Ecovitisol

Sur la base d'un appel à projet de l'Office Français de la Biodiversité (OFB, établissement public dédié à la protection et la restauration de la biodiversité, sous la tutelle des ministères de la Transition écologique et de l'Agriculture et de l'alimentation) le projet Ecovitisol a vu le jour en 2019 pour une durée de trois ans.

Ecovitisol propose d'étudier l'impact des pratiques viticoles sur la qualité microbiologique des sols.
Comparant des modes de production conventionnel (Conv), biologique (AB) et biodynamique (BD), ce projet de recherche élargit son champ d'investigation à des pratiques agronomiques susceptibles ou connues pour avoir un impact sur la qualité microbiologique des sol (enherbement, travail du sol, fertilisation, etc.) pour pouvoir identifier quelles sont les pratiques qui ont une influence notable sur la biodiversité des sols viticoles.

Sous la direction de Lionel Ranjard (directeur de recherche au laboratoire d'Agroécologie à INRAE de Dijon) Ecovitisol associe différents partenaires : INRAE de Dijon, INRAE de Colmar, BIVB (Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne), Association Soin de la Terre, Association GEST, Sarl Biodynamie Services.
145 domaines viticoles répartis entre l'Alsace, la Côte d'Or et la Saône-et-Loire ont participé à ce projet, pour un total de 156 parcelles.

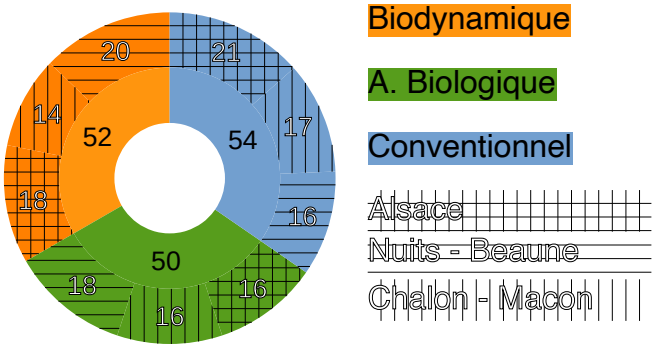


Figure 1: Répartition des prélèvements

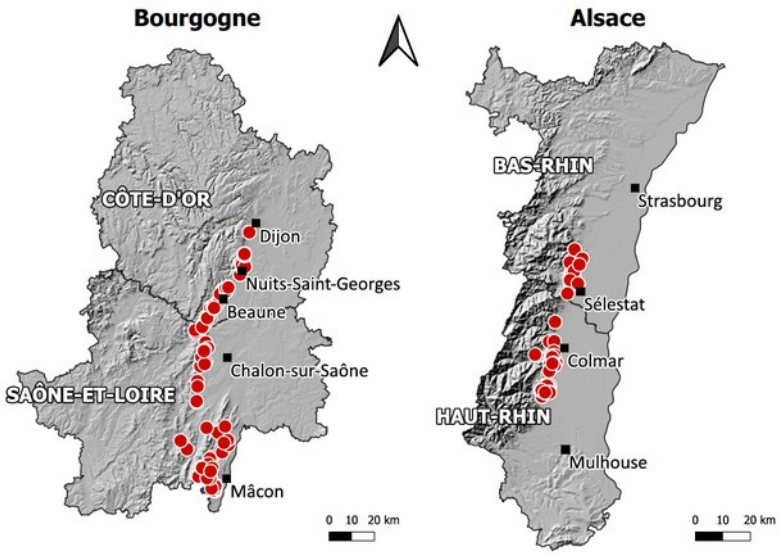


Figure 2: Localisation des prélèvements. INRAE 2020.

Les parcelles d'où proviennent les échantillons de terre sont réparties de manière égale entre les trois modes de production (Conv., AB et BD).

Les prélèvements ont été faits dans l'inter-rang pour rester proche des habitudes et du référentiel de l'INRAE.

Mesures

Chaque échantillon de terre a été évalué et comparé sur la base d'un grand nombre d'analyses listées ci-dessous.

Physico-chimique (Cu, pH, textures…)

Ces analyses ont permis entre autres de contextualiser les autres mesures – et notamment les valeurs de référence microbiologiques – sur la base des données du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS)[1].

Elles montrent d'emblée une forte typicité pédoclimatique des territoires.

