



**HAL**  
open science

## Ce que l'épidémiosurveillance apporte ou n'apporte pas encore à la moindre dépendance aux produits phytopharmaceutiques

Xavier Reboud, Alain Carpentier, Jean-Noël Aubertot, Stéphane Lemarié, Nathalie Dubois Peyrard, Nicolas Turenne, Catherine Roussey, Stéphane Couture, Vincent Cellier, Sabrina Gaba, et al.

### ► To cite this version:

Xavier Reboud, Alain Carpentier, Jean-Noël Aubertot, Stéphane Lemarié, Nathalie Dubois Peyrard, et al.. Ce que l'épidémiosurveillance apporte ou n'apporte pas encore à la moindre dépendance aux produits phytopharmaceutiques. *Innovations Agronomiques*, 2017, 59 (Août), pp.81-91. 10.15454/1.5138439824957573E12 . hal-01593199

**HAL Id: hal-01593199**

**<https://hal.science/hal-01593199v1>**

Submitted on 25 Sep 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## **Ce que l'épidémiosurveillance apporte ou n'apporte pas encore à la moindre dépendance aux produits phytopharmaceutiques**

**Reboud X.<sup>1</sup>, Carpentier A.<sup>2</sup>, Aubertot JN.<sup>3</sup>, Lemarié S.<sup>4</sup>, Peyrard N.<sup>5</sup>, Turenne N.<sup>6</sup>, Roussey C.<sup>7</sup>, avec la collaboration de Couture S., Cellier V., Gaba S., Sabbadin R., Cros M-J., Toquebeuf P., Bonroy O., Barbier J.M. et Charbonnier E.**

### **Synthèse et opinion sur la base du projet PSPE1 VESPA « Valeur et optimisation des dispositifs d'épidémiosurveillance dans une stratégie durable de protection des cultures »**

<sup>1</sup> INRA, UMR1347 Agroécologie, Pôle Ecologie des communautés et Systèmes agricoles durables, 17 rue Sully, F-21000 Dijon

<sup>2</sup> INRA, UMR SAS, 65, rue de Saint Briec, F-35042 Rennes Cedex

<sup>3</sup> INRA, UMR AGIR, Chemin de Borde Rouge, F-31320 Auzeville-Tolosane

<sup>4</sup> INRA, UMR GAEL, Université Grenoble Alpes, F-38058 Grenoble Cedex 9

<sup>5</sup> INRA, Unité MIAT, Chemin de Borde Rouge, F-31320 Auzeville-Tolosane

<sup>6</sup> INRA, UMR LISIS, 5, boulevard Descartes, Champs-sur-Marne, F-77454 Marne-la-Vallée

<sup>7</sup> IRSTEA, Centre de Clermont-Ferrand, 9 avenue Blaise Pascal, F-63178 Aubière

**Correspondance :** xavier.reboud@inra.fr

### **Résumé**

Par différentes approches (sémantique, économique, de modélisation), les équipes réunies dans le projet VESPA éclairent les différentes formes de contribution de l'épidémiosurveillance à la santé des cultures. Des valeurs d'information, de référencement, de pédagogie et d'entretien des compétences expertes en phytopathologie généraliste de terrain découlent assez directement de son existence. Bien que les calculs soient difficiles et entachés d'approximations, on conclut que l'épidémiosurveillance rapporte au minimum 4 à 5 fois plus qu'elle ne coûte, y compris en autorisant des réductions d'usage de produits phytopharmaceutiques. Ces apports relèvent toutefois majoritairement de l'optimisation rationnelle de la couverture des besoins de protection et elles ne peuvent à elles seules couvrir au mieux qu'une part des objectifs de réduction de la dépendance aux produits phytopharmaceutiques. Pour aller plus loin, il devient donc nécessaire que les messages d'alerte modulent le risque phytosanitaire en fonction des mesures prophylactiques prises et relaient l'efficacité d'une gamme élargie d'actions préventives.

**Mots-clés :** Epidémiosurveillance, Bulletin de santé du végétal, Constitution d'archives, Economie expérimentale, Aversion au risque et ambiguïté, Web-sémantique, Mesures prophylactiques, Plan de surveillance, Externalité des pesticides

### **Abstract: What monitoring brings or does not bring to the less dependency on plant protection products**

Through different approaches, the teams gathered in the VESPA project shed light on different facets of the contribution of monitoring to crop protection. Values of information, referencing, pedagogy and maintenance of expert competences in phytopathology arise directly from its existence. Although the calculations are difficult and approximate, it is concluded that the monitoring benefits are at least 4 to 5 times more than it costs, including the authorisation of the reduction of pesticide use. However, these

values mostly relate to the rational optimisation of the protection needs and they cannot only by themselves cover more than a quarter of the Ecophyto objectives of pesticide reduction. To go further, it becomes necessary that the warning messages modulate the risks of crop damages according to the prophylactic measures taken by farmers.

**Keywords:** Monitoring, Plant health bulletins, Archival compilation, Experimental economics, Risk aversion and ambiguity, Websemantics, Prophylactic measures, pesticide externalities

## Introduction

On reste en 2016 face à une apparente contradiction ; d'un côté certaines modalités de conduite de l'agriculture viennent apporter la preuve que l'on sait dans beaucoup de cas se passer des pesticides quand, dans le même temps, les volumes et la dépendance aux pesticides semblent avoir plutôt augmenté au cours des années. Dans son communiqué de lancement d'Ecophyto II, le ministère retient par exemple que le recours aux produits phytosanitaires a augmenté de +5,8% sur la période glissante de 2011-2013 à 2012-2014 (MAAF, communiqué de presse, 2014).

Si les pratiques des utilisateurs de pesticides ne sont durablement pas alignées sur l'intention collective, c'est sans doute que l'usage de pesticides génère des coûts qui ne sont pas directement à la charge de l'utilisateur. Différents travaux scientifiques évoquent la prise en charge par l'ensemble de la société des besoins engendrés de dépollution de l'eau (Bommelaer et Devaux 2011) et parfois des sols, les coûts éventuels sur la santé des applicateurs ou des consommateurs (Pimentel et al, 1992 ; Baldi et al. 1998), les impacts sur l'environnement à travers les effets induits sur la biodiversité non cible (Roussary et al, 2013), l'accroissement de dépendance future aux produits phytopharmaceutiques (Bourguet et Guillemaud, 2016). La société a donc tout intérêt à ce que les agriculteurs ajustent les usages à leur plus juste besoin. En ce sens les agriculteurs ambitionneront sans doute de partager cet objectif mais ils portent aussi la responsabilité de garantir une production et ils doivent donc décider au jour le jour des actions à conduire en avenir incertain pour maintenir leur objectif de quantité et de qualité des récoltes. Ceci génère un grand écart potentiel de point de vue (Carpentier, 2010) et donc de variations dans les modalités retenues de conduite des cultures (Bougherara et al., 2011).

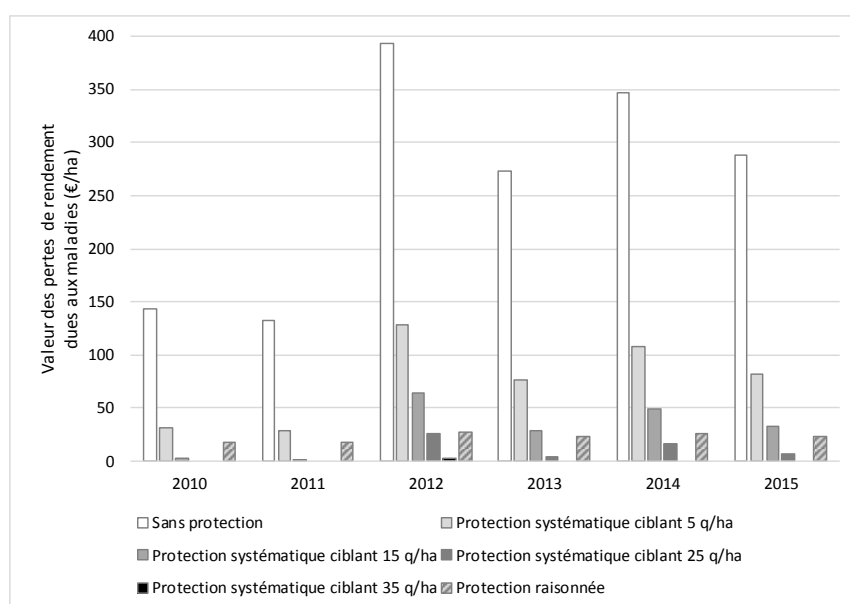
En étant missionné pour faire état des risques phytosanitaires encourus par les principales cultures, le réseau d'épidémiosurveillance du végétal se retrouve aux premières loges pour faire acquérir aux agriculteurs et conseillers une meilleure appréhension de la réalité des risques phytosanitaires et des impacts immédiats et différés de leurs pratiques. Via la fourniture de références, cet éclairage est susceptible d'assurer un accompagnement qui les aide à ajuster ou repenser leur stratégie de gestion des bioagresseurs au sein du contexte sociotechnique de leur exploitation, de leurs filières d'approvisionnement et de négoce, et de leurs territoires. Toutefois le cheminement entre les informations hebdomadaires issues de l'action de surveillance et l'ambition de changement rationnel poursuivit en s'inscrivant comme un axe majeur du plan Ecophyto II, n'est pas encore terminé. Il semble donc important d'éclaircir le rôle et l'articulation de l'épidémiosurveillance aux pratiques de protection des plantes.

## 1. De la difficulté à quitter un paradigme qui marche

Les approches de microéconomie sont susceptibles de venir éclairer les raisons de privilégier telle ou telle option de recours aux produits phytopharmaceutiques (Bourgain et Llorens, 2013). Une partie du travail réalisé au cours de VESPA consistait notamment à relier de manière analytique le coût de l'ensemble des interventions de protection à l'espérance de maintien du rendement et de la qualité de la récolte sous différentes prévalences d'épidémies, cours des intrants et des denrées agricoles, objectifs de rendement, efficacité des traitements, etc. Selon les plages de paramètres résumant différentes

situations retenues, il est alors possible d'objectiver *via* la comparaison des performances résultantes respectives, les choix entre, par exemple, trois options contrastées d'intervention phytosanitaire. La première prévoyant un traitement relativement systématique, la seconde une approche raisonnée au plus juste et la troisième une stratégie d'intervention minimaliste privilégiant les impasses. Toutefois très peu de données sont ensuite disponibles dans la littérature scientifique ou technique pour réaliser des analyses *ex post* de la pertinence des conduites retenues dans des situations réellement rencontrées. Les rares données dont on dispose pour étayer les conséquences économiques sont disjointes et morcelées. Elles donnent les pertes de rendement constatées sur les témoins non traités, le bilan de recours aux produits phytopharmaceutiques au sein d'un réseau suivi de fermes et une estimation d'un coût moyen d'intervention, sans que ces différents éléments s'appliquent à une même situation ou au cours d'une même campagne. On en est donc tenu aux quelques conjectures que l'on a pu illustrer en partant de l'exemple de gestion du risque de maladies fongiques applicables sur une parcelle de blé tendre. Sur l'exemple retenu, nous avons calculé que l'écart entre traiter et ne pas traiter s'établissait autour de 20 euros là où le risque de perte économique due aux dégâts pouvait s'échelonner au-delà de 90 euros pour environ deux années sur trois. Les programmes de protection les plus stricts contre les agents pathogènes ressortent en moyenne légèrement moins rentables mais ils sont également les plus sécuritaires car ils éliminent au mieux le risque de subir des pertes économiques importantes. Leur efficacité respective dépend donc de la prévalence des situations à risques et de l'écart entre coût de l'intervention et la réalité de la protection apportée. Dans ce contexte, disposer d'information sur le risque s'avère un moyen d'ajustement *a priori* précieux.

Une seconde série de calculs visait à quantifier les bénéfices économiques engrangés par la consultation des alertes ou toute source d'information avant de prendre une décision. Nous savons que cette ambition demeurerait essentiellement spéculative dans la mesure où l'articulation des décisions prises à l'évaluation des risques telle que peut le proposer l'épidémiologie, n'est actuellement pas tracée. Nos travaux soulignent la grande sensibilité des choix jugés optimaux aux fluctuations des cours, aux variations saisonnières ou locales d'exposition aux épidémies ou encore au contexte des autres risques phytosanitaires. Pour gagner en fiabilité, il est alors nécessaire de conduire la confrontation à un jeu de données étalé sur plusieurs campagnes pour intégrer et moyenniser ces fluctuations. La Figure 1 illustre les variations de perte de rendement constatées sur une période de six ans.



**Figure 1** : Valeur des pertes de rendement dues aux maladies du blé tendre (€/ha) subies sur la période 2010-2014 selon différentes options de protection fongicide retenue exprimées en quintaux. Prix du blé à 16 €/q calculé d'après les données d'ARVALIS-Institut du végétal ainsi que Maupas 2015.

Cas fictif mais sans doute proche de la réalité, cette illustration numérique souligne bien quatre points majeurs :

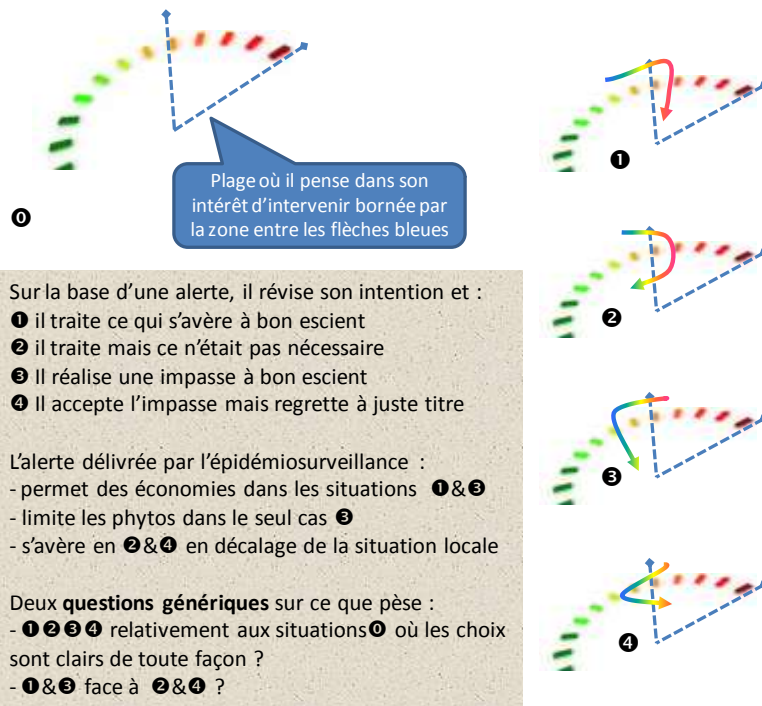
- Sans tenir compte des actions préventives éventuellement retenues, la projection des pertes encourues varient beaucoup d'une année sur l'autre. L'agriculteur doit tenir compte de cette hétérogénéité s'il veut optimiser ses décisions.
- Si d'autres éléments d'externalité ne sont pas pris en compte dans la balance et que le seul effet recherché porte sur la cible fongique visée, les fongicides sont d'un très bon rapport qualité prix pour l'agriculteur. C'est ce que l'union des producteurs de produits phytopharmaceutiques rappelle fréquemment.
- Le réalisme de l'agriculteur le conduit à retenir la solution la plus en phase avec les attentes du marché qui souhaite disposer d'une production abondante et saine, ainsi que de sa volonté de garder son exploitation la plus rentable possible dans le respect de la réglementation.
- S'il n'est pas envisagé, au moins de manière transitoire, des changements majeurs en termes d'objectif de rendement (et donc de retombées sur le prix pour les consommateurs), d'intégration des externalités pouvant donner lieu à une subvention compensatrice en cas d'évitement, de réforme de la taxation couplée à une éventuelle redistribution auprès des plus vertueux, la marge de manœuvre restante est réduite à aider l'agriculteur à faire, si possible, l'impasse sur le plus de traitements.

## 2. Résultats obtenus

### *2.1 En orientant les choix d'intervention au plus près du besoin, l'épidémiosurveillance conduit à des retombées économiques plus larges qu'elle ne permet de réduire l'usage des pesticides*

Il est possible de préciser les termes de l'alternative en comparant les situations où l'agriculteur utilise un signal d'alerte avant son intervention à la situation où il se fie à son propre jugement sans le croiser avec des sources extérieures. L'écart entre ces deux situations est ténue car il y a de grandes plages où les décisions seront les mêmes avec ou sans confrontation à une vérification plus factuelle.

Comme illustré dans la Figure 2, les différences consistent à estimer les gains correspondant aux situations où le praticien a été conduit à changer sa décision. Le premier cas recouvre les situations où du fait de bonnes nouvelles reçues (et avérées exactes par la suite), il a pu décaler puis suspendre une décision de traiter alors qu'il comptait initialement intervenir. Le second cas recouvre la situation symétrique où le message d'alerte a pu lui éviter une erreur de diagnostic et l'amener à intervenir alors qu'il pensait initialement ne pas avoir à le faire. Pour que ces deux cas soient estimés au plus près, il serait nécessaire de se plonger dans les séries statistiques sur quelques années pour voir combien de fois de telles situations ont pu se produire.



**Figure 2 :** Représentation schématique des choix d'intervention d'un agriculteur face à un risque sanitaire d'ampleur variable à travers différents cas de figures où une alerte externe peut le conduire à reconsidérer son action.

Nous ne disposons pas de tels jeux de données, au mieux nous pouvons estimer que la fréquence de tels évènements concerne une année sur trois. Si on accepte cette approximation alors la suite du calcul est assez directe et se résume à extraire un gain moyenné autour de 7 € par hectare et par an. De plus, si nous supposons que le blé tendre est représentatif d'autres cultures, l'épidémiologie, en situation tactique en saison, doit permettre une économie financière annuelle aux agriculteurs autour de 50 millions d'euros. Du fait que l'épidémiologie peut permettre des impasses mais aussi susciter des interventions quand elles se justifient par un risque phytosanitaire élevé, la réduction permise de produits phytopharmaceutiques par l'épidémiologie est plus réduite que sa contribution financière. Pour la période suivie, elle a permis dans notre cas factice d'économiser 0,4 IFT par hectare et par an. Rapporté au 3,5 IFT appliqués en moyenne, l'épidémiologie ne vient couvrir qu'un quart environ de l'objectif de réduction de 50 % des produits phytopharmaceutiques à l'horizon 2025. Il y aura donc d'autres changements à envisager que simplement aider à conditionner les usages sur la réalité des besoins de protection. Pour autant, l'épidémiologie ressort bien comme un levier d'ajustement des besoins en phytosanitaire et concourt ainsi à l'objectif d'une moindre dépendance (Butault et al., 2010).

Etant donné qu'il est relativement aisé d'amener les agriculteurs à mettre en œuvre des interventions de protection, le rôle du BSV sera d'alerter les agriculteurs en cas d'infestation mais également, et peut-être surtout, à attirer leur attention sur les impasses possibles en matière d'intervention de protection. Ce point est d'ailleurs explicitement soulevé par Escoffier et Mélix (2011a et 2011b) et Champion (2016).

## 2.2 L'épidémiologie, comme référence d'apprentissage pour se forger une opinion globale.

En situation incertaine devant déboucher sur une décision, chacun cherche à se forger une opinion et à éventuellement en renforcer le bienfondé en croisant différentes sources. Les économistes décrivent cette action par la réduction de l'« ambiguïté », l'avenir reste incertain mais la gamme d'incertitude est

mieux maîtrisée, c'est-à-dire que l'incertitude reste identique mais sa variance est réduite. Les approches d'économie expérimentale, comme il a pu en être menés au sein du projet VESPA, ont permis d'enregistrer les préférences décisionnelles pour des personnes placées en situation de choix présentant plus ou moins d'ambiguïté. Avec un protocole expérimental *ad hoc*, dans une série de situations, la valeur que les gens attribuent de manière souvent implicite à une réduction de l'ambiguïté a pu être extraite. Appliqué au cas de l'épidémiosurveillance, nous avons considéré dans VESPA que la lecture d'un message venait ou non conforter l'opinion d'un agriculteur pour décider de son choix d'intervention. Sur un jeu de données de près de quatre-vingts réponses mélangeant à part égale des agriculteurs (des réseaux DEPHY) et des étudiants, cette étude a pu déboucher sur quelques clarifications. Tout d'abord, un résultat établi en économie agricole a été conforté : les agriculteurs seraient moins averses à l'ambiguïté que le reste de la population (Grassmann, 2014 ; Dimmock et al., 2015) ce qui est cohérent avec le fait qu'ils ont appris à vivre et développer leur activité dans un milieu d'incertitudes d'origine climatique, économique ou biologique. Ensuite, il est ressorti de ces cas d'études que la propension à payer pour réduire l'ambiguïté ressort comme pouvant se voir attribuer une valeur comprise entre 2 et 3€. Multiplié par le nombre de message réalisés, cette contribution à clarifier les risques représente donc une somme d'informations de grande valeur. Cette réduction d'ambiguïté s'avère importante non seulement pour gérer les décisions en cours de saison mais aussi pour réévaluer de manière générale les risques de maladies dans le contexte local de l'agriculteur ou du conseiller. Il y a donc des implications d'ordre stratégique étalées sur le moyen-long terme qui relèvent de ce qui pourrait être qualifié de support d'apprentissage. Pour l'épidémiosurveillance, cela implique d'être vigilant sur l'information fournie afin de ne pas dégrader la confiance des agriculteurs et des conseillers pour cette source. Un réseau d'épidémiosurveillance est tenu à la rigueur, à l'humilité et l'expression du doute ainsi qu'au maintien de son expertise. Logiquement quand la situation reste incertaine (ambigüe) ses messages incitent en premier lieu les acteurs à se rendre sur les parcelles pour mener leur propre constat.

De plus, un réseau d'épidémiosurveillance permet de requalifier les observations dans un référentiel étendu couvrant plusieurs situations et saisons. Le projet PSPE1 Synoem (Michel, 2016) a aussi travaillé cet aspect et il conclut qu'une part de l'information garde de sa pertinence d'une semaine sur l'autre, voire d'une année sur l'autre. A titre d'exemple, la dynamique épidémique une fois déclarée peut suivre des trajectoires très similaires, auquel cas la question majeure se concentre sur la date à laquelle l'épidémie se déclare plutôt que sur son suivi en saison finalement assez prévisible. De même, en classant l'année en cours par rapport aux années précédentes, chacun peut plus facilement se rappeler ce qu'il avait alors fait et donc programmer au plus juste les impasses ou nécessités d'intervention. Ainsi le fait même de diffuser une information régulière, à grande échelle et relativement standardisée devient un support de première importance pour stabiliser les perceptions du risque phytosanitaire de toute une population d'acteurs. Il semble assez difficile de chiffrer ce que représente cette possibilité parmi d'autres, de réévaluer la perception probabiliste que chacun se fait des risques phytosanitaires encourus.

Sur le principe que l'épidémiosurveillance doit capter des informations dont la valeur s'estomperait peu à peu avec le temps (ou en s'éloignant du point suivi) mais ne devenant pas abruptement nulle, nous avons ébauché une approche par simulation qui explore comment la profondeur des informations prises en considération pour définir le risque peut accroître la performance de la prévision (Aubertot et al., 2016). D'un point de vue conceptuel, on peut synthétiser la rationalité de l'effort d'épidémiosurveillance mesuré à travers le bilan phytosanitaire résultant des alertes et des interventions venues juguler ou amoindrir une épidémie dans ces différentes phases avant déclenchement, à des stades précoces ou plus tardifs de la dynamique épidémique. Si l'usage d'une variété résistante est apparenté à un programme de gestion des infestations par des pesticides, ce cadre d'analyse est aussi susceptible d'ouvrir sur les stratégies de plan de surveillance et de déploiement des résistances variétales, un pont rarement établi et exploré.

### 2.3 L'épidémiologie entretient l'expertise en phytopathologie généraliste en région

Du fait même de réunir des experts de manière hebdomadaire pour dresser le contour des risques majeurs sur la période en cours, les observateurs - rédacteurs se retrouvent à assumer une responsabilité morale qui est précisément utile pour peser le pour et le contre, donner les informations au plus juste (informations forcément fragmentaires), le plus en amont du développement des épidémies. Se faisant, on entretient une capacité de compétence en phytopathologie auprès d'un public élargi. Ces dernières années, près de 4 000 personnes ont contribué à la rédaction des bulletins sur la base d'une interprétation des sorties de modélisation et d'observations réalisées dans plus de 15 000 parcelles. Il n'existe pas d'équivalent pour qualifier l'effort d'entretien des compétences que cela représente mais il peut être souligné que cela recouvre pour les productions végétales, ce que le réseau des vétérinaires est à l'élevage. Alors qu'il y a des écoles de formation vétérinaire et des officines, il n'y a que peu de formations de phytopathologie. Celle-ci s'acquiert donc pour une part sur le terrain par un apprentissage transmis progressivement en faisant partager une expertise. Sans trop caricaturer, l'épidémiologie est donc tout simplement le premier outil de maintien des compétences en phytopathologie de terrain dans notre pays.

#### **2.3.1 Dépasser l'optimisation par la connaissance, en qualifiant dans les messages l'efficacité des mesures prophylactiques à même de moduler le risque phytosanitaire.**

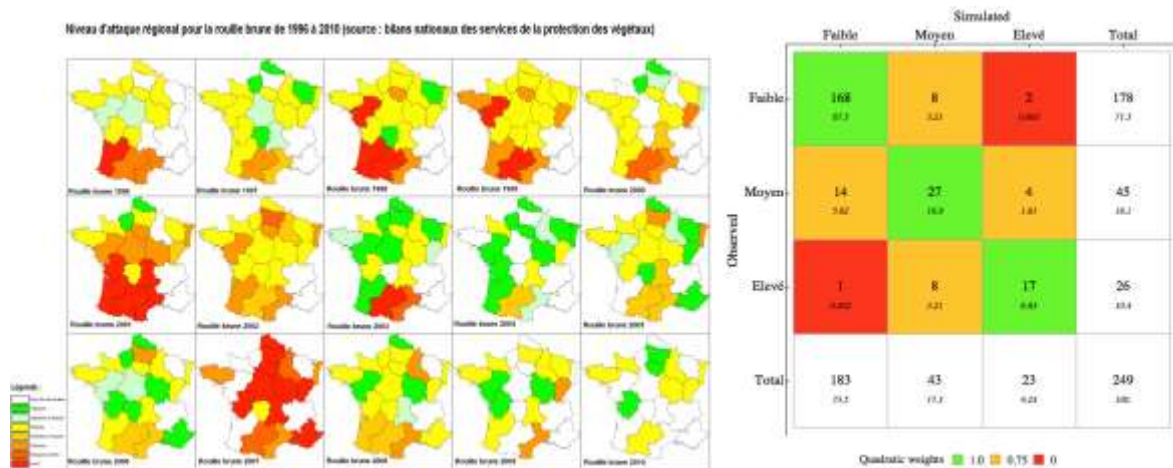
Le contenu des messages est important, si les messages ne dressent une évaluation du risque que sur la base de données météorologiques cela signifie en miroir que les mesures individuelles prises à travers le choix des pratiques faites pour réduire voire, effacer le risque, n'ont que peu d'effet sinon il faudrait en rendre compte. Si les mesures prophylactiques sont efficaces alors le risque doit être modulé en fonction de ce qui a pu être fait en amont. En effet, les mesures agronomiques dont les dates de semis et le programme de fertilisation, les choix variétaux, les précédents culturaux et d'interculture, l'environnement parcellaire, l'observation de la présence d'auxiliaires, etc. et les facteurs étudiés par les pathologistes et jugés susceptibles d'affecter les risques épidémiques, méritent tous, à des degrés divers, de figurer plus systématiquement dans la modulation de l'alerte relayée par un message dans le bulletin de santé du végétal. Tous ces éléments devront plus systématiquement devenir partie prenante des référentiels à établir ou conforter. En cela l'épidémiologie participera activement à faire évoluer les paradigmes dominants et les pratiques associées.

#### **2.3.2 Valeur d'archive à des échelles larges dans l'espace et dans le temps pour la modélisation**

En dehors de son action d'alerte, un réseau d'épidémiologie relativement unifié dans son vocabulaire, ses codes et ses méthodes d'investigation, y compris par recours à la modélisation vient apporter des séries de données longues et donc permet de paramétrer des modèles. Cet apport devient sans équivalent dès lors que l'on s'intéresse à des échelles larges d'espace car ce sont les situations pour lesquelles on ne dispose plus de variations et de répétitions si tous les points échantillonnés sont sous la dépendance d'une action d'ordre régional à l'échelle de la saison culturale (telle qu'une pluie généralisée de propagules). Une compilation sur plusieurs régions et plusieurs années permet de générer une variation exploitable en support de la modélisation. Ceci peut être illustré à travers l'exemple de la modélisation des épidémies découlant de l'exploration des variations interannuelles et inter-régions pour la rouille brune du blé. Sur la partie gauche de la Figure 3, les cartes illustrent l'hétérogénéité des situations rencontrées tout en suggérant la persistance d'effets régionaux opposant le nord au sud, ainsi que de forts effets « année ». Le niveau observé pour une année et une région donnée devient une donnée élémentaire d'un référentiel élargi exploitable pour le paramétrage de modèle. La partie droite de cette même Figure 3, représente la matrice de confusion d'un modèle épidémiologique simple, utilisant en variables d'entrée uniquement quelques indicateurs climatiques (précision de 85%). Contrairement aux modèles épidémiologiques « classiques » sur le pathosystème, les variables qui ont été sélectionnées sans *a priori* par un algorithme CART portent pour partie sur la



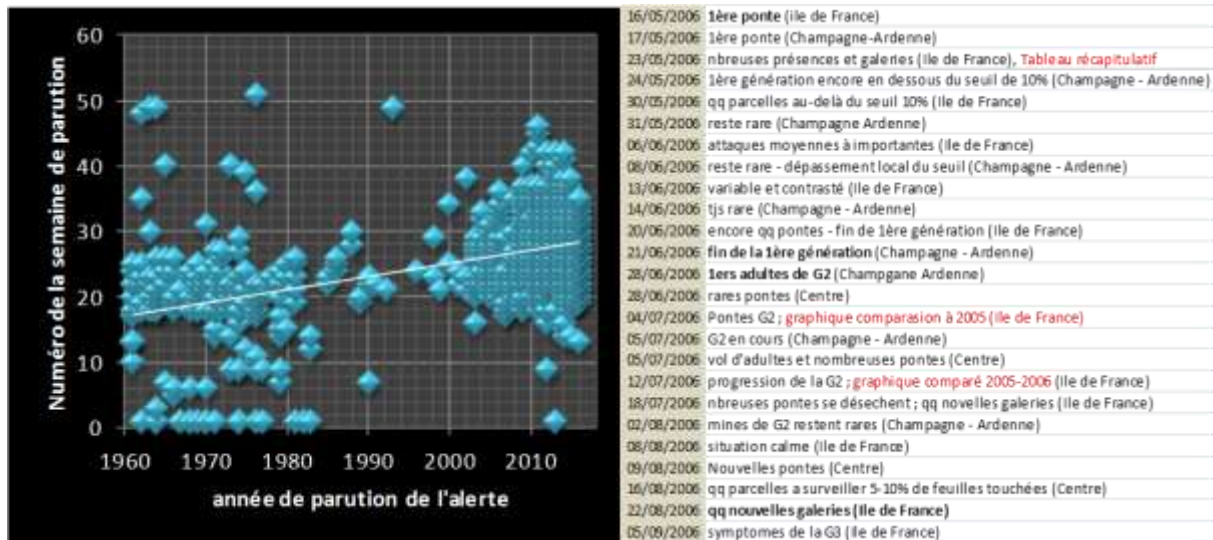
période estivale de l'année précédente. Ceci indique l'importance épidémiologique du « green bridge » pour un agent pathogène biotrophe strict (après la récolte, le pathogène ne peut survivre que sur des repousses). Il est assez remarquable que de telles conclusions, relativement fines, puissent être tirées de données qualitatives de faible résolution spatiale (la région). Une étape supplémentaire consisterait à étendre l'analyse au-delà du climat pour intégrer d'autres covariables modulant le risque phytosanitaire. Il serait pertinent que le taux d'adoption des mesures prophylactiques, la caractérisation à large échelle de l'environnement biotique des cultures, la part de la culture dans l'assolement, ou la connaissance du statut de résistance des variétés les plus utilisées puissent venir apporter des pondérations exploitables.



**Figure 3** : Caractérisation des variations d'intensité des attaques de rouille brune sur le blé à travers les bilans de campagne et sa modélisation à des échelles annuelles et régionales.

En symétrie de l'élargissement aux échelles larges d'espace, les échelles larges de temps peuvent permettre de repérer des cycles s'étalant sur plus d'une saison. Les archives issues d'un réseau d'épidémiosurveillance constituent notamment une matière première de choix pour identifier les changements résultant du bouleversement climatique.

A titre illustratif nous avons choisi de collecter sur le site des archives ([www.pestobserver.eu](http://www.pestobserver.eu)) l'ensemble des documents contenant un signalement sur la pégomyie de la betterave, un insecte dont les larves mineuses de feuilles sont assez facilement observables. Ce site réunissait fin 2016, 41 052 documents dont 17 355 avertissements agricoles numérisés en reconnaissance de caractères. Il dégage 435 000 citations de relations plante-bioagresseur automatiquement extraites. Les 870 données élémentaires brutes concernant la pégomyie conduisent à une évolution significative de la date de parution des messages y faisant référence au cours des cinquante années représentées. Alors que nous attendions une pente négative rendant compte d'une plus grande précocité des épidémies, c'est l'inverse qui est globalement observé. En regardant plus en détail le cycle de cet insecte, on relève la possibilité que trois générations se succèdent au cours d'une même saison (exemple avec l'année 2006 reprise dans la partie droite de la Figure 4), il est alors possible que le changement climatique conduise à donner de l'importance à la seconde génération ou que le rallongement de la période à laquelle l'insecte peut se développer conduise à devoir plus souvent évaluer les dégâts possibles occasionnés par la troisième génération ? Pour aller plus avant dans la compréhension de ce qui est décrit par les données brutes, il faut donc revenir aux messages, relever la génération quand elle est notée, noter la culture, car la pégomyie touche aussi les épinards et qu'au sein des cultures de betteraves coexistent grande culture et culture légumière, blette à côté ou betterave rouge, parfois conduite sous serre. Enfin, la base de données peut elle-même présenter des biais et il sera judicieux de travailler sur une base comparative entre organismes suivis pour limiter les erreurs d'interprétation, en particulier lors du passage des avertissements agricoles aux BSV en 2009. Il n'en reste pas moins que l'archive permet rapidement de capter une information jusqu'ici difficilement visualisable.



**Figure 4 :** Croisement de la semaine d'émission d'un message concernant la Pégomyie de la Betterave dans les avertissements agricoles puis les bulletins de santé du végétal en fonction de l'année à laquelle ces messages ont été émis et application d'un modèle linéaire aux données

### 2.3.3 Vers une comparaison généralisée entre ravageurs et articulation à l'open data

Les données d'un réseau d'épidémiologie ont une valeur générique qui se surajoute aux aspects pédagogiques ou aux actualités publiées. Cette valeur peut être portée par la constitution d'archives rendues consultables (Turenne et al., 2015) et par les avancées d'indexation permises par le web sémantique (Rousset et al., 2016). Une utilisation directe de ces bases cible la qualification semi-quantifiée des pressions biotiques à l'intersection de leur fréquence, leur facilité d'observation et leur dangerosité. Ce faisant on peut dépasser les dires d'experts et rendre accessible l'information au plus grand nombre.

## **Conclusion**

La valeur de l'épidémiologie n'est pas réduite à une seule amélioration mais elle est bien la somme de plusieurs contributions diversement visibles ou explicites. En repartant du plus immédiat et local au plus général et sur le long terme, il a été observé que les alertes étaient utiles pour limiter les utilisations s'avérant *a posteriori* sans objet mais aussi pour préciser les cas où il aurait pu être pertinent d'intervenir. L'agriculteur ou le conseiller attribue une valeur générique aux messages sortant de l'épidémiologie du seul fait de venir conforter une impression et d'aider ainsi à se forger une opinion. Ces alertes sont à même de faire évoluer la perception du risque par l'agriculteur ou le conseiller, l'aidant ainsi à mieux cerner les besoins de protection en général. Au-delà de l'agriculteur ou du conseiller, le travail en amont pour appuyer l'évaluation des risques entretient l'expertise en phytopathologie qui sinon serait fragilisée, voire inexistante, en région. Ces quatre valeurs distinctes relèvent toutes de l'appui à la rationalité immédiate ou future des interventions et donc, à l'optimisation du recours aux intrants phytosanitaires. Il a toutefois été vu que la marge des aides proposés pour la rationalisation vers une réduction du recours à l'usage d'une protection phytosanitaire était limitée par la relative bonne performance des pesticides quand elle est évaluée à travers le ratio du prix payé par l'utilisateur au maintien potentiel de rendement obtenu en évitant une infestation ou une épidémie. Ce calcul ne tient pas nécessairement si l'ensemble des coûts environnementaux essentiellement pour garantir la qualité de l'eau, l'entretien de la dépendance aux produits phytopharmaceutiques et les coûts dépensés pour ne pas exposer l'environnement et les gens pris en charge par le collectif, étaient intégrés dans la balance (Aubertot et al., 2007 ; Pretty et Waibel, 2005 ; Pimentel, 2005). Il faut toutefois

aussi accepter que cette impression d'une trop forte dépendance puisse aussi être modulée par un effet bénéfique différé et rarement mesuré. En effet, en réduisant les sources d'épidémies, un peu comme le ferait un vaccin, on limite les besoins de recours à une protection future, pour peu que les spectres d'action des pesticides soient larges, l'expansion de maladies plus cryptiques peut également être certainement contrôlée. Ainsi une utilisation d'un pesticide à un instant donné peut être source de possibilités d'impasses futures faisant plus que compenser le recours initial. La faible différence d'intensité de symptômes sanitaires entre cultures des zones traitées et des zones protégées de captage d'eau laisse toutefois penser que l'effet « nettoyant » s'il existe, sera généralement d'ampleur limitée (mais il faut aussi reconnaître le peu de tentative de mener son évaluation objective).

Aussi, pour aller résolument une étape plus loin dans l'accompagnement de démarches moins dépendantes des produits phytopharmaceutiques tout en restant en dehors de simples convictions partisans et militantes, il devient de plus en plus évident que les messages émis par un réseau d'épidémiosurveillance doivent être en mesure de relayer la modulation pouvant venir de la mise en place de différentes mesures prophylactiques. Sans renvoyer nécessairement à une masse d'expérimentations dédiées, il est certain que l'articulation des observations servant à réaliser l'épidémiosurveillance ou l'application des modèles à des situations par ailleurs très bien étayées sur le plan des pratiques agronomiques déployées et du contexte, constitueraient une avancée majeure pour rapprocher les pratiques, l'assolement, la biodiversité présente et l'environnement des parcelles, au panorama des risques phytosanitaires encourus. Il devient de ce point de vue tout à fait judicieux que l'épidémiosurveillance et les réseaux DEPHY soient dans le futur beaucoup mieux imbriqués.

### Références bibliographiques

- Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.N., Guichard L., Lucas P., et al., 2007. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Expertise scientifique collective Inra-Cemagref (décembre 2005).
- Aubertot J.N., Cros M-J., Peyrard N., Sabbadin R. (2016) Sustainable collective pest management using a Graph-based Markov Decision Processes framework. Civil and Environmental Engineering at BYU ScholarsArchive. <http://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2016/Stream-D/87/>
- Baldi I., Mohammed-Brahim B., Brochard P., Dartigues J.F., Salamon R., 1998. Effets retardés des pesticides sur la santé: état des connaissances épidémiologiques. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 46(2), 134-142.
- Butault J.P., Dedryver C.A., Gary C., Guichard L., Jacquet F., Meynard J.M., et al., 2010. Synthèse du rapport d'étude Écophyto R&D: quelles voies pour réduire l'usage des pesticides? (Doctoral dissertation, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer).
- Bommelaer O., Devaux J., 2011. Coûts des principales pollutions agricoles de l'eau. Collection Etudes & Documents du Commissariat général au développement durable, N°52 - Septembre 2011, 34pp [accessible en ligne <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED52-2.pdf>]
- Bougherara D., et al., 2011. "Rôle de l'aversion au risque des agriculteurs dans l'utilisation de pesticides et implications pour la régulation (AVERSIONRISK)" (2014). Rapport final, Programme Pesticides. In Colloque de restitution du Programme Evaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides. 2011-03-23/2011-03-25, Tours, FRA.
- Bourguet D., Guillemaud N., 2016. The hidden and external costs of pesticide use. *Sustainable Agriculture Reviews* 19: 35-120
- Bourgain O., Llorens J.M., 2013. Simulation des seuils de rentabilité économique de techniques d'application localisée des pesticides. *Economie rurale*, (1), 51-66.
- Carpentier A., 2010. Economie de la production agricole et régulation de l'utilisation des pesticides Une synthèse critique de la littérature. In Colloque SFER «La régulation des pesticides agricoles: enjeux, modalités et conséquences.

- Champion S., 2016. Santé des cultures. Le dispositif d'alerte s'affine. *La France Agricole*, 31 Mars. <http://www.lafranceagricole.fr/dossier/sante-des-cultures-le-dispositif-dalerte-saffine-1,0,982885788.html>
- Dimmock S.G., Kouwenberg R., Mitchell O.S., Peijnenburg K., 2015. Estimating ambiguity preferences and perceptions in multiple prior models: Evidence from the field. *Journal of Risk and Uncertainty* 219-244.
- Escoffier I., Mélix F., 2011a. Dossier. Bulletin de Santé du Végétal : comment le prendre en main. 1. Une alerte pour prendre soin de ses végétaux. *La France Agricole*, 31/03/2016. <http://www.lafranceagricole.fr/article/1-une-alerte-pour-prendre-soin-de-ses-vegetaux-1,0,26755901.html>.
- Escoffier I., Mélix F., 2011b. Dossier. Bulletin de Santé du Végétal : comment le prendre en main. 2. Gagner du temps avant l'observation au champ. *La France Agricole*, 01/04/2016. <http://www.lafranceagricole.fr/article/gagner-du-temps-avant-l-observation-au-champ-1,0,17362888.html>.
- Gassmann X., 2014. Elicitation des préférences des agricultures pour le risque et l'ambiguïté par une approche expérimentale. Thèse Université Rennes I.
- MAAF, 2014. Communiqué de presse. Utilisation des produits phytosanitaires : Résultats nationaux pour l'année 2014 et lancement du nouveau plan Ecophyto 2. [http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/160308\\_cp\\_resultats-ecophyto2014.pdf](http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/160308_cp_resultats-ecophyto2014.pdf)
- Maufras J.-Y., 2015. Fongicides sur céréales : des pratiques dans la lignée des recommandations 2015. Semences de France, Actualités. <http://www.semencesdefrance.com/actualite-semences-de-france/fongicides-sur-cereales-des-pratiques-dans-la-lignee-des-recommandations-2015/>.
- Michel L., 2016. Mieux valoriser les réseaux d'épidémiologie lors de l'élaboration du Bulletin de Santé du Végétal. Thèse de doctorat d'Agronomie. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), 186pp. téléchargeable sur <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01374036/>
- Pretty J., Waibel H., 2005. Paying the price: the full cost of pesticides. The pesticide detox: Towards a more sustainable agriculture, 39-54.
- Pimentel D., Acquay H., Biltonen M., Rice P., Silva M., Nelson J. et al., 1992. Environmental and economic costs of pesticide use. *BioScience*, 42(10), 750-760.
- Pimentel D., 2005. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, development and sustainability*, 7(2), 229-252.
- Roussary A., Salles D., Dumont A., Carpy-Goulard F., 2013. Pratiques phytosanitaires en agriculture et environnement. Des tensions irréductibles? *Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires*, (333), 67-80.
- Roussey C., Bernard S., Pinet P., Reboud X., Cellier V., 2016. Gestion sémantique des bulletins de santé du végétal dans le projet Vespa. In Atelier IN-OVIVE@ IC 2016 (pp. 12-p).
- Turenne N., Andro M., Corbière R., Phan T.T., 2015. Open data platform for knowledge access in plant health domain: VESPA Mining. arXiv preprint arXiv:1504.06077.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL)