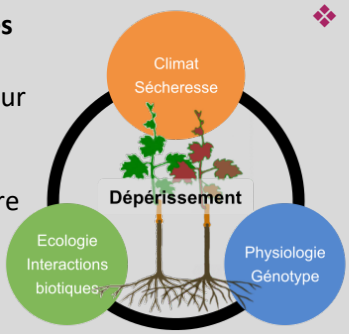
PLAN NATIONAL DÉPÉRISSEMENT DU VIGNOBLE

Mieux comprendre les mécanismes sous-jacents au dépérissement de la vigne

- **Contexte:** Dépérissement de la vigne => **mortalité** due à des facteurs **multiples** et leurs **interactions**. PHYSIOPATH s'intéresse à la **sécheresse,** aux **maladies du bois** et à leur **interaction.**
- Motivation: Nombreuses **lacunes** dans la compréhension du processus de dépérissement. Pour les combler, l'utilisation d'une approche **transdisciplinaire** est primordiale, au vignoble, en serre et au laboratoire**.** PHYSIOPATH allie la microbiologie, la physiologie, la microscopie et la physique.



- **Objet d'étude:** Le **système vasculaire** des plantes est au cœur de la problématique du dépérissement et a été étudié dans ce projet sous différentes conditions expérimentales (actions 1 et 2).
- **Innovation:** PHYSIOPATH a permis le développement d'un nouveau **système expérimental** pour étudier le développement de **l'esca en conditions contrôlées** (en serre, au laboratoire, action 2). Grâce à ce dispositif, nous avons pu utiliser les rayons X pour étudier le système vasculaire de ceps de vigne atteints d'esca.

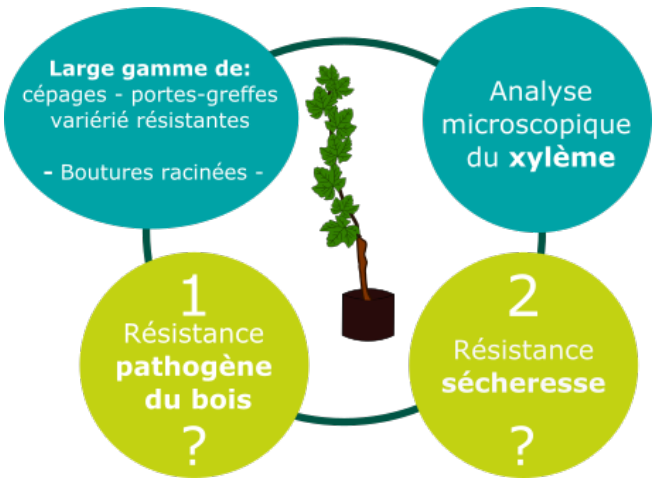
Le projet **PHYSIOPATH** étudie les mécanismes sous-jacents au dépérissement de la vigne par une approche intégrée, combinant l'étude des interactions biotiques et la physiologie de la plante hôte au travers de **3 actions**:

1. Etudier le **rôle du système vasculaire** (xylème) dans la **sensibilité de la vigne aux agents pathogènes** et à la **sécheresse**
2. Comprendre les **mécanismes conduisant à l'expression des symptômes foliaires** & étudier **l'interaction entre l'esca et la sécheresse**
3. Définir les **seuils de dysfonctionnement hydraulique** au vignoble

Cette première fiche technique présente certains des résultats obtenus dans les actions 1 et 2.

Action 1: Etude des caractéristiques du système vasculaire de la vigne et de son rôle dans la sensibilité de la vigne aux agents pathogènes et à la sécheresse

1. Quel est l'impact de la taille des vaisseaux transportant la sève sur la sensibilité aux maladies du bois?



L'étude des **facteurs favorisant l'expression des maladies du bois** est essentielle afin d'être en mesure de **proposer des stratégies de lutte à la profession.**

L'**objectif** de cette étude était de confirmer que la capacité de la plante à limiter la progression de certains champignons est dépendante de la taille des vaisseaux transportant la sève (xylème).
Nous avons utilisé une gamme étendue de cépages commerciaux et porte-greffes expérimentaux infectés avec un agent pathogène de l'esca: *Phaeomoniella chlamydospora*.

