

L'IMAGERIE AU SERVICE DE LA RECHERCHE

Les différents outils d'imagerie médicale tels que les rayons X ou l'IRM permettent d'observer, au cœur du végétal, le système vasculaire de la plante : celui-ci est en effet le siège des désordres physiologiques dans le cas de sécheresse ou de maladies du bois. Lorsque le système vasculaire de la plante est altéré, cela entraîne un déficit de l'alimentation du xylème, la plante n'est plus en capacité d'assurer le transport de l'eau et meurt.

Ces outils permettent ainsi de répondre à plusieurs interrogations.

Qualité du point de greffe et production des plants en pépinière

L'imagerie a été utilisée afin de proposer des éléments de connaissances scientifiques et appliqués pour améliorer la qualité des plants de vigne et leur taux de reprise à la plantation. Il vise également à assurer le transfert de l'information aux différents acteurs de la filière afin d'élever leur niveau d'expertise. Les études portent sur les réserves, le développement racinaire, certains facteurs de dépérissement (thylles³, champignons...) ainsi que sur la zone de greffe. Cette dernière est étudiée notamment grâce à des techniques d'imagerie.

Les premiers résultats montrent que :

- les greffes rejetées sont caractérisées par des jonctions partielles entre le greffon et le porte-greffe.
- Certains plants qui passent les critères classiques du tri (test de la soudure ou « coup de pouce », aspect et taille des racines) présentent pourtant des jonctions partielles et auront une mauvaise reprise.
- Le critère développement de la pousse et nombre de « grosses » racines doit être pris en compte lors du tri des plants.

Cela confirme que les tests utilisés actuellement ne permettent pas d'éliminer à coup sûr les greffes défectueuses.

Les analyses se poursuivent pour obtenir des données quantitatives sur les indicateurs identifiés (surface des jonctions, quantité de bois néoformé, volume de nécroses...).

³ Obstructions des vaisseaux

1^{ÈRE} PHASE DE TRI

Tri des plants par le pépiniériste

Test de la soudure (coup de pouce)
ET
au moins 3 racines bien réparties

Plans commercialisables



- Un système racinaire +/- développé
- Une pousse bien aotée +/- longue

Test de la soudure (coup de pouce)
OU
au moins 3 racines bien réparties

Plans rejetés



- Un système racinaire non développé OU
- Soudure cassée

Greffe réussie

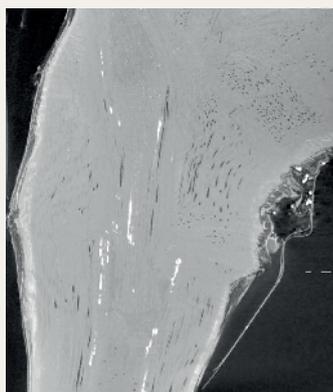
Greffe rejetée

20 plants ont été analysés par tomographie⁴-RX à l'arrachage de la pépinière avant d'être triés.

Deux exemples illustrant l'anatomie de ces plants sont présentés ci-dessous.

Zones de soudure observées sur 2 plants et leurs images correspondantes en microtomographie-RX (coupes longitudinales). Les tissus denses aux rayons X apparaissent en blanc et les tissus peu denses en noir.

