

Les racines de la vigne : une brève revue

Alain Deloire¹, Anne Pellegrino², Olivier Yobrégat³

¹ Professeur de Viticulture, Institut Agro-Montpellier (retraité depuis aout 2023)

² UMR LEPSE, INRAE, Institut Agro-Montpellier, 34060 Montpellier, France

³ Institut Français de la Vigne et du Vin, Peyrole, France

Trois phases du développement des racines :

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 racines 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) généralement atteint son maximum.

Phase de vieillissement :

- Le vieillissement et le déclin des racines de la vigne sont le résultat de nombreuses causes (vieillesse cellulaire, ravageurs et maladies, contraintes au voisinage des racines telles que le sel, la sécheresse, la compaction quasi-inéluctable ...).

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 supérieure de 100 à 600 mm. C'est notamment à partir du rhizoderme (assis génératrice la plus externe) de ces jeunes racines que se mettent en place les poils absorbants, qui sont anatomiquement 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 par exemple l'acide abscissique 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.

Croissance et architecture du système racinaire :

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 et si 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 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 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.

Selon Esau (1967), un vignoble âgé de 12 ans et greffé avec du *Vitis rupestris* a produit une masse racinaire totale de 20 t/ha, tandis qu'un vignoble âgé de 58 ans peut avoir produit une masse racinaire de 31 t/ha.

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. A 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 à minima observer la morphologie, l'implantation et la profondeur d'enracinement d'un porte-greffe dans le contexte sol x climat x 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 ceps, 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 !

Rôles du microbiote sur le développement et le fonctionnement racinaire :

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)

De nombreuses **questions** restent posées concernant les **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 ?

Le système racinaire chez la vigne : une brève synthèse
Fiche technique non exhaustive (version du 10/03/2025).
Deloire A., Pellegrino A., Yobrégat O.

Quelques références bibliographiques (seules certaines références sont citées dans le texte)

Blois L., 2023. Genetic architecture of root related traits and scion responses induced by grapevine rootstock : First study in a monospecies population of *Vitis berlandieri*. Thesis, Agronomy. Université de Bordeaux; Hochschule Geisenheim University, 2023. English. [\(NNT : 2023BORD0041\)](#).

Branas, J. & Vergnes, A., 1957. Morphologie du système racinaire. Prog. agric. vitic., Tome CLXV, 74me année, Nr. 3-4:29-32; Nr. 7-8:94-104; Nr. 9-10:122-129; Nr. 11-12:147-158; Nr. 13:173-183; Nr. 14-15:203-209.

Carbonneau A., Torregrosa L., Deloire A., Pellegrino A., Pantin F., Romieu C., Ojeda H., Jaillard B., Méta y A., Abbal P., 2020. Traité de la Vigne, Physiologie-Terroir-Culture, Dunod, Editeur, Paris, France, ISBN 978-2-10-079857-5, 689 p.

Esau, K., 1967. Anatomy of Seed Plants (1st ed.). Int. Ed. John Wiley & Sons, Inc: New York.

Fichtl L, Hofmann M, Kahlen K, Voss-Fels KP, Cast CS, Ollat N, Vivin P, Loose S, Nsibi M, Schmid J, et al. 2023. Towards grapevine root architectural models to adapt viticulture to drought. *Front Plant Sci.*;14:1162506

Fournioux, J. C., Adrian, M., 2011. Morphologie et Anatomie de la Vigne. Editions Féret.

Gambetta G.A., Fei J., Rost T.L., Knipfer T., Matthews M.A., Shackel K.A., Walker M.A. and McElrone A.J., 2013. Water Uptake along the Length of Grapevine Fine Roots: Developmental Anatomy, Tissue-Specific Aquaporin Expression, and Pathways of Water Transport, *Plant Physiology*, Vol. 163, pp. 1254–1265

Marguerit E., Blois L., Goutouly J.P., Lafargue M., Lagalle L., Morel M., Tandonnet J.P., Ollat N., 2023. Quoi de neuf chez les porte-greffes ? IVES Technical Reviews, <https://ives-technicalreviews.eu/article/view/7494>

Mahmud M.P., Holzapfel B.P., Guisard Y., Smith J.P., Nielsen S., Rogiers S.Y., 2018. Circadian regulation of grapevine root and shoot growth and their modulation by photoperiod and temperature. *Journal of Plant Physiology*, 222, 86-93.

