurs rassemblant 20 à 30 personnes (dont les observateurs) composé de la chambre régionale d'agriculture (CRA MP), des chambres d'agriculture départementales concernées, de coopératives, de négoce, d'organisations de producteurs (OP), du Service régional de l'alimentation (SRAL), du Centre d'Expérimentation Fruits et Légumes (CEFEL), de l'IFV pôle Sud-Ouest et de la FREDON.

En général, la veille du jour d'édition du bulletin (le lundi), les différentes informations issues des observations de terrain et des modèles sont collectées et consolidées, et une proposition de bulletin

pré-rédigé est envoyée au comité. Le comité de validation se réunit au téléphone le mardi matin, avec des créneaux de 30 à 45 minutes par édition se succédant toute la matinée. L'animatrice filière et la personne en charge de la modélisation participe à l'ensemble des réunions. Après ces réunions, les éditions validées sont ensuite diffusées par une mise en ligne sur les sites de la CRA MP et par mailing aux abonnés (viticulteurs, conseillers).

Le diagnostic et l'analyse de risque pour le mildiou constitue une partie importante du bulletin car cette maladie cryptogamique peut occasionner des dégâts importants en Midi-Pyrénées en cas de défaut de protection. Aussi, le comité de rédaction consacre du temps lors des phases à risque et s'appuie sur un réseau d'observation organisé pour chaque vignoble, des résultats de modélisation et des suivis biologiques. Sur cette maladie, on cherche à déterminer le début de la période de risque de contaminations pour la campagne, en évaluant la maturité des « œufs d'hiver » (forme de conservation) à partir de suivis en laboratoire et/ou par modélisation en début de campagne (période de fin avril-début mai). Puis, on évalue l'état sanitaire à un moment donné (date d'édition du BSV) et l'on fait des projections avec des prévisions d'évolution sur la semaine à venir en fonction des prévisions météorologiques, avec des simulations sur plusieurs scénarios de tendance proposés par l'IFV (médiane et extrêmes pour les précipitations) sur la période allant de début mai à mi-août. Enfin, un bulletin de bilan de campagne est également édité à l'automne.

Pour chaque vignoble, il y a eu au maximum 19 bulletins viticulture en 2013 (le premier le 18 avril 2013 et le dernier le 5 septembre 2013). La structure type du BSV hebdomadaire est présentée en Figure 2. Enfin un bulletin spécial est édité à l'automne, faisant le bilan de la campagne (hors-série, annuel intitulé "Bulletin de santé du végétal Viticulture - Bilan de la campagne").

Figure 2 : Organisation du Bulletin type du BSV Vigne en Midi-Pyrénées
Framework of the Plant Health Bulletin for vine in Midi-Pyrénées

Titre « BULLETIN DE SANTE DU VEGETAL MIDI-PYRENEES » avec sous-titre « Viticulture - Édition XXX (par exemple Gaillac) » et numéro et date de publication.
(A RETENIR). Encadré avec les éléments marquants.
MÉTÉO. Prévision de la semaine à venir. Eventuellement bilan des conditions météo précédentes (par exemple cumul des pluies hivernales).
STADES PHENOLOGIQUES. Table avec stades phénologiques par cépage.
DISPOSITIF D'OBSERVATION DE L'ANNEE (uniquement dans le premier bulletin de la campagne)
(problèmes sanitaires). Un point par maladie : EXCORIOSE, MILDIOU, OÏDIUM, VERS DE LA GRAPPE, ERINOSE, ACARIOSE, THRIPS, COCHENILLES. En fonction des actualités Éléments de biologie Situation au vignoble (Données de la modélisation) Évaluation du risque. Une phrase de conclusion de l'analyse.
Autres points : Note technique commune et Information réglementaire sous entête DRAAF ou DGAL
Mentions légales.

PISTES ET PROPOSITIONS D'OUTILS POUR AMELIORER L'ELABORATION DU BSV.