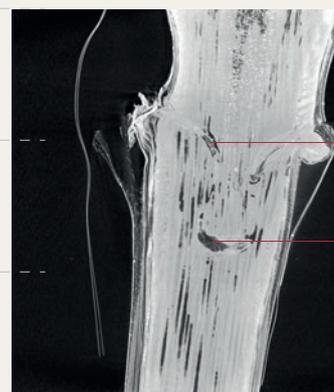
2^{ÈME} PHASE DE TRI



Merlot

Zone de l'omega

S04



Tissus nécrosés

Vide

Greffe réussie

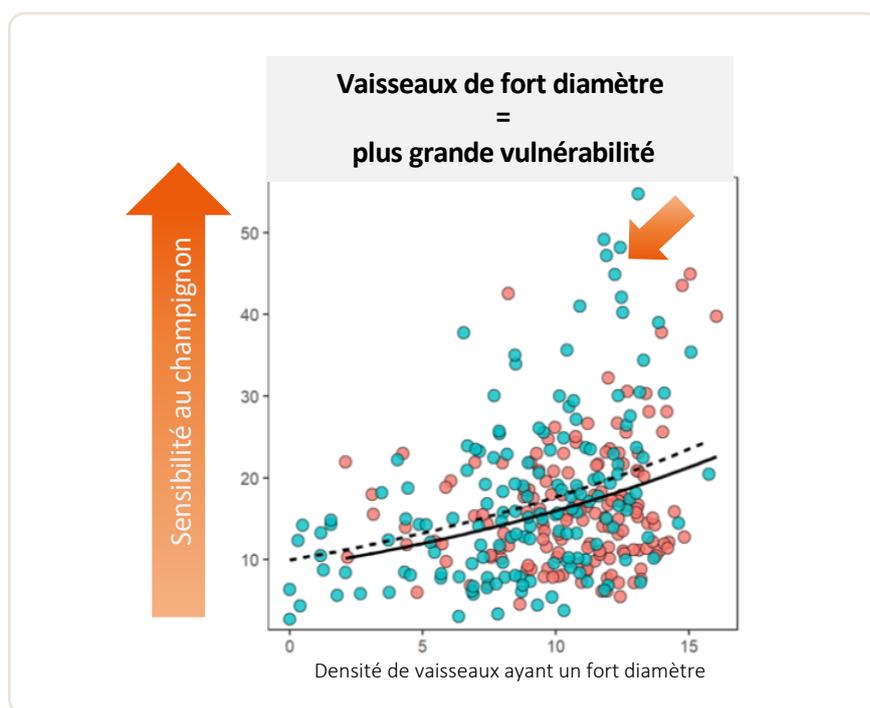
- Jonctions bien formées entre le greffon et le porte-greffe
- Très peu de vide ou de nécroses
- Beaucoup de bois produit post-greffage

Greffe rejetée

- Jonctions partiellement formées
- Zones de vide ou de nécroses
- Peu de bois néoformé

⁴ La micro-tomographie aux rayons X est une technique d'imagerie permettant la reconstruction 3D d'un échantillon de façon non-destructive. Cette technique permet d'investiguer l'intégrité des tissus du bois.