Méthode

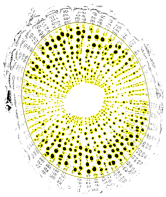
Boutures inoculées en serre:

•Porte-greffes expérimentaux (CS x RGM): 36 génotypes, 180 plantes (points verts sur le graphique)

•Cépages commerciaux: 15 cépages, 225 plantes (2018, points rouges sur le graphique) / 19 cépages, 380 plantes (2020, en cours)

Mesure des nécroses

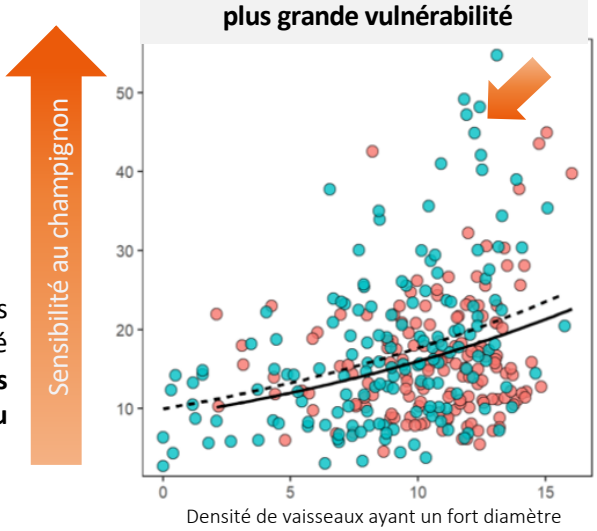
Quantification de l'ADN fongique



Analyse anatomique du bois

Résultats: Cette étude **confirme le rôle de la taille des vaisseaux dans la capacité de la vigne à limiter la progression d'un champignon de l'esca**. Les résultats montrent que les plantes à gros vaisseaux (densité de vaisseaux de diamètres élevés) ne sont pas systématiquement sensibles. Néanmoins elles présentent souvent des infections sévères (nécroses de grande taille, *flèche rouge*), qui ne sont **jamais observées** chez les plantes ayant peu de gros vaisseaux.

Vaisseaux de fort diamètre
=
plus grande vulnérabilité



Et après? De nouvelles expérimentations seront nécessaires pour déterminer l'effet de l'anatomie du bois sur la sensibilité de la vigne à **une gamme plus large de champignons pathogènes** ainsi que **l'effet des pratiques culturales et du climat sur l'anatomie du bois** au cours de la saison.

Des caractéristiques disponibles pour la sélection?

Ces travaux pourraient à terme permettre la sélection de cépages peu sensibles, ainsi que la préconisation de pratiques culturales visant à diminuer la vulnérabilité de la vigne aux maladies du bois et plus largement au dépérissement.

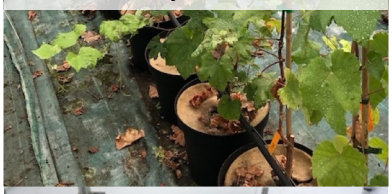
2. Comment varie la tolérance à la sécheresse entre les cépages et porte-greffes de vigne et au cours de la saison?

Méthode

Boutures élevées en pots de 7L en serre issues de 23 cépages, 3 porte-greffes, 4 variétés résistantes aux maladies (mildiou/oïdium); 300 plantes

