

# La génétique pour comprendre l'origine et la propagation de la flavescence dorée

## CONTACT :

Sylvie Malembic-Maher

UMR Biologie du Fruit et Pathologie, Université et INRAE de Bordeaux  
sylvie.malembic-maher@inrae.fr

La Flavescence dorée (FD) de la vigne a été détectée en 1953 dans l'Armagnac, et les chercheurs ont rapidement mis en évidence qu'elle était transmise de vigne à vigne par une cicadelle d'origine nord-américaine, *Scaphoideus titanus*. Une petite bactérie dépourvue de paroi, le phytoplasme de la FD, a pu ensuite être associée à la maladie. La cicadelle acquiert et transmet le phytoplasme après avoir ingéré la sève contaminée. Comme l'insecte vit et se nourrit exclusivement sur la vigne, la maladie se propage de vigne à vigne sous forme de foyers en continue expansion s'ils ne sont pas contrôlés. Des études de génétique des populations de *S. titanus* collectés dans différentes régions Européennes et du Nord-Est des États-Unis ont confirmé que le vecteur a été introduit dans le Sud-Ouest de l'Europe au début du XX<sup>e</sup> siècle, lors de l'importation de bois de *Vitis* porte-greffes américains tolérants au phylloxera. Les bois de

vigne utilisés pour le greffage et la plantation peuvent également véhiculer le phytoplasme sur de longues distances si ceux-ci sont contaminés, notamment les porte-greffes qui sont porteurs asymptomatiques. Au cours des dernières décennies, la maladie s'est progressivement propagée dans les vignobles européens et le phytoplasme de la FD a été classé organisme de quarantaine au sein de l'union européenne.

Les chercheurs ont longtemps pensé que le phytoplasme FD était restreint à la vigne et qu'il avait été introduit avec cette plante depuis la zone Nord-Américaine, tout comme *S. titanus*. Mais des études récentes ont montré que les premières épidémies de FD en Europe ont résulté de la rencontre entre la cicadelle invasive et des phytoplasmes endémiques, préexistants sur le continent. En effet, les aulnes européens, bien qu'asymptomatiques, sont très infec-

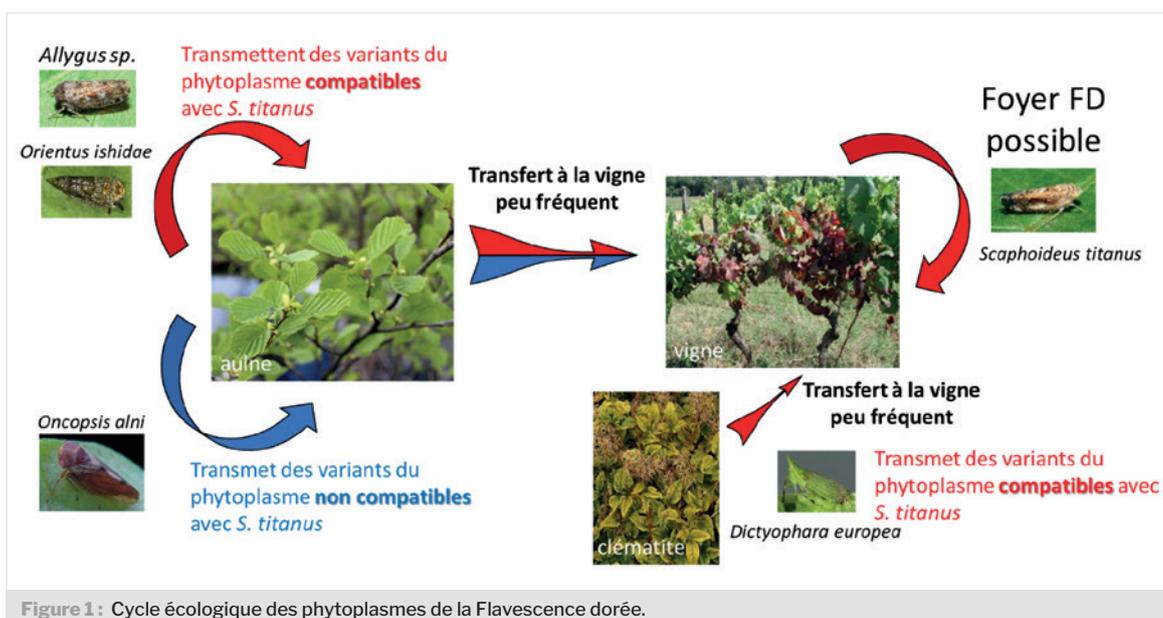


Figure 1: Cycle écologique des phytoplasmes de la Flavescence dorée.

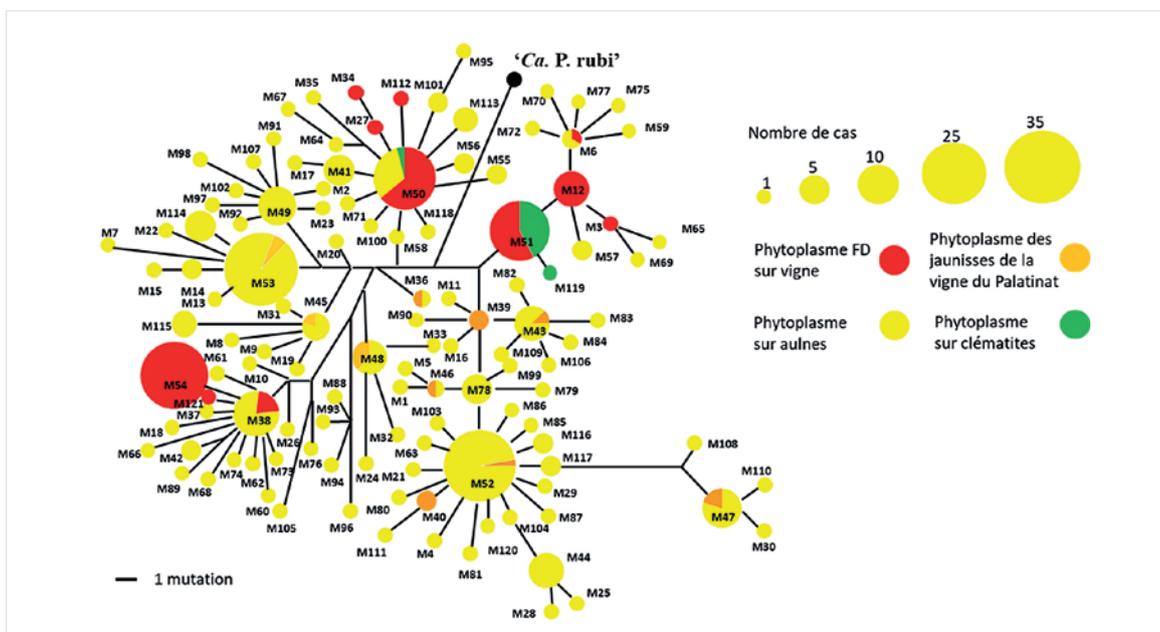


Figure 2 : Variants génétiques des phytolasmés apparentés FD infectant la vigne, les aulnes et les clématites en Europe (génotypage par séquençage du gène *map*). D'après Malembic-Maher et al. 2020.

tés et renferment un grand nombre de variants génétiques de la bactérie. Ces variants sont propagés par des cicadelles de l'aulne, différentes de l'espèce *S. titanus*, mais qui peuvent transmettre occasionnellement les phytoplasmes à la vigne (Figure 1). Les aulnes sont un réservoir originel des phytoplasmes FD. D'autres plantes de l'environnement des vignobles comme les clématites peuvent aussi constituer des réservoirs secondaires de phytoplasmes. Le transfert de phytoplasmes depuis ces plantes sauvages vers la vigne est cependant rare, et seuls les variants génétiques capables d'interagir avec *S. titanus* sont transmis de vigne à vigne et peuvent potentiellement générer des foyers. Les autres variants ne sont pas compatibles avec la transmission par *S. titanus* et demeurent des cas isolés (on parle alors de cas de jaunisses de la vigne du Palatinat). Les aulnes et clématites constituent donc un risque faible d'émergence d'épidémies et il n'est pas nécessaire de les éliminer aux abords des vignobles. Une reconstitution historique des premières contaminations dans chaque région européenne montre que 6 % des émergences sont probablement issues d'un transfert initial depuis

les aulnes ou les clématites, 37 % ayant eu lieu par le matériel végétal et 57 % suite à la diffusion d'insectes contaminés.

Notre équipe a développé un test de génotypage, basé sur le séquençage d'un gène du phytoplasme, le gène *map*. A ce jour, près de 150 variants génétiques ont été détectés dans les environnements des vignobles, mais seulement 11 sont responsables des principaux foyers FD sur vigne en Europe (Figure 3). En France, seuls 2 variants circulent dans les foyers viticoles : M50, minoritaire (environ 15 % des cas), principalement détecté en Nouvelle Aquitaine et M54, majoritaire et largement présent dans tous les vignobles. Ce dernier, qui n'a pas été détecté dans les plantes sauvages est très épidémique sur vigne. Il s'est propagé à l'échelle européenne par le biais de plants de vigne contaminés et par *S. titanus*. Le test de génotypage *map* a été transféré auprès des laboratoires d'analyses agréés et de l'ANSES. Il est aujourd'hui utilisé par les services de protection des végétaux afin d'apporter des indices sur l'origine des nouveaux cas détectés au vignoble : transfert depuis

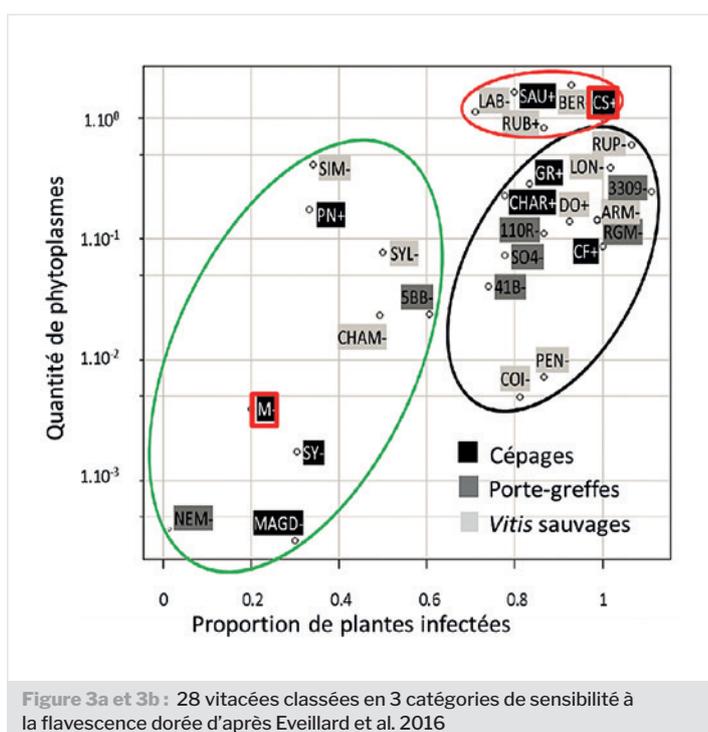
des plantes sauvages locales ou propagation depuis des foyers viticoles. Il est utilisé comme support pour les analyses de risque et la modulation des efforts de gestion. Par exemple, la détection sur des cas isolés au vignoble de variants génétiques très probablement issus des aulnes ou des clématites avoisinants a entraîné en Champagne et Bourgogne la décision dérogatoire d'une absence de traitements insecticides avec surveillance renforcée. Ces cas isolés n'ont pas évolué en foyers. Par contre, la détection du génotype M54, fortement épidémique et d'origine viticole a entraîné la mise en place de l'ensemble des mesures de lutte.

### Les différences de sensibilité à la Flavescence dorée chez la vigne

Les observations des prospecteurs au terrain suggèrent qu'il existe des différences de sensibilité chez les cépages. L'enjeu des recherches est de déterminer sur quoi reposent de telles différences, en concevant un test de phénotypage précis. Avec celui-ci

il s'agissait d'évaluer la sensibilité de 28 cépages, porte-greffes et vitacées sauvages, puis d'identifier des traits génétiques potentiels pouvant expliquer ces phénotypes. Le test implique l'insecte vecteur, le phytoplasme et la vigne et, mime ainsi les conditions naturelles du vignoble. Mis au point en serre de confinement et utilisant du matériel végétal issu de culture *in vitro*, il permet d'évaluer le pourcentage de plantes infectées en présence d'insecte, et le taux de multiplication du phytoplasme dans la plante. Avec ces deux valeurs, 28 vitacées ont été classées en 3 catégories : peu sensibles (en vert sur la figure 3), moyennement sensibles (en noir) et très sensibles (en rouge). Les cépages se répartissent tout le long de la gamme de sensibilité et les résultats en serre correspondent bien aux observations de terrain. Les porte-greffes peuvent être infectés par des quantités élevées de phytoplasmes tout en étant asymptomatiques. Au vignoble, ils peuvent donc constituer des réservoirs de contamination. Les autres espèces de *Vitis*, plutôt sensibles, n'ont pas permis d'identifier de source de résistance à la maladie.

|   |      |                                |
|---|------|--------------------------------|
| <b>GROUPE VERT</b><br>Cépages et porte-greffes peu sensibles à la flavescence dorée                         | PN   | Pinot noir                     |
|   | M    | Merlot                         |
|   | 5BB  | Kober 5BB                      |
|   | SY   | Syrah                          |
|   | MAGD | Magdeleine noire des Charentes |
|   | NEM  | Nemadex Alain Bouquet          |
| <b>GROUPE NOIR</b><br>Cépages et porte-greffes dont la sensibilité à la flavescence dorée est intermédiaire | GR   | Grenache                       |
|   | CHAR | Chardonnay                     |
|   | CF   | Cabernet franc                 |
|   | 3309 | 3309 Couderc                   |
|   | 110R | 110 Richter                    |
|   | SO4  | Sélection Oppenheim n°4        |
|   | 41B  | 41B Millardet et de Grasset    |
|   | RGM  | Riparia Gloire de Montpellier  |
| <b>GROUPE ROUGE</b><br>Cépages et porte-greffes sensibles   | SAU  | Sauvignon                      |
|   | CS   | Cabernet-Sauvignon             |





Les nouvelles variétés RESDUR résistantes aux maladies cryptogamiques ont également été testées. Elles se classent dans les groupes intermédiaires à sensibles à la FD. Les variétés rouges, Vidoc et Artaban ont montré des symptômes marqués de la maladie. Certaines plantes des variétés blanches, Floreal et Voltis présentaient des symptômes très discrets, voire pas de symptômes, alors que le phytoplasme était détecté en quantité élevée. Ces résultats devront être complétés par une évaluation vigilante de la réponse à la FD de ces variétés, lorsqu'elles sont cultivées en vignoble face aux autres stress biotiques et abiotiques. Les mesures réalisées en vignoble et en serre de confinement confirment que le pourcentage de plantes infectées, le nombre de rameaux infectés sur chaque plante et la quantité de phytoplasmes dans les rameaux infectés sont plus faibles chez le Merlot que chez le Cabernet-Sauvignon. Les études moléculaires suggèrent que les défenses du Merlot réagissent différemment de celles du Cabernet-Sauvignon, face à cette maladie. Des études préalables de génétique et cette étude de phénotypage ont montré que le croisement de la Magdeleine noire des Charentes, peu

sensible, avec le Cabernet franc, moyennement sensible, a donné un cépage peu sensible le Merlot. La moindre sensibilité à la FD est donc probablement un caractère héritable. Afin de vérifier cette hypothèse, le croisement entre la Magdeleine et le Cabernet Franc a été réalisé à nouveau ainsi que des autofécondations de la Magdeleine. Le phénotypage de descendants met en évidence 4 types de plantes ayant un faible ou fort taux d'infection combiné à un faible ou fort taux de multiplication du phytoplasme. Il y a donc au moins deux localisations chromosomiques d'un ensemble de gènes (QTL) impliqués dans la réponse de la vigne. Le phénotypage montre également que l'on peut produire d'autres descendants peu sensibles comme le Merlot. Les connaissances phénotypiques et génétiques pourraient aider à la création de nouveaux cépages combinant des résistances à plusieurs pathogènes de la vigne pour une viticulture toujours plus respectueuse de l'environnement.