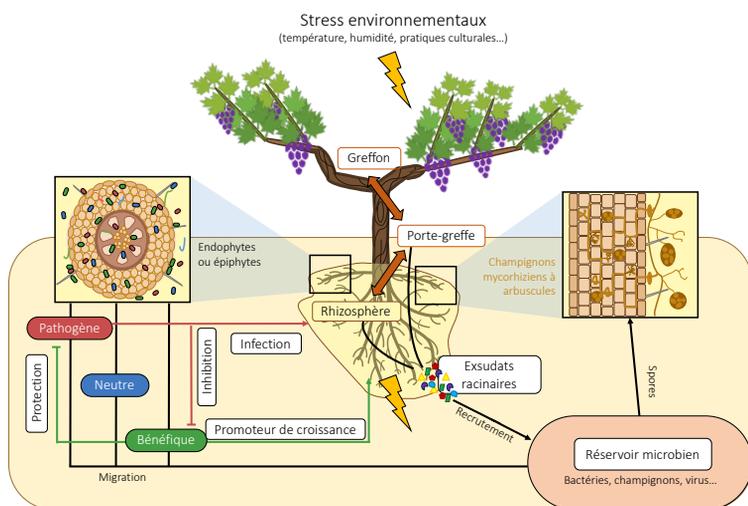


EXPLORATION DE LA QUALITÉ MICROBIOLOGIQUE DES SOLS DANS LES PARCELLES EN DÉPÉRISSEMENT

Romain Darriaut, Guilherme Martins, Coralie Dewasme, Virginie Lauvergeat
Inrae Bordeaux, Bordeaux Sciences Agro

Les sols fournissent des services écosystémiques indispensables au bon développement des plantes. Nombre d'entre eux sont régulés par des micro-organismes tels que des bactéries et des champignons. En effet, le sol constitue un réservoir de microbes, encore appelé microbiote* tellurique*, dont certains jouent un rôle primordial dans des processus d'importance écologique comme les cycles biogéochimiques du carbone et de l'azote, la structure du sol ou l'assimilation des éléments nutritifs par les plantes.



Au gré des conditions environnementales, les racines de la vigne libèrent des composés dans le sol, *via* un processus appelé exsudation*. Certains de ces composés attirent des micro-organismes (Figure 1) qui peuvent rester dans la rhizosphère* (zone de sol collée à la racine, micro-organismes épiphytes*) ou entrer dans les racines (micro-organismes endophytes*), et avoir des effets pathogènes, neutres ou bénéfiques pour la plante.

La vigne est capable de moduler la composition des communautés microbiennes de la rhizosphère et de ses racines, dont l'activité peut en retour influencer la croissance et la résistance de la plante aux maladies. Parmi ces micro-organismes endophytes bénéfiques se trouvent les champignons mycorhiziens à arbuscule (CMAs).

Le programme de recherche **Vitihazobiome**, démarré en 2018, a pour objectif **d'évaluer si certains dépérissements, en l'absence de causes pathologiques ou de carences minérales identifiées, sont liés à une déficience du fonctionnement du microbiote du sol et des racines**. Pour cela, des indicateurs biologiques du sol pouvant expliquer le dépérissement observé sont comparés dans des parcelles présentant à la fois des zones non dépérissantes (ND) et des zones dépérissantes (D).

Les indicateurs biologiques comparés sont les suivants :

- Description du dépérissement : Nombre de complants et de manquants, vigueur, rendement et qualité, présence des principaux virus (tests Elisa)
- Analyses physico-chimiques : granulométrie, pH/CEC, nutriments, métaux lourds
- Analyses enzymatiques : cycle carbone, cycle azote, cycle phosphate
- Analyses microbiologiques : Cultivables*, biolog®
- Analyses moléculaires : biomasse moléculaire, qPCR*, métagénomique*

Exsudat racinaire : substance libérée dans le sol par les racines (exsudée), contenant diverses molécules

Métagénomique : technique de séquençage et d'analyse de l'ADN des microorganismes directement issus de leur environnement naturel

Microbiote : ensemble des microorganismes (bactéries, champignons, virus ...) vivants dans un écosystème donné

Micro-organisme épiphyte ou endophyte : micro-organisme vivant respectivement à la surface ou à l'intérieur des organes (ici les racines)

qPCR : ou PCR quantitative, technique d'analyse par réaction de polymérisation en chaîne de l'ADN permettant de quantifier la présence d'une séquence donnée, ici correspondant à des micro-organismes