Serra I., Strever A., Myburgh P., Schmeisser M. and Deloire A., 2017. Grapevine (*Vitis vinifera* L. 'Pinotage') leaf stomatal size and density as modulated by different rootstocks and scion water status, *Acta Hort.* 1157. ISHS 2017. DOI 10.17660/ActaHortic.2017.1157.26 Proc. of the IX Int. Symp. on Grapevine Physiology and Biotechnology Ed.: M. Pinto

Smart D.R, Schwass E., Lakso A. and Morano L., 2006. Grapevine Rooting Patterns: A Comprehensive Analysis and a Review, *Am. J. Enol. Vitic.* 57: 89-1041

Tandonnet J.P., Marguerit E., Cookson S.J., and Ollat N., 2018. Genetic architecture of aerial and root traits in field-grown grafted grapevines is largely independent, *Theoretical and Applied Genetics* (2018) 131:903–915, <https://doi.org/10.1007/s00122-017-3046-6>

Torres N., Yu R. and Kurtural S.K., 2021. Inoculation with Mycorrhizal Fungi and Irrigation Management Shape the Bacterial and Fungal Communities and Networks in Vineyard Soils, *Microorganisms* 2021, 9, 1273. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9061273>

Le système racinaire chez la vigne : une brève synthèse
Fiche technique non exhaustive (version du 10/03/2025).
Deloire A., Pellegrino A., Yobrégat O.

Van Zyl J. and Hoffman E., 2019. Root development and the performance of grapevines in response to natural as well as man-made soil impediments, 21st GiESCO International Meeting: 'A Multidisciplinary Vision towards Sustainable Viticulture', June 23 - 28, 2019 | Thessaloniki | Greece

<https://sawine.co.za/research-development-and-innovation-rdi/knowledge-transfer/e-books/>

Zapata C, Deléens E, Chaillou S, Magné C. Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). J Plant Physiol. 2004 Sep;161(9):1031-40. DOI : 10.1016/j.jplph.2003.11.009. PMID : 15499905.

Bibliographie sur le microbiote racinaire :

Biget, M., Mony, C., Aubry, M., Jambon, O., Quaiser, A., Chable, V., & al., 2021. The drivers of vine-plant root microbiota endosphere composition include both abiotic and plant-specific factors. Oeno One, 55(3), 299-315.

Biget, M., Mony, C., Wang, T., Ling, N., Miteul, A., Jambon, O., & al., 2024. Intra- and inter-annual changes in root endospheric microbial communities of grapevine are mainly deterministic. Plant and Soil, 494(1), 217-233.

Compant, S., Brader, G., Muzammil, S., Sessitsch, A., Lebrhi, A., Mathieu, F., 2013. Use of beneficial bacteria and their secondary metabolites to control grapevine pathogen diseases. BioControl, 58, 435-455.

Darriaut, R., Antonielli, L., Martins, G., Ballestra, P., Vivin, P., Marguerit, E., & al., 2022. Soil composition and rootstock genotype drive the root associated microbial communities in young grapevines. Frontiers in Microbiology, 13, 1031064.

Dewasme, C., Derycke, M., Janoueix, A., 2020. Quels rôles pour le microbiote du sol dans la lutte contre le dépérissement du vignoble et l'aide à la complantation de jeunes vignes greffées ? Revue des Oenologues, 47(177), 24-27.

Dries, L., Ratering, S., Bussotti, S., Löhnertz, O., Vortkamp, A., Schnell, S., 2023. The transcriptionally active bacterial communities of grapevine rhizosphere in dependence on rootstock and scion variety. Oeno One, 57(3), 86-97.

Kulkarni, O. S., Mazumder, M., Kini, S., Hill, E. D., Aow, J. S. B., Phua, S. M. L. & al., 2024. Volatile methyl jasmonate from roots triggers host-beneficial soil microbiome biofilms. Nature Chemical Biology, 20(4), 473-483.

Lailheugue, V., Darriaut, R., Tran, J., Morel, M., Marguerit, E., Lauvergeat, V., 2024. Both the scion and rootstock of grafted grapevines influence the rhizosphere and root endophyte microbiomes, but rootstocks have a greater impact. Environmental Microbiome, 19(1), 24.

Ledford, W. C., Silvestri, A., Fiorilli, V., Roth, R., Rubio-Somoza, I., Lanfranco, L., 2024. A journey into the world of small RNAs in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. New Phytologist, 242(4), 1534-1544.

Marasco, R., Alturkey, H., Fusi, M., Brandi, M., Ghiglieno, I., Valenti, L., Daffonchio, D., 2022. Rootstock–scion combination contributes to shape diversity and composition of microbial communities associated with grapevine root system. Environmental Microbiology, 24(8), 3791-3808.