Suite à l'étude des pratiques et aux échanges avec les acteurs, plusieurs pistes d'amélioration ont été identifiées pour l'édition de la semaine (en cours de campagne), mais aussi pour le travail de bilan de campagne.

Valorisation des données d'observation

Un premier constat partagé est la sous-valorisation des données d'observation en cours de campagne pour la rédaction du BSV. Il s'agirait notamment de réussir à mieux profiter des observations du réseau actuel déjà enregistrées dans les bases de données pour avoir une analyse temporelle et spatiale de la progression de l'épidémie. Il faudrait également prendre en compte les interruptions dans l'observation des parcelles en cours de campagne lié à un très fort niveau de maladie (sur les TNT).

Valorisation des données de simulation

Le modèle est utilisé à la fois pour le diagnostic et la prédiction, avec différents scénarios de prévisions des niveaux de pluie. Plusieurs informations sont tirées de ces simulations comme l'identification des périodes de contamination et la prévision des sorties de symptômes ou l'évaluation du niveau de pluie nécessaire pour avoir une contamination la semaine suivante. Un travail de comparaison inter-sites et inter-années est aussi réalisé en bilan de campagne. Pour faciliter le travail des utilisateurs, une automatisation de l'extraction des informations est prévue. Il est aussi envisagé de revoir l'utilisation des scénarios de prévision météorologique.

Synergies entre observation et simulation

Les acteurs souhaitent mettre en regard le suivi par simulation des différents épisodes de contamination et des sorties de symptômes correspondants avec les observations des symptômes sur le terrain. L'intérêt étant de mieux apprécier la dynamique de maladie afin de mieux interpréter les sorties de symptômes observées ou de valider *a posteriori* la nature contaminante ou non d'un épisode prévu comme tel par le modèle (sous couvert des prévisions météo). Au final, cette lecture dynamique des épisodes contaminant peut également servir de base à l'analyse de la pertinence des interventions réalisées par les viticulteurs (analyse pouvant être réalisée *a posteriori* par les préconisateurs).

DES PROPOSITIONS ET DES PREMIERS RESULTATS

Différentes voies d'amélioration proposées ont été testées. Les principaux outils en cours d'appropriation sont présentés avec des illustrations de sorties correspondant à la campagne 2015.

Automatiser la chaîne d'analyse et proposer un tableau de bord

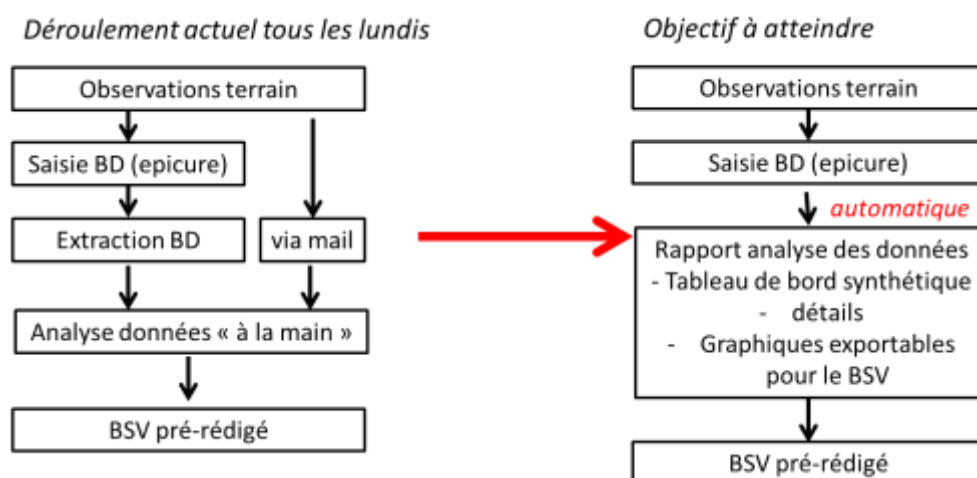
Un premier constat général sur l'ensemble des cas d'étude est que le temps disponible est très réduit entre la collecte des observations sur le terrain et la diffusion des éditions du BSV. Souvent, il se passe moins d'une journée entre les dernières observations sur les parcelles et la diffusion de l'édition 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 à différents niveaux : 1) faire en sorte que l'ensemble des observations remonte via ces outils, 2) inciter les observateurs à les saisir rapidement, 3) faciliter l'extraction, le traitement des données et la mise en forme automatique, 4) proposer des tableaux et graphiques d'analyse facilitant l'interprétation.

