ECOLE SUPERIEURE D'AGRICULTURES

55 rue Rabelais - B.P. 748

49007 ANGERS CEDEX 01

TEL: 02.41.23.55.55

BIODYNAMIE SERVICES
Les Crêts
71250 CHATEAU





Rapport de stage Recherche et Innovation

Influence de la période d'application de la silice de corne sur la vigne



Mission Recherche et Innovation 2019

Mots clefs: Vigne, Biodynamie, Silice

DUMAS Marceau Promotion 118

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE	
AUTEUR : Marceau DUMAS PROMOTION 118 Signalement du rapport : Influence de la période d'application de la silice de corne sur la vigne 29 pages, 18 figures, 55 références, 6 annexes Mots clef : Vigne, Biodynamie, Silice	
PLAN INDI- CATIF	Contextualisation Problématisation Méthodologie de travail Présentation des résultats Discussion
BUTS DE L'ETUDE	Déterminer l'influence de la période d'application de la silice de corne sur la vigne - Quel en est l'effet sur la photosynthèse - Dans quelles mesures la silice de corne limite t'-elle la propagation des maladies cryptogamiques ? - Quel est son effet sur la qualité de la vendange ?
METHODES & TECH- NIQUES	1 parcelle d'expérimentation, 5 modalités, 4 répétitions Mesures: - Croissance du rameau primaire - Nombre d'entre-nœuds - Poids des bois de taille - Indice chlorophyllien - Poids moyen de la grappe - Analyse des jus - Compacité de la grappe - Comptage cryptogamique - Comptage cryptogamique 1 Effet sur la vigueur de la vigne - Effet sur la photosynthèse - Effet sur la qualité et la quantité de la vendange - Effet sur les maladies cryptogamiques
RESUL- TATS	La répétition des passages de silice de corne a un effet : - Significatif sur la vigueur de la vigne par le poids des bois de taille - Très significatif sur la photosynthèse - Significatif sur la propagation du mildiou Sur l'ensemble des modalités, la silice de corne a un effet très hautement significatif sur le nombre de grappes. L'essai a apporté une réponse positive à la majorité des hypothèses, même
CONCLU- -SIONS	si tous les paramètres évalués ne montrent pas de résultats significatifs. Nous ne pouvons rien conclure sur la qualité de la vendange. L'essai va se poursuivre avec de nouvelles mesures sur la mise en réserve, qui est un lien entre l'ensemble des observations faites sur la vigne

10.

2- Etude Bibliographique

a) La biodynamie

La Biodynamie est basée sur un ensemble de principes, où l'autonomie de l'agriculteur est une priorité (Koepf et al., 2001). La ferme est pensée comme un « organisme agricole » où l'ensemble de ses besoins, fertilisants, semences, fourrages provient de cette même ferme (Sattler et Winstinghausen, 1992). La pratique de la biodynamie repose sur :

- de bonnes bases agronomiques,
- des pratiques originales pour régulariser le parasitisme via des tisanes, des décoctions, ainsi que des incinérations de ravageurs dont les cendres sont épandues sur les zones à protéger,
- une recherche de semences adaptées à une aire géographique et des pratiques en lien à une alimentation humaine et animale de qualité,
- un travail à l'échelle du paysage favorisant les interactions entre les plantes, les Hommes, les animaux domestiques et sauvages,
- une conception du domaine agricole comme un organisme vivant, individualisé, autonome et diversifié,
- -l'emploi de préparations 500/500P, 501 sur les sols et les cultures, les préparations 502 à 507 à introduire dans les composts via le Compost de Bouse de Maria Thun ou la 500 « Préparée », ie la préparation 500 à laquelle on incorpore les préparations 502 à 507. Les préparations sont un pourvoyeur d'information, elles agissent en très faible quantité en donnant une impulsion au milieu sur lequel elles sont utilisées (Masson, 2019). Le choix des plantes est basé sur leurs caractéristiques spécifiques (ex la camomille pour ses vertus apaisantes), les organes en fonction de leur rôle dans l'organisme et l'animal en fonction des qualités qu'il a développé (ex la vache pour la performance de son système digestif). Nous avons donc les préparations :
 - 500 : préparation de bouse de corne : est issue de la fermentation de bouse de vache, dans une corne de vache durant l'hiver. Son application vise à améliorer la structure du sol en stimulant la croissance racinaire et la vie du sol. La vache possédant le système digestif le plus perfectionné du règne animal, elle valorise au mieux son alimentation et la bouse donne un fumier équilibré.
 - 501 : Préparation de silice de corne : est issue de la mise en terre, dans une corne de vache durant la saison estivale, de quartz broyé finement. Elle s'adresse à la partie