Rhizosphère : volume de sol en contact avec les racines

Tellurique : qui concerne la Terre et donc, par extension, le sol





Zone non dépérissante (ND)



Zone dépérissante(D), en l'absence de maladies ou de virus

Une prospection dans le vignoble Bordelais a été réalisée et quatre parcelles ont été choisies (Figure 2). La zone dépérissante (D) a été définie comme présentant une faible vigueur et/ou forte mortalité, par rapport à la zone non dépérissante (ND). Des tests de détection de virus dans les bois ont confirmé que le dépérissement n'est pas lié à la présence ou l'absence des principaux virus testés (GFLV et ArMV). Les analyses physico-chimiques des sols n'ont **pas** montré de différences significatives permettant d'expliquer les dépérissements observés dans les quatre parcelles.

Terroir	Graves				Haut-Médoc			
	1		2		3		4	
Parcelle	1		2		3		4	
Année de plantation	2011		2008		1990		1963	
Zone	D	ND	D	ND	D	ND	D	ND
Mortalité (%)	65	1	57	1	48	7	38	19
Vigueur (poids par rameau en g)	25±9	38±10	14±6	33±20	19±9	23±8	15±11	39±8
Présence GFLV/ArMV (%)	0	0	0	0	0	12,5	12,5	100

Figure 2: Caractérisation des zones dépérissantes (D) et non dépérissantes (ND) pour chacune des parcelles 1, 2, 3 et 4. La mortalité représente le pourcentage de pieds morts, manquants et jeunes complants.

Indicateurs enzymatiques et microbiologiques

Les analyses des sols d'inter-rang montrent que des **activités enzymatiques** relatives aux cycles de l'azote, du carbone et du phosphate **sont plus importantes dans les sols dépérissants que dans les sols non dépérissants** pour les quatre parcelles.

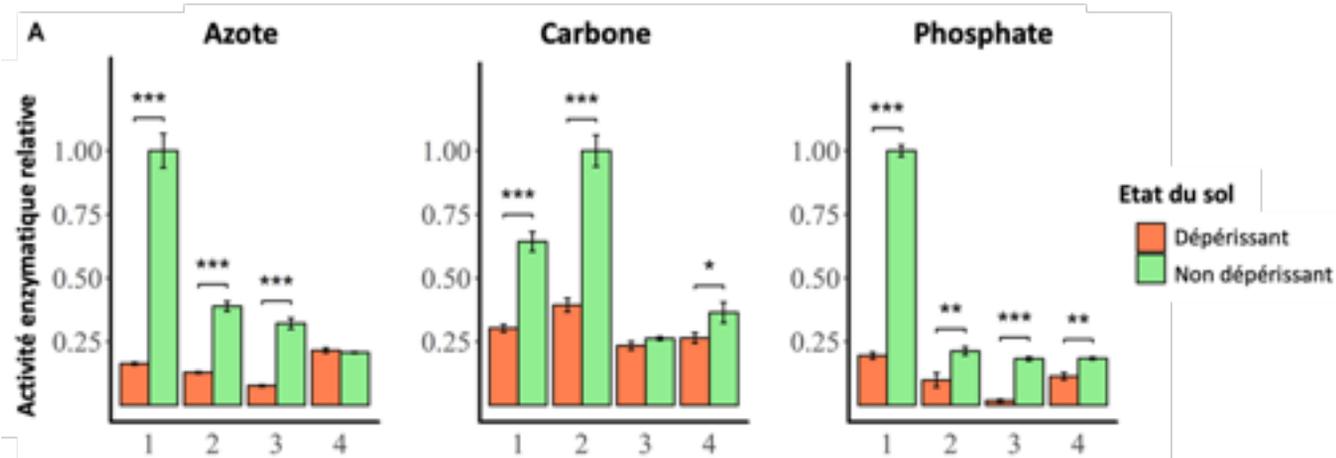


Figure 3: Activités enzymatiques des sols dépérissants et non dépérissants pour chacune des parcelles 1, 2, 3 et 4, liées aux cycles de l'azote (A), du carbone (B) et du phosphate (C). Les valeurs d'activité sont représentées proportionnellement à la valeur la plus forte observée. Les barres représentent les moyennes ± l'erreur standard de 5 répétitions par condition. Les astérisques sont représentés lorsque les différences observées sont significatives (*), très significatives (**), extrêmement significatives (***).



