

ALAIN DELOIRE, PROFESSEUR RETRAITÉ DE L'INSTITUT AGRO MONTPELLIER, CONSULTANT VITICOLE, FRANCE
ANNE PELLEGRINO, PROFESSEURE ASSOCIÉE, UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER, INSTITUT AGRO, FRANCE
OLIVIER YOBREGAT, INSTITUT FRANÇAIS DE LA VIGNE ET DU VIN, PEYROLE, FRANCE

LES RACINES DE LA VIGNE: UNE BRÈVE REVUE

Architecture, croissance, interactions microbiennes. Cette étude explore les racines de la vigne sous toutes leurs facettes, soulignant leur rôle clé face aux défis agronomiques et climatiques, et ouvrant des pistes pour la sélection de porte-greffes adaptés.

Il convient tout d'abord de décrire les trois phases du développement des racines. Dans leurs études, Branas et Vergnes (1957) ont décrit les trois phases de développement racinaire suivantes :

PHASE JUVÉNILE OU DE COLONISATION

- Au cours de l'année de plantation, de nouvelles racines se développent à partir du bouturage, s'allongent et se diffusent pour former le futur système racinaire.
- Au cours de la deuxième année, toute nouvelle extension ou propagation des racines peut résulter du développement de celles-ci à partir du périderme. L'allongement total annuel du système racinaire diminue car la capacité de croissance est divisée entre de nombreux apex racinaires (compétitions pour les photosynthétats entre racines?).

PHASE ADULTE

- C'est la phase où l'allongement moyen annuel des racines a ralenti et s'est stabilisé.
- Au cours de la phase de colonisation, l'architecture du système racinaire est dictée essentiellement par les caractéristiques physiques et biologiques du sol et les caractéristiques génotypiques (porte-greffe; à ce propos cf. les explications à la fin de ce document).
- Il faut entre 7 et 8 ans pour qu'un système racinaire soit bien établi.
- À cet âge, la colonisation des racines est pratiquement complète et la vigueur aérienne (EV = Expression Végétative) a généralement atteint son maximum.

PHASE DE VIEILLISSEMENT

- Le vieillissement et le déclin des racines de la vigne sont le résultat de nombreuses causes



Exemple d'un système racinaire de vigne de 22 ans (Syrah/SO4) qui était conduite en Pergola de type « toit » (donc un grand système de conduite) qui présente un % important de racines jeunes (racines fines). La vigne renouvelle « fréquemment » ses racines



La morphologie des racines du porte-greffe dépend principalement de la structure du sol (rapport air/eau). Exemples de boutures herbacées de porte-greffe 41B (Chasselas x *Berlandieri*) plantées dans :
 (a) de la perlite (bien aérée)
 (b) de la tourbe (compacte)

Fig. 1: Exemples de morphologies de systèmes racinaires de deux porte-greffes de vigne (SO4 et 41B) qui illustrent l'importance du sol, dont le rapport air/eau, sur la morphologie/ramification des racines.



Fig. 2: Exemples de profils racinaires réalisés sur Syrah âgée de 20 ans (a, b) et Grenache âgée de 40 ans (c) dans les Costières de Nîmes. La connaissance du sol et du système racinaire de la vigne sont deux clefs de compréhension de la physiologie vigne-raïsin. Il est donc conseillé de connaître son sol (structure, texture, fertilité, matière organique, microbiote [santé du sol]) et de connaître l'implantation et la morphologie du système racinaire (généralement du porte-greffe de *Vitis* sp). La combinaison des deux est responsable de la santé de la vigne ! La connaissance du sol et du système racinaire de la vigne sont deux clefs de compréhension de la physiologie vigne-raïsin. Pour cela il faut réaliser des observations et des analyses : c'est la méthode du diagnostic sol-racine-plante.

(vieillesse cellulaire, ravageurs et maladies, contraintes liées au voisinage des racines telles que le sel, la sécheresse, la compaction possible du sol...).

DEUX CLASSES DE RACINES

Il faudra distinguer ensuite, deux classes de racines, selon leur diamètre, leur durée de vie et leur fonction.

Les racines épaisses (diamètre > 2 mm) sont généralement ligneuses et pérennes. Bien qu'elles représentent une faible proportion du système racinaire total, elles jouent un rôle majeur pour l'ancrage de la plante dans le sol et pour le stockage des glucides et de l'azote. Elles participent également à l'absorption de l'eau et des éléments minéraux incluant l'azote.

