

## **Etude des variations de sensibilité d'un vignoble contre les principales maladies cryptogamiques de la vigne : zonage d'Unités de Fonctionnement Physiologique à priori homogènes.**

Marc RAYNAL<sup>1</sup>, Christian DEBORD<sup>1</sup>, Marc VERGNES<sup>1</sup>, Benoit DELFOUR<sup>1</sup>, Amine BENNABI<sup>1</sup>, Michael GEORGES<sup>2</sup>, Remy FULCHIC<sup>2</sup>, Jonathan SERVANT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institut Français de la Vigne et du Vin, 39 rue Michel Montaigne 33290 Blanquefort France*

<sup>2</sup>*Château Léoville Las Cases, 33250 Saint Julien Beychevelle France*

Le « Plan de Traitement Optimisé » (PTO<sup>®</sup>), projet développé au sein de l'IFV, vise à définir, une méthodologie de zonage à priori de l'iso sensibilité aux principales maladies à partir d'une approche systémique globale à l'échelle de l'exploitation viticole. A terme, l'objectif est d'élaborer une cartographie des quantités de matières actives nécessaires et suffisantes pour enrayer les développements épidémiques pour des pulvérisateurs intelligents capables de moduler les doses appliquées à l'échelle intra parcellaire. Le transfert de ces technologies vers la profession suppose une automatisation de l'intégration des différentes couches des variabilités constatées et repose donc sur l'exploitation des principes de la viticulture de précision.

Ces techniques permettent des mesures physiques géo localisées nombreuses précises et exhaustives. L'exploitation de ces données ouvre l'accès à une analyse systémique du fonctionnement d'un vignoble à l'échelle d'une exploitation viticole. Le but de notre étude vise à tirer profit de ce type de mesures et valoriser les informations qu'ils délivrent en croisant, à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), les différentes couches représentant des variables indépendantes et caractéristiques du système de production. L'objectif est ainsi d'établir un zonage susceptible d'expliquer les variations du développement physiologique de la vigne et, le cas échéant, d'éventuelles différences de sensibilité des plantes aux maladies. L'étude porte sur la combinaison de deux cartes du vignoble Léoville Las Cases, établies pour représenter respectivement le fonctionnement des compartiments sol et plante, par des mesures de résistivité électrique (R) et d'indice de biomasse (B). Trois niveaux – faible, moyen, fort - sont définis pour chacune de ces deux variables. La combinaison de ces indicateurs permet ainsi de définir 9 classes caractérisant des ilots, baptisés Unités de Fonctionnement Physiologiques (UFP), dont la distribution est délimitée par le SIG sur l'ensemble du domaine viticole. Six UFP sont retenues pour bâtir notre observatoire après exclusion du niveau de biomasse moyen dans l'objectif de décrire des différences de comportement au plan du développement physiologique des ceps, et de leur sensibilité aux maladies. A cet effet, des observations régulières sont réalisées durant les campagnes 2014 et 2015 sur des zones traitées et non traitées de chaque UFP. Les résultats issus de ces deux premières années d'étude montrent que la clé de lecture proposée par le concept d'UFP permet de décrire des variations significatives constatées sur certains des critères physiologiques et sanitaires observés.

### **Dispositif étudié**

L'étude est conduite sur le parcellaire du château Léoville Las Cases (LLC) situé sur la commune de Saint Julien-Beychevelle, sur une superficie de 98 hectares. Le parcellaire est constitué à 66% de Cabernet Sauvignon, 23% de Merlot, 10% de Cabernet Franc conduits en Guyot double sur des porte-greffes de type RGM, 3309C, 101-14Mgt, et 420A. L'âge moyen de plantation est de 41 ans, variant de 3 à 83 ans. Les données descriptives du parcellaire sont géo référencées et stockées dans une base de données couplée à un Système d'Information Géographique (SIG).

Une cartographie du vignoble est établie en 2013 à l'aide des informations relevées par le château LLC sur le domaine :

- résistivité électrique du sol, réalisée par la société Géocarta en 2006 à l'aide d'un dispositif multi électrodes
- Indice de biomasse réalisée par télédétection à l'aide d'un drone équipé d'un capteur Proche Infra Rouge (PIR) (800 nm) par la société l'Avion Jaune en aout 2013, puis 2014

Trois classes - faibles, moyennes, fortes - ont été constituées pour chacune de ces deux variables selon la méthode des seuils naturels de Jenks. La maille élémentaire représente une surface de 10m<sup>2</sup>, dont la combinaison détermine 9 classes à priori différentes sur la base des critères analysés.

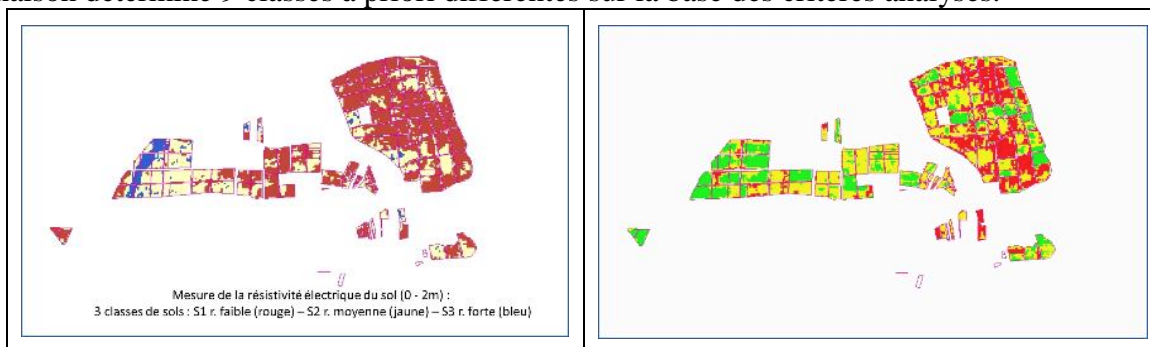


Figure 1 : représentation sur le vignoble du domaine LLC, des 3 classes résistivité électrique du sol (gauche) du NDVI (droite).

La délimitation des Unités de Fonctionnement Physiologique (UFP) résulte du croisement des cartes d'entrée : le zonage est constitué à partir des couches de résistivité électrique (figure 1g) et d'indice de biomasse (figure 1d), en retenant respectivement pour chacune d'elles trois et deux niveaux. La classe d'indice de biomasse moyenne est écartée au profit des deux extrêmes, de manière à simplifier la mise en œuvre du dispositif d'observation tout en accentuant la variabilité potentielle des écarts de comportement observés. Le croisement des couches d'informations offre ainsi 6 classes différentes représentant autant d'UFP réparties sur le vignoble (figure 2).

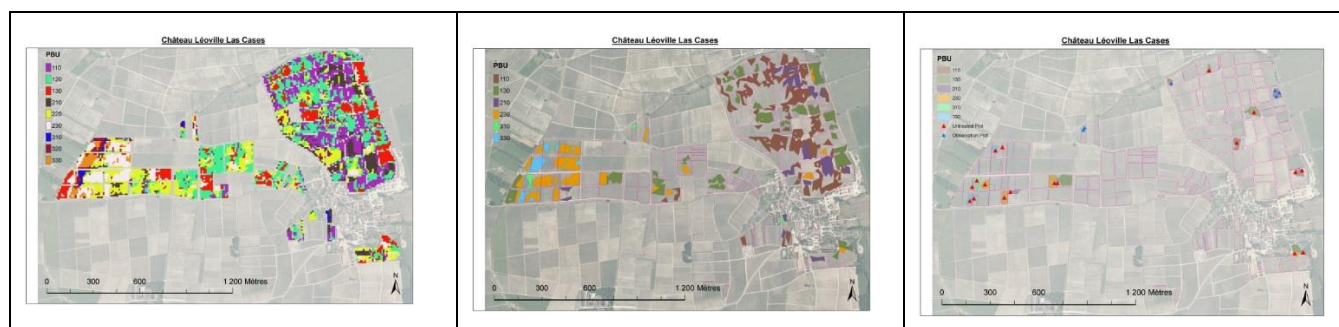


Figure 2 : localisation des zones UFP homogènes et des placettes d'observation sur les UFP retenues.

Deux répétitions des zones d'observation ont été mises en place sur chacune des UFP retenues sur notre dispositif : l'une sur « l'enclos » correspondant à la partie Est du vignoble, l'autre sur le « plateau » en zone Ouest du parcellaire. Chaque zone d'observation comporte un Témoin Non Traitée (TNT) de cinq ceps ; de part et d'autres du TNT, cinq ceps situés à proximité immédiate servent de support aux observations physiologiques pour caractériser le développement du végétal sans interaction avec le développement des maladies. Au total, 24 points d'observations sont répartis sur les 6 classes d'UFP retenues pour les cépages Merlot et Cabernet Sauvignon, comme illustré dans la figure 2.

Différentes mesures sont réalisées sur ces placettes d'observation : à partir du stade pré-débourrement, des comptages réguliers portent sur les nombres de bourgeons (laissés à la taille, débouffés ...) de rameaux fructifères et des grappes. La zone TNT est constituée de cinq ceps consécutifs protégés par une bâche lors des traitements. Les trois ceps centraux servent de support aux observations de l'état sanitaire vis-à-vis du mildiou, de l'oïdium, du black rot : une évaluation de la fréquence et de l'intensité d'attaque sur feuilles et grappes est réalisée chaque semaine jusqu'au stade de la véraison.

## Résultats :

### Variabilité du développement de la vigne

Le suivi du développement physiologique de la vigne sur les millésimes 2014 et 2015 montre des caractéristiques propres à chaque UFP sur certains des indicateurs calculés : la production de grappes est plus importante sur les zones de biomasse élevée, et le facteur sol révèle des taux de fertilité supérieurs pour les sols S1 de faible résistivité électrique. A l'inverse, le dispositif élaboré ne révèle pas de variations significatives des indicateurs du taux de débourrement ou du potentiel de production.

### Variabilité de l'état sanitaire

Le millésime 2014 est marqué par une forte attaque du mildiou dans le courant du mois de juillet ; les niveaux d'attaque atteignent en moyenne près de 30% d'intensité de destruction de feuillage et 25% de fréquence de grappes atteintes en fin de saison. Les niveaux d'attaque par l'oïdium sont globalement plus faibles sur le feuillage (30% de feuilles atteintes et 7% de destruction du feuillage) mais restent conséquents sur grappes (75% de grappes atteintes pour un niveau de destruction moyen de 10% à la véraison). Le Black rot montre un niveau d'attaque faible sur feuilles (moins de 1% de feuilles atteintes) comme sur grappes (2% de grappes atteintes et 0.7% de destruction de la récolte au stade véraison).

En 2015, au stade de la véraison, les niveaux d'attaques de mildiou atteignent en moyenne 33% du feuillage pour 6,5% de destruction du feuillage, et 29% de grappes atteintes pour 9,5% d'intensité de la récolte. Les niveaux moyens d'attaques d'oïdium sont quant à eux de 14% en fréquence sur feuilles (5,5% de destruction) et de 13.5% de grappes atteintes (3,6% de destruction). L'attaque de black rot est faible sur le millésime 2015, inférieure à 0,5% de feuilles et grappes atteintes. L'analyse de la répartition spatiale des attaques montre des foyers bien distincts pour chacune des trois maladies, comme le montrent les cartes de la figure 4 établies fin juillet début aout, peu avant le stade de la véraison.