Par ailleurs, les sols non dépérissants ont révélé des populations bactériennes plus importantes pouvant en partie expliquer l'activité enzymatique plus importante dans ce type de sols. Au contraire, la population fongique cultivable* est plus importante dans les sols dépérissants. Il semblerait donc que le **dépérissement observé soit lié à une faible quantité de bactéries et une forte quantité de champignons cultivables** dans le sol de l'inter-rang par rapport aux zones non dépérissantes (Figure 4).

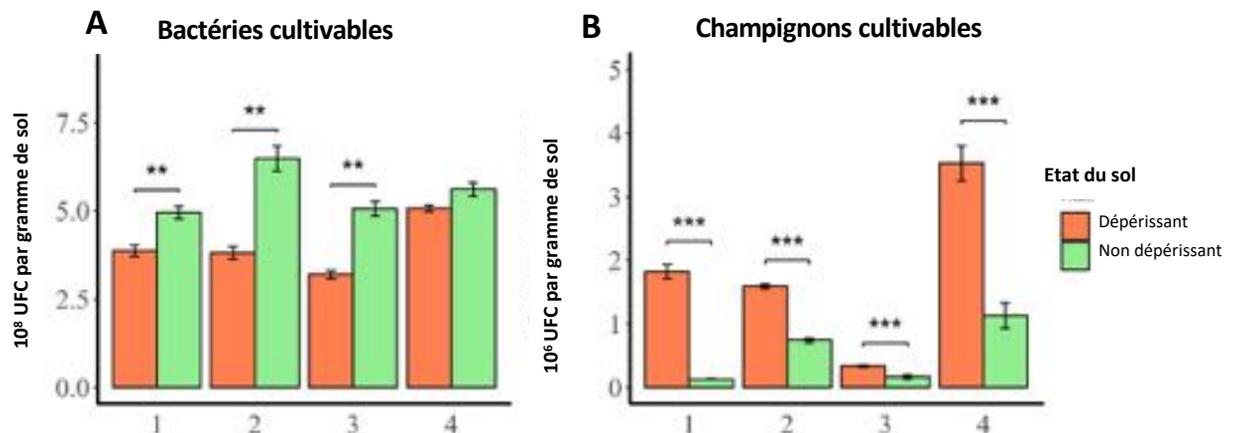


Figure 4: Nombre d'unité formant des colonies (UFC*) bactériennes (A) et fongiques (B) par gramme de sol pour les sols dépérissants et non dépérissants pour chacune des parcelles 1, 2, 3 et 4. Les barres représentent les moyennes \pm l'erreur standard de 5 répétitions par condition. Les astérisques sont représentés lorsque les différences observées sont significatives (*), très significatives (**), extrêmement significatives (***)

La métagénomique pour poursuivre la réflexion

Des analyses de métagénomique ciblée ont été effectuées sur la parcelle 2 afin d'évaluer de façon plus exhaustive la composition des communautés bactériennes et fongiques. En effet, cette technique de séquençage et d'analyse de l'ADN des microorganismes permet d'identifier les espèces présentes, leur abondance et leur diversité*.

La **richesse* bactérienne et fongique**, représentée par le nombre d'ASV*(Variants de Séquences d'Amplicons) s'est révélée **identique entre les sols dépérissants et non dépérissants**. Néanmoins la diversité* bactérienne et fongique, représentée par l'indice de Simpson qui tend vers zéro lorsque la diversité est infinie, est plus importante dans les sols non dépérissants par rapport aux sols dépérissants (Figure 5).

