

# BIODIVERSITÉ

## Évaluation de la qualité microbiologique des sols viticoles et de l'impact des modes de production

Cyril Zappellini, Lionel Ranjard / / UMR Agroécologie, INRAE Dijon

La viticulture représente un secteur d'activité agricole stratégique pour la France. Avec 800 000 hectares cultivés, elle est un phare de l'économie agricole française, de la culture française et est le premier poste exportateur du secteur agroalimentaire avec 10 milliards d'euros par an. En contrepartie, les modes de productions viticoles sont fortement consommateurs de produits phytosanitaires (20 % des pesticides sur 3 % des SAU) et de mécanisation. Ces pratiques entraînent une dégradation de l'environnement et plus particulièrement de la qualité des sols.

La dégradation de la qualité physique des sols est souvent démontrée via des processus d'érosion et de tassement importants (Quiquerez et al., 2008). Plus récemment, une baisse globale et systématique de l'abondance et de la diversité des organismes vivants dans les sols viticoles, en comparaison d'autres sols agricoles ou d'écosys-

tèmes naturels, a été également démontrée à l'échelle du territoire national (Dequiedt et al., 2011 ; Coll. et al 2011 ; Terrat et al., 2017). De plus, depuis une dizaine d'années, de nombreuses expérimentations ont permis de démontrer qu'une baisse importante de la biodiversité du sol (notamment des micro-organismes) peut altérer significativement les grandes fonctions du sol d'intérêts pour les productions viticoles telles que : la dégradation de la matière organique et le recyclage des éléments minéraux ; l'effet barrière aux populations exogènes de pathogènes, l'amélioration de la structure du sol et plus globalement la stabilité du fonctionnement du sol (Maron et Ranjard, 2019).

Dans le même contexte et parallèlement à cette dégradation des sols, un dépérissement du vignoble français est observé et reste inexplicable à ce jour. Celui-ci se manifeste par des taux de mortalité pouvant aller de 4 % à 15 % du vignoble. Une des hypothèses serait basée

sur le lien entre l'altération de la qualité du sol (physique, chimique et biologique), les pratiques viticoles et la santé/durée de vie de la vigne (<https://www.plan-deperissement-vigne.fr/presentation-du-plan>, Moneyron et al., 2017).

Face à ces constats, la société et les viticulteurs eux-mêmes reconsidèrent les pratiques viticoles. Depuis plusieurs décennies, les modes de production dits de viticulture biologique voire biodynamique se développent lentement mais sûrement avec un taux moyen de conversion national en augmentation significative. Malgré cette dynamique, nous manquons encore de connaissances à ce jour sur les impacts de ces pratiques, en comparaison aux conventionnelles, sur la qualité des sols viticoles et notamment sur sa qualité écologique en termes de biodiversité, ainsi que sur son aptitude à rendre des services d'intérêts pour la viticulture.

# Le projet EcoVitiSol

Dans ce contexte, le projet EcoVitiSol a pour objectif de combler le manque de connaissances sur l'impact des différentes pratiques viticoles et des modes de production (conventionnel vs AB vs Biodynamie) sur la qualité microbiologique des sols. Ce projet est financé de 2018 à 2021 par l'Office Français de la Biodiversité et le Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne. Il est dimensionné pour analyser un réseau de 150 parcelles viticoles et impliquer autant de viticulteurs au sein de 3 territoires : l'Alsace (vignobles de Westhalten et Dambach-la-Ville), la Côte d'or (vignoble de la côte de Nuits et de Beaune) et la Saône-et-Loire (vignoble de Chalon et Macon-Cluny).

Une cinquantaine de parcelles ont été étudiées dans chaque territoire en équilibrant la représentativité des parcelles en pratiques conventionnelles, AB et en Biodynamie (Figure 1). La variabilité des pratiques au sein des différents modes de production a été aussi prise en compte afin de hiérarchiser l'impact de certaines d'entre elles sur la qualité biologique des sols (enherbement, travail du sol, amendements organiques, restitution des sarments...).

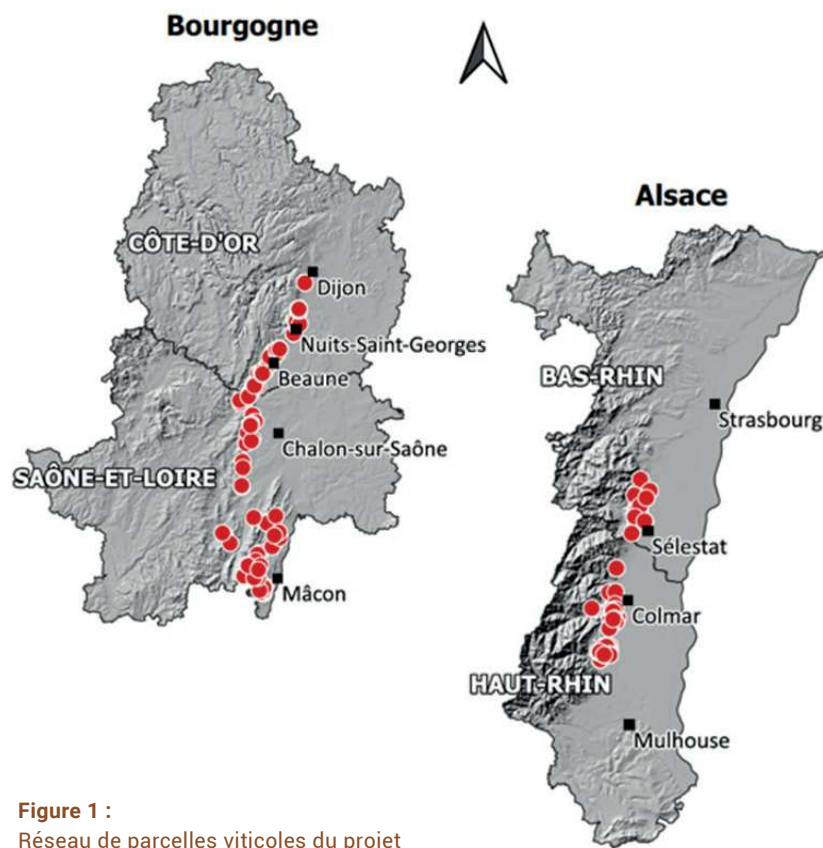


Figure 1 : Réseau de parcelles viticoles du projet EcoVitiSol en Bourgogne et en Alsace.

## Un projet au service des viticulteurs

Une des originalités de ce projet a été d'aborder cette problématique en faisant appel à des méthodes de « recherche action participative » visant à structurer la mobilisation de l'ensemble des acteurs dans un cadre épistémologique collectif (Moneyron et al, 2017). Des échanges de savoir entre vigneron et chercheurs ont été favorisés dans le cadre de ce projet afin que les chercheurs sensibilisent les viticulteurs à la qualité de leur sol et en retour que les viticulteurs sensibilisent les chercheurs à la technicité de leurs pratiques voire aux impasses techniques qu'ils rencontrent au quotidien. Les sols de 150 parcelles viticoles ont été échantillonnés avec les viticulteurs, analysés dans les laboratoires INRAE pour la microbiologie du sol et CNRS pour la bio-géochimie du carbone organique. Les résultats ont été restitués lors d'ateliers d'interprétation associant chercheurs et viticulteurs (Figure 1).

## Des outils modernes de caractérisation de la qualité du sol

La qualité microbiologique des sols a été analysée par des outils modernes de microbiologie moléculaire basés sur l'extraction et la caractérisation de l'ADN du sol au sein de l'UMR agroécologie de l'INRAE de Dijon. Ces outils permettent d'aborder des notions fondamentales d'abondance et de diversité microbiennes mais aussi des réseaux d'interactions biologiques et de fonctionnalité des sols (Karimi et al., 2017). Ces outils ont été validés en tant que bio-indicateurs de la qualité des sols par la standardisation technique des approches et le développement de référentiel d'interprétation à l'échelle nationale (Bouchez et al., 2017). En parallèle, la biogéochimie du carbone du sol a aussi été étudiée pour différencier le carbone stable qui représente un stock à long terme du carbone actif qui alimente la fertilité naturelle du sol (Soucémariadin et al., 2018).