Microbiologique

La qualité microbiologique des sols (qui concerne uniquement les bactéries et les champignons) a été analysée par des outils modernes de microbiologie moléculaire basés sur l'extraction et la caractérisation de l'ADN du sol. Ces outils permettent d'aborder des notions fondamentales d'abondance et de diversité microbienne, mais aussi des réseaux d'interactions biologiques et de fonctionnalité des sols.

Chaque prélèvement est rapporté à un référentiel issu du RMQS afin d'en objectiver l'analyse.

Le bilan de qualité microbiologique est composé des indices microbiologiques suivant :

Biomasse microbienne : Avec une valeur de référence (VR) au-delà de laquelle le sol est considéré comme étant dans un bon état biologique et un seuil critique (SC) en dessous duquel le sol est dans un état critique à améliorer.

Figure 3: échelle de biomasse microbienne, plus = meilleur. (INRAE 2020)

Diversité des bactéries et diversité des champignons : Il s'agit de la diversité des populations en présence, et l'on retrouve comme pour la biomasse une valeur de référence et un seuil critique. La diversité taxonomique[2] des sols se traduit d'un point de vue fonctionnel : plus de diversité équivaut à un meilleur fonctionnement. Attention, une grande diversité peut aussi être le signe d'une perturbation (mécanique, chimique, etc.), en effet dans une certaine mesure, pour un microorganisme, être forcé à s'adapter se traduit par des mutations.

Équilibre microbien : Cette mesure exprime le ratio entre les bactéries et les champignons, de 1 % à 5 % de champignons est considéré comme un ratio équilibré, le déséquilibre va s'accroître en s'éloignant de ces valeurs et le sol deviendra de moins en moins fonctionnel.

Aux indices ci-dessus s'ajoute la détermination des taxons / groupes de microorganismes et l'évaluation du nombre de liens entre ces groupes d'où on peut constituer les **réseaux d'interactions**. Cette mesure est effectuée sur la base d'ensembles d'échantillons et sera détaillée plus loin.

1 Le RMQS propose une cartographie des sols français, construite à partir d'un très grand nombre d'analyses couvrant le territoire français (selon un quadrillage de 16 km pour ce qui concerne la microbiologie), ceci sur plusieurs années à des fins de surveillance de l'évolution qualitative des sols. https://www.gissol.fr/le-gis/programmes/rmqs-34

2 Taxon : groupe d'organismes partageant un génome ou des caractéristiques suffisamment proches (sous-espèce, forme, variété…)

Carbone stable – carbone actif

Il s'agit d'une technique assez récente (la mise en pratique date de 2018 – 2021) de quantification du carbone du sol. Cette technique utilise des appareils de mesure initialement développés pour la pétrochimie en en adaptant l'usage et permet de différencier le carbone stable du sol (persistant à l'échelle du siècle), du carbone « actif ».

Cette mesure n'a pas apporté d'informations de premier ordre dans la pratique dans le sens où il n'y a comparativement pas beaucoup d'écart entre terroirs, pratiques agricoles, et modes de conduite ; à part peut être l'enherbement ou la restitution des sarments, qui semblent avoir une tendance légère à favoriser la proportion de carbone actif dans le sol, là où la fertilisation organique ne semble pas avoir d'impact rapide.

L'échelle de temps nécéssaire à la modification du carbone stable peut expliquer le faible impact à court terme des pratiques.

Analyse génomique du végétal (INRAE de Colmar)

Une étude comparant la capacité de défense de vignes en BD et en Conv. avait déjà montré une différence notable des indicateurs de réponses aux stress climatiques et pathogènes en faveur de la biodynamie sur la base de mesures génomiques sur la partie aérienne de la plante (Masson J. et al., 2018 *Nature Sci. Rep.*).
Dans le cadre d'Ecovitisol, seule une petite partie des parcelles a pu être prélevée. Au vu des coûts et des durées d'analyse et de traitement des données, l'ensemble des résultats n'est pas encore connu. Les premiers éléments semblent montrer un meilleur comportement des vignes en biodynamie sur différents paramètres. À suivre.

Enquête

Chaque prélèvement s'est accompagné d'une enquête sur les pratiques agronomiques : travail du sol, couverture du sol (enherbement), fertilisation organique, gestion des sarments (restitution)…

Résultats

Prélevés en 2 campagnes, une partie des échantillons furent analysés en 2020, ce qui a donné lieu à des résultats provisoires assez spectaculaires. Les résultats sont maintenant finalisés (fin 2021) et suffisamment solides pour être publiés.

