

# Les besoins en eau et leur influence dans les maladies du dépérissement

## CONTACT :

**Chloé Delmas**

Directrice de recherche, INRAE Centre Nouvelle-Aquitaine Bordeaux  
UMR 1065 Santé et Agroécologie du Vignoble  
chloe.delmas@inrae.fr

## Introduction

Le dépérissement de la vigne, entraînant une forte baisse de rendement et une mortalité des ceps de vigne, est causé par un ensemble de facteurs biotiques et abiotiques dont les maladies du bois sont une des causes majeures. Cependant, les mécanismes physiologiques à l'origine de ce dépérissement et en particulier des symptômes foliaires liés à l'esca restent méconnus. L'esca est une maladie vasculaire interagissant avec le fonctionnement hydraulique du cep de vigne (Bortolami, 2021a). En effet, la sectorisation des symptômes apparaissant sur le feuillage du cep de vigne (qui peuvent être présents que sur un sous-ensemble des tiges de l'année) reflète la sectorisation du transport de sève mise en évidence grâce à l'infusion de colorants dans des ceps d'un vignoble californien (McElrone et al. 2021). De plus, une bande brune (coloration brune sous l'écorce au niveau des couches externes du xylème tout le long du cep) est observée systématiquement et de façon concomitante au développement des symptômes foliaires d'esca mais n'a jamais été observée sur des ceps asymptomatiques (Lecomte et al. 2012). Ainsi, le fonctionnement hydraulique du cep de vigne est au cœur de la problématique du dépérissement des vignobles puisqu'il est confronté à la fois aux communautés de microorganismes qui colonisent le système vasculaire et nécrosent le bois ainsi qu'à l'environnement climatique et pédologique conditionnant notamment l'alimentation hydrique. Ce document vise à présenter brièvement les derniers résultats obtenus sur l'interaction entre le développement de l'esca, le fonctionnement hydraulique de la vigne et la disponibilité en eau.

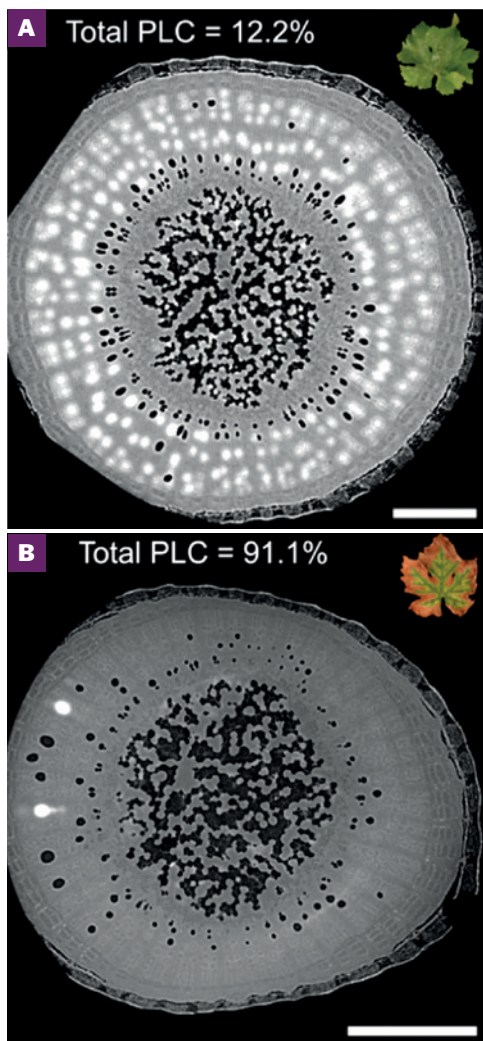
## Impact de l'esca sur le fonctionnement hydraulique du cep de vigne

Grâce à une approche couplant pathologie et physiologie végétale, à l'utilisation d'une technique d'imagerie innovante non destructive (micro-tomographie à

rayons X), et à la création d'un nouveau dispositif expérimental permettant l'étude de l'esca sur des ceps âgés transplantés du vignoble en pots, nous avons mis en évidence que l'esca entraîne un dysfonctionnement hydraulique (altération du transport de l'eau à travers le système vasculaire) dans les différents organes du cep de vigne (Bortolami et al. 2019, 2021b). La micro-tomographie à rayons X, réalisée au synchrotron SOLEIL, nous a permis d'observer pour la première fois le fonctionnement vasculaire de feuilles et de tiges symptomatiques et non symptomatiques et de démontrer que ces symptômes ne sont pas caractérisés par la présence d'air dans les vaisseaux du xylème (embolie gazeuse) mais par un grand nombre de vaisseaux non fonctionnels présentant des occlusions (thylloses et gels). Dans les feuilles et les tiges de l'année, ces occlusions sont produites à distance des champignons pathogènes impliqués dans l'esca qui n'ont pas été identifiés dans ces tissus contrairement au tronc dans lequel ils sont systématiquement détectés (Bortolami et al. 2019). De plus, il a été mis en évidence que ces occlusions sont spécifiques de l'esca car elles ne sont pas observées dans les vaisseaux des feuilles présentant d'autres types de symptômes foliaires comme les carences en magnésium ou bien lors de la senescence automnale (Bortolami et al. 2022). Ces résultats démontrent que les symptômes foliaires d'esca sont associés à une atteinte de l'intégrité des vaisseaux et ont ouvert la voie pour caractériser l'interaction entre la sécheresse, le fonctionnement hydraulique du cep de vigne et le développement de l'esca.

## Interaction entre l'alimentation hydrique et développement de l'esca : approche expérimentale

L'état hydrique des plantes constitue un facteur clé dans les échanges gazeux et l'efficacité de l'utilisation de l'eau mais également dans la composition des baies et la qualité du vin chez la vigne. De plus, l'état hydrique

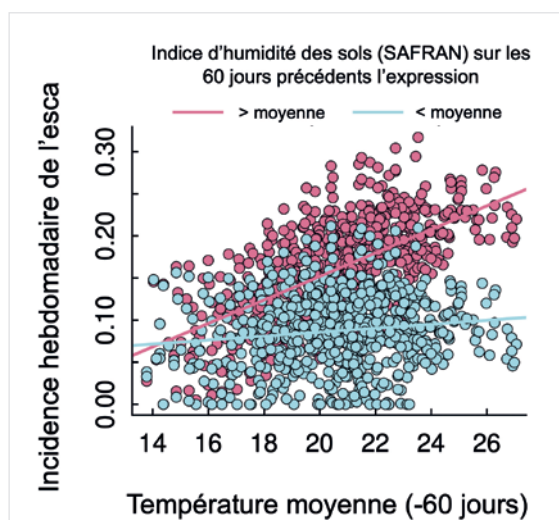


**Figure 1 :** Scans obtenus grâce à la microtomographie à rayons X de tiges de vignes (vue transversale, *V. vinifera* cv Sauvignon blanc). Les vaisseaux fonctionnels, transportant la sève, apparaissent en blanc sur les scans. Ils ont pu être mis en évidence par l'utilisation de l'iohexol, un agent de contraste transporté par la sève et reflétant les rayons X. Les vaisseaux non-fonctionnels qui apparaissent en noirs, sont les rares vaisseaux qui présentent des embolies gazeuses (air). Les vaisseaux non-fonctionnels présentant des occlusions apparaissent en gris. **(A)** Exemple d'une tige asymptomatique (avec un xylème presque totalement fonctionnel, 88% des vaisseaux apparaissent en blanc sur le scan). **(B)** Exemple d'une tige symptomatique d'esca très affectée par le dysfonctionnement hydraulique (91% des vaisseaux ne peuvent plus transporter de sève). Les valeurs de perte de conductivité (PLC) sont indiquées en haut de chaque image. Échelle = 1mm. Figure extraite de Bortolami & Delmas, 2022 publié dans la Revue des Œnologues.

peut affecter les interactions plantes-pathogènes soit par un impact direct sur les agents pathogènes, soit par un effet antagoniste ou synergique sur la physiologie de la plante. Grâce au dispositif expérimental de ceps âgés en pots, nous nous sommes intéressés à l'impact d'un déficit hydrique sur l'expression de symptômes foliaires d'esca de la vigne et à la réponse physiologique de la vigne à ces deux stress (Bortolami et al. 2021c). Au cours de deux saisons consécutives, la moitié d'un groupe de 102 ceps de Sauvignon blanc en pots ont été soumis à une contrainte hydrique en maintenant le potentiel hydrique de base autour de -1 MPa sur une longue durée (3 mois). Ce niveau de contrainte hydrique entraîne une fermeture des stomates, et donc une forte diminution de la transpiration de la plante, sans provoquer de cavitation dans les vaisseaux des ceps de vigne (Charrier et al. 2018). Ces expérimentations ont mis en évidence qu'un tel niveau de contrainte hydrique inhibe totalement l'expression des symptômes d'esca puisqu'aucune des plantes soumises à ce stress hydrique n'a exprimé des symptômes foliaires d'esca lors des deux saisons suivies ; alors que 30% des plantes bien irriguées ont exprimé des symptômes chacune des deux années de l'étude (Bortolami et al. 2021c). Cette incidence de 30% était similaire à celle observée dans le vignoble d'origine de ces ceps de vigne. Ce résultat indique que le transport de l'eau dans la plante (statut hydrique) joue un rôle clé dans le développement des symptômes d'esca. Il reste à présent à élucider si cette inhibition provient d'un effet direct du stress hydrique sur les communautés de microorganismes et leur pathogénicité ou bien si c'est le faible transport d'eau dans les plantes ou leur métabolisme qui en est à l'origine.

### Interaction entre l'alimentation hydrique et développement de l'esca : approche régionale

Les recherches en conditions contrôlées décrites ci-dessus ont donc démontré que l'alimentation hydrique du cep de vigne est un facteur déterminant dans le développement des symptômes foliaires d'esca. Afin de tester cette hypothèse au vignoble, nous avons caractérisé les relations à court terme entre le climat et l'incidence de l'esca (symptômes



**Figure 2 :** Relations entre l'incidence hebdomadaire de l'esca (les valeurs indiquées sont issues des prédictions moyennes d'un ensemble de modèles statistiques), la température moyenne (en °C) et l'indice d'humidité du sol (issu des modèles climatiques SAFRAN de Météo France) des deux derniers mois (-60 jours) avant l'observation des symptômes foliaires.

foliaires) dans les vignobles du sud de la France. Nous avons harmonisé et compilé des enquêtes estivales réalisées de 2003 à 2021 sur l'occurrence des symptômes foliaires au cours de la saison (notations bimensuelles) dans une base de données regroupant une cinquantaine de vignobles, et comprenant différents âges de plantes, variétés, conditions pédoologiques et climatiques. Les données climatiques utilisées ont été compilées à partir des données quotidiennes SAFRAN de Météo-France et moyennées sur différents pas de temps. Nous avons construit un ensemble de modèles statistiques pour identifier les principaux facteurs climatiques de l'incidence de l'esca sur une base hebdomadaire. Les modèles ont indiqué un effet d'interaction entre la température et l'humidité du sol au cours des deux derniers mois précédant l'expression des symptômes. Plus la transpiration des plantes est élevée (climat humide et chaud), plus l'incidence de nouveaux cas hebdomadaires est élevée. Nos résultats suggèrent que les microorganismes pathogènes du bois associés à l'esca profitent des conditions chaudes et humides

mais sont inhibés par les conditions de déficit hydrique. Ces résultats fournissent des indications importantes pour mieux comprendre les relations plantes-climat-maladies sur le terrain et anticiper les tendances pour les prochaines décennies. À présent, nos recherches portent sur la caractérisation du rôle des facteurs climatiques dans le développement des maladies du bois à l'échelle nationale grâce à l'agrégation de données régionales (2003-2022, + de 2400 parcelles suivies dans toutes les régions viticoles de France) dans le cadre du projet CLIMESCA (Plan National Dépérissement du Vignoble <https://www.plan-deperissement-vigne.fr/recherches/programmes-de-recherche/climesca>).

## Remerciements

Ces recherches ont été financées par le Plan National Dépérissement du Vignoble (FranceAgrimer & CNIV) dans le cadre des projets PHYSIOPATH (<https://www.plan-deperissement-vigne.fr/recherches/programmes-de-recherche/physiopath>) et ESCAPADE ([https://www.plan-deperissement-vigne.fr/sites/default/files/2020-05/ESCAPADE\\_SB.pdf](https://www.plan-deperissement-vigne.fr/sites/default/files/2020-05/ESCAPADE_SB.pdf)).

Je remercie tous les collègues ayant participé à ces recherches et en particulier : G. Bortolami, G. Gambetta, N. Ferrer, J. Pouzoulet, L. Lamarque, R. Burrett et S. Delzon (PHYSIOPATH) ainsi que T. Fréjaville, L. Guérin-Dubrana, P. Larignon et P. Lecomte (ESCAPADE).

## Références :

- ➔ Bortolami et al. (2019). Exploring the hydraulic failure hypothesis of esca leaf symptom formation. *Plant physiology*, 181(3), 1163-1174.
- ➔ Bortolami G. (2021a), *The effect of pathogens on the water and carbon economy of grapevines: implications for the grapevine dieback crisis*. Thèse de doctorat. Université de Bordeaux.
- ➔ Bortolami et al. (2021b). Seasonal and long-term consequences of esca grapevine disease on stem xylem integrity. *Journal of Experimental Botany*, 72(10), 3914-3928.



- ➔ Bortolami et al. (2021c). Grapevines under drought do not express esca leaf symptoms. *PNAS*, 118(43) e2112825118.
- ➔ Bortolami et al. (2022). Esca grapevine disease involves leaf hydraulic failure and represents a unique premature senescence process. *Tree Physiology* in press
- ➔ Bortolami, G., & Delmas C.E.L. (2022). Impacts de l'esca sur le transport de l'eau de la vigne. *La Revue des Œnologues*, 182, 21-23.
- ➔ Charrier, G. et al. (2018). Drought will not leave your glass empty: Low risk of hydraulic failure revealed by long-term drought observations in world's top wine regions. *Science advances*, 4(1), eaa06969.
- ➔ Lecomte et al. (2012). New insights into esca of grapevine: the development of foliar symptoms and their association with xylem discoloration. *Plant Disease*, 96(7), 924-934.
- ➔ McElrone et al. (2021). Functional hydraulic sectoring in grapevines as evidenced by sap flow, dye infusion, leaf removal and micro-computed tomography. *AoB Plants*, 13(2), plab003.