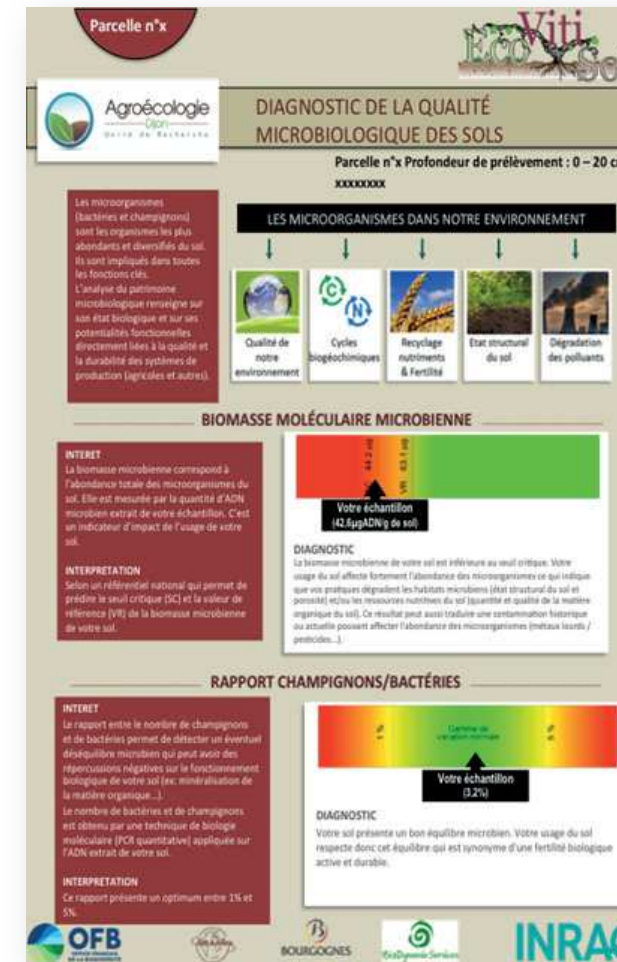


Figure 2 : Exemple de fiche (recto) de rendu de résultats sur la qualité microbiologique des sols pour les viticulteurs.

## Les premiers résultats

Il est important de relever que seulement 20 % des parcelles viticoles analysées dans ce projet sont dans un mauvais état microbiologique (diagnostic rouge), 35 % sont dans un état non critique mais à surveiller (diagnostic orange) et 44 % sont dans un bon état microbiologique (diagnostic vert). Il n'y a donc pas d'état d'urgence sur la qualité microbiologique des sols viticoles mais plutôt un état de surveillance (Figure 3).

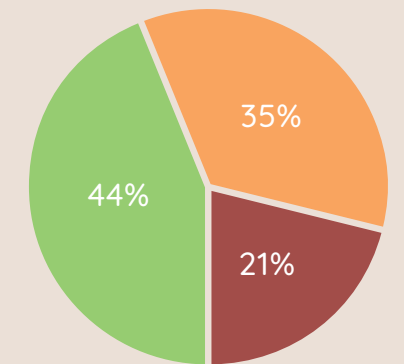


Figure 3 : Pourcentage de parcelles du réseau EcoVitiSol en Alsace et Bourgogne dont le sol est en bon état microbiologique (vert), en état microbiologique non critique mais à surveiller (orange) et en mauvais état microbiologique (rouge).