Les racines fines (radicelles) ont un diamètre inférieur à 1 mm. Leur durée de vie est plus courte que celle de la saison de croissance. Elles sont principalement responsables de l'absorption de l'eau et des nutriments, et se trouvent dans la couche de sol entre 100 à 600 mm de profondeur. C'est notamment à partir du rhizoderme (assise génératrice la plus externe) de ces jeunes racines que se mettent en place les poils absorbants, qui sont anatomique-

ment des extensions cellulaires allongées. Le système racinaire, comprenant ces racines fines, se renouvelle ainsi régulièrement sur la durée de vie du végétal (*Gambetta et al., 2013*).

L'ensemble des racines décrites ci-dessus produisent des hormones comme l'acide abscissique, par exemple, qui peut jouer un rôle dans le contrôle de la régulation stomatique des feuilles. De même, la conductivité hydraulique et certains sucres participent à la signalisation cellulaire entre la partie aérienne et les racines.

CROISSANCE ET ARCHITECTURE

La croissance des racines fines démarre dès le débourrement du bourgeon latent et se poursuit jusqu'à la floraison. Cette première phase de croissance requiert la mobilisation des réserves carbonées et azotées de la vigne, car la canopée n'a pas encore atteint le statut d'autotrophie, et l'absorption des éléments minéraux par les radicelles en croissance est faible (*Zapata et al., 2004*).

Il est important de noter qu'après la récolte, pour autant que les feuilles restent fonctionnelles sur les vignes (généralement dans un climat tempéré-chaud), de nouvelles racines fines vont se développer, ce qui permettra à la vigne de conforter son

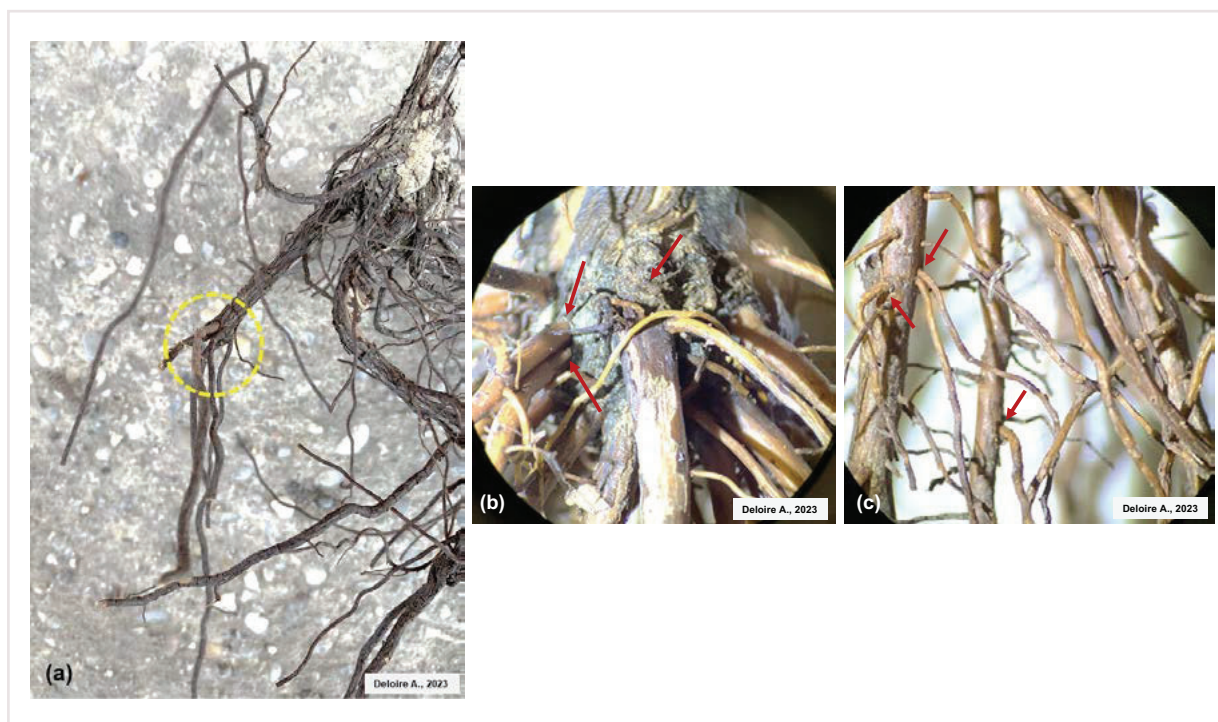


Fig. 3 : Exemples de ramifications du système racinaire sur jeunes porte-greffes. **(a)** les racines de ce porte-greffe ont été coupées à 8 cm de longueur avant plantation. De nouvelles racines vont se former à partir de la zone sectionnées (cercle jaune en pointillés); **(b)** exemple de racines formées au talon d'un porte-greffe en sortie de pépinière (flèches rouges); **(c)** exemple de développement de racines fines et de ramification du système racinaire d'un porte-greffe en sortie de pépinière (flèches rouges).

stock de réserves (de l'eau est nécessaire à cet effet). Selon *Mahmud et al.* (2018), une horloge circadienne endogène semble orchestrer le rythme de croissance des racines fines. L'amplitude du rythme de croissance jour/nuit est conditionnée par la température du sol (par rapport à une température de 22°C, une température du sol de 30°C réduit de moitié la croissance des racines), et par la diminution nocturne du stock d'amidon provenant de la photosynthèse diurne.

À titre d'exemple, un vignoble âgé de 12 ans et greffé avec du *Vitis rupestris* peut produire une masse racinaire totale d'environ 12 t/ha (*Esau, 1967*).

DES LEVIERS D'ADAPTATION

Dans le contexte du changement climatique (sécheresse et vagues de chaleur, augmentation de l'évapotranspiration) il est crucial de trouver des leviers d'adaptation en viticulture. Le système racinaire de la vigne (morphologie/architecture et types de racines, colonisation du sol et profondeur d'enracinement) est crucial pour permettre aux cépages greffés de s'alimenter en eau, minéraux et azote (*Bois L., 2023*).

Un article de synthèse (*Fichtl L. et al., 2023*) décrit l'importance de l'architecture du système racinaire (c'est-à-dire la distribution spatiale et la forme des différents types de racines dans un volume de sol) et indique que son développement temporel réside

dans le fait que l'eau est distribuée de manière hétérogène dans le sol, tant dans l'espace que dans le temps. À ce titre, le déploiement spatio-temporel des racines déterminera donc, de manière substantielle, la capacité des plantes à absorber l'eau, les minéraux et l'azote.

Le défi réside dans le fait que les caractéristiques de l'architecture racinaire sont difficiles à évaluer avec une résolution spatiale et temporelle significative, en particulier chez les plantes pérennes cultivées en conditions de terrain (cela n'enlève en rien l'intérêt et la nécessité de réaliser des profils racinaires pour observer, a minima, la morphologie, l'implantation et la profondeur d'enracinement d'un porte-greffe dans le contexte sol × climat × cépage). Il est évident que la structure du sol, avec la présence de zones de compaction par exemple, influence fortement le schéma de l'implantation racinaire des céps, qui ne dépend pas exclusivement de la programmation génétique propre à chaque porte-greffe (qui peut être visualisée notamment en conditions expérimentales dans un milieu sans contraintes).

Il convient donc de relativiser la notion simpliste et souvent répétée de porte-greffes traçants et plongeants!

RÔLE DU MICROBIOTE

Les études du microbiote racinaire, discipline en plein essor, montrent que sa composition est sous l'influence de nombreux facteurs qui interagissent

fortement entre eux; pour résumer quelques-uns des riches travaux disponibles sur le sujet :

- Les communautés fongiques et bactériennes sont très variables, sous l'influence forte du type de sol avec des fluctuations importantes intra-annuelles et entre les compartiments étudiés (*Darriaut et al., 2022; Swift et al., 2020; Marasco et al., 2022; Biget et al., 2021, 2024*)
- Le microbiote endophyte et celui de la rhizosphère sont influencés par le greffon, le porte-greffe et l'association des deux, cette dernière semblant avoir le plus d'impact (reflet des interactions entre les deux sujets), devant le porte-greffe seul (*Biget et al., 2023; Laiheugue et al., 2024; Darriaut et al., 2022; Dries et al., 2023; Vink et al., 2021, Zuzolo et al., 2023; Marasco et al., 2022*)
- L'influence de la plante sur les communautés microbiennes s'effectue par l'intermédiaire d'exsudats racinaires, hormones (methyl-jasmonate) et échange de petits ARN (*Kulkarni et al., 2023; Ledford et al., 2024*)

DIVERSITÉ MICROBIENNE

De nombreuses questions restent posées au sujet des implications fonctionnelles de la diversité microbienne présente dans la rhizosphère. Il peut être question de bactéries promotrices de croissance (PGPB), d'un lien potentiel avec la santé et la vigueur des vignes, d'une amélioration de la tolérance à des stress abiotiques, du bio contrôle potentiel de certains agresseurs (*Compant et al., 2013; Dewasme et al., 2020; Darriaut et al., 2022; Su et al., 2024*).

CONCLUSION

Malgré l'avancée des recherches récentes sur la thématique du développement et du fonctionnement du système racinaire chez la vigne, de nombreuses questions restent en suspens quant à leurs réponses aux variations génotypiques (combinaison porte-greffe et greffon) et environnementales incluant le type de sol (structure, texture...), la composition et santé des sols (azote, matière organique, microbiote et mycorhize...) et la disponibilité en eau. Les études doivent donc être poursuivies pour guider les programmes de sélection destinés à l'amélioration des porte-greffes.

Les collaborations interdisciplinaires constitueraient (et constituent déjà) une base pour optimiser les efforts de sélection en vue de développer de nouveaux porte-greffes de vigne avec des configurations génétiques optimales pour les conditions de culture futures (adaptation à la sécheresse par exemple). Les rôles du microbiote doivent être également considérés. Parmi les connaissances disponibles aujourd'hui, et malgré la grande variabilité des communautés microbiennes racinaires ou des résultats parfois contradictoires, on note une convergence vers un rôle de l'association greffon/porte-greffe, voire du seul porte-greffe parfois. Ce champ de recherche pourrait constituer une voie ouverte vers une amélioration des adaptations aux différentes contraintes ou du bio contrôle vis-à-vis de certains pathogènes. Et pourquoi pas un futur outil de sélection ?

→ **Bibliographie complète liée à cette étude sur : www.vignesetvergers.ch**

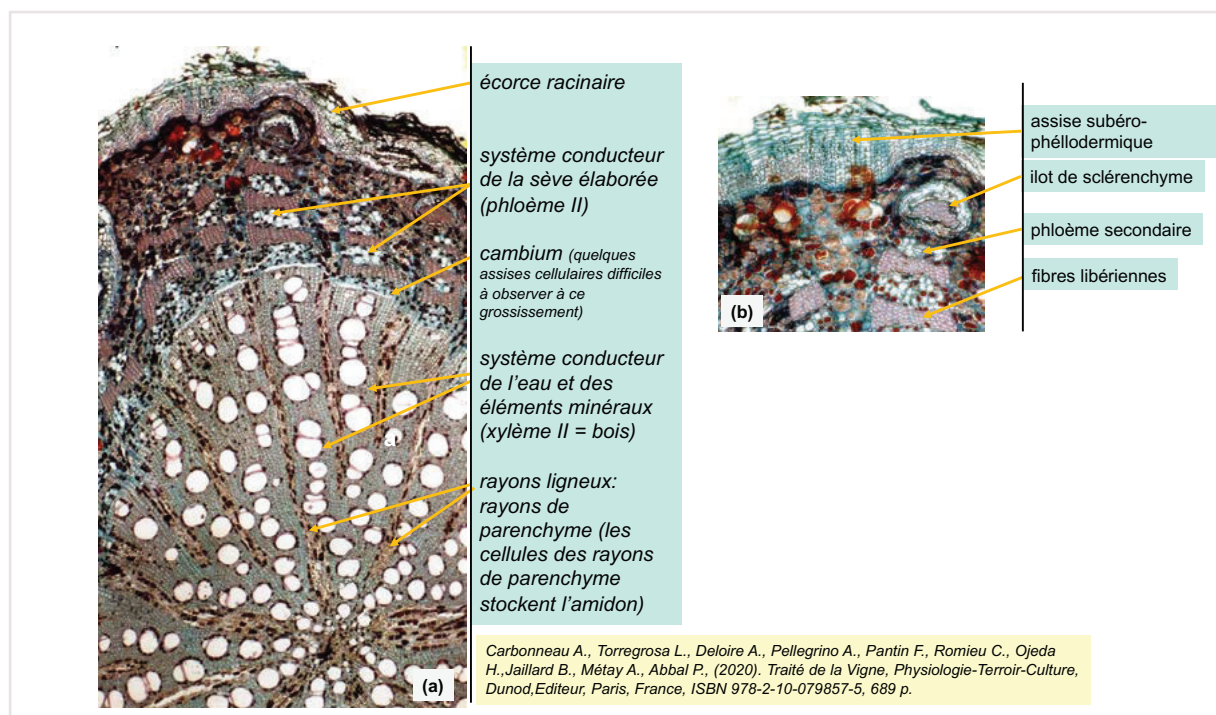


Fig. 4 : (a) Anatomie d'une racine de vigne (section transversale d'une racine âgée [x 50]) ; (b) Détails anatomiques montrant l'assise subéro-phéllodermique qui se desquame et le Phloème II (x 100). Source : AC Bernard, Institut Agro – Montpellier