Centrifugation des branches grâce au **Mégacavitron**

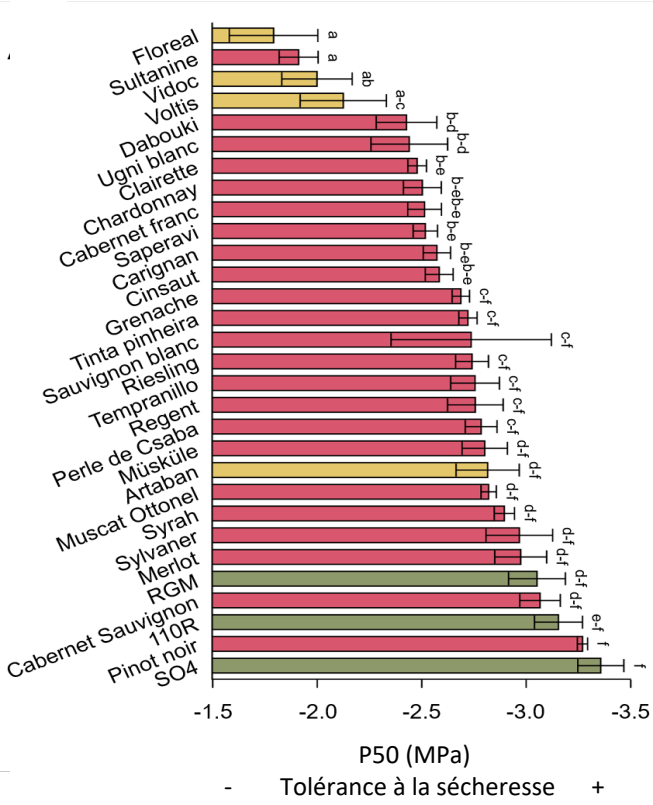
Analyse **microscopique** du **xylème**



L'évaluation de **l'impact du changement climatique** sur les cépages de vigne actuellement cultivés et **l'identification des cépages qui pourraient être mieux adaptés** au climat futur sont actuellement deux défis majeurs de la viticulture.

L'objectif de cette étude était de caractériser la **tolérance à la sécheresse** d'une vaste gamme de cépages et porte-greffes représentant des conditions climatiques contrastées (méditerranéennes et tempérées) ainsi que l'évolution de cette tolérance au cours d'une saison.

Nous avons pour cela mesuré la résistance à **l'embolie** (dysfonctionnement de l'appareil vasculaire de la plante entraînant un dessèchement) des vaisseaux du xylème sur **23 cépages**, 3 porte-greffes et 4 variétés résistantes, à l'aide de la technique de centrifugation des branches développée en France (INRAE plateforme Phénobois). L'appareil utilisé est un **Mégacavitron** (photo ci-contre). Il permet de 'mimer' l'effet d'une sècheresse sur le transport d'eau dans une plante, en déterminant les pressions du xylème auxquelles les vaisseaux deviennent cavités et donc impropres au transport de l'eau (ou sève brute). La comparaison de la résistance à l'embolie entre plants et cépages / porte-greffes est ensuite effectuée en utilisant le trait de la **P50** qui correspond à la pression à laquelle 50% des vaisseaux sont cavités (desséchés). **Plus la P50 a une valeur négative et plus un cépage est résistant à l'embolie (et donc à la sècheresse).**



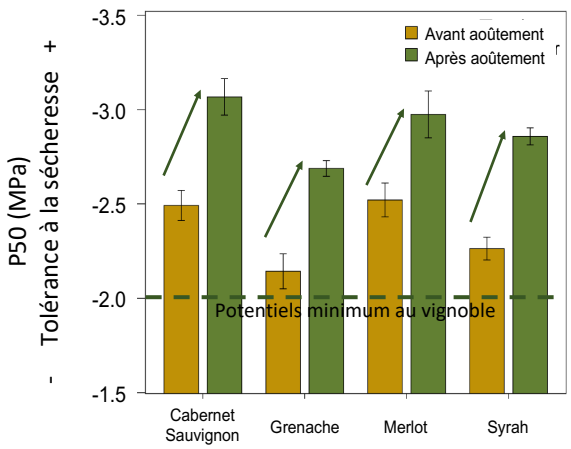
Résultats: cette étude a permis de mettre en évidence **une large gamme de variation de résistance à l'embolie entre les cépages.**

La P50 est en moyenne de -1.8 MPa chez Floréal (variété résistante mildiou/oïdium, la plus vulnérable) à -3.4 MPa chez SO4 (porte-greffe, le plus résistant).

Nous observons que les porte-greffes (en vert) font parties des vignes les plus résistantes à la sécheresse. Les variétés résistantes au mildiou et oïdium, Floreal, Vidoc, Voltis, sont les plus sensibles. Les cépages « classiques » (*V. vinifera*) représentent un intermédiaire.