Les résultats obtenus sur l'impact des pratiques viticoles montrent un effet négatif du travail du sol, sous toutes ses formes (butage/débutage, griffage, labour...), sur la qualité microbiologique et sur la quantité de carbone actif du sol. À l'inverse, les pratiques d'enherbement sont démontrées vertueuses pour la qualité microbiologique du sol et le carbone actif et ceci est d'autant plus marqué que l'enherbement est pérenne et diversifié. Plus précisément, nos travaux permettent de conclure que les pratiques d'amendements organiques et d'enherbement des inter-rangs amènent au même niveau de carbone organique dans le sol. Toutefois, l'enherbement stimule plus efficacement la microbiologie du sol et la quantité de carbone actif que les apports organiques exogènes. Enfin, pour la première fois, nous avons considéré l'impact de la gestion des sarments et nous avons montré que la restitution des sarments au sol avait un effet bénéfique assez significatif sur la qualité microbiologique des sols et sur la quantité de carbone actif.

L'analyse des modes de production montre une amélioration significative de la qualité microbiologique des sols lorsque l'on passe de la viticulture conventionnelle à la viticulture biologique et aussi lorsque l'on passe de la viticulture biologique à la viticulture biodynamique (Figure 4). Ceci peut d'abord s'expliquer par l'application de pratiques plus vertueuses et indépendantes des cahiers des charges de ces modes de production en AB et en biodynamie (moins de travail du sol, plus d'enherbements...), mais il n'en est rien. En effet, au sein de notre réseau de parcelles, les vigneronnes en AB et en biodynamie sont ceux qui enherbent le moins, qui travaillent plus le sol et qui ne restituent pas les sarments. L'amélioration de la qualité du sol en AB et en biodynamie est donc potentiellement due à des pratiques spécifiques à ces modes de production (réduction des pesticides, utilisation de préparations spécifiques en biodynamie...).

L'analyse des réseaux d'interactions microbiens a aussi été effectuée sur les parcelles du réseau EcoVitiSol. Cette analyse montre des réseaux plus complexes et structurés pour les sols des parcelles menées en biodynamie (146 000 interactions) en comparaison de ceux obtenus pour les sols en AB (63 491 interactions) et en conventionnel (89 341 interactions). Une dé-

gradation de la complexité des réseaux d'interactions entraîne généralement une baisse de la fonctionnalité de la communauté mais aussi de sa stabilité, c'est-à-dire sa capacité à résister à des perturbations et de sa résilience (Karimi et al., 2017).

Ceci confirme que la biodynamie a un effet plus stimulant sur la qualité microbiologique des sols en comparaison de l'AB et du conventionnel. La comparaison de ces deux derniers modes de production met en évidence des réseaux moins complexes en AB, ce qui peut s'expliquer par une utilisation plus abusive des techniques de travail du sol couplée à un mauvais enherbement des parcelles en viticulture biologique comme observé dans le réseau EcoVitiSol.

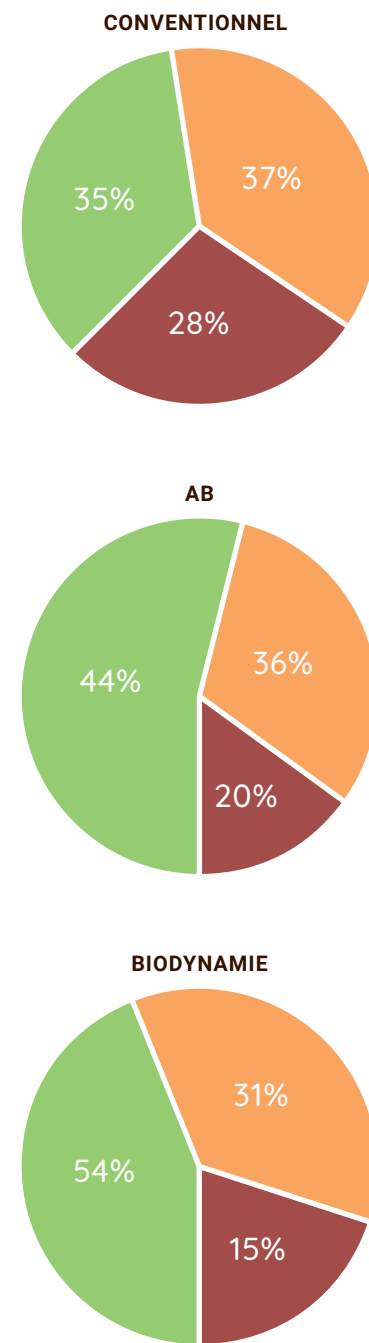
### Au-delà d'EcoVitiSol

Le projet EcoVitiSol est fini et il a permis de démontrer que les approches participatives associant les chercheurs et les viticulteurs pouvaient stimuler un échange de savoirs à même de répondre à des questions de recherche fondamentale mais aussi très finalisée. Plus de 80 % des viticulteurs impliqués ont suivi le projet jusqu'au bout. Grâce à ce projet nous avons pu confirmer l'impact de certaines pratiques viticoles sur la qualité des sols mais aussi plus largement aborder l'impact des modes de production en intégrant la biodynamie, ce qui est peu abordé actuellement.

Ce projet va ouvrir sur deux suites possibles :

- une suite technique qui va aborder de façon expérimentale l'impact de pratiques propres à la biodynamie (préparation...) sur la qualité microbiologique des sols afin de mieux comprendre l'impact positif de ce mode de production.

- une suite plus structurelle qui consistera à analyser un nouveau territoire viticole tous les ans avec les mêmes outils et les mêmes approches participatives pour vérifier si les tendances que nous observons sur l'impact des pratiques viticoles et des modes de production se vérifient dans d'autres territoires qui ont des contextes pédoclimatiques, des pratiques viticoles et des objectifs de production différents. À terme (10 ans), nous aurons ainsi une vision nationale de la qualité des sols viticoles et de l'impact des pratiques en intégrant tous les territoires viticoles français. ■



**Figure 4 :** Pourcentage de parcelles du réseau EcoVitiSol dont le sol est en bon état microbiologique (vert), en état microbiologique non critique mais à surveiller (orange) et en mauvais état microbiologique (rouge) en fonction des modes de production.

### LES PARTENAIRES DU PROJET ECOVITISOL

Les partenaires sont :

• Pour la partie scientifique :

C Zappellini, L Ranjard, PA Maron, S Dequiedt (UMR Agroécologie INRAE Dijon) - P Barre (ENS CNRS Paris) - J Masson UMR Santé de la Vigne et Qualité du Vin, INRAE Colmar

• Pour la partie réseau de viticulteurs et diffusion de l'information :

V Masson, Association Soins de la terre - Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne - GEST : Groupe d'Étude et de Suivi des Terroirs. N Bougon : Office Français de la Biodiversité

POUR EN SAVOIR PLUS SUR :

• L'impact des pratiques viticoles :

- B Karimi, J-Y Cahurel, L Gontier, L Charlier, M Chovelon, H Mahé, L Ranjard. 2020. Revue scientifique sur la qualité biologique des sols de vignes et l'impact des pratiques viticoles. *Étude et Gestion des Sols*. 27 ; 221-239. ([https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2020/06/EGS\\_2020\\_27\\_Karimi\\_221-240.pdf](https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2020/06/EGS_2020_27_Karimi_221-240.pdf))

- B Karimi, J-Y Cahurel, L Gontier, L Charlier, M Chovelon, H Mahé, L Ranjard. 2020. A meta-analysis of the ecotoxicological impacts of viticultural practices on soil biodiversity. *Environmental Chemistry Letters*. 18 (6) 1947-1966. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-020-01050-5>)

• L'impact des modes de production :

- A Christel, PA Maron, L Ranjard. 2021. Impact of farming systems on soil ecological quality : a metanalysis. *Environmental Chemistry Letters*. 19 : 4603-4625. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01302-y>.

• L'impact de l'utilisation actuelle et historique du cuivre en viticulture :

- B Karimi, V Masson, C Guillaud, E Leroy, S Pellegrinelli, E Giboulot, PA Maron, L Ranjard. 2021. Ecotoxicity of copper input and accumulation for soil biodiversity in vineyards. 19, 2013-2020. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-020-01155-x>)

- B Karimi, V Masson, C Guillaud, E Leroy, S Pellegrinelli, E Giboulot, P-A Maron, L Ranjard. 2021. La biodiversité des sols est-elle impactée par l'apport de cuivre ou son accumulation dans les sols vignes ? Synthèse des connaissances scientifiques. *Étude et gestion des sols*. 28 :71-92 ([https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2021/01/EGS\\_2021\\_28\\_Karimi\\_71-92.pdf](https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2021/01/EGS_2021_28_Karimi_71-92.pdf))

### RÉFÉRENCES

• Quiquerez A., Brenot J., Garcia J.-P., Petit C., 2008. Soil degradation caused by a high-intensity rainfall event : Implications for medium-term soil sustainability in Burgundian vineyards. *Catena*, 73, 89-97.

• Moneyron A, LMC, Westhalten group, J. F. Lallemand, C. Schmitt, M. Perrin, I. Soustre-Gacougnolle, J. E. Masson. 2017. Linking the knowledge and reasoning of dissenting actors fosters a bottom-up design of agroecological viticulture. *Agron. Sustain. Dev.* 37-41 (2017). [doi.org/10.1007/s13593-017-0449-3](https://doi.org/10.1007/s13593-017-0449-3).

• Dequiedt S, NPA Saby, M Lelievre, C Jolivet, J Thioulouse, B. Toutain, D Arrouays, A Bispo, P Lemanceau, and L Ranjard. 2011. Biogeographical Patterns of Soil Molecular Microbial Biomass as Influenced by Soil Characteristics and Management. *Global Ecology and Biogeography*. 20 : 641-652. - Coll P, E Blanchart, E LeCadre, P Hinsinger, C Villenave. 2011. Organic viticulture and soil quality : A long-term study in Southern France. *Applied Soil Ecology*. Volume 50, October 2011, Pages 37-44-

• Terrat S, S Dequiedt, N Saby, W Horrigue, M Lelievre, V Nowak, J Tripied, T Regnier, C Jolivet, D Arrouays, P Wincker, C Cruaud, B Karimi, A Bispo, PA Maron, N Chemidlin Prévost-Bouré, L Ranjard\*. 2017. Mapping and Predictive Variations of Soil Bacterial Richness across French National Territory. *PlosOne* 12(10): e0186766

• Maron (PA), Ranjard (L). Qualité écologique des sols. *Technique de l'ingénieur*. GE-1051 V1 (2019)

• Bouchez T, Blieux AL, Dequiedt, Domaizon I, Dufresne A, Ferreira S, Godon JJ, Hellal J, Joulian C, Quaiser A, Martin-Laurent F, Mauffret A, Monier JM, Peyret P, Schmitt-Koplin P, Sibourg O, E D'oiron, A Bispo, I Deportes, C Grand, P Cuny\*, PA Maron\*, L Ranjard\*. 2017. La microbiologie moléculaire au service du diagnostic environnemental. *Étude et gestion des Sols*, 24 :9-31.

• Karimi B, PA Maron, N Chemidlin Prévost Bouré, N Bernard D Gilbert, L Ranjard\*. 2017. Microbial diversity and ecological networks as indicators of environmental quality, *Environ Chemistry Letters*, 15 : 265-281

• Soucémariadin L.N., Cécillon L., Chenu C., Baudin F., Nicolas M., Girardin C. & Barré P. 2018. « Is Rock-Eval 6 thermal analysis a good indicator of soil organic carbon lability ? – A method-comparison study in forest soils ». *Soil Biology and Biochemistry*, n° 117, p. 108-116, 2018.



## Prolonger la vie de vos barriques

- ✓ Nettoyage et désinfection en profondeur grâce à l'ozone
- ✓ Chauffe traditionnelle par infrarouge (innovation TEDEM) pour maîtriser les profils aromatiques
- ✓ Déroutage par Ozone pour redonner un aspect neuf à vos barriques (intérieur/extérieur)

33360 Lignan-de-Bordeaux - Tél. 06 74 86 81 46 - [www.tedem.fr](http://www.tedem.fr)