État des lieux des différentes régions

Des différences notables sont constatées entre les différents territoires : entre la Bourgogne du nord aux indices plutôt défavorables, et l'Alsace plutôt dans le vert, souvent le Mâconnais fait office « d'entre deux ». La largeur de l'inter-rang, la gestion des couverts végétaux et les pratiques agronomiques semblent être parmi les raisons principales de ces différences.

Comparaison selon les modes de production

Bien que les notes d'indice de qualité microbiologique soient presque équivalentes en Agriculture Biologique (AB), Biodynamique (BD), ou Conventionnelle (Conv.), un regard plus affiné fait apparaître des éléments intéressants, notamment sur la répartition des échantillons selon la classification qualitative de leur bilan microbiologique.

Une plus grande proportion de vignes conduites en BD (64 %) a une biomasse moléculaire microbienne favorable, pour moins de la moitié en AB ou en Conv.
La totalité des prélèvements en biodynamie montre un ratio champignons-bactéries équilibré, contre seulement 90 % et 91 % en AB et en Conv.
Pour ce qui est de la diversité bactérienne, seuls 35 % des échantillons en conventionnel sont considérés dans un bon état biologique, contre 50 % en AB et en BD.

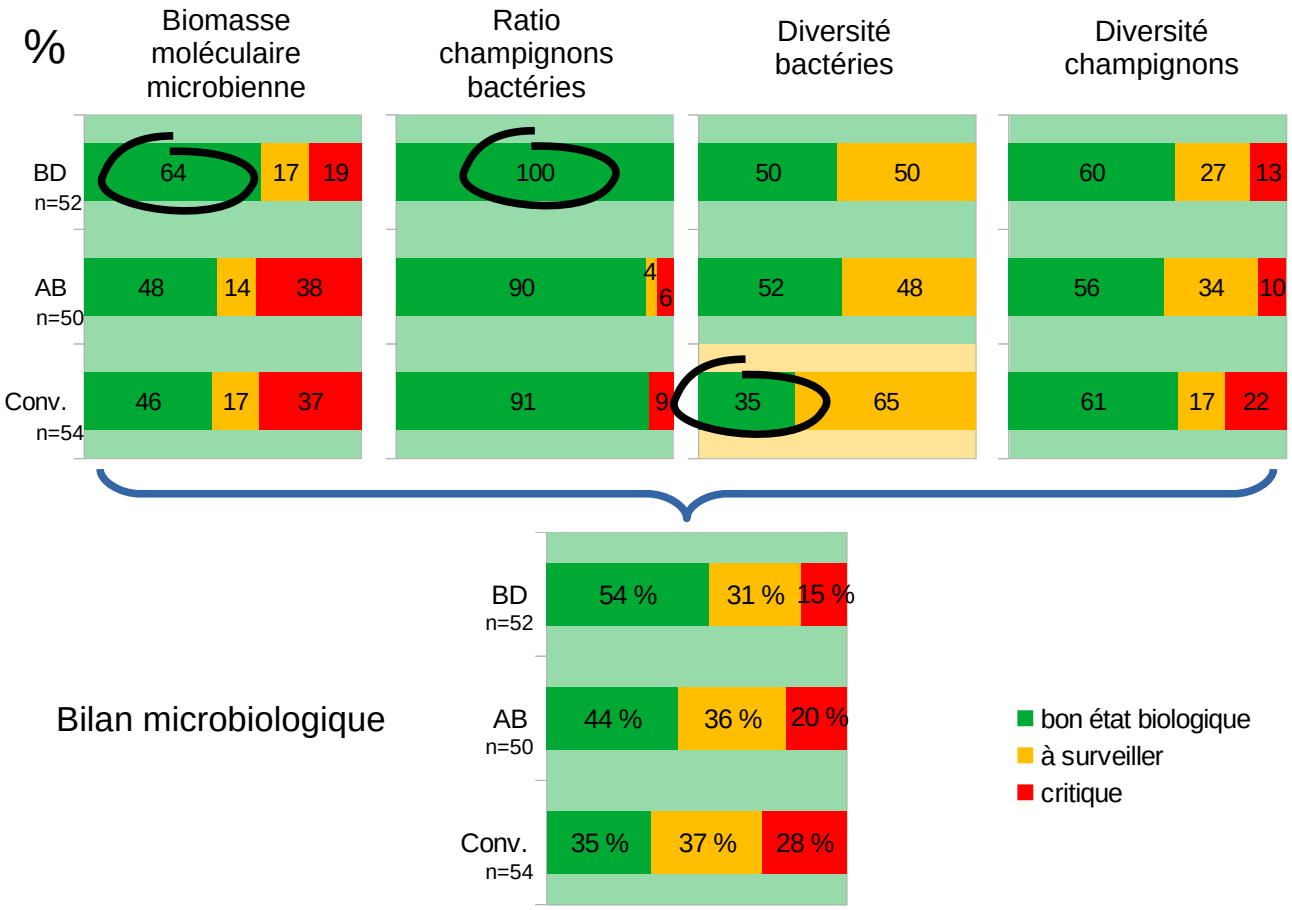


Figure 4: État microbiologique par mode de production

La diversité des champignons est assez similaire dans les trois modes de production, bien que les situations critiques soient plus nombreuses en agriculture conventionnelle.

Si on résume, la biodynamie montre des valeurs légèrement meilleures. Mais, il faut encore aller plus loin…
Cela devient intéressant quand on se penche sur les pratiques agronomiques.

Dans le cadre d'Ecovitisol, plusieurs pratiques agronomiques ont pu être évaluées sur leurs impacts quant à la qualité biologique des sols (à considérer avec précaution, car chaque pratique n'est pas normalisée et il existe une grande diversité dans leurs applications) :

- Travail du sol : négatif, surtout pour la biomasse moléculaire microbienne.
- Enherbement : positif
- Fertilisation organique : positif
- Restitution des sarments (ne pas confondre avec la restitution de cendres de sarments) : positif.

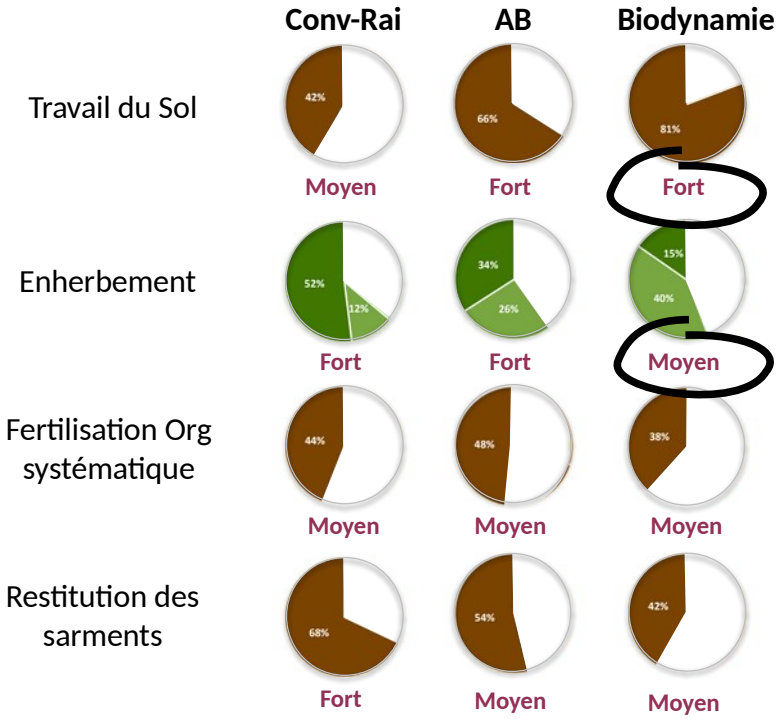


Figure 5: Typologie des pratiques (INRAE 2021)

Or, sur l'ensemble de ces pratiques agronomiques, la viticulture en biodynamie est la « mauvaise élève » du groupe : beaucoup de travail du sol, un enherbement moyen, une fertilisation organique et une restitution des sarments en dessous des pratiques en bio et en conventionnel cf Figure 5.

Le travail du sol et l'enherbement jouent un rôle majeur sur la qualité microbiologique des sols.

Les résultats microbiologiques de la biodynamie intriguent, car ils sont bons malgré un travail du sol souvent excessif et une gestion de l'enherbement qui pourrait être amélioré.

Les bonnes pratiques en biodynamie ?

L'un des volets d'Ecovitisol concerne l'exploration des pratiques biodynamiques et leur impact sur la microbiologie des sols. Pour cela, chaque vigneron en biodynamie s'est vu remettre un questionnaire qui a permis d'effectuer un classement qualitatif des pratiques à dire d'expert.
5 thèmes ont servis de base d'évaluation :

- Type et conservation des préparations biodynamiques
- Qualité, stockage et chauffage de l'eau
- Matériel et qualité de la dynamisation
- Matériel de pulvérisation
- Conditions d'application

Sur la base de 41 enquêtes, il ressort une corrélation positive entre la qualité des pratiques biodynamiques et la qualité microbiologique des sol : les bonnes pratiques sont les mieux représentées parmi les sols de bonne qualité microbiologique et inversement les sols en état biologique critique sont ceux où les pratiques biodynamiques sont jugées peu qualitatives.

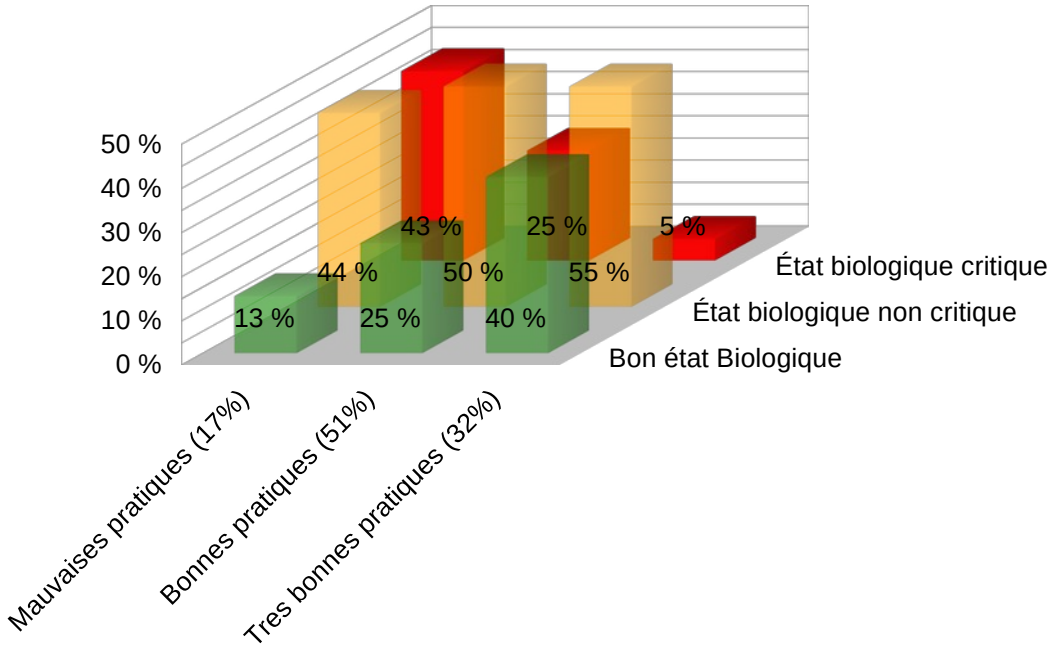


Figure 6 : Répartition des résultats microbiologiques par qualité des pratiques biodynamiques.

Au-delà des pratiques agronomiques, la qualité de la mise en œuvre des préparations biodynamiques a un impact très clair sur l'état microbiologique des sols.

À ce stade et avec les données disponibles il n'est pas possible de rentrer dans le détail de l'influence de chaque élément de la mise en pratique sur la qualité microbiologique des sols. Des pistes de recherche sont envisagées sur la base de ces résultats pour affiner et gagner en précision.

La qualité des préparations biodynamiques et la qualité de leur mise en œuvre ont un impact visible sur l'état microbiologique des sols.

Le principe des réseaux d'interactions

Les nouveaux outils d'« écologie moléculaire », tel le séquençage d'ADN, permettent d'extraire l'ensemble des génomes des micro-organismes d'un échantillon de terre.
Cet ensemble de tronçons de génomes ouvre la possibilité d'identifier des taxons par comparaison avec des ADN déjà référencés. En plus de permettre une évaluation de la diversité des micro-organismes, cela permet aussi avec suffisamment d'échantillons d'étudier si pour un échantillon, des taxons peuvent apparaître simultanément ; une cooccurrence signifie un lien. Par des méthodes statistiques / mathématiques, il est alors possible de générer une « carte » d'interactions microbiologiques : chaque type de micro-organisme interagit plus ou moins avec d'autres, certaines interactions sont bénéfiques (vert), d'autres sont opportunistes / pathogènes (rouge).

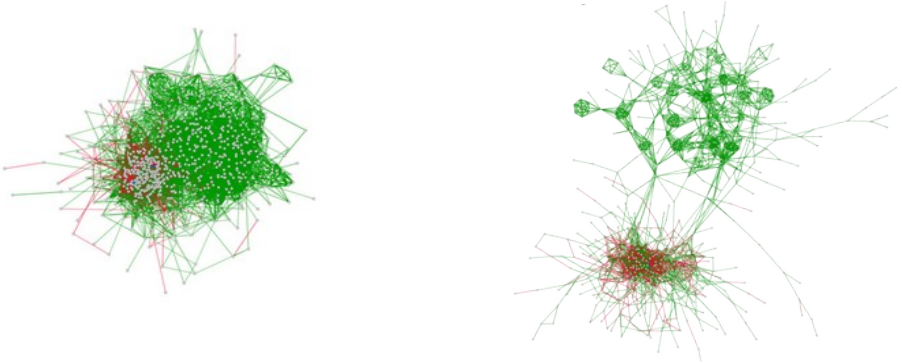


Figure 7: Réseau d'interaction bactérien type foret à gauche et type vigne à droite. (Karimi et al., 2019 Nature Scient Rep.)

En général, les réseaux d'interactions des bactéries sont complexes et cohésifs dans les sols forestiers et se simplifient, se fractionnent plus la pression agricole est forte : prairies, puis cultures céréalières, et plus encore en sols viticoles.
De façon un peu contre intuitive, le nombre de liens d'interaction entre taxons bactériens ne dépend pas de la diversité bactérienne (bien au contraire) :
En forêt, on trouve peu de diversité, les micro-organismes présents sont « stables » et forment un système résilient.
Par opposition, la vigne représente un sol à forte pression agricole qui engendre une grande diversité bactérienne (la modification fréquente du milieu, ou la « pression » des produits phytosanitaires forcent l'adaptation des micro-organismes, d'où leurs diversifications). Le réseau observé en vigne aura plus tendance à se composer d'interactions moins denses, par petites communautés relativement isolées les une des autres, moins coopératives.
On peut observer une sorte de gradation en passant d'un milieu forestier, prairial, céréalier, puis viticole ou fruiticole : de plus en plus de diversité mais des réseaux de moins en moins complexes et cohésifs, avec une perte de coopération entre les espèces ; le fonctionnement du sol en est affecté.
Il est à noter que l'augmentation de la diversité bactérienne dans les sols agricoles s'accompagne d'une augmentation des espèces pathogènes.
Les champignons suivent un peu le même principe, à la différence que le milieu de plus en plus compétitif jusqu'à la grande culture (avec le maximum de diversité) devient tellement « stressant » sur les vignes ou les vergers que la diversité s'en trouve réduite.

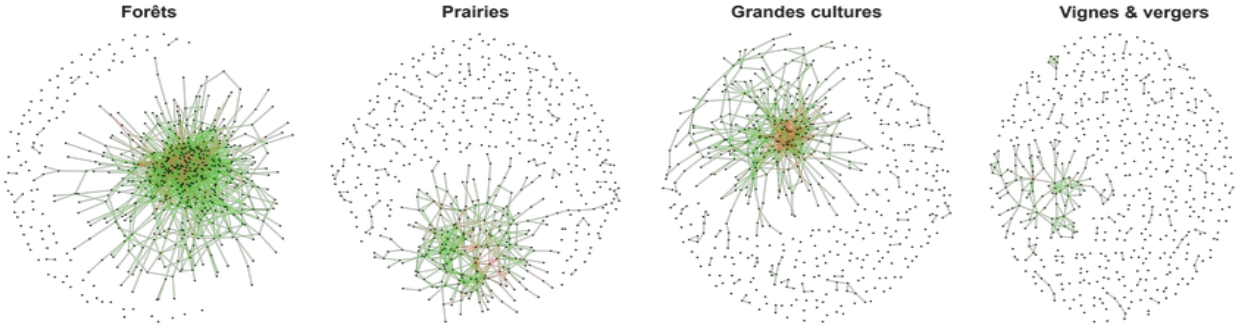


Figure 8: Réseaux d'interactions fongiques (Karimi et al., 2019 Nature Scient Rep.)

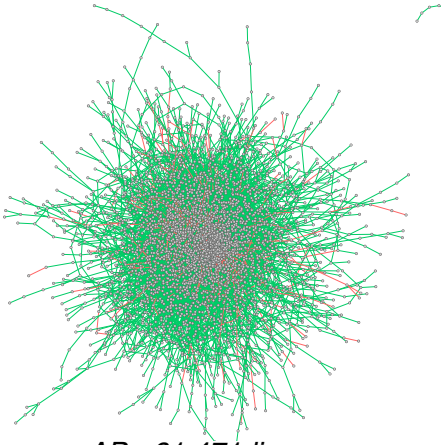
Les résultats des réseaux d'interactions

Il s'agit de la mesure des interactions (ou liens) entre les diverses familles de micro-organismes présents dans le sol. Plus les liens sont nombreux, plus la communauté de micro-organismes est fonctionnelle et stable.

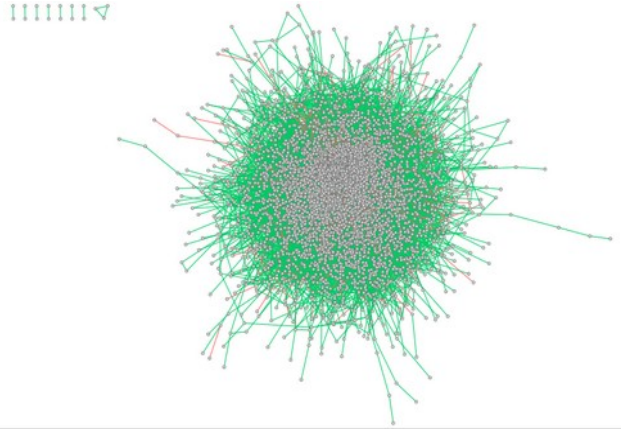
La mesure des réseaux d'interactions se base sur un panel large d'échantillons, dans le cas d'Ecovitisol, chaque modalité étant composée d'une cinquantaine d'échantillons, la robustesse des résultats est satisfaisante.

Les comparaisons entre pratiques agricoles, tous territoires confondus, est surprenante. Le nombre de liens en agriculture biologique inférieur au nombre de liens en conventionnel pose question et n'est pas expliqué à ce stade. Sauf à considérer l'effet d'un travail du sol plus important, mais dans ce cas, comment expliquer le nombre de liens supérieur en biodynamie avec un travail du sol autant voir encore plus poussé ?

La biodynamie présente des réseaux d'interactions plus de deux fois plus nombreux (2,48 fois) que l'agriculture biologique et plus de 1,6 fois plus nombreux que l'agriculture conventionnelle[3].
Il s'agit là d'une différence spectaculaire révélatrice des effets de la pratique biodynamique.

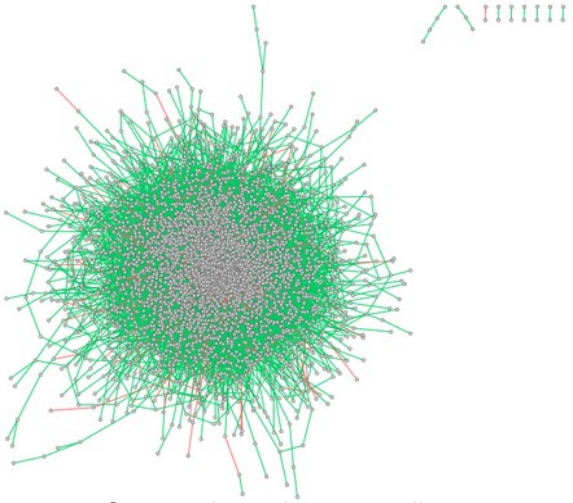


AB : 61 471 liens



Biodynamie : 152 471 liens

Figure 9: Réseaux d'interactions fongiques et bactériennes, INRAE 2022



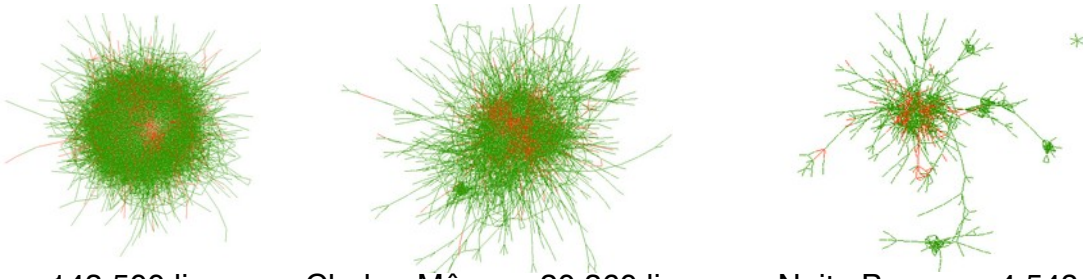
Conventionnel : 91 569 liens

Dans un sol cultivé en biodynamie, les interactions entre groupes[4] de micro-organismes sont beaucoup plus nombreuses.

4 Taxons, espèces, sous-espèces…

3 Les résultats intermédiaires présentés pendant l'hiver 2020-21 étaient basés sur un panel d'échantillons trop restreint pour présenter une robustesse suffisante.

En ce qui concerne les territoires (toutes pratiques confondues) la différence est très marquée. On peut certainement y voir l'impact des pratiques agronomiques (travail du sol et enherbement en particulier) en lien avec l'écartement des rangs de vigne et les habitudes ou typicités régionales.



Alsace : 143 500 liens | Chalon-Mâcon : 20 360 liens | Nuits-Beaune : 4 548 liens

Figure 10: INRAE 2021

De bonnes pratiques agronomiques restent une base essentielle.

Conclusion et perspectives.

La dynamique de travail et les résultats obtenus sont stimulants et invitent à envisager des suites à donner.
L'étude de parcelles dans d'autres territoires est en réflexion.
Les résultats associés aux pratiques BD invitent à être explorés de manière plus détaillée pour voir s'il est possible de mieux définir des pratiques plus ou moins qualitatives (mise en œuvre, conservation, usage des préparations BD…).

Des articles scientifiques devraient voir le jour dans le prolongement d'Écovitisol, c'est en tout cas la volonté des équipes de l'INRAE.

Sources

- Masson J. et al., 2018 Nature Sci. Rep.
- Karimi et al., 2019 Nature Scient Rep.
- Laboratoire d'Agroécologie de l'INRAE à Dijon, 2019 à 2022, divers documents et résultats présentés aux comptes rendus du projet Écovitisol.

Association Soin de la Terre, 18 février 2022.

Annexes

Les études préliminaires menées en partenariat entre l'INRAE de Dijon, Biodynamie Services et l'association Soin de la Terre ont montré des résultats allant dans le même sens (Figure 11).

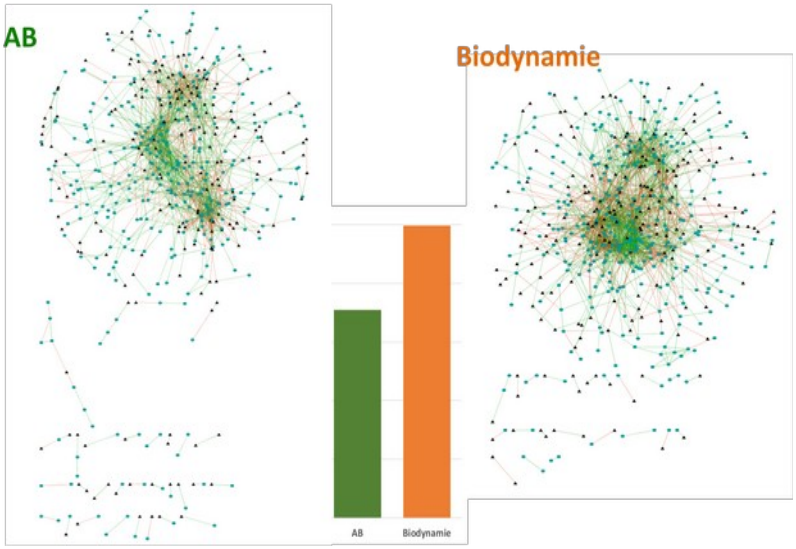


Figure 11 : Résultats des études préliminaires à Ecovitisol (nombre de liens et réseaux) 2019 INRAE.

Ces effets sont surprenants mais cohérents avec les observations récurrentes faites lors de comparaisons de sols au moyen du profil à la fourche bêche.

Ces profils montrent des différences en termes de structure et de couleur des sols, de profondeur et de densité des systèmes racinaires. On peut y voir l'effet d'une augmentation substantielle d'activité des micro-organismes, mais aussi l'amélioration du milieu dans lequel ils évoluent et agissent (Figures 12 et 13).

Figure 12 : Comparaison sur une même parcelle (St Estephe, Médoc) : témoin bio à gauche – une année de biodynamie (500P et 501) à droite. Photo : Biodynamie Services – 2011.

Figure 13 : Comparaison sur une même parcelle (Bray, Bourgogne) : témoin bio à gauche – 8 mois de biodynamie (1x 500P) à gauche. Photo : Biodynamie Services – 2014