

Chaire Alexis Millardet

Gestion préventive du mildiou de la vigne

Recherche & Innovation / Partage des connaissances
/ Rayonnement International

MÉCÈNES



CHÂTEAU CHEVAL BLANC



CONTEXTE

Le mildiou de la vigne, causé par *Plasmopara viticola*, demeure l'un des principaux fléaux de la vigne, en particulier à Bordeaux.

Pour relever ce défi, la **Chaire Alexis Millardet** développe une approche innovante associant recherche fondamentale et solutions opérationnelles.

Son ambition est d'acquérir de nouvelles connaissances sur le pathogène afin de mettre au point **une stratégie préventive de gestion de la maladie**, fondée sur la maîtrise de l'inoculum primaire (prophylaxie).

La chaire Alexis Millardet a pour objectifs :

- de **produire de nouvelles connaissances** sur le cycle sexué du pathogène et la dynamique de son inoculum dans le sol ;
- de **développer de nouveaux outils** pour quantifier les formes de conservation du mildiou dans le sol ;
- de mettre au point de **nouveaux indicateurs de risques épidémiques** ;
- de **concevoir des méthodes de lutte** basées sur la gestion de l'inoculum primaire.

ENJEUX ET IMPACTS

01

Apporter de nouvelles solutions pour la gestion du mildiou de la vigne

02

Répondre aux enjeux environnementaux et sociétaux en réduisant l'usage des intrants chimiques en viticulture

03

Produire de nouvelles connaissances scientifiques sur le cycle de vie du mildiou de la vigne

04

Proposer une solution innovante pour réduire l'intensité des épidémies de mildiou basée sur la gestion de l'inoculum

ÉQUIPE

Partenaires institutionnels : INRAE, Bordeaux Sciences Agro, Université de Bordeaux



La Chaire célèbre l'héritage de **Pierre-Marie Alexis Millardet (1838-1902)**, professeur de botanique à la Faculté des Sciences de Bordeaux, inventeur de la bouillie bordelaise (1885) qui a marqué l'histoire de la lutte contre le mildiou de la vigne.

François Delmotte est directeur de recherche INRAE au sein de l'ISVV. Ses travaux portent sur l'épidémiologie du mildiou de la vigne, avec une expertise reconnue en biologie et génétique des populations. Son programme de recherche vise à intégrer les approches évolutives et écologiques en épidémiologie pour le développement de stratégies durables de gestion des maladies des plantes.

- **Lucie Andrianasolonirina**, Ingénieure contractuelle, direction opérationnelle
- **Charlotte Poeydebat**, Maître de conférences, Bordeaux Science Agro
- **Laurent Delière**, Ingénieur INRAE
- **Xavier Burgun**, Ingénieur IFV
- **Paige Breen**, Doctorante (2023 – 2026)
- **Isabelle Demeaux**, Technicienne INRAE
- **Pierre Sauris**, Assistant ingénieur INRAE
- **Marie Rodriguez**, Ingénieure contractuelle
- **Solène Durand**, Ingénieure contractuelle

AMBITIONS SCIENTIFIQUES

Décrypter la biologie et produire de nouvelles connaissances sur :

- la phase de reproduction sexuée du pathogène ;
- la survie des formes de conservations dans le sol ;
- les mécanismes d'initiation des épidémies.

Concevoir et valider des outils innovants pour :

- quantifier l'inoculum primaire au vignoble, en combinant des méthodes biologiques et moléculaires ;
- étudier les interactions plante-pathogène-environnement via un nouveau dispositif expérimental de type mésocosme ;

Du point de vue opérationnel, la chaire a pour ambition de :

- définir de nouveaux indicateurs liés à la germination de l'inoculum primaire présent dans le sol ;
- mettre au point une méthode de réduction de l'inoculum sexué par élimination des feuilles infectées à l'automne ;
- mesurer l'impact des couverts végétaux pour limiter la dispersion des oospores au printemps ;

RÉSULTATS MAJEURS

01

Une nouvelle méthode pour quantifier l'abondance et distribution des oospores dans une parcelle

Une méthode moléculaire innovante, basée sur la PCR digitale en gouttelettes (ddPCR), a été développée pour quantifier la concentration d'oospores de *Plasmopara viticola* dans les sols viticoles. Cette approche a permis de caractériser à la fois l'abondance et la distribution spatiale des oospores dans une parcelle de vigne.

Un total de 198 échantillons de sol (horizon 0–15 cm) a été collecté en mars 2022 dans une parcelle de 0,22 ha plantée en Merlot et conduite selon le cahier des charges de l'agriculture biologique.

- L'analyse par ddPCR a révélé la présence d'ADN de *P. viticola* dans tous les échantillons de sol sauf un, avec une concentration estimée entre 0 et 1858 oospores par gramme de sol (303 ± 308 en moyenne).
- La distribution des oospores à l'échelle de la parcelle n'était pas aléatoire, mais structurée en foyers circulaires d'environ 25 m de diamètre.
- Les oospores s'accumulaient cinq fois plus sous les ceps qu'en inter-rang.
- Un test biologique sur disques foliaires a montré que le potentiel infectieux du sol augmentait significativement avec la concentration d'oospores estimée par ddPCR

Figure 1 : Décroissance de l'abondance de l'inoculum primaire (issu de la reproduction sexuée) du mildiou de la vigne dans un sol viticole en nombre de copies de l'ITS- μL^{-1} (ddPCR) selon la distance au rang de vigne. La ligne continue correspond aux prédictions du modèle.

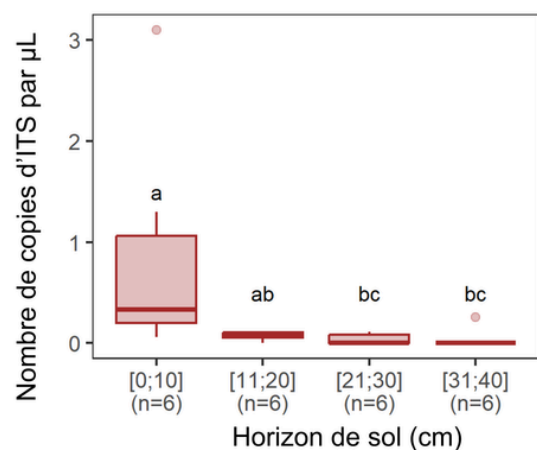
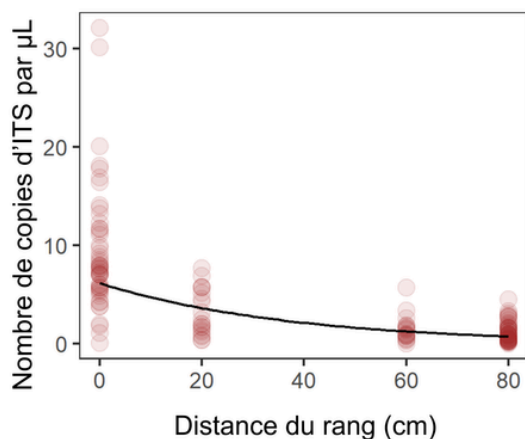


Figure 2 : Décroissance de l'abondance de l'inoculum primaire de mildiou de vigne (nombre de copies ITS- μL^{-1} , ddPCR) en fonction de la profondeur du sol. Les lettres indiquent une différence significative entre les différents horizons du sol.



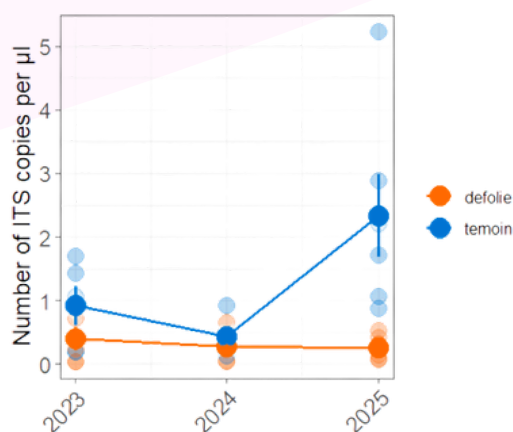
02

L'impact constaté du retrait, à l'automne, des feuilles de vigne contaminées par des oospores sur le développement des épidémies de mildiou au printemps.

L'expérimentation repose sur un réseau de cinq sites, où des parcelles sont comparées selon deux modalités : retrait annuel des feuilles à l'automne versus témoin sans retrait. Les zones concernées par le retrait couvrent chacune une surface d'environ 1 000 m².

Figure 3 : Dynamique inter-annuelle de l'inoculum primaire de *Plasmopara viticola* (mildiou) estimée par ddPCR (en nombre de copies ITS- μl^{-1}) dans des parcelles où l'on a retiré l'inoculum primaire à l'automne (orange) et des parcelles témoin (bleu).

Les données proviennent d'un réseau de 5 parcelles où les deux modes de conduites sont expérimentés : une modalité témoin dans laquelle les feuilles sont laissées sur les ceps à l'automne (bleu), et une modalité où toutes les feuilles des ceps contenant l'inoculum primaire (oospores) sont retirées de la parcelle à l'automne (orange).



Dès la première année, **le retrait des feuilles (orange)** a induit **une réduction significative de la charge en inoculum primaire de mildiou de la vigne dans le sol**, comparativement au témoin (bleu). Cette diminution de l'inoculum primaire se poursuit au fil du temps, chaque année montrant un niveau inférieur à celui de l'année précédente. Dans la modalité témoin en revanche, on observe une forte variabilité interannuelle, ce qui suggère que **la charge en inoculum primaire du sol pourrait dépendre des conditions épidémiques de l'automne précédent**.

En 2024, année caractérisée par une forte pression épidémique du mildiou, **un retard significatif dans l'initiation de l'épidémie a été observé après trois années de retrait de l'inoculum primaire à l'automne** sur la parcelle de la Grande Ferrade. Ce décalage épidémique a été observé aussi bien sur les feuilles que sur les grappes. Ce résultat démontre que **la prophylaxie** (retrait des feuilles contenant les oospores à l'automne) **peut contribuer à retarder et à réduire significativement l'intensité des épidémies de mildiou de printemps**.