aérienne des plantes en favorisant leur réceptivité à la lumière (cf partie sur la silice). Elle constitue, avec la préparation 500, la base des préparations à appliquer en biodynamie.

- 502 : Préparation d'achillée

- 503 : Préparation de camomille

- 504 : Préparation d'ortie

- 505 : Préparation d'écorce de chêne

- 506 : Préparation de pissenlit

- 507 : Préparation de valériane

508 : Décoction de prêle des champs : Rôle de maîtrise des maladies cryptogamiques.
 La prêle contient beaucoup de silice.

Les préparations 502 à 507 sont dites « préparations pour le compost ». Elles sont insérées dans le compost au montage du tas. Elles agissent sur les fermentations et la transformation du compost, mais aussi sur les sols en permettant une bonne mobilisation des éléments nutritifs (BDS, 2019). Fertiliser son sol par un apport de compost permet de favoriser une bonne santé des plantes via sa microflore spécifique (Fuchs, Biophyt.org). L'élaboration des six préparations pour le compost associe les règnes du minéral, du végétal, de l'animal et de l'Homme. Le minéral a une substance, à laquelle le végétal lui confère le vivant, l'animal les forces astrales ie de l'anima qui est l'âme, et l'Homme l'individualité. Chaque préparation est donc conçue pour rechercher des qualités propres à chaque Règne (Masson, 2018 ; Kolisko, 2017).

Il existe d'autres pratiques utilisables en biodynamie, qui sont couramment utilisées comme les macérations, les décoctions, les tisanes, les huiles essentielles, ainsi que l'apport d'argile et de basalte pour débloquer certaines situations, comme lorsque les plantes sont en difficulté végétative.

En biodynamie, on considère que lorsqu'un milieu est sain et équilibré, les plantes le sont aussi. L'emploi de ces préparations biodynamiques s'effectue après une dynamisation. Cela consiste à insérer quelques grammes de ces préparations dans de l'eau dite « de qualité », ie propre de pluie ou de puits, non calcaire, préalablement chauffée à 37°c, que l'on dynamise dans une succession continue de vortex et de chaos durant une heure pour les préparations 500/500P et 501. On transmet ainsi l'information contenue dans une préparation à l'eau, que l'on va ensuite pulvériser (Masson, 2018).

b) Comparatif des systèmes biodynamique, biologiques et conventionnels

D'après l'étude de la bibliographie, l'agriculture biodynamique a de nombreuses influences sur le milieu, de l'impact environnemental à la composition du vin, en passant par la biologie des sols et la composition des baies.

Comparer les systèmes de production conventionnels, biologiques et biodynamiques n'est pas chose facile en ce qui concerne leur impact sur l'environnement : tout dépend quelle catégorie d'impact est prise en considération. La biodynamie pratiquée dans la vigne permet de concentrer les impacts environnementaux sur la consommation et la production du carburant, et sur le matériel utilisé (Villanueva et al., 2014). Aucune substance chimique de synthèse n'est utilisée, et les sols biodynamiques contiennent 30% de biomasse en plus que celle d'un sol biologique et 60% de plus qu'un sol conventionnel (Mäder, 2018). Cela est d'autant plus vrai avec l'apport de compost biodynamique (Carpenter-Boggs et al., 2000), qui contient plus de matière sèche et d'azote qu'un compost biologique et une capacité d'absorption de l'eau et des nutriments supérieure (Goldstein et al., 2019). Une bouteille de vin produit en biodynamie réduit d'au moins 126 à 209% les émissions de CO₂ eq.C. par rapport à une conventionnelle (Villanueva et al., 2014). A l'échelle des émissions sur la parcelle, Mäder (2018) chiffre 700 kg eq CO₂ émis par an par hectare en biodynamie, 950 en agriculture biologique, et 1550 en conventionnel. Ainsi, la biodynamie est le mode de culture ayant la plus faible diversité de polluants émis, d'émission de carbone, et la plus abondante biomasse dans le sol.