C'est notamment ce que nous proposons pour la vigne en Midi-Pyrénées (Figure 3). L'automatisation des extractions d'EPICURE, du traitement des données et de leur mise en forme 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 rapidement leurs observations dans l'outil EPICURE.

En gagnant en efficience 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. Cela permet aussi de laisser plus de temps à l'utilisation de nouveaux outils d'analyse.

Figure 3 : Des observations au BSV : situation actuelle et objectif visé.

From observation data to Plant Health Bulletin: current situation and goal.



Représentations de l'évolution temporelle de la situation sanitaire

Ici, on cherche à aider le rédacteur à se resituer par rapport à la semaine précédente, on propose par exemple, un tableau simple présentant l'état sanitaire de la semaine en cours en rappelant l'état de la semaine précédente (Tableau I). Le pourcentage de parcelles avec symptôme (parcelle présentant une fréquence de ceps atteints par le mildiou (MCF) différent de zéro) constitue un indicateur pertinent, surtout en début de campagne. Les acteurs nous ont aussi demandé d'avoir un accès facile aux détails des parcelles (Tableau II).

Tableau I : Pourcentage des parcelles présentant des symptômes de mildiou pour la semaine de l'édition (du mardi 30 juin 2015) et la précédente, pour le vignoble de Cahors.

Frequency field showing mildew symptoms for the week of publishing (Tuesday, June 30, 2015) and previous week for the Cahors zone.

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

Tableau II : Détails des variables mildiou (MCF : Fréquence de ceps présentant des symptômes (%), MFF : Fréquence de feuilles présentant des symptômes (%), MFI : Intensité sur feuille des symptômes (%) sur les parcelles Témoins non traités (TNT) pour la semaine de l'édition (du mardi 30 juin 2015) et la précédente, pour le vignoble de Cahors.

Details of mildew variables (MCF: vines frequency with symptoms, MFF: Frequency of, MFI: Intensity of symptoms on leaves) on the non-treated field for the week of publishing (the Tuesday, June 30, 2015) and previous week for the Cahors zone.

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

Situer l'année par rapport aux campagnes historiques

La caractérisation de la campagne en cours par rapport aux campagnes historiques est une attente forte des acteurs. Pour autant, si ce travail est déjà réalisé en bilan de campagne, il y a un intérêt à faire la comparaison aussi pendant le déroulement de la campagne.

Pour commencer, nous avons proposé une comparaison du développement de la vigne de la campagne en cours avec celui des campagnes précédentes, basée sur une représentation de l'évolution temporelle des stades phénologiques moyens (Figure 4). Cette représentation, si elle présente un certain nombre de limites (par exemple, pas de distinction des cépages), permet de rendre compte rapidement de la précocité de la campagne en cours. Ces graphiques sont déjà utilisés par les acteurs et diffusés dans certaines éditions.

Figure 4 : Représentation de l'évolution de la phénologie comparée aux années historiques. Extrait du BSV viticulture, Édition Gascogne – St Mont – Madiran, n°15, du 16 juillet 2015.

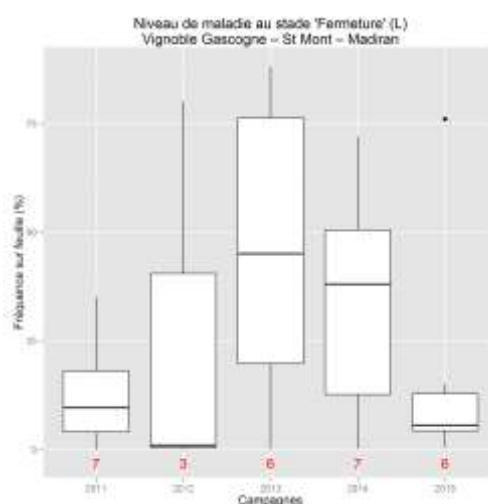
Representation of the evolution of phenology compared to historical years. Extract of Plant Health Bulletin for Vine, for the Gascogne – St Mont – Madiran zone, n°15, of July 16, 2015.