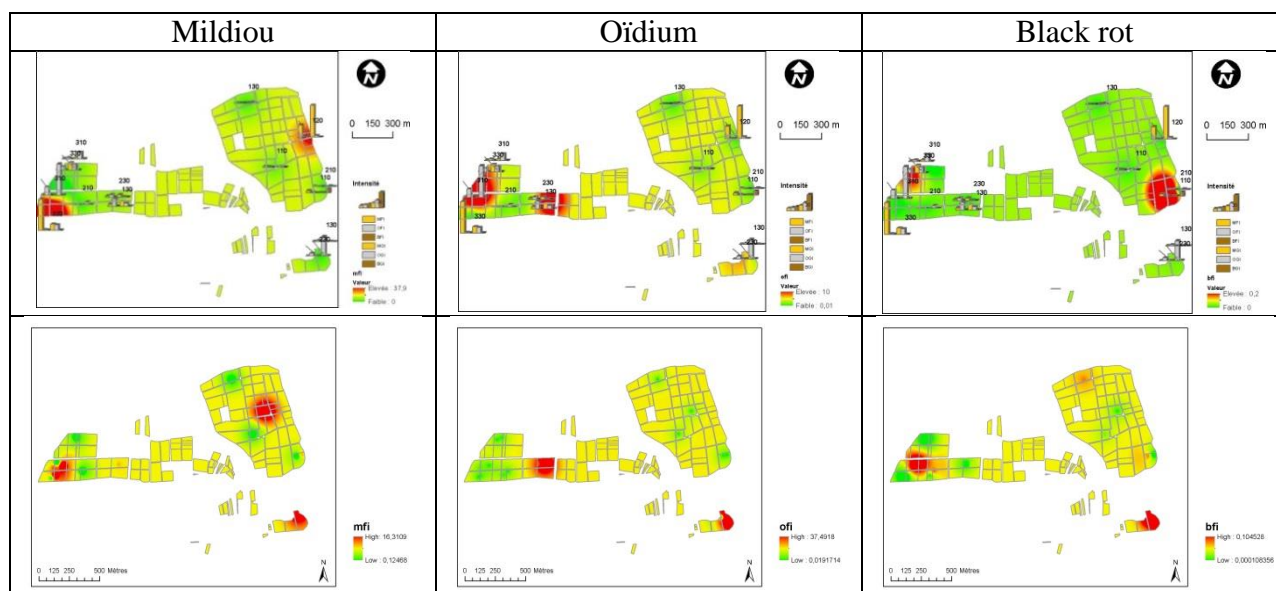


Figure 4: localisation, au stade pré-véraison, des foyers de mildiou (gauche), d'oïdium (centre) et de Black rot (droite), en 2014 (haut) et 2015 (bas).

Le dispositif des témoins non traités, bien que remanié entre 2014 et 2015, montre une distribution différente de la répartition spatiale des attaques d'une année sur l'autre : pour les 3 maladies observées, les foyers ne sont pas localisés sur les mêmes zones du vignoble. De même, la dynamique propre de

chaque maladie diffère sur les deux millésimes (données non présentées) : l'année 2014 est caractérisée par des attaques plus tardives et plus virulentes que celles de la campagne 2015.

Les résultats des observations sanitaires ont été soumis à une analyse de variance et comparaison des moyennes à l'aide du test de Tuckey au seuil de risque de 5% sur l'ensemble des dates de contrôles (données non présentées). Ces analyses de variance permettent de déterminer l'impact du zonage UFP (variance globale) sur l'explication de la distribution des maladies, tout en mesurant l'effet du sol, de la biomasse et leur interaction. Nous dressons ci-après les principaux enseignements relevés pour le mildiou et l'oïdium, au terme des deux premières années d'étude : les niveaux d'attaque de Black rot sont trop faibles permettre d'évaluer l'impact du zonage UFP sur la distribution spatio-temporelle des foyers.

### **Mildiou**

La comparaison des seuils de signification révèle des modes de fonctionnement différents au cours des millésimes 2014 et 2015 : Au niveau de l'explication de la variance globale, le zonage UFP montre en 2014 un pouvoir discriminant fort sur le feuillage dès le mois de juin et tout au long de la saison ; l'effet sur grappes n'est que plus tardif et moins marqué. En 2015, l'effet zonage UFP apparaît quasi simultanément sur feuilles et grappes, et, à l'inverse de 2014, apparaît plus marqué sur grappes que sur feuilles.

L'effet du sol, marqué sur le feuillage en 2014, disparaît complètement en 2015. Les deux années il semble n'avoir aucun impact sur la variabilité d'attaque de la récolte.

L'effet de la biomasse explique dans les deux cas la variabilité de l'attaque du feuillage par le mildiou. Il semble inconstant au cours de chaque saison, au seuil de risque de 5% retenu, ce qui traduit sans doute des dynamiques de développement du mildiou différentes. L'effet de la biomasse sur le niveau d'attaque des grappes apparaît plus tôt et plus fort en 2015 qu'en 2014.

L'interaction des deux facteurs sol et biomasse montre en 2014 un effet significatif uniquement sur l'attaque du feuillage. Il est moins net en 2015 sur le feuillage et apparaît sur grappes à la fin du mois de juillet, soit passé le stade véraison.

### **Oïdium**

Sur les deux années de mesure, le zonage UFP explique la variabilité des attaques sur le feuillage et sur la récolte. L'effet sur le feuillage est plus précoce en 2014 (début juillet) qu'en 2015 (mi-juillet) mais se révèle moins marqué. L'effet inverse est observé sur grappes : le zonage UFP apparaît légèrement plus précoce en 2015 qu'en 2014, au point qu'il se manifeste en 2015 avant l'effet sur le feuillage. Il apparaît surtout plus marqué en 2015 puisqu'il va jusqu'à expliquer la variabilité de l'intensité de destruction de la récolte, là où en 2014 il ne décèle de variations que sur la fréquence de grappes atteintes.

L'effet du facteur sol apparaît relativement proche entre les deux millésimes : il apparaît nettement corrélé à la fréquence d'attaque sur grappes dès début juillet, soit au stade fermeture de la grappe, et décorrélé des attaques sur le feuillage sauf en fin de saison à partir de fin juillet.

L'effet de la biomasse est faible et inconstant sur le feuillage en 2014 ; il n'apparaît pas sur grappes. A l'inverse, il est manifeste sur la fréquence d'attaque des feuilles et des grappes en 2015.

L'interaction des deux facteurs sol et Biomasse montre les deux années un effet sur la variabilité d'attaque du feuillage d'autant plus marqué à l'approche de la véraison.

## **Conclusion**

Le système d'Unité de Fonctionnement Physiologique (UFP) délimite à priori un zonage homogène à partir d'indicateurs préétablis : le croisement des cartes de résistivité électrique du sol et d'indice aérien de détection de la biomasse relevé par drone permet une approche systémique du fonctionnement de la vigne et de sa sensibilité aux maladies sur la globalité d'une exploitation. Malgré les difficultés inhérentes à la mise en œuvre d'une telle étude à l'échelle globale d'une exploitation viticole de 100 Ha, les premiers résultats obtenus en 2014, confirmés par ceux de 2015, sont très encourageants et montrent l'intérêt d'un tel dispositif d'étude : le système de zonage proposé révèle des différences de comportements, tant sur le développement et la production de la vigne que sur le niveau d'expression des principales maladies observées. Le concept d'UFP apparaît ainsi comme une clef de lecture pertinente de l'analyse de la variabilité de la production et des principales attaques cryptogamiques sur le vignoble, gage d'une meilleure compréhension du fonctionnement de nos systèmes de production viticoles.

L'étude confirme ainsi d'ores et déjà tout l'intérêt que revêt la capitalisation d'informations exhaustives issues de capteurs embarqués exploités dans le cadre des techniques émergentes de la viticulture de précision. Ces premiers résultats devront bien sûr être confirmés par la poursuite de l'étude sur plusieurs millésimes de manière à vérifier la stabilité temporelle des critères étudiés, pour mieux comprendre dans quelle mesure ils entrent ou non en ligne de compte et hiérarchiser leur impact en fonction de l'itinéraire climatique.

## **Remerciements**

Nous tenons à remercier l'ensemble des personnels du château Léoville Las Cases qui contribue au bon déroulement de cette étude. Ce programme est par ailleurs réalisé grâce à l'appui financier du fond européen de développement rural (FEDER) dans le cadre du programme Innovine, et celui de France Agrimer contribuant aux programmes Millévine et Pulvérisation de précision.

## **Références bibliographiques**

Claverie M., Davy A., and Raynal M. 2014. A 3 year evaluation of Optidose® method for pesticide dose adjustment in Mediterranean French Vineyards to control powdery (and downy) mildew. Proceedings of the seventh international workshop on the grapevine downy and powdery mildew, Vitoria Gasteiz, Spain, June 30th July 4th 2014, Arabaco Foru Aldundia, 47-50

Davy A, Raynal M, Vergnes M, Claverie M, Codis S, Bernard FM et al. 2011, Trials results of the Optidose® method using an adjustment of the pesticide dose for control of downy mildew and powdery mildew, proceedings of the 11th international workshop on sustainable plant protection techniques in fruit growing, Lanxade, France, 8-10 June 2011, CTIFL, 80-81.

Raynal M., Guittard S., Debord C, Davy A., Plancq T., Vergnes M., Codis S., Hebrard O., 2012, Le Plan de Traitement Optimisé : une approche globale pour réduire les impacts environnementaux, actes du colloque CIETAP, conférences sur les techniques d'application de produits de protection des plantes, AFPP, Lyon 15-16 mars 2012.

Tisseyre B., 2012, Peut-on appliquer le concept d'agriculture de précision à la viticulture ?, mémoire d'habilitation à diriger des recherches CNCA n°3, 71.