Les micro-organismes du sol sont garants de sa santé, tout en dépendant de sa teneur en matière organique et de sa flore, en variété comme en diversité (Burns et al., 2016). Un sol biodynamique contient plus de trois fois la teneur en carbone d'un sol conventionnel (Villanueva et al., 2014). Ceci est dû à une quantité de micro-organismes plus importante, à la stimulation des cycles de nutriments par les préparations, ce qui induit une plus grande respiration, une meilleure structure des sols, et une meilleure capacité de rétention de l'eau (Carpenter-Boggs et al., 2000). La composition de la communauté microbienne, qui dépend de quantité de matière organique du sol, lui assure sa structure, ses fonctions, et sa résilience (Burns et al., 2016). Les sols biodynamiques ont une activité enzymatique supérieure aux sols biologiques, et confèrent une meilleure résistance des plantes aux stress biotiques et abiotiques (Parpinello et al., 2019), en stimulant notamment l'activité de la chitinase et du β-1,3-glucanase et en renforçant la conductivité des stomates donc le métabolisme anaérobique de la plante (Picone et al., 2016). On remarque par ailleurs sur la vigne une baisse d'infection par le phylloxera, et une réduction de 70% des nécroses induites par les champignons (Reeve et al., 2005). Ces sols ont un pH, une quantité de carbone et d'azote plus élevés ce qui favorise la présence des champignons (Carpenter-Boggs et al., 2000), tout en diminuant la sensibilité de ces champignons aux variations de pH (Mackie et al.,2014). On retrouve une faune plus diversifiée de champignons dans le sol, sur l'écorce et sur les baies, plus 10,2 à 35,8% d'espèces en plus et par habitat (Morisson et al., 2017). Les pratiques biodynamiques influencent majoritairement la structuration des horizons profonds, ce qui favorise la disponibilité des micros et macros nutriments pour la plante, ce qui permet de couvrir l'ensemble de ses besoins et d'augmenter l'activité biologique de profondeur (Reeve et al., 2005), et sur une plus longue période, notamment en situation de sécheresse (Mäder, 2018). De plus, l'activité de ces sols permet de réduire les effets des métaux lourds comme le cuivre, et de favoriser son extraction par les plantes (Mackie et al., 2014). Un lien a été établi entre la diversité biologique du sol et la diversité de la flore de la baie de raisin. (Morisson et al.,2017).

La BD influence la composition de la baie de raisin, les grappes biologiques ou biodynamiques se distinguent à la RMN¹ (Picone et al., 2016). Au niveau de la plante, la croissance racinaire (racines primaires et secondaires) est supérieure de 12 à 39% après application des préparations, notamment de la silice (501) qui a des effets proches des cytokines et des gibbérellines (Goldstein et al., 2019). Cela est à modérer en fonction de l'emploi des préparations : les préparations 500, 501, 508 semblent aller en ce sens, en augmentant la biomasse de la plante et

¹ RMN : Résonance Magnétique Nucléaire

les rendements, mais les préparations 502 à 507 n'ont pas d'effet sur cela (Carpenter-Boggs et al., 2000). Ce n'est cependant pas ce que montrent Goldstein et al. (2019), en montrant que la 504 (préparation à base d'ortie) renforce la croissance racinaire, augmente la matière sèche et la santé racinaire de la plante. Ceci se retrouve sur la partie aérienne de la plante. Le poids des bois de taille est supérieur à celui des vignes biologiques (Reeve at al., 2005). La plante biodynamique a une productivité plus importante que les autres systèmes de culture de par une résistance au stress et une activité métabolique plus importante. Au niveau des baies, nous retrouvons plus de sucres, de phénols et d'anthocyanes en biodynamie (Reeve et al., 2005). (Parpinello et al., 2015). Tassoni et al. (2013) ne retrouvent pas ces différences, sauf pour la quantité de catéchine et de stilbènes. La pratique de la biodynamie modifie le métabolome de la baie de raisin. Les raisins issus de l'agriculture biodynamique ont moins de sucres, d'acides coumariques et caféiques, plus d'acide γ-aminobutyrique (GABA) (Parpinello et al., 2019), et plus d'acides aminés et d'acides organiques comme le malate et le lactate. L'activité de la glycolyse dans la baie est plus élevée ce qui explique leur faible quantité de sucres (Picone et al., 2006). Cependant, la biodynamie augmente l'activité métabolique de la plante en général, ce qui se traduit par une plus forte production de molécules carbonées, comme le chiffrent Goldstein et al. (2019) avec plus de 23-25% de carbone dans la plante et ses fruits par rapport à une plante issue de l'agriculture biologique; la fertilisation réduisant la quantité de carbohydrates non structurels (Noronha et al., 2018).