03

Le compostage des feuilles automnales, une solution efficace pour la gestion des résidus de culture contaminés par le mildiou de la vigne.

Notre travaux montre que l'exposition des oospores de *P. viticola* à des températures de 50 °C et 70 °C pendant 30 jours - simulant les conditions thermophiles du compostage - entraîne une inactivation totale de leur capacité germinative.

Alors que 28,6 % des échantillons témoins présentaient une infection résiduelle, aucun cas d'infection n'a été observé après traitement thermique (n = 700), confirmant l'efficacité du compostage pour inhiber la germination des oospores de *Plasmopara viticola*.

Dynamique spatio-temporelle de l'inoculum primaire de *Plasmopara viticola* dans les sols viticoles et gestion préventive du mildiou de la vigne

Approche scientifique. Cette thèse vise à comprendre les déterminants de la distribution spatio-temporelle de l'inoculum primaire (oospores) de *P. viticola* dans les sols viticoles. Elle combine des approches de biologie moléculaire (ddPCR) et des bioessais en conditions contrôlées, ainsi que des suivis sur des réseaux expérimentaux in situ. L'objectif opérationnel est d'identifier des leviers d'action pour atténuer l'intensité des épidémies de mildiou afin d'accompagner la viticulture dans la transition agroécologique.

Résultats marquants. Les travaux ont permis de déterminer les conditions pédoclimatiques et les pratiques culturales favorisant l'abondance de l'inoculum primaire dans les parcelles. Grâce à un dispositif de parcelles de vignes arrachées, ils révèlent l'influence prépondérante de l'année n-1 sur la prévalence de l'inoculum primaire. Enfin, le suivi pluriannuel des oospores de mildiou dans le sol a mis en évidence une dynamique temporelle de l'inoculum jusqu'alors insoupçonnée.



Paige Breen, doctorante
Université de Bordeaux
(2023-2026)
thèse sous la direction de
François Delmotte
& Charlotte Poeydebat

ACQUISITION MATERIEL



Keyence VHX-X1S

Le suivi des épidémies de mildiou passe par **le développement d'un nouvel outil capable de quantifier les oospores du mildiou** (formes de conservation sexuées du pathogène) dans les feuilles de la vigne, une avancée rendue possible grâce à l'acquisition d'un **microscope numérique**.

Cet investissement permet d'amorcer la mise en place d'un système d'observation à haut débit pour quantifier les oospores dans les tissus de la vigne, à l'automne. En produisant des images standardisées et exploitables à grande échelle, ce microscope numérique ouvre la voie au développement d'un nouvel outil d'analyse automatisée basé sur l'IA.



FastPrep

Pour réaliser l'amplification de l'ADN de mildiou présente dans le sol, la Chaire s'est dotée d'un FastPrep, un équipement qui permet de **garantir une préparation rapide, homogène et reproductible des matrices**. Conçu pour lyser, broyer et homogénéiser efficacement les échantillons biologiques, il est entièrement autonome ce qui limite les risques de contaminations croisées et supprime les étapes de nettoyage associées aux méthodes manuelles.

Le FastPrep a permis de réaliser près de #2000 analyses de sols depuis le début du projet, contribuant directement aux résultats de la chaire.

PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

Breen *et al.* 2026. Rethinking grapevine downy mildew management: opportunities to disrupt the sexual cycle of the pathogen as a preventive disease control strategy, *Frontiers in Plant Science*, in press.

Poeydebat *et al.* 2025. Digital droplet PCR quantification and field-scale spatial distribution of *Plasmopara viticola* oospores in vineyard soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 91(12), e01667-25. <https://doi.org/10.1128/aem.01667-25>

Breen *et al.* 2025. Biophysical and agronomical drivers of the distribution of *P. viticola* oospores in vineyard soils. Poster, 23th GIESCO congress, 27-31 July, Geisenheim, Germany. https://hal.inrae.fr/hal-05275216v1/file/2025_07_GIESCO_Breen.pdf

En français

Andrianasolonirina *et al.* 2026. Une nouvelle méthode moléculaire pour quantifier les oospores de mildiou de la vigne dans les sols viticoles. IVES Technical Reviews, in press

Cournichoux *et al.* 2025. Le compostage des feuilles de vignes pour réduire l'inoculum primaire de *Plasmopara viticola* au vignoble ? IVES Technical Reviews, <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2025.9359>

Poeydebat C *et al.* 2023. La prophylaxie, un premier levier pour lutter contre les contaminations, Journée technique UMT SEVEN, 25 avril 2023, Bordeaux, France. <https://www.youtube.com/watch?v=OzTDWf8b9kw&t=553s>

PRIX

Prix **Recherche & Innovation**
de la Fondation Bordeaux Université

<https://www.isvv.u-bordeaux.fr/fr/actualites/la-chaire-alexis-millardet-recoit-le-prix-recherche-innovation.html>