

---

## ANALYSE DU RISQUE DE MILDIU DE LA VIGNE DANS LE BORDELAIS À PARTIR DE DONNÉES RÉGIONALES ET D'INFORMATIONS LOCALES COLLECTÉES EN COURS DE SAISON

Thèse de Mathilde CHEN<sup>1</sup>

Analysée par Guy WAKSMAN<sup>2</sup>

**Directeur de thèse** : M. David MAKOWSKI, Directeur de recherche, INRA (UMR Agronomie)

**Co-encadrant** : M. François BRUN, Ingénieur, ACTA (UMR AGIR), Co-encadrant de thèse

J'ai « rencontré » le mildiou de la vigne en Bordelais, en entrant à l'ACTA en janvier 1981, comme responsable informatique. Quarante ans plus tard, j'ai lu avec plaisir et intérêt cette thèse développant de nouvelles approches méthodologiques.

La question centrale à laquelle cette thèse tente de répondre est la suivante : la date d'apparition du mildiou de la vigne est-elle un indicateur utilisable pour réduire le nombre de traitements fongicides et pour anticiper l'état sanitaire de la parcelle en fin de saison ? Et ce questionnement est décliné au travers de cinq questions, auxquelles répondent autant de chapitres et d'articles en anglais, dont la conception et la rédaction n'a certainement pas été une distraction dans cet énorme travail.

Question n° 1 : Comment se positionnent en pratique les dates des premiers traitements réalisés par les viticulteurs par rapport aux dates d'apparition du mildiou dans le Bordelais ?

Question n° 2 : Les conditions climatiques impactent-elles la date d'apparition des premiers symptômes de mildiou dans un parcellaire du bordelais ?

Question n° 3 : L'élicitation probabiliste d'experts permet-elle d'estimer la date d'apparition du mildiou et le démarrage de l'épidémie à l'échelle du vignoble ?

Question n° 4 : Quel est l'impact de la date de la première application fongicide anti-mildiou sur le nombre total de traitements fongicides et sur l'exposition des opérateurs ?

Question n° 5 : Peut-on estimer le risque que le niveau de dégâts causés par le mildiou soit élevé en fin de saison à partir de la date d'apparition des premiers symptômes et de variables climatiques ?

Une somme de connaissances sur le mildiou de la vigne est rassemblée dans une première partie qui pourra constituer une référence pour ceux qui viendront à s'intéresser aux maladies de la vigne, et au mildiou en particulier. Cette première partie s'appuie d'ailleurs sur une très ample bibliographie.

---

<sup>1</sup> Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay préparée à AgroParisTech (l'Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement), portée par l'École doctorale n° 581 Agriculture, alimentation, biologie, environnement et santé (ABIES). Spécialité de doctorat : Sciences agronomiques

<sup>2</sup> Guy Waksman, membre de l'Académie d'agriculture de France. Section 9 « Agrofournitures »

Cette thèse a l'ambition d'être utile aux praticiens, mais dans le cadre forcément limité de cette thèse, il n'était pas possible de tester avec les experts et les viticulteurs les résultats obtenus.

Une contribution de cette thèse est son regard original sur l'évaluation des risques épidémiologiques par les experts, tant au niveau individuel que collectif, en particulier sur l'expression ou la formalisation, ou encore pour reprendre le terme anglais utilisé dans cette thèse, l'élicitation de l'expertise.

Dans les bulletins d'alertes phytosanitaires, les connaissances des conseillers, techniciens et ingénieurs viticoles sont généralement présentées de manière qualitative au moyen d'une note sur une échelle de risque, qui intègre ou rend compte de nombreuses informations. Mais cette note fait l'impasse sur l'incertitude de la prévision de chaque expert.

L'élicitation probabiliste des expertises est une méthode qui permet de quantifier le jugement de chaque expert au moyen d'une distribution de probabilité, ce qui permet de rendre compte l'incertitude de l'expert relative à la quantité estimée.

Cette approche a déjà été utilisée dans divers domaines, dont l'analyse des risques pour la santé et les prévisions de rendement en céréales (Arvalis). D'après l'auteur de cette thèse, l'élicitation probabiliste n'a, à ce jour, jamais été utilisée pour estimer les dates d'apparition des symptômes d'une maladie des plantes, ni en épidémiologie végétale en général.

Dans l'exemple étudié ici, l'élicitation probabiliste d'experts fournit une distribution des dates probables d'apparition des premiers symptômes de mildiou, en même temps qu'une information sur les incertitudes associées à l'estimation de la date d'apparition du mildiou issue de l'expertise, et présente le jugement d'experts sous une forme plus transparente qu'une estimation qualitative du risque.

Pour conclure sur ce point, rappelons que l'expertise est mobilisée très souvent dans l'analyse de risque, notamment dans le cadre du bulletin de santé du végétal. Mais il reste compliqué d'avoir une approche quantitative basée sur l'expertise. L'élicitation d'expert, en apportant une démarche et des outils *ad hoc*, permet de quantifier des paramètres épidémiologiques et ainsi d'utiliser les experts comme des intégrateurs d'informations diverses (dynamique passée, météorologie, caractéristiques de la parcelle, sorties de modélisation, ...) sans en formaliser le processus d'intégration. Ce type de démarche pourrait venir enrichir les futures analyses de risque.

Un autre aspect original de cette thèse est l'utilisation de l'analyse de survie, un terme générique pour toute analyse de la survenue au cours du temps d'un événement « en tout ou rien », comme par exemple l'apparition de la maladie, et ceci en présence de données censurées. La particularité de ces données, dites censurées, c'est qu'à la fin de la période d'observation, l'événement d'intérêt (ici l'apparition de la maladie) ne sera probablement pas survenu pour toutes les parcelles.

L'analyse de survie mobilisée pour l'analyse des dynamiques épidémiques est une approche classiquement utilisée en épidémiologie humaine ou animale, car elle permet de prendre en compte les données censurées. Pour autant, cette approche n'est quasiment pas mobilisée en épidémiologie végétale. Le travail de thèse en montre l'intérêt pour l'analyse de l'évolution d'une épidémie de mildiou de la vigne à l'échelle régionale. Cela permet facilement de resituer également le profil de l'année en cours par rapport aux années historiques.

Enfin, la thèse mobilise les méthodes de « machine learning » qui sont désormais de plus en plus populaires sur différentes thématiques, dont les thématiques agricoles. Sur l'épidémiologie végétale, et notamment le mildiou de la vigne, cela semble très pertinent, car il y a des masses de données collectées désormais sur une profondeur historique importante et de nombreuses variables explicatives (indicateurs météo, pratiques...). On peut ainsi s'attendre à voir ces méthodes exprimer tout leur potentiel.

Au niveau des méthodes, la question du choix de l'outil retenu pour l'élicitation de l'expertise n'est pas discuté. C'est peut-être dommage parce qu'il y va sans doute de l'adhésion des experts.

Reste donc à tester, dans la vraie vie, l'efficacité de tout cet arsenal de méthodes et d'outils : à voir comment experts et viticulteurs pourront ou non s'approprier les résultats obtenus et à mesurer les risques à prendre ou non dans un contexte où le coût de la protection phytosanitaire est tout à fait marginal. Ne disait-on pas autrefois que ce coût en Champagne, tous traitements confondus, était de l'ordre du celui du bouchon de la bouteille ?

L'utilisation des méthodes et outils mis en œuvre ici pour d'autres cultures (céréales ou cultures dont la protection est coûteuse ?) sera intéressante à suivre, de même que pour des analyses de risques dans les systèmes d'assurance, piste abordée dans la discussion finale.

Les résultats originaux, novateurs et sans aucun doute utiles à terme, proposés dans cette thèse justifient que cette analyse figure sur le site de l'Académie d'agriculture de France à titre de valorisation.