Au niveau des vins, les pratiques d'agriculture biologique (AB) confèrent aux vins de la complexité aromatique, ainsi que des concentrations en poly-trans resvératrol et en antioxydants plus importantes (Parpinello et al., 2015). Ils ont plus de substances bioactives comme les amines biogéniques et les polyphénols que les vins conventionnels (Tassoni et al., 2013). Les vins biodynamiques ont plus d'acide trans-caféique, moins de glutamine et de trans-resvératrol (Laghi et al., 2014). Parpinello et al. (2015) remarquent que les vins BD ont moins d'alcool, plus d'anthocyanes et de catéchine, de polyphénols, d'acide lactique, puis, sur du plus long terme plus de tannins, de co-pigmentation et de pigments polymériques que les vins biologiques. Ils remarquent également que les proportions en composés aromatiques en bio et en BD sont différentes, ce qui confère des nez différents aux vins. La fertilisation (N,P,K) peut jouer un rôle en cela, car elle sélectionne plus de levures killeuses, ce qui réduit la diversité des levures présentes sur la baie pour la fermentation (Weber, 2006). Enfin, les vins BD ont plus de diéthyl-succinate ce qui donne à la boisson un caractère plus fruité, et une acidité plus faible (Parpinello et al., 2019).

c) La silice

La silice (SiO₂) est du dioxyde de silicium, c'est le composant principal de la croute terrestre. On en retrouve dans l'ensemble du monde vivant, notamment dans les tissus de soutien. Rudolf Steiner indiqua qu'elle catalysait la lumière dans la terre et pour les plantes (Kolisko, 2017). La silice de corne 501 permet de réguler les excès de la structuration des sols, elle harmonise les influences qui construisent les plantes, en leur apportant les forces formatrices de la lumière. (Podolinsky, 2015). Elle est utilisée traditionnellement en Asie comme fertilisant (Bouzoubaâ et al., 2009).

La silice est présente dans le monde végétal et animal, et peut constituer 1 à 10% de la matière sèche des plantes cultivées. Elle est le seul micronutriment présent à des quantités de macronutriment dans les tissus des végétaux (Epstein, 1994), notamment dans les monocotylédones (Guntzer et al., 2011). On la trouve dans le sol à l'état cristallin (SiO₂)(H₂O)_n ou dans la solution du sol sous forme d'acide mono silicique (SiO₄H₄), qui est absorbé par la plante (Bouzoubaâ et al., 2009). L'acide silicique peut être solidifié par la plante (Guntzer et al., 2011). La silice est extraite de la roche mère et des minéraux, ou encore de matériaux polymérisés par les bactéries (*Pseudomonas*) et les champignons par la déposition d'acides cetogluconiques et organiques, notamment le citrique (Lauwers et Heinen, 1974).

En s'associant avec les carbohydrates, certaines protéines, des lipides (Fauteux et al., 2005), des composés phénoliques comme les flavonols (Fawe et al., 1998), des minéraux (Bouzoubaâ et al., 2009) ou certains métaux, la silice à de nombreux effets sur les plantes (Guntzer et al., 2011). La silice favorise la reproduction des plantes et la résistance aux pathogènes par l'accumulation de dérivés phénoliques, comme la phytoalexine qui est fungitoxique et contient la propagation du mildiou. Cela se fait au niveau intracellulaire (Fawe et al., 1998), mais aussi par une résistance mