



DISPOSE-ON DE
PREUVES
SCIENTIFIQUES ÉTAYANT
LES BÉNÉFICES DES
PRATIQUES
BIODYNAMIQUES SUR
LES SOLS ?

Zététique et auto-défense intellectuelle



DÉCEMBRE 2022
VACHER CAMILLE & SCHMITT DIANE

- SOMMAIRE -

1. CONTEXTUALISATION	4
1.1 Présentation de la biodynamie et de ses concepts :	4
Contexte	4
Origine et anthroposophie	4
Pratiques et préparations	5
2. Méthode et recherches	7
2.1 Méthode de recherche	7
2.2 Etats des lieux de la littérature scientifique :	7
Introduction	7
Résumés des ressources disponibles	7
3. Discussion & Résultats	13
3.1 Résultats	13
3.2 Interprétation & Réflexion critique	13
3.2 Extrapolation et sémantique	14
4. CONCLUSION	14
5. BIBLIOGRAPHIE/SITOGRAFIE	16

1. CONTEXTUALISATION

Le nombre de domaines viticoles pratiquant la biodynamie en France reste marginal à l'échelle du territoire. D'après le principal label biodynamique DEMETER¹, 651 domaines sont labellisés pour une surface de 11 609 hectares pratiquant la biodynamie en 2021 soit environ 1.5 % des surfaces totales². L'intérêt des viticulteurs pour ces pratiques semble néanmoins prendre de l'ampleur puisque le label affiche une progression de + 20 % entre 2020 et 2021. Dans ce contexte, nous estimons intéressant de nous interroger sur les éventuels bénéfices de ces pratiques.

La biodynamie est un sujet très vaste et nous avons fait le choix dans ce dossier de nous concentrer sur l'impact des pratiques biodynamiques sur les sols. S'appuyant parfois sur des notions dont le sens s'étend au-delà du domaine scientifique, les résultats des études sur le sujet semblent parfois être sur-interprétés. Nous tenterons ici d'apporter une vision objective sur ces questions.

1.1 PRÉSENTATION DE LA BIODYNAMIE ET DE SES CONCEPTS :

Contexte

La biodynamie se présente comme un ensemble de pratiques agricoles reposant sur une approche holistique, régénérative et sensible³ de l'agriculture. En effet, elle repose sur l'équilibre instauré entre les plantes et le sol nourricier ainsi que l'environnement. Par ailleurs, le respect des phases de la Lune ainsi que l'utilisation de préparations de régénération des sols, dans le but de renforcer les plantes, font partie des fondements de l'approche biodynamique.⁴

Origine et anthroposophie

Le mouvement de l'agriculture biodynamique (MABD)⁵, présente la biodynamie comme un courant fondateur de l'agriculture biologique, à l'initiative d'agriculteurs s'inquiétant de constater des événements tels que la dégénérescence des plantes cultivées, la perte de fécondité des troupeaux ou la perte de qualité des aliments dans les années 1920. L'essentiel du mouvement est néanmoins établi par le philosophe autrichien Rudolf Steiner, dont les bases sont posées dans une série de huit conférences, au cours du mois de juin 1924 intitulées : "Cours aux agriculteurs"⁶. Il est également connu pour être le fondateur de l'Anthroposophie, un courant de pensée intégrant les composantes psychiques et spirituelles du monde, rassemblant sous la même coupe ses notions appartenant aux religions indiennes, au théosophisme, au christianisme et au mouvement New Age⁷. Le principe de la biodynamie est donc de chercher à atteindre un équilibre entre la terre, les plantes et l'environnement (animaux) pour travailler dans le respect de ces derniers, mettant en

¹ <https://www.demeter.fr/chiffres-france-et-international/>

² <https://agriculture.gouv.fr/infographie-la-viticulture-francaise>

³ <https://www.demeter.fr/biodynamie/>

⁴ <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-2211-biodynamie.html>

⁵ <https://www.bio-dynamie.org/biodynamie/presentation/>

⁶ https://fr.wikipedia.org/wiki/Agriculture_biodynamique

⁷ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Anthroposophie>

avant les liens existants entre les rythmes cosmiques et les êtres vivants grandissant entre la terre et le ciel.

Pratiques et préparations

D'après le mouvement de l'agriculture biodynamique⁸, les pratiques de l'agriculture biodynamique s'articulent selon trois principes. En premier lieu, concevoir la ferme ou le jardin comme un organisme agricole, une entité autonome et individualisée. Effectivement, cette notion d'organisme est importante, car celle-ci relève d'une coopération entre l'homme et la nature. Créer des haies, semer des bandes fleuries, cultiver des engrais verts sont des manières de manifester cette coopération et ce respect du milieu dans lequel les plantes grandissent. En deuxième lieu, travailler en accord avec les rythmes cosmiques⁹, autrement dit tenir compte de l'impact du Soleil, de la Lune et du zodiaque sur la poussée des plantes. Effectivement, ces paramètres donneraient aux plantes des forces leur permettant d'être plus résistantes aux parasites et aux maladies. Il suffit alors de suivre un calendrier lunaire respectant les constellations du zodiaque qui distinguent différents rythmes de jours (feuille, racine, fruit ou fleur), les différentes formes de Lune (montante ou descendante, croissante ou décroissante), apogées et périgées ainsi que le rôle du Soleil. Enfin, en troisième lieu, l'utilisation des "préparations biodynamiques" à base de plantes médicinales, de bouse de vache et de quartz agissant d'un point de vue énergétique sur l'équilibre. De cette manière, les plantes ont la possibilité de croître de manière saine. Par ailleurs, ces préparations sont également utilisées pour les sols et le compost qui nécessitent quant à eux des plantes ayant fermenté dans le sol. Les préparations inscrites dans le cahier des charges du label DEMETER⁹ (ce sont les préparations mises en pratique¹⁰) ainsi que leurs effets supposés sont présentées dans le tableau suivant :

Préparations à pulvériser :	
Préparation 500	Il s'agit de bouse de vache introduite dans une corne que l'on a enterrée durant l'hiver (150 jours). Cette préparation est pulvérisée sur le sol et participerait au développement de la couche d'humus et à l'amélioration de la fertilité et de la biodiversité des sols.
Préparation 501	Il s'agit de la même préparation que la P500 à laquelle de la silice broyée est ajoutée. Elle est pulvérisée sur la partie aérienne de la plante, accompagnerait son développement et améliorerait la qualité alimentaire des produits.
Préparation 500P	De la préparation 500 est mélangée à du compost, permettant de réduire le nombre de pulvérisation de préparation 500.

⁸ <https://www.bio-dynamie.org/biodynamie/presentation/>

⁹ <https://www.demeter.fr/composts-et-preparations-biodynamiques/>

¹⁰ https://www.demeter.net/wp-content/uploads/2021/05/Demeter-Biodynamic-Preparations-Manual_2020.pdf#page=29

Préparation florales :	
Préparation 502	La préparation 502 est une macération d'achillées millefeuilles introduite dans une vessie de cerf et laissée au soleil. Introduite dans le composte elle permettrait d'avoir une action sur la mobilité du soufre et de la potasse.
Préparation 503	Cette préparation est une insertion de têtes de camomille allemande dans un intestin grêle de bovidé n'ayant pas subi au préalable un lavement. Cela forme alors une sorte de saucisse florale qui, en hiver, sera enfouie sous terre dans un lieu exposé au soleil. Ceci a pour but de vivifier la terre afin qu'elle puisse stimuler la croissance des plantes.
Préparation 504	Cette préparation nécessite un enfouissement sous terre, d'orties peu fanées attachées entre elles, recouvertes de tourbe dans un sol fertile à 60 cm de profondeur pendant une année. Ceci permet l'individualisation de la terre en fonction des plantes qui seront produites la rendant donc raisonnable.
Préparation 505	Des écorces de chêne sont prélevées et râpées afin d'être introduites dans des crânes d'animaux domestiques. Ces derniers sont enterrés ensuite pendant l'automne et durant l'hiver, non loin d'une source d'eau. Ceci confère à l'engrais une capacité à combattre plus facilement les maladies nuisibles des plantes.
Préparation 506	Elle consiste à récolter des têtes de pissenlit pas encore ouvertes qui seront séchées dans un endroit chaud et sec pour ensuite les insérer dans un mésentère de bovin. Une boule est alors formée d'un diamètre équivalent à la tête d'un enfant qui sera enterré. Le sol acquiert alors la faculté d'attirer de l'atmosphère et du cosmos de l'acide silicique afin que les plantes deviennent autonomes.
Préparation 507	Elle est obtenue par dilution de jus de Valériane ou par prélèvement de pétales sans les sépales, placé avec de l'eau dans un verre qui sera ensuite exposée au soleil. Comme pour les préparations 500 et 501, une dynamisation est nécessaire. Cette préparation est utilisée pour arroser le tas de compost.

2. MÉTHODE ET RECHERCHES

2.1 MÉTHODE DE RECHERCHE

Nous avons commencé notre recherche par définir ce qu'est la biodynamie, nous trouvons notamment beaucoup de ressources critiques, depuis la page wikipedia¹¹ sur l'agriculture biodynamique ou depuis d'autres organismes comme l'AFIS - Association Française pour l'Information Scientifique¹² ou la chaîne Youtube La tronche en biais¹³ (d'autres ressources sont disponibles en bibliographie). Nous nous sommes par la suite notamment appuyés sur les travaux de Cyril Gambari, docteur en microbiologie et auteur du blog "Et la science derrière la biodynamie ?"¹⁴, sur lequel il présente et regroupe les études en lien avec la biodynamie.

Nous avons à ce stade centré notre sujet autour des effets de la biodynamie sur les sols, le temps n'étant pas extensible et le sujet trop vaste. Nous avons contacté le professeur Marc André Selosse spécialisé en botanique et en mycologie ayant produit plusieurs travaux sur les sols. Nous avons poursuivi notre recherche à partir des ressources qu'il nous a communiquées, des études citées dans ces ressources et de la recherche des mots "biodynamic agriculture AND soil" dans le moteur Google scholar. Nous avons alors privilégié les méta analyses ainsi que les études publiées et revues par les pairs. Néanmoins, l'ensemble des articles ne pouvant pas être traités, nous nous sommes appuyés au maximum sur les travaux mis en avant par des professionnels du domaine comme M. Gambari et M. Selosse. L'analyse fournie ici n'est donc pas exhaustive et peut faire l'objet de biais de sélection.

2.2 ETATS DES LIEUX DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE :

Introduction

La littérature scientifique traitant de la biodynamie et de ses impacts agronomiques, positifs ou négatifs ainsi que sa comparaison avec des pratiques culturelles conventionnelles ou biologiques, repose encore sur peu de données. Nous proposons dans cette partie un résumé des ressources disponibles sur l'impact des pratiques biodynamiques sur les sols. La question de la biodynamie étant abordée de manière parcellaire dans de nombreuses études, la liste suivante n'a pas la prétention d'être exhaustive.

¹¹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Agriculture_biodynamique

¹² AFIS - Association Française pour l'Information Scientifique : *Cultiver avec la lune et la biodynamie : Superstition ou technique validée*

¹³ La Tronche en biais : *Obscure biodynamie - Live 109*

¹⁴ <https://cyril-dgnr.com/fr/>

Résumés des ressources disponibles

Article	Impact of farming systems on soil ecological quality : a meta-analysis ¹⁵
Méthode	<p>Publié dans la revue Springer Nature, il s'agit d'une méta-analyse portant sur une centaine de publications concernant la comparaison des sols entre l'agriculture conventionnelle, l'agriculture biologique et l'agriculture biodynamique. Les publications ont été sélectionnées à partir de la base de données Web Science (WoS) et contenant les mots suivant :</p> <p>→ Soil AND (* bio * OR * diversity OR ecology) AND (conventional NEAR (farming OR agri *)) AND (conservation NEAR (farming OR agri *)) AND(system OR manage * OR regime)NOT practice *</p>
Notions contextuelles	<p>La notion de qualité écologique du sol est définie comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacité du sol à accueillir un grand nombre et une grande diversité d'organismes vivants impliqués dans son fonctionnement. <p>Les fonctions biologiques sont présentées sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minéralisation de la matière organique - Structure du sol - Stabilité du fonctionnement du sol - Régulation des pathogènes - Dégradation des polluants
Paramètres observés	<p>Les observations portent sur la microfaune, la macrofaune et la mésofaune, comportant les microorganismes, les bactéries, les champignons, les vers de terre, les arthropodes et les nématodes. Pour chacun de ses groupes les paramètres suivants sont observés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abondance - Diversité - Fonctions biologiques
Limites des paramètres observés	<p>D'après les auteurs, la mesure des indicateurs pour les différents type de faune ne présente pas la même utilisabilité. L'analyse biochimique moléculaire permet l'accès des mesures précises et standardisées des microorganismes du sol, là où le prélèvement de microfaune ou de mésofaune sur le terrain se trouve sujet à plus de variabilité.</p>
Résultats	<p>La comparaison entre agriculture conventionnelle et biodynamique résultant de la synthèse de 21 références montre une amélioration de la qualité microbiologique en biodynamie en montrant une augmentation de l'abondance et de la diversité microbienne.</p> <p>La comparaison entre agriculture biologique et biodynamique résultant de la synthèse de 23 publications montre également que l'agriculture biodynamique serait plus vertueuse que l'agriculture biologique vis-à-vis de l'abondance de microorganismes et des fonctions biologiques du sol.</p> <p>Classement des types de cultures dépendamment de la qualité des sols : Biodynamie > Agriculture BIO ≥ Agriculture de conservation > Agriculture conventionnelle</p> <p>Ces résultats sont expliqués par la différence entre les pratiques culturales et</p>

¹⁵ Christel, A., Maron, P.A. & Ranjard, L. Impact of farming systems on soil ecological quality: a meta-analysis. *Environ Chem Lett* **19**, 4603–4625 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01302-y>

	en particulier pour la biodynamie, par l'apport d'engrais organique, l'absence de pesticides de synthèses, la diversification des rotations de cultures et un labour simplifié.
Précautions	<p>Les résultats sont à considérer en prenant en compte le faible nombre de références disponibles et selon les auteurs les données concernant les comparaisons entre l'agriculture biologique et l'agriculture biodynamique auraient besoin d'être consolidées.</p> <p>De plus, les résultats présentés ici se cantonnent à une analyse des sols et à une notion de "qualité biologique" qui ne doit pas s'étendre au-delà du cadre posé par les auteurs, le mot "qualité" pouvant renvoyer à des notions plus larges.</p>

Article	Metabarcoding analysis of the bacterial and fungal communities during the maturation of Preparation 500, used in biodynamic agriculture, suggests a rational link between horn and manure. ¹⁶
Méthode	<p>Les auteurs s'intéressent dans cet article à la composition microbienne des préparations 500 composés de cornes de vache remplies de fumier puis enterrées durant l'hiver. Quatre analyses ADN ont été mises en place afin d'observer l'évolution des populations microbiennes au cours du temps, une analyse initiale, une au bout de 40 jours, une au bout de 85 jours et une au bout de 150 jours correspondant à la finalisation de la préparation.</p> <p>Pour chacune des échéances, l'analyse a été menée alternativement sur le cœur du contenu de la corne et en périphérie, sur 3 cornes différentes. Des prélèvements du sol environnant ont également été prélevés à titre de comparaison.</p>
Paramètres observés	<p>A partir de l'ADN génomique extraite des échantillons, les paramètres suivants ont été observés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les communautés bactériennes par analyse de la variabilité du gène codant pour la sous-unité 16S de l'ARNr (ARN ribosomique) - Les communautés de champignon par analyse de la variabilité du gène codant pour les ITS (espaceurs interne transcrits) de l'ADNr (ADN ribosomique)
Limites des paramètres observés	Nos compétences sur le sujet et la complexité des méthodes utilisées ne nous permettent pas de juger de la pertinence des paramètres.

¹⁶ Zanardo, M.; Giannattasio, M.; Sablok, G.; Pindo, M.; Porta, N.L.; Lorenzetti, M.; Noro, C.; Stevanato, P.; Concheri, G.; Squartini, A. Metabarcoding Analysis of the Bacterial and Fungal Communities during the Maturation of Preparation 500, Used in Biodynamic Agriculture, Suggests a Rational Link between Horn and Manure. Preprints 2020, 2020080727 (doi: 10.20944/preprints202008.0727.v1).

Résultats	<p>Les résultats observent un comportement inverse entre les populations de bactéries et les populations de champignons. La richesse en champignon étant à son maximum avant mise sous terre puis diminuant par la suite, la richesse en bactérie ne faisant qu'augmenter au cours du temps.</p> <p>La comparaison avec la composition des échantillons de sol montre une moindre abondance dans les préparations 500, que dans le sol, et ce tout au long du processus.</p> <p>Néanmoins, les mesures révèlent une abondance accrue pour certains types de bactéries. En particulier, des actinobactéries de la famille des Nocardiaceae sont surreprésentées dans les préparations (18% dans les préparations contre 1.85% dans le sol). L'hypothèse d'un apport de ces bactéries par le fumier et de leur capacité à résister et à proliférer dans les préparations est avancée, bien qu'elle ne soit pas démontrée. La question de l'effet sur le sol en question n'est pas abordé dans l'étude.</p> <p>La corne constituée de kératine semble être un substrat adapté au développement de communauté fongique capable de digérer la kératine.</p>
Précautions	<p>L'article en question ne fait pas l'objet d'une publication mais d'une pré-publication. Par conséquent, il ne fait pas l'objet d'une revue par les pairs ce qui doit être pris en compte dans son appréciation.</p> <p>La mise en évidence éventuelle d'une abondance bactérienne ou fongique différente au sein des préparations 500 ne donne pas d'indication sur les effets (s'ils existent) que cela pourrait avoir sur le sol et/ou sur la plante.</p>

Article	Responses to climatic and pathogen threats differ in biodynamic and conventional vines ¹⁷
Méthode	<p>Cet article, publié dans la revue Scientific Reports, s'intéresse à la réponse de plan de vigne, en culture conventionnelle et en culture biodynamique, à une exposition à certains pathogènes et à des changements de climats contraignant la plante.</p> <p>Pour cela, huit parcelles de pinot noir cultivés en suivant des pratiques conventionnelles et six parcelles cultivées en suivant des pratiques biodynamiques ont été observées sur une période de 20 ans.</p>
Paramètres observés	<p>Les paramètres observés sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une analyse physico-chimique du sol - Une analyse moléculaire par PCR sur les 4-5 feuilles suivant l'apex - Une mesure de la quantité d'ARN messagers liés aux gènes de défense - Une mesure des paramètres climatique (température, précipitations, évaporation)

¹⁷ Soustre-Gacougnolle I, Lollier M, Schmitt C, Perrin M, Buvens E, Lallemand JF, Mermet M, Henaux M, Thibault-Carpentier C, Dembelé D, Steyer D, Clayeux C, Moneyron A, Masson JE. Responses to climatic and pathogen threats differ in biodynamic and conventional vines. Sci Rep. 2018 Nov 15;8(1):16857. doi: 10.1038/s41598-018-35305-7. PMID: 30442984; PMCID: PMC6237997.

Limites des paramètres observés	Nos compétences sur le sujet et la complexité des méthodes utilisées ne nous permettent pas de juger de la pertinence des paramètres.
Résultats	L'étude met en évidence une réponse élevée aux aléas climatiques et aux pathogènes pour les cultures menées avec des pratiques biodynamiques. Néanmoins, les auteurs mettent en garde sur le manque de données concernant l'agriculture biologique, et n'excluent pas que les conclusions concernant la biodynamie s'appliquent également à cette dernière.
Précautions	L'étude en question s'appuie sur des données issues d'une recherche participative incluant des agriculteurs.

Article	Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming ¹⁸
Méthode	Cet article, publié dans la revue Science en 2002, s'intéresse aux caractéristiques du sol de différents systèmes agronomiques : agriculture biodynamique, agriculture biologique et agriculture conventionnelle.
Paramètres observés	Les paramètres observés sur des échantillons de sols prélevés entre 0 et 20 cm : <ul style="list-style-type: none"> - analyse physico-chimique des échantillons de sol - analyse biologique des échantillons de sol - activité microbienne
Limites des paramètres observés	Nos compétences sur le sujet et la complexité des méthodes utilisées ne nous permettent pas de juger de la pertinence des paramètres.
Résultats	L'étude révèle une augmentation significative de la diversité microbienne dans l'ordre suivant : Conventionnelle < biologique < biodynamique Une augmentation de 40 % des réseaux mycorhiziens, le double d'arthropodes, ainsi qu'une augmentation de la biomasse de vers de terre en agriculture biologique et biodynamique comparés à l'agriculture conventionnelle. Une décomposition du carbone dans le sol supérieure en agriculture biodynamique qu'en agriculture conventionnelle.
Précautions	La décomposition du carbone est observée en conditions contrôlées, pouvant différer des conditions de culture. Les mécanismes aboutissant à ces résultats ne sont pas communiqués.

Article	Projet d'étude EcoVitiSol ¹⁹
----------------	---

¹⁸Mäder P, Fliessbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P, Niggli U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. Science. 2002 May 31;296(5573):1694-7. doi: 10.1126/science.1071148. PMID: 12040197.

¹⁹ **La microbiologie des sols en vigne : quelles pratiques pour un sol vivant ?**
<https://www.youtube.com/watch?v=vDw6KndGK1U>

Contexte	Le projet d'étude présenté ci-dessous ne fait pas l'objet de publication à l'heure actuelle (26 novembre 2022). Les résultats sont issus d'une présentation lors d'un congrès et doivent donc être considérés avec prudence. Il nous a néanmoins paru intéressant de les détailler ici car ils présentent à priori des résultats innovants repris par la presse.
Méthode	L'étude EcoVitiSol étudie l'impact des pratiques viticoles sur la qualité microbiologique des sols. Pour ce faire, différentes parcelles de terre sont évaluées et comparées par l'analyse de nombreux paramètres en utilisant trois types de modes de production : conventionnel, biologique et biodynamique.
Paramètres observés	Divers paramètres suivants sont analysés afin de comparer et évaluer les échantillons de terre : <ul style="list-style-type: none"> - Analyse physico-chimique du sol - Analyse microbiologique dont : <ul style="list-style-type: none"> . Biomasse microbienne . Diversité des bactéries et des champignons . Réseaux d'interactions microbiennes à partir du séquençage et de l'extraction du génome des micro-organismes - Mesure de la quantité de carbone dans le sol sous sa forme stable ou sous forme active - Analyse génomique du végétal
Limites des paramètres observés	Les paramètres étudiés sont semblables aux paramètres observés dans les autres études et nos compétences sur le sujet ne nous permettent pas de juger de leur pertinence.
Résultats	Des différences sont perceptibles entre les différentes parcelles évaluées. En effet, d'un point de vue microbiologique, la biodynamie montre des valeurs relativement plus élevées que l'agriculture conventionnelle ou biologique. Or, en se penchant sur les pratiques agronomiques, un travail du sol souvent excessif et une gestion de l'enherbement (couverture du sol) moins bonne que les pratiques biologiques et conventionnelles sont notables. De plus, dans un sol cultivé, les interactions entre les familles de micro-organismes en biodynamie sont beaucoup plus conséquentes.
Précautions	Les résultats sont à considérer en prenant en compte le faible nombre d'échantillons de terre prélevés en 2 campagnes. Par ailleurs, certains résultats ne peuvent être exploités étant inconnus pour le moment en raison des coûts et des durées de l'analyse de certains paramètres.

3. DISCUSSION & RÉSULTATS

3.1 RÉSULTATS

Les résultats semblent dans l'ensemble indiqués :

- Une plus grande abondance microbienne dans les sols cultivés en biodynamie comparé aux sols en agriculture conventionnelle ou en agriculture biologique dans une moindre mesure
- Une plus grande diversité microbienne dans les sols cultivés en biodynamie comparé aux sols en agriculture conventionnelle ou en agriculture biologique dans une moindre mesure

3.2 INTERPRÉTATION & RÉFLEXION CRITIQUE

Tout d'abord, la littérature ne fournit pas d'explication précise sur l'obtention de ces résultats. Néanmoins, quelques hypothèses sont avancées. Nous observons une différence moindre lorsque l'on compare l'agriculture biodynamique que lorsqu'on la compare à l'agriculture conventionnelle. Nous pouvons donc supposer que les pratiques communes aux deux modèles (restriction sur les pesticides, apport d'engrais organiques) jouent un rôle non négligeable dans l'obtention de ces résultats.

Ensuite, bien que la biodynamie soit adhérent et acquise par certains agriculteurs/viticulteurs, ces derniers représentent une mince proportion de la profession. En effet, un article sur le site *Agri Genre*²⁰ explique : "En France, environ 0,4 % des viticulteur.trice.s/vigneron.ne.s sont certifié.e.s en biodynamie (Demeter, Biodivin), environ 0,03 % des agriculteur.trice.s (maraîchage...) qui sont certifié.e.s en biodynamie, ceci pour environ 0,02 % de la surface agricole". Il est donc notable que la pratique de la biodynamie reste marginale. De fait, l'attention accordée à la biodynamie dans le corps scientifique reste elle aussi marginale et les données restent minces ou parcellaires.

Enfin, les fondements des pratiques biodynamiques reposant sur une conception mystique du monde, remettant en cause la plupart des acquis de la physique moderne, des résultats positifs sont donc à priori très improbables et requiers des preuves solides. Néanmoins la pratique de la biodynamie ne s'arrête pas à ses préparations et intègre, dans les cahier des charges des labels biodynamiques notamment, des éléments relevant de pratiques agricoles plus traditionnelles comme l'apport d'engrais organique ou la réduction voir l'absence de pesticides. Il est de fait très difficile de démêler les effets liés à de bonnes pratiques des effets liés à l'utilisation des préparations biodynamiques et quand bien même leur utilisation présenterait des effets positifs, cela ne suffirait pas à valider les concepts donnés par Rudolf Steiner lors de son cours aux agriculteurs.

²⁰ <https://agrigenre.hypotheses.org/2476>

3.2 EXTRAPOLATION ET SÉMANTIQUE

Les résultats précédemment cités sont parfois utilisés afin de légitimer la pratique de la biodynamie, dépassant selon nous largement le cadre des précédentes études. Tout d'abord, comme nous l'avons déjà dit, l'obtention de résultats n'éclaire en rien sur la validité des thèses de la biodynamie (et plus largement de l'anthroposophie). De plus, l'association de ces résultats à un jugement de valeur positif semble être exagérée. En effet, comme nous l'a fait remarquer le professeur Marc André Selosse, la plupart des espèces microbiennes du sol restent inconnues et par conséquent leurs impacts également.

En ce qui concerne la vision positive de la diversité microbienne, elle repose essentiellement sur la comparaison avec la biodiversité végétale ou animale. Bien que la comparaison ne soit pas dénuée de sens, aucune étude à notre connaissance n'étaye le fait qu'une diversité microbienne plus conséquente entraînerait des effets bénéfiques. Certaines pistes sont tout de même explorées dans la thèse de Vincent TARDY sur le lien entre la diversité microbienne, la stabilité des communautés microbiennes et le turnover des matières organiques du sol²¹.

La notion de "qualité biologique du sol" est un élément redondant qui semble être mis en avant dans la plupart des études observées, elle mérite néanmoins d'être remise en contexte afin d'éviter les confusions. Dans le langage courant, la notion de qualité appliquée au sol peut varier en faisant référence à la capacité du sol à remplir des fonctions dans un contexte donné et dans un intérêt (humain) donné. Cette définition laisse place à diverses interprétations et peut aboutir à des définitions très personnelles. Dans le cadre de la biodynamie et des études sur lesquelles nous nous sommes penché, la notion étudiée concerne un contexte agronomique et fait l'objet dans la littérature d'une définition plus restrictive. Le laboratoire microbiologique de l'INRA²² divise la notion de qualité biologique du sol en quatre composantes :

La fertilité du sol définie ainsi "capacité d'un sol à répondre aux besoins de la plante, notamment à travers l'activité des nombreux micro-organismes participant aux cycles biogéochimiques ou aux symbioses racinaires".

L'état sanitaire : "faisant référence à la présence ou non d'organismes vivants indésirables, considérés comme des ennemis des cultures", évalué par la mesure du nombre d'organismes pathogènes dans le sol.

Les externalités : définies comme "l'impact environnemental du sol", allant de l'émission de différents gaz à la pollution de l'eau par les nitrates.

La résilience : soit la "sensibilité à des contraintes extérieures, principalement d'origine anthropique, et l'aptitude au retour à l'état initial".

²¹ Vincent TARDY : *le lien entre la diversité microbienne, la stabilité des communautés microbiennes et le turnover des matières organiques du sol* (<https://theses.hal.science/tel-01279426/>)

²² La qualité biologique des sols : Évaluation et implications

R. Chaussod Laboratoire de Microbiologie des Sols, INRA, 17 rue Sully - BV 1540 - 21034 Dijon

Cette division apporte un peu de précision à la notion de qualité biologique du sol. Néanmoins, certaines de ces composantes semblent également confuses. En particulier la notion de fertilité fait l'objet de débat au sein même de la littérature agronomique²³ et bien que le contexte et les paramètres sont généralement explicités, une définition variant d'une étude à l'autre est susceptible d'entretenir une forme de confusion chez le lecteur. L'état sanitaire fait l'objet d'une définition claire et précise mais les mesures évaluent le sol au regard des connaissances actuelles, particulièrement incomplètes en ce qui concerne les microorganismes du sol. Enfin comme nous l'avons vu, le rôle de la biodiversité vis à vis de la résilience du sol reste étudié à l'heure actuelle et ne fait pas l'objet de consensus.

Des efforts sont donc faits de la part des scientifiques pour préciser et encadrer la notion de "qualité biologique des sols", bien que certains points soient encore débattus. Au vu de l'utilisation répandue de cette notion dans la littérature scientifique, il paraît judicieux de faire preuve de précaution lorsque celle-ci sort du cadre du langage scientifique pour entrer dans le langage courant.

Enfin, nous nous sommes intéressés aux réseaux d'interactions microbiennes utilisés dans le projet d'étude EcoVitiSol. L'indicateur en lui-même semble être de bonne qualité puisqu'il a été utilisé dans une autre étude de l'équipe de Lionel Ranjard publiée dans *Science reports* en 2019²⁴. Nous avons voulu en savoir plus sur la qualification de liaison "positive" et de liaison "négative" au sein des réseaux. La question du jugement de valeur des différents liens entre communautés microbiennes malgré le fait qu'une grande partie des espèces restent inconnues, paraissant également floue pour M. Selosse, celui-ci a pris contact avec l'équipe de Lionel Ranjard afin d'obtenir de plus amples informations. Nous restons à l'heure actuelle dans l'attente d'une réponse.

²³ Patzel, N., Sticher, H. and Karlen, D.L. (2000), Soil Fertility — Phenomenon and Concept. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 163:129-142. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-2624\(200004\)163:2<129::AID-JPLN129>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-2624(200004)163:2<129::AID-JPLN129>3.0.CO;2-D)

²⁴ Karimi, B., Dequiedt, S., Terrat, S. *et al.* Biogeography of Soil Bacterial Networks along a Gradient of Cropping Intensity. *Sci Rep* 9, 3812 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40422-y>

4. CONCLUSION

Nous constatons au terme de ce dossier, une difficulté particulière à trouver des ressources scientifiques tranchant sur les potentiels bénéfiques de la biodynamie, et ce, pour plusieurs raisons. Tout d'abord la pratique reste marginale au sein du corps agricole et les données disponibles sont minces. Deuxièmement, la biodynamie regroupe de nombreuses pratiques allant des préparations biodynamiques à l'utilisation des cycles cosmiques, mais aussi des pratiques agricoles plus "traditionnelles" comme l'apport d'engrais organiques ou la non utilisation de pesticides. De fait, une étude précise de l'efficacité de la biodynamie ne peut se faire qu'après évaluation de chacune de ces pratiques indépendamment. La littérature scientifique sur le sujet ne dispose pas à l'heure actuelle de ressources de cet ordre. Néanmoins, la comparaison de la biodynamie avec d'autres pratiques culturales, semble montrer les tendances suivantes : les exploitations en biodynamie tendent à montrer une plus grande abondance et une plus grande diversité microbienne dans les sols, comparés aux sols en agriculture conventionnelle ainsi qu'aux sols en agriculture biologique dans une moindre mesure. La présentation de ces résultats comme positif par essence nous semble dépasser le cadre des études précédemment citées, la notion de "qualité du sol" variant grandement selon le contexte. Enfin, la question de la croyance dans la pratique agricole et son impact sur le soin apporté à la conduite des cultures, nous paraît légitime au vu des sujets abordés et mériterait de plus amples recherches.

5. BIBLIOGRAPHIE/SITOGRAPHIE

Article de presse :

- CNRS Le journal : *La révolution métagénomique*
- Le monde : *Qu'est-ce que la biodynamie ?*

Articles scientifiques & thèses:

- Christel, A., Maron, PA. & Ranjard, L. Impact of farming systems on soil ecological quality: a meta-analysis. *Environ Chem Lett* 19, 4603–4625 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01302-y>
- Zanardo, M.; Giannattasio, M.; Sablok, G.; Pindo, M.; Porta, N.L.; Lorenzetti, M.; Noro, C.; Stevanato, P.; Concheri, G.; Squartini, A. Metabarcoding Analysis of the Bacterial and Fungal Communities during the Maturation of Preparation 500, Used in Biodynamic Agriculture, Suggests a Rational Link between Horn and Manure. Preprints 2020, 2020080727 (doi: 10.20944/preprints202008.0727.v1).
- Soustre-Gacougnolle I, Lollier M, Schmitt C, Perrin M, Buvens E, Lallemand JF, Mermet M, Henaux M, Thibault-Carpentier C, Dembelé D, Steyer D, Clayeux C, Moneyron A, Masson JE. Responses to climatic and pathogen threats differ in biodynamic and conventional vines. *Sci Rep*. 2018 Nov 15;8(1):16857. doi: 10.1038/s41598-018-35305-7. PMID: 30442984; PMCID: PMC6237997.
- Mäder P, Fliessbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P, Niggli U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*. 2002 May 31;296(5573):1694-7. doi: 10.1126/science.1071148. PMID: 12040197.
- Karimi, B., Dequiedt, S., Terrat, S. *et al.* Biogeography of Soil Bacterial Networks along a Gradient of Cropping Intensity. *Sci Rep* 9, 3812 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40422-y>
- Vincent TARDY : *le lien entre la diversité microbienne, la stabilité des communautés microbiennes et le turnover des matières organiques du sol* (<https://theses.hal.science/tel-01279426/>)

Podcasts :

- Podcast Science : 419 - *Quand l'intelligence cache la plante, avec Marc-André Selosse 13/07/2020*
- REC Toulouse : *Biodynamie : de la corne au zodiaque, un occultisme agricole*
- La Tronche en biais : *Obscure biodynamie - Live 109*
- AFIS - Association Française pour l'Information Scientifique : *Cultiver avec la lune et la biodynamie : Superstition ou technique validée*
- Agrof'ile : *La microbiologie des sols en vigne : quelles pratiques pour un sol vivant ?*

Sitographie :

- LinkedIn Lionel Ranjard : *EcoVitiSol un projet de recherche /action sur la qualité biologique des sols viticoles*
- Blog de Cyril Gambari : *Et la science derrière la biodynamie ? (Cyril-dgnr.com)*

6. AUTO-ÉVALUATION

Critères d'évaluations	Commentaire	Note
Capacité à cerner votre question de recherche et les différentes hypothèses	Le cadrage du sujet a été complexe et nous ne sommes pas parvenus à trouver un angle d'approche totalement satisfaisant, notamment vis à vis de l'intérêt apporté	1,5/3
Méthode d'enquête, et capacité à trouver les informations contradictoires	Nous avons manqué d'organisation dans le déroulement de notre recherche, un cadrage du sujet plus en amont nous aurait permis d'aller plus en profondeur	2/3
Capacité à vous servir des travaux antérieurs	Nous nous sommes appuyés sur les travaux disponibles ainsi que sur le conseil de professionnel malgré le fait que nous n'ayons pas pu tout traiter par manque de temps	2,5/3
Votre conclusion	Notre conclusion souffre du manque de cadrage du sujet et reste assez vague (à l'image des concepts abordés)	1,5/3
L'orthographe, la qualité de la bibliographie, le non-plagiat	Le manque de temps nous a forcé à revoir à la baisse le nombre d'études traitées	2/3
Respect des consignes données ici	Il nous semble que les consignes sont respectées bien que le format ne soit pas strictement une enquête	2,5/3
Capacité à vous auto-critiquer	Il nous semble avoir une vision cohérente mais nous manquons un peu de recul	2/3
Total		14/21