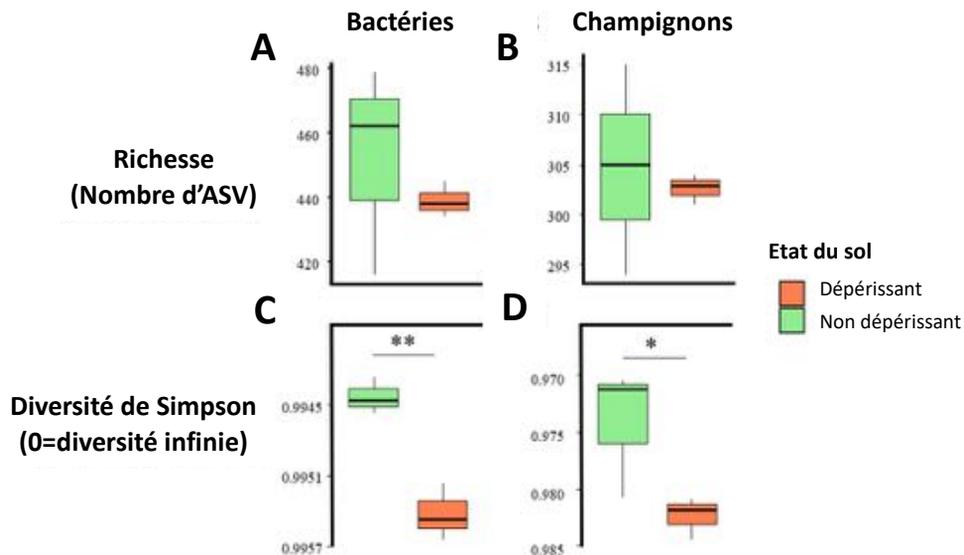


Figure 5: Abondance bactérienne (A) et fongique (B) ainsi que la diversité bactérienne (C) et la diversité fongique (D) pour les sols dépérissants et non dépérissants pour chacune des parcelles 1, 2, 3 et 4. Les barres représentent les moyennes \pm l'erreur standard de 3 répétitions par condition. Les astérisques sont représentés lorsque les différences observées sont significatives (*), très significatives (**), extrêmement significatives (***)

ASV : Variant de Séquences d'Amplicons correspondant à des séquences similaires regroupées (Amplicon Sequence Variant)

Bactéries et champignons cultivables : capables de pousser en boîte de Pétri sur un milieu nutritif gélosé

Richesse : nombre total d'espèces présentes dans un échantillon

UFC : unité formant colonie, se dit d'un ou plusieurs individus de bactéries ou champignons qui se multiplient pour former une colonie sur un milieu nutritif gélosé



Ainsi, les deux types de sol (dépérissant et non dépérissant) présentent une abondance de vie microbienne comparable mais le sol dépérissant dispose d'une diversité* microbienne significativement inférieure. La mesure de cette diversité serait donc un critère de la qualité du sol. En effet, une importante diversité pourrait induire une défense naturelle contre certains pathogènes et/ou augmenter la capacité de transfert des nutriments du sol vers le cep de vigne.

La composition microbienne du sol reflète la qualité du sol

La composition microbienne du sol est corrélée à l'état de santé global de la vigne. Cette modification liée à la diversité de la composition microbienne, semble être étroitement liée au dépérissement observé. Ainsi les pratiques culturales connues pour stimuler la diversité microbienne, devront être adoptées afin que les sols puissent assurer les services écosystémiques indispensables au bon développement du vignoble. Une bonne qualité biologique des sols est primordiale pour la pérennité des potentiels agronomiques de nos terroirs.

Pratiques culturales connues pour stimuler la diversité microbienne du sol

Certaines pratiques culturales sont connues pour stimuler la diversité microbienne du sol. Par exemple, l'ajout modéré de matière organique dans le sol peut stimuler l'activité microbienne (effet de « priming »). Il vaut donc mieux favoriser les amendements organiques que la fertilisation minérale. Minimiser les opérations de labour du sol permet de préserver la structure des agrégats de sol qui constituent le micro-habitat des communautés microbiennes. Dans la mesure du possible, il faut éviter les opérations très disruptives comme l'usage de houe rotative. L'enherbement, en maintenant une couverture végétale de l'inter-rang permet de favoriser la vie biologique des sols. A contrario, le cuivre présente un impact négatif sur la population microbienne du sol.

Impact des pratiques culturales sur le rhizobiome*

Pratiques stimulant les mycorhizes	Pratiques avec un effet négatif sur les mycorhizes
Couvert végétal permanent, abondant et présentant une grande diversité	Fertilisation excessive
Limitation des intrants	Usage d'herbicides



© CIVB/Ph Roy

Diversité : prend en compte aussi bien le nombre d'espèces que la distribution des individus au sein de ces espèces.
Répartition des espèces dans le peuplement

Mycorhize : association symbiotique à bénéfice réciproque entre des racines et des champignons du sol

Rhizobiome : ensemble des microorganismes présents dans la rhizosphère des plantes