Le système vasculaire des plantes au cœur de la problématique des dépérissements



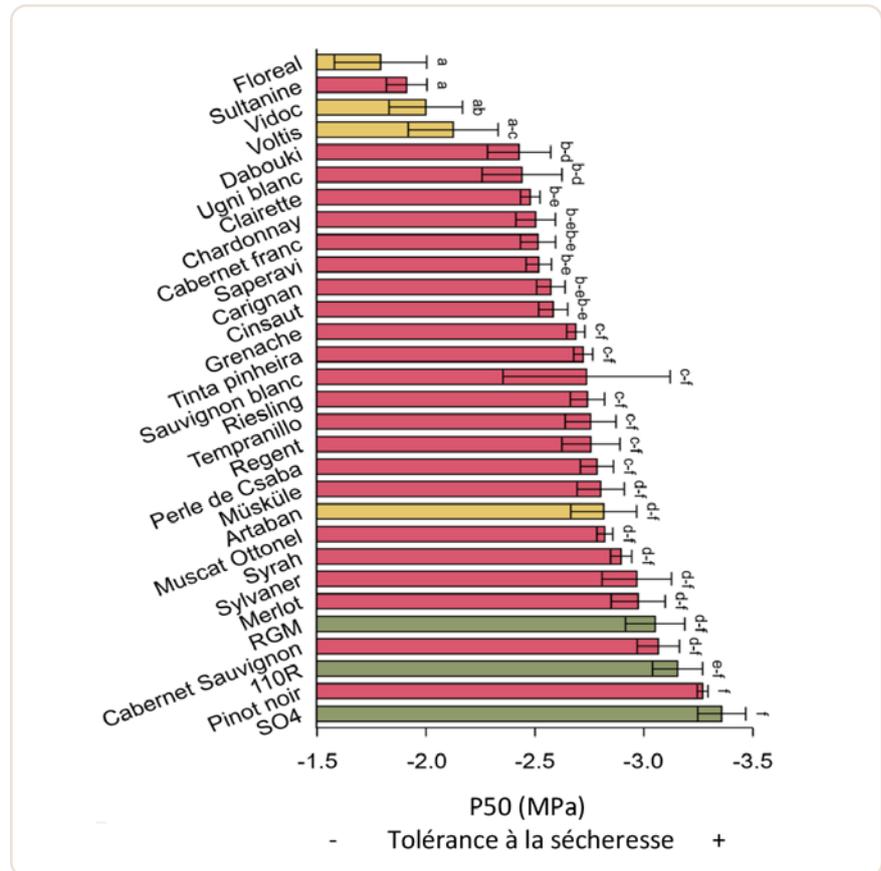
#01

Quel est l'impact de la taille des vaisseaux transportant la sève sur la sensibilité aux maladies du bois (esca) ?

La taille des vaisseaux a un rôle dans la capacité de la vigne à limiter la progression du champignon *Phaeoaniella chlamydospora*, agent pathogène de l'esca, et ce sur une gamme étendue de cépages et porte-greffes. Les plantes qui présentent une densité élevée de vaisseaux à fort diamètre ne sont pas systématiquement sensibles mais elles présentent souvent des infections sévères qui ne sont jamais observées chez les plantes ayant peu de gros vaisseaux. Cette étude sera étendue à d'autres champignons pathogènes. L'impact

des pratiques culturales et du climat sur l'anatomie du bois sera également étudié.

Ces nouvelles connaissances pourraient permettre la sélection de cépages peu sensibles, ainsi que la préconisation de pratiques culturales et notamment de systèmes de taille pour limiter le risque d'infection des ceps, visant à diminuer la vulnérabilité de la vigne aux maladies du bois et plus largement aux dépérissements.



#02

Comment varie la tolérance à la sécheresse entre les cépages et porte-greffes de vigne ?

La résistance à l'embolie (dysfonctionnement de l'appareil vasculaire) des vaisseaux du xylème a été mesurée à l'aide d'un Mégacavitron sur 23 cépages, 3 porte-greffes et 4 variétés résistantes. Le Mégacavitron permet de « mimer » l'effet d'une sécheresse sur le transport d'eau dans une plante, en déterminant les pressions du xylème auxquelles les vaisseaux ne sont plus capables d'assurer le transport de l'eau (ou sève brute). La comparaison de la résistance à l'embolie entre plants et cépages / porte-greffes est ensuite effectuée à partir de leurs P50. Cette valeur correspond à la pression à laquelle 50 % des vaisseaux sont cavités (le flux d'eau est rompu). Plus la P50 a une valeur négative et plus un cépage est résistant à l'embolie (et donc à la sécheresse).

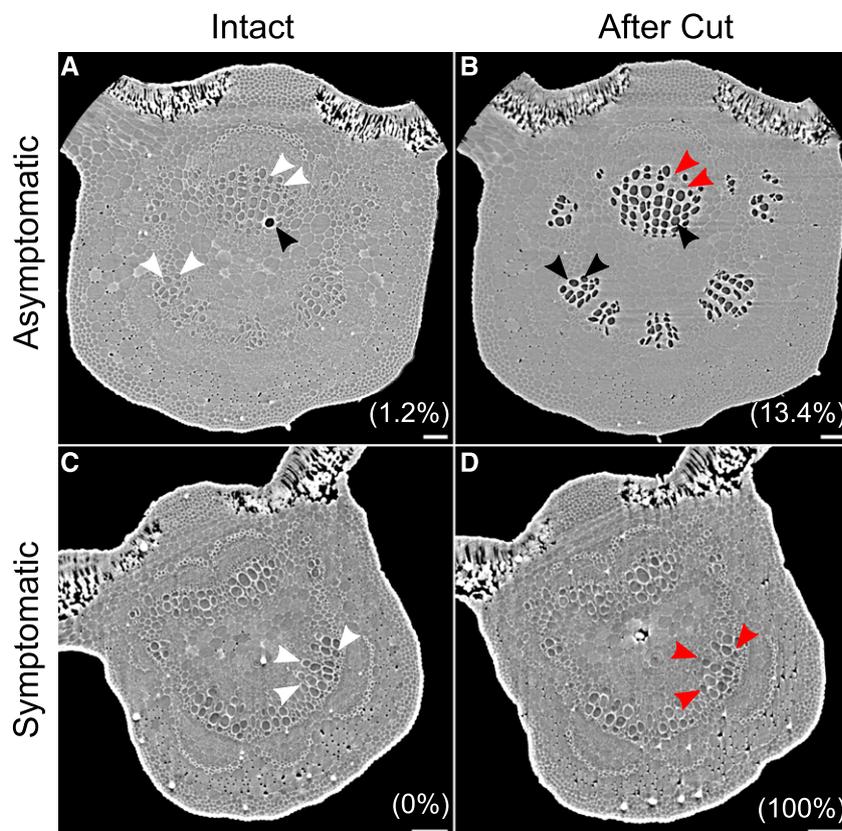
Les résultats ont permis de classer les différents cépages et porte-greffe en fonction de leur résistance à l'embolie (voir graphique) : les porte-greffes (en vert) font partie des vignes les plus résistantes à la sécheresse (entre -3,4 et -3,0 MPa). Les variétés résistantes au mildiou et oïdium, Floreal, Vidoc, Voltis, sont les plus sensibles (entre -2,2 et -1,8 MPa). Les cépages « classiques » représentent un intermédiaire hormis le Pinot Noir qui présente une résistance à la sécheresse équivalente à celle des porte-greffes (environ -3,3 MPa). Par ailleurs, la vigne (tiges et feuilles) est plus vulnérable à l'embolie en début de saison (avant août) puis la plante met en place un xylème de plus en plus résistant pour atteindre un maximum fin septembre.

#03

Qu'est-ce qui cause les symptômes foliaires de l'esca ?

L'utilisation de la microtomographie à rayon X⁴ sur des ceps âgés transplantés du vignoble en pots a permis l'observation directe, non invasive, de l'appareil vasculaire de ceps de vigne. L'équipe du projet a observé et comparé le fonctionnement du xylème de feuilles et de tiges symptomatiques et non-symptomatiques à l'esca. Les résultats ont tout d'abord montré un lien entre le dysfonctionnement hydraulique et les symptômes observés sur les feuilles. Les résultats ont également démontré que les symptômes de l'esca (sur 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. Des tests ont toutefois montré qu'aucun agent pathogène n'est détecté dans les feuilles et tiges symptomatiques alors que ces agents pathogènes sont bien présents dans le tronc. Reste à définir l'origine de ces occlusions (réaction à des toxines, mécanisme d'autodéfense de la plante ?).



⁴ La micro-tomographie aux rayons X est une technique d'imagerie permettant la reconstruction 3D d'un échantillon de façon non-destructive. Cette technique permet d'investiguer l'intégrité des tissus du bois.

#04

4. Comment évaluer le niveau de dégradation des tissus dans le cep ?

Les symptômes foliaires s'expriment de manière irrégulière et ne reflètent pas le niveau de dégradation interne du bois. Mais le suivi de la dégradation des tissus à l'intérieur du cep nécessitait jusqu'à présent l'utilisation d'approches destructives et n'offrait que des observations très limitées. L'évaluation sanitaire d'une souche vivante était donc impossible.

L'utilisation de plusieurs méthodes d'imagerie (IRM, Rayon X,

photographies) permet d'obtenir des informations sur la quantité et la configuration de l'eau et sur la densité et la dégradation des tissus. L'agrégation de l'ensemble de ces images grâce à un logiciel de recalage et d'alignement d'image a ainsi permis d'obtenir un modèle capable de reconnaître les différents types de tissus présents dans les ceps. Il est donc désormais possible de détecter en 3D, de classer et de quantifier automatiquement les tissus sains et dégradés (nécroses et amadou) directement au cœur du cep, sans le découper. Il a par ailleurs été confirmé qu'un pied de vigne, ne manifestant pas de symptômes foliaires, peut néanmoins contenir plus de 60 % de tissus nécrosés, et que la quantité d'amadou pouvait être un bon indicateur de l'état de la plante.

Ces informations précieuses offriront aux viticulteurs des indicateurs précis de l'état sanitaire interne de leurs ceps et permettront d'orienter les professionnels vers une meilleure gestion des parcelles, pour le traitement ou le renouvellement ciblé des ceps malades.