Ces **P50** signifient que si de telles valeurs de potentiels hydriques minimum sont atteintes au vignoble, le risque de mortalité est élevé. Toutefois, notre étude récente a montré que **la marge de sécurité de la vigne face à la sécheresse est actuellement importante**. En effet, dans les deux vignobles étudiés (Saint Emilion et Nappa Valley) au cours des 10 dernières années, les potentiels hydriques les plus négatifs (environ -2MPa) n'ont jamais induit plus de 15% d'embolie et n'ont par conséquent jamais atteint le seuil de 50% (P50, voir figure ci-dessous, la ligne en pointillé représentant les potentiels minimums observés au vignoble).

Par ailleurs, la vigne (tiges et feuilles) sont **plus vulnérables à l'embolie en début de saison** (avant aoûtement) puis la plante met en place un xylème de plus en plus résistant pour atteindre un maximum fin septembre (après aoûtement, voir figure ci-dessous). Cette observation a été réalisée chez Cabernet sauvignon, Grenache, Merlot et Syrah.



Il existe également une forte segmentation hydraulique chez la vigne c'est-à-dire que **les feuilles sont plus vulnérables que les tiges.**

Voici la séquence des évènements observée lors d'une sècheresse :

1. *Arrêt de la croissance*
2. *Fermeture des stomates (arrêt transpiration et photosynthèse)*
3. *Embolie gazeuse dans la feuille*
4. *Chute des feuilles*
5. *Début embolie gazeuse des tiges*

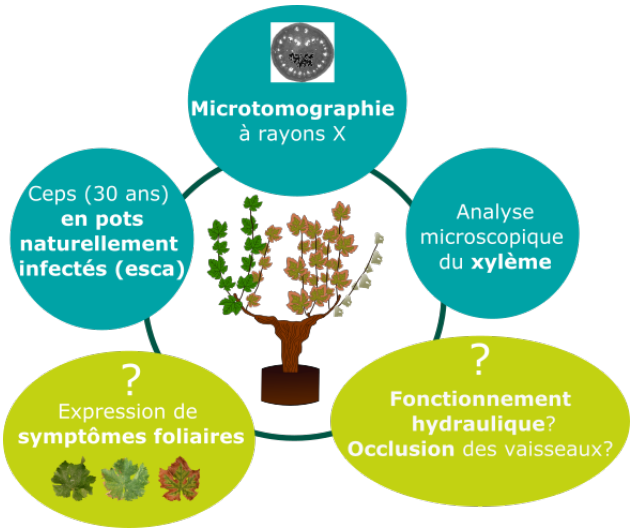
Action 2: Comprendre les mécanismes conduisant à l'expression des symptômes foliaires

Il reste de nombreux **aspects inexplorés** de l'interaction entre la vigne, son environnement et les pathogènes du bois conduisant à des **lacunes dans la compréhension de l'expression** de ces maladies, en particulier de l'esca.

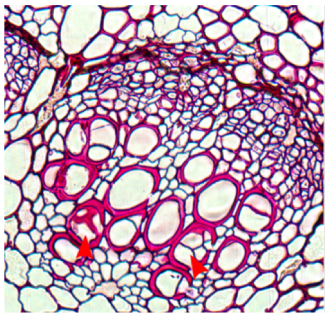
Nous avons mobilisé deux aspects originaux :

1. la **création d'un dispositif expérimental** constitué de **ceps âgés** (provenant d'un vignoble avec une forte incidence d'esca) transplantés du vignoble en pots et pouvant donc être étudiés en serre et déplacés en laboratoire;

2. la **microtomographie à rayon X** (au synchrotron SOLEIL), permettant l'observation directe, non invasive, de l'appareil vasculaire de ces ceps de vigne. **Nous avons observé et comparé le fonctionnement du xylème de feuilles et de tiges symptomatiques et non-symptomatiques.**



Résultats: Nous avons démontré que **les symptômes de l'esca (feuilles) ne sont pas liés à de l'embolie gazeuse (présence de bulles d'air dans le xylème) mais à des occlusions (thylloses et gels)** rendant les vaisseaux impropres au transport de l'eau. Ces occlusions dans l'appareil vasculaire des feuilles et tiges, mettent en évidence **le rôle du dysfonctionnement hydraulique dans l'expression de l'esca**.



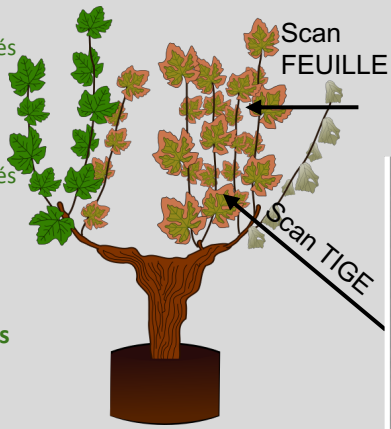
Ci-contre: occlusions (flèches rouges) dans les vaisseaux du xylème d'une feuille de vigne.

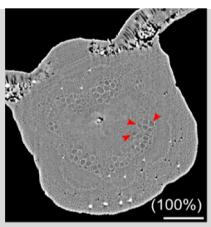
Détection agents pathogènes

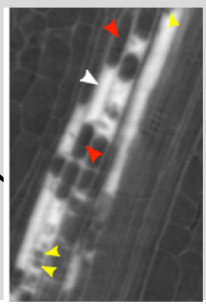
Feuilles:
Agents pathogènes **NON**-détectés (ADN)

Tiges:
Agents pathogènes **NON**-détectés (ADN)

Tronc:
- nécroses
- Agents pathogènes **détectés** (ADN+marquage fluo)



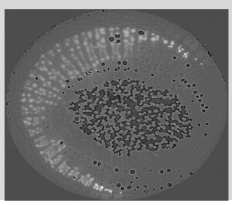




Fonctionnement hydraulique

Feuilles (nervures et petioles):
77% de vaisseaux **non fonctionnels**
Thylloses / gels

Tiges:
30% de vaisseaux **non fonctionnels**
Thylloses / gels



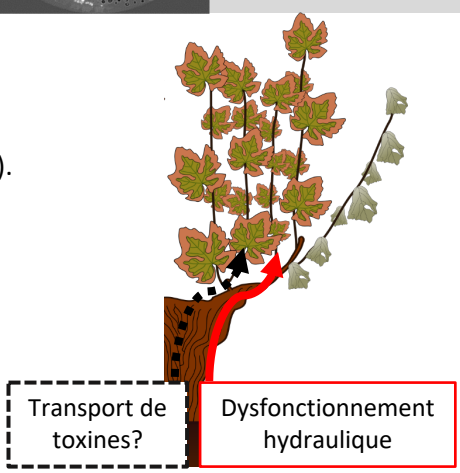
Ci-contre: occlusions (flèches rouges) dans les vaisseaux du xylème (les vaisseaux blancs sont fonctionnels et transportent la sève).

Hypothèses et perspectives:

Les deux **hypothèses** principales concernant l'expression de l'esca sont:

1) Production de toxines par les pathogènes du bois (flèche noire).
2) Dysfonctionnement hydraulique, ou arrêt de transport d'eau (flèche rouge).

Nos résultats montrent un **lien** entre le **dysfonctionnement hydraulique** (présence d'occlusions) et les **symptômes observés sur les feuilles**. Néanmoins, la production des toxines pourrait avoir un rôle clé dans la production des occlusions au sein du système vasculaire. Ces processus seront étudiés au cours du projet **ESCAPADE** débutant en 2021.



Giovanni Bortolami, Chloé Delmas, Sylvain Delzon, Grégory Gambetta, Laurent Lamarque, Jérôme Pouzoulet

Pour en savoir plus
www.plan-deperissement-vigne.fr/Physiopath

Chloé Delmas
chloe.delmas@inrae.fr

INRAE ISVV INSTITUT DES SCIENCES DE LA VIGNE ET DU VIN BORDEAUX AQUITAINE BORDEAUX SCIENCES AGRO Région Nouvelle-Aquitaine