Concernant le mildiou, on propose d'estimer le niveau de la maladie à des stades clé du développement de la vigne. On peut alors comparer cet indicateur entre campagnes (Figure 5). Dans ce cas, on propose de représenter la variabilité importante associée à ces observations.

Figure 5 : Niveaux de mildiou (boîte à moustaches des fréquences sur feuilles en % avec représentation de la médiane, des 25^{ème} et 75^{ème} centiles et du minimum et du maximum,) au stade Fermeture (L) pour le vignoble Gascogne – St Mont – Madiran.

Mildew levels (box plot of frequency of leaves with mildew symptoms) at the stage closure (L) for the Gascogne – St Mont – Madiran zone.



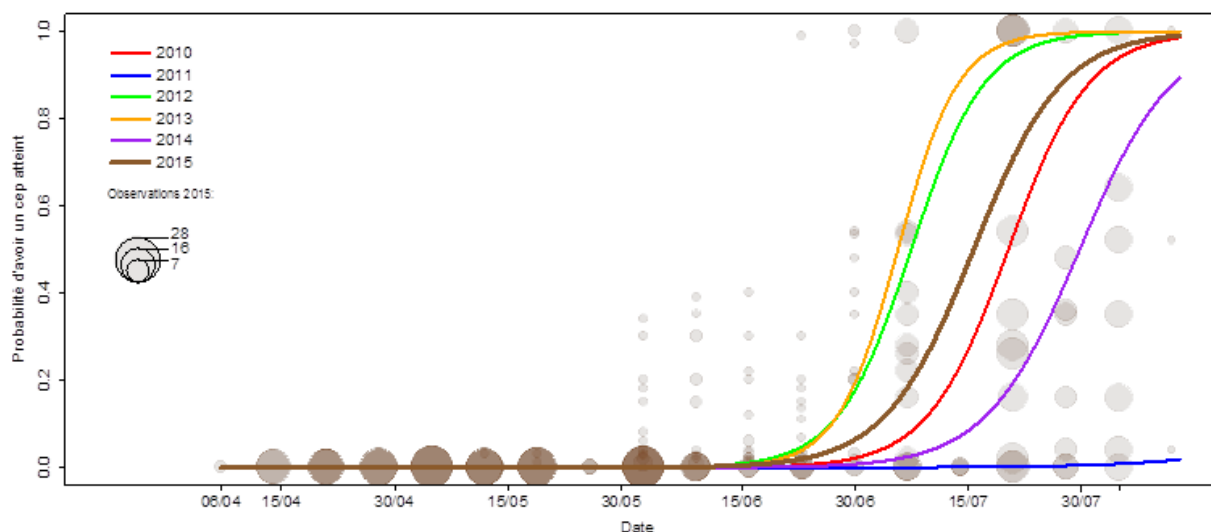
Outils statistiques pour décrire et prédire l'épidémie à court terme

Pour représenter à la fois la dynamique de l'évolution de la maladie et la comparer à celles des campagnes précédentes, nous proposons de modéliser ces dynamiques épidémiologiques avec des outils statistiques. Ces outils peuvent également permettre de prédire l'évolution à court terme (1 à 3 semaines) en cours de campagne.

Cette approche a été mise au point sur la septoriose du blé en région Champagne-Ardenne. La démarche et les résultats sont détaillés dans une autre communication du CIMA 2015 (Michel et al., 2015). Nous avons déployé la même méthode sur le mildiou de la vigne en Midi-Pyrénées sur le pourcentage de ceps atteints (variable MCF), avec un modèle linéaire mixte généralisé avec effet site-année (combinaison de la parcelle et de l'année d'observation) aléatoire et effet année aléatoire. Les estimations annuelles sont obtenues en utilisant les paramètres par années. Cette approche semble prometteuse (Figure 6). Nous devons encore aller plus loin pour évaluer la qualité de prédiction et préciser les possibilités d'utilisation en cours de saison.

Figure 6 : Estimation des dynamiques de la fréquence de ceps atteints par le mildiou sur les TNT, pour les données des vignobles CA, FR, GA, GSM et TG de 2010 à 2015. Les lignes correspondent aux prédictions du modèle statistique. Les cercles marrons représentent les observations dans ces vignobles pour l'année 2015 avec une taille proportionnelle au nombre de données collectées.

Frequency of infected vines by mildew estimated from 2010 to 2015 on non-treated fields for Cahors, Fronton, Gaillac, Gascogne-StMont-Madiran and Tarn-et-Garonne zones. Lines are for the predictions from the statistical model. Brown circles indicate observations collected in these zones in 2015 with size proportional to the data number.



Vers une combinaison entre observation et modélisation ?

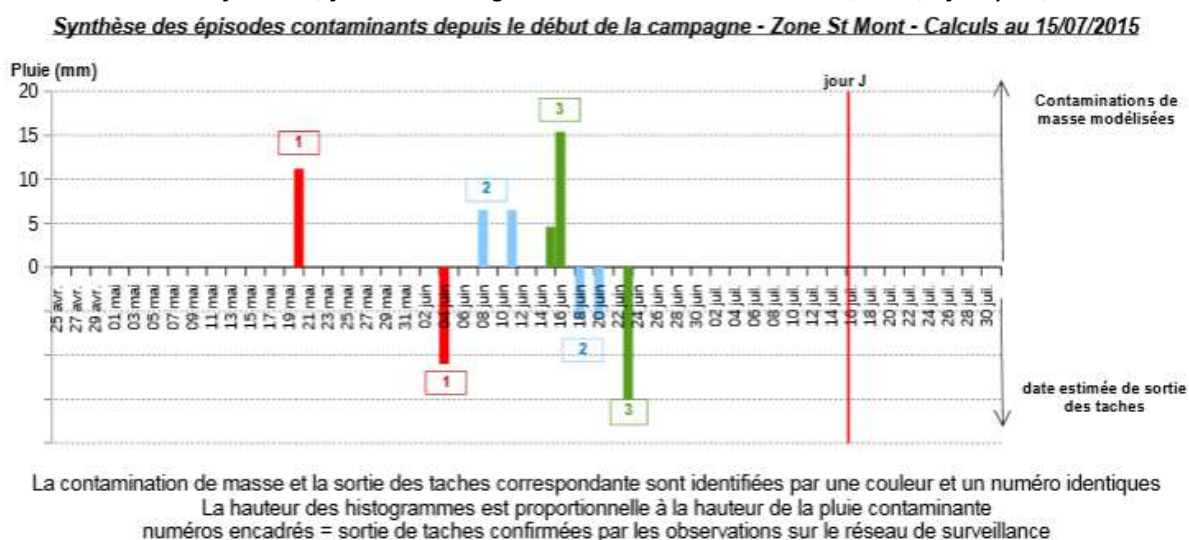
Différentes approches ont été explorées pour combiner de manière pertinente les informations issues des observations avec celles issues des modèles. Des premières pistes avaient été proposées lors d'une communication sur ce sujet à l'édition précédente du CIMA (Brun et al., 2009). Un des principaux problèmes est le fait que la nature des variables observées est souvent sensiblement différente de celle des variables simulées.

Sur le mildiou de la vigne, une validation en temps réel des épisodes de contamination de mildiou a été proposée et entreprise dans certains vignobles depuis 2014. Cela prend la forme d'un graphique représentant les infections et sorties de symptômes simulées par le modèle et d'une validation au fur et à mesure en fonction des sorties de symptôme. Ces graphiques sont diffusés dans certains BSV

(Figure 7). Pour le moment, la validation se fait à partir de l'interprétation des évolutions des observations et il reste à mieux formaliser cette procédure.

Figure 7 : Outils graphique de suivi des épisodes de contamination et de validation en temps réel. Extraction de l'édition du BSV Gascogne – St Mont – Madiran (Aquitaine et Midi-Pyrénées) n°15 du 16 juillet 2015.

Monitoring tool of contaminations and real time validation. Extract of Plant Health Bulletin for Vine, for the Gascogne – St Mont – Madiran zone, n°15, of July 16, 2015.



La question des données météo ?

Les analyses effectuées dans le BSV utilisent de manière substantielle des données météorologiques observées (de la campagne en cours et des données historiques), mais aussi des prévisions à l'échelle de la semaine. Elles sont interprétées directement ou mobilisées pour réaliser des simulations avec des modèles épidémiologiques. Les acteurs en charge de ce diagnostic se sont donc organisés pour acquérir les données avec des réseaux propres ou via des fournisseurs de données et à les utiliser. Différentes questions se posent autour de l'acquisition de ces données, de leur validation, de l'entretien des réseaux de stations, de l'utilisation en routine de ces données dans la chaîne d'analyse, notamment comme données d'entrée des modèles épidémiologiques, et la place des nouvelles données disponibles comme les données radar de pluviométrie et leur intégration dans la chaîne d'analyse. Ces questions ont fait l'objet d'un atelier lors des Rencontres Nationales de l'Agrométéorologie organisées par Météo-France les 14-15 janvier 2015 (<http://www.meteo.fr/cic/meetings/2015/agrometeo>). Les questions d'accès aux données météo ont également été abordées lors du séminaire Open Data en Agriculture (2nd édition) organisé le 7 janvier 2015 par le RMT Modélisation et Analyse de Données pour l'Agriculture (<http://www.modelia.org/moodle/course/view.php?id=63>).

La question d'accès aux données pourrait évoluer prochainement. En effet, la proposition actuelle du nouveau plan Ecophyto mise en consultation publique (juin 2015) mentionne : « Par ailleurs, sera étudiée la possibilité de donner aux réseaux régionaux de surveillance biologique du territoire l'accès libre et gratuit aux données météorologiques nécessaires à l'utilisation des modèles et à la prévision du risque ». Ce dossier qui préoccupe les acteurs des Bulletins de Santé du Végétal est donc à suivre !

La question des protocoles de collecte des données

Les différentes analyses de données d'observation, collectées sur ce cas d'étude et sur les autres du projet, ont également soulevé des questions concernant les protocoles. Si notre projet n'a pas pour objectif de les remettre en question, nous souhaitons partager quelques idées à ce sujet.

La première idée concerne la distinction entre données qualitatives et quantitatives. Les observations de terrains peuvent répondre à différents objectifs. Par exemple, en début de campagne, on cherche à estimer le début de l'épidémie. La recherche des foyers dans les parcelles est réalisée conjointement aux observations du suivi. Ces informations, de nature plus qualitative, pourraient être collectées séparément pour éviter tout biais dans le suivi. En effet la recherche du foyer peut conduire par exemple à accroître l'effort (nombre de ceps observés) ou à échantillonner de façon non aléatoire (en fonction d'un *a priori* sur la position du foyer). Il y a donc une réflexion à poursuivre avec les acteurs sur les protocoles d'échantillonnages au niveau régional et intra-parcellaire en fonction des différents objectifs visés.

APPROPRIATION PAR LES ACTEURS : DES TESTS EN COURS DE CAMPAGNE

Dans ce projet, nous avons adopté une démarche de prototypage nous permettant de conserver un équilibre entre exploration de nouvelles méthodes et finalisation des outils. Cela nous permet à la fois d'explorer de nouvelles pistes d'exploitation des données tout en fournissant les analyses sous une forme suffisamment finalisée pour permettre aux acteurs du BSV impliqués dans le suivi des différents cas d'étude de tester en temps réel, en cours de campagne, les prototypes d'outils.

Afin d'arriver à produire des outils opérationnels, on passe par différents niveaux de test et d'analyse. Ainsi, selon un investissement croissant, toute nouvelle proposition d'outil dans le projet est :

1. Analysée 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 les 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 (pour un nombre plus limité de 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.

Les prototypes sont élaborés avec le logiciel R, avec comme objectif d'aboutir à une procédure d'utilisation très simple permettant d'accéder à l'ensemble des graphiques ou tables, et éventuellement un rapport rassemblant ces éléments. Sous cette forme, on pense que les outils devraient pouvoir s'intégrer sans trop de problème dans les systèmes d'information des partenaires. Cette démarche nous a permis d'avoir directement un retour des utilisateurs, qui nous permet d'infléchir nos travaux, selon une véritable démarche de co-conception. Les utilisateurs peuvent également utiliser certaines sorties de ces outils, qui leurs semblent pertinentes, directement dans les éditions diffusées. Les critères pour une telle diffusion sont que l'outil soit déjà bien compris des rédacteurs et transparent, et que la sortie soit bien illustrative de la situation sanitaire.

A ce jour, en vigne, des sorties sur la phénologie illustrant la précocité de la campagne et sur la validation en temps réel des épisodes de contamination à partir des données de terrain ont été diffusées à de multiples reprises dans des éditions du BSV en 2014 (dès la première année du projet) et en 2015.

REMERCIEMENTS

Le projet de R&D SynOEM "Mieux profiter de la synergie entre réseaux d'observations, expertise et modélisation pour l'élaboration du Bulletin de Santé du Végétal" (2013-2016) est financé par l'Organisme National de l'eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) dans le cadre du plan Ecophyto et l'appel à projet Pour et Sur le Plan Ecophyto (PSPE1) soutenu par le Ministère de l'Agriculture. Il

bénéficie également d'une subvention pour le doctorat de Lucie Michel associée à ce projet de l'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT). Ce projet est mené dans le cadre du Réseau Mixte Technologique Modélisation et Analyse de Données pour l'Agriculture (www.modelia.org), labellisé et soutenu par le Ministère de l'Agriculture.

Nous remercions l'ensemble des partenaires acteurs des BSV nationaux et régionaux pour avoir facilité l'accès aux données et aux modèles, pour les échanges constructifs que nous avons eus avec eux et, enfin, pour les tests des différents outils sur les campagnes, dès la campagne 2014.

BIBLIOGRAPHIE

Brun F., Makowski D. et Piraux F., 2012. Comment combiner réseau d'observations, expertise et modélisation pour élaborer le Bulletin de Santé du Végétal ? AFPP – Dizième Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes. Tours – 3, 4 et 5 décembre 2012.

CRAMP, 2013. Ensemble des éditions viticulture des Bulletins de santé du végétal de Midi-Pyrénées. <http://www.mp.chambagri.fr/Bulletin-de-sante-du-vegetal-Vigne,1612.html>

MAGNIEN, C., JACQUIN, D., MUCKENSTURM, N., and GUILLEMARD, P. (1991). MILVIT: un modèle descriptif et quantitatif de la phase asexuée du mildiou de la vigne. Présentation et premiers résultats de validation1. EPPO Bulletin 21, 451–459.

Michel L., Decarrier A., Franche M., Bochu V., Benredjem K., Hugerot G., Simonneau D., Piraux F., Gourdain E., Veslot J., Makowski D., Brun F. (2015). Un outil d'analyse des dynamiques épidémiologiques pour le Bulletin de Santé du Végétal: application à la septoriose du blé. AFPP – Onzième Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes. Tours – 7 au 9 décembre 2015.

Rouzet, J., and Jacquin, D. (2003). Development of overwintering oospores of *Plasmopara viticola* and severity of primary foci in relation to climate. EPPO Bulletin 33, 437–442.

Strizyk, S. (1981). Modèle d'État Potentiel Infection: Application à *Plasmopara viticola*.

Strizyk, S. (2006). Potentiel Systeme Generalise chez la vigne. Décider dans l'incertain.