Le système racinaire chez la vigne : une brève synthèse
Fiche technique non exhaustive (version du 10/03/2025).
Deloire A., Pellegrino A., Yobrégat O.

Su, P., Kang, H., Peng, Q., Wicaksono, W. A., Berg, G., Liu, Z. & al., 2024. Microbiome homeostasis on rice leaves is regulated by a precursor molecule of lignin biosynthesis. *Nature Communications*, 15(1), 23.

Swift, J. F., Migicovsky, Z., Trello, G. E., Miller, A. J., 2023. Grapevine bacterial communities display compartment-specific dynamics over space and time within the Central Valley of California. *Environmental Microbiome*, 18(1), 84.

Vink, S. N., Dini-Andreote, F., Höfle, R., Kicherer, A., Salles, J. F., 2021. Interactive effects of scion and rootstock genotypes on the root microbiome of grapevines (*Vitis* spp. L.). *Applied Sciences*, 11(4), 1615.

Zuzolo, D., Ranauda, M. A., Maisto, M., Tartaglia, M., Prigioniero, A., Falzarano, A. & al., 2023. The rootstock shape microbial diversity and functionality in the rhizosphere of *Vitis vinifera* L. cultivar Falanghina. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1205451.

Les figures sont présentées à titre d'illustration sans être référencées dans le texte.

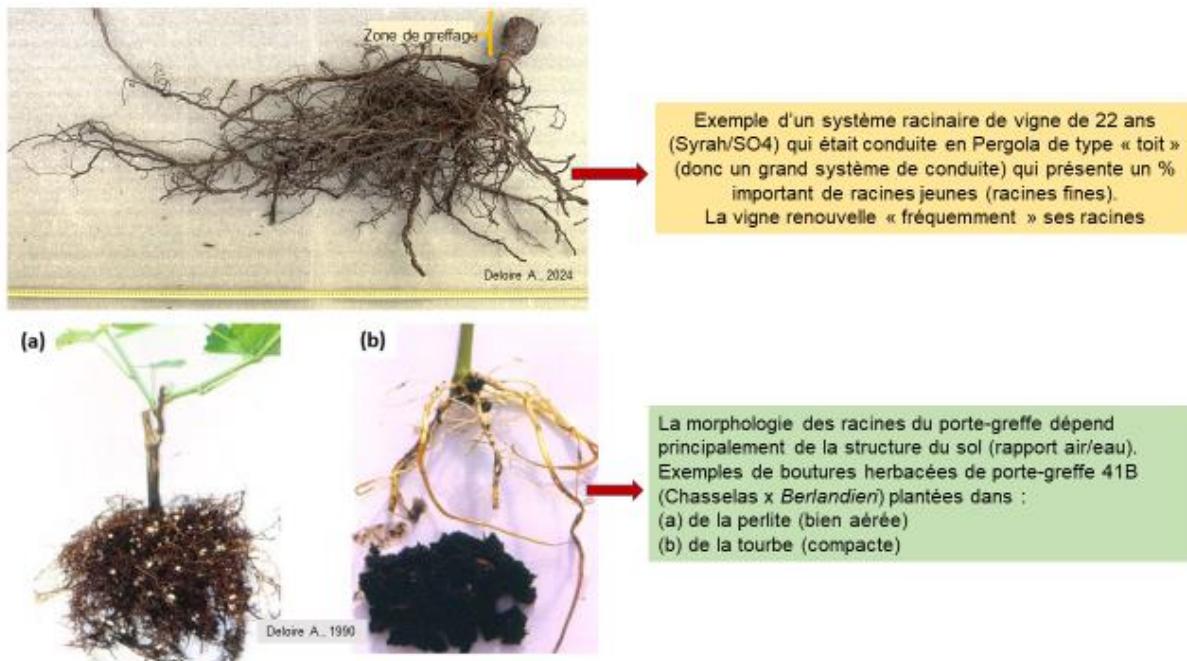


Figure 1: Exemples de morphologies de systèmes racinaires de deux porte-greffes de vigne (SO4 et 41B) qui illustrent l'importance du sol, dont le rapport air/eau, sur la morphologie/ramification des racines.

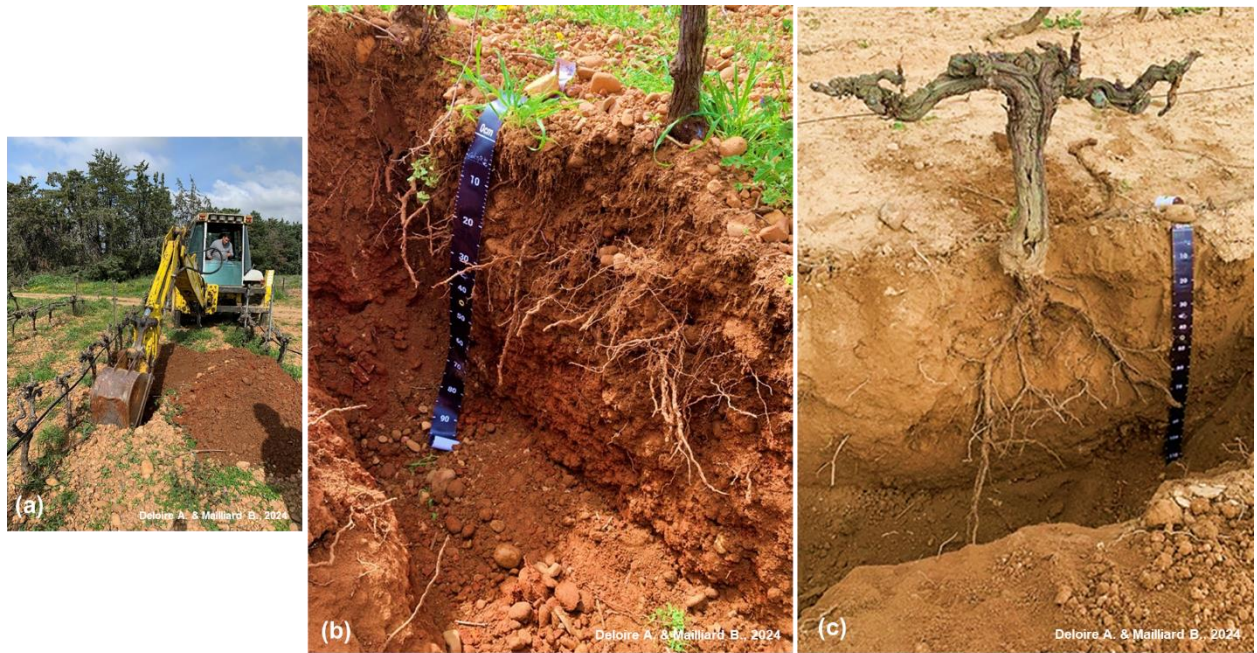


Figure 2 : Exemples de profils racinaires réalisés sur Syrah âgée de 20 ans (a, b) et Grenache âgée de 40 ans (c) dans les Costières de Nîmes. La connaissance du sol et du système racinaire de la vigne sont deux clefs de compréhension de la physiologie vigne-raisin. Il est donc conseillé de connaître 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-raisin. Pour cela il faut réaliser des **observations** et des **analyses** : c'est la méthode du **diagnostic sol-racine-plante**

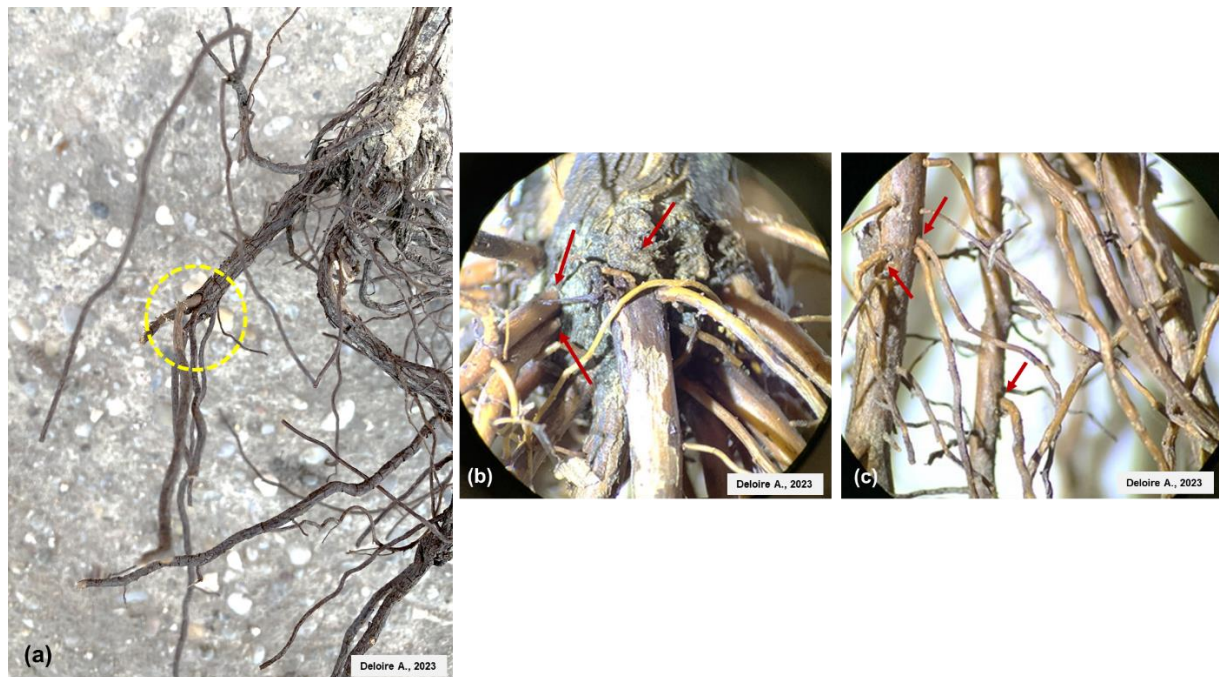


Figure 3 : Exemples de ramifications du système racinaire sur jeunes porte-greffes.
(a) : les racines de ce porte-greffe ont été coupées à 8 cm de longueur avant plantation. De nouvelles racines font se former à partir de la zone sectionnées (cercle jaune en pointillées) ; (b) exemple de racines formées 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).

Le système racinaire chez la vigne : une brève synthèse
 Fiche technique non exhaustive (version du 10/03/2025).
 Deloire A., Pellegrino A., Yobrégat O.

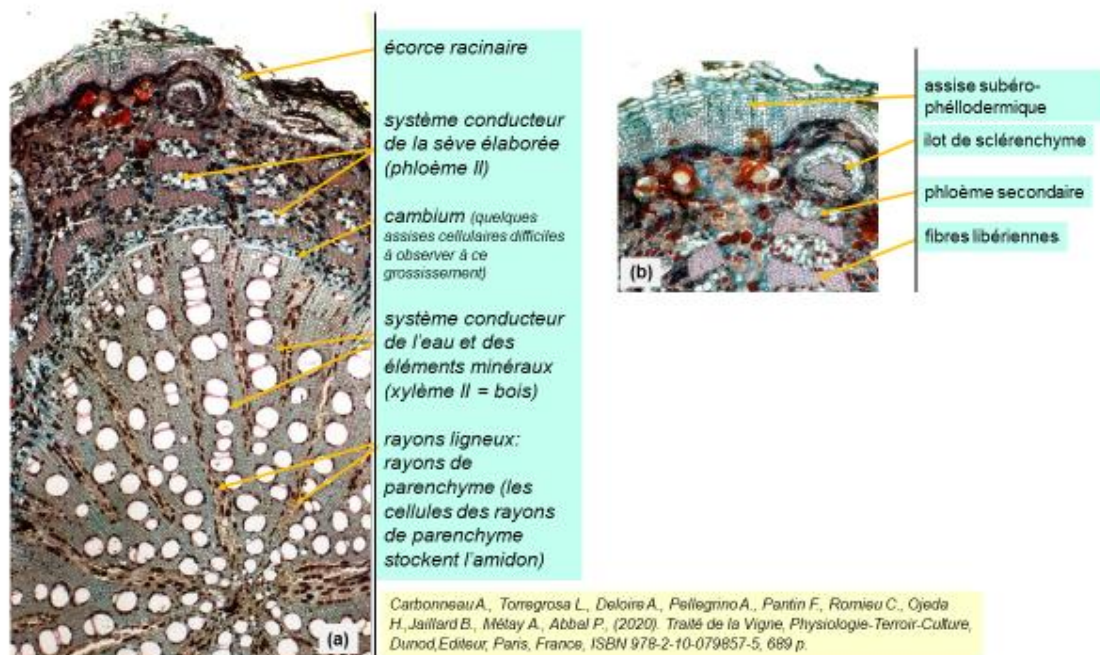


Figure 4 : (a) Anatomie d'une racine de vigne (section transversale d'une racine âgée (x50)) ; (b) Détails anatomiques montrant l'assise subéro-phéllodermique qui se desquame et le Phloème II (x100) (Source : AC Bernard, Institut Agro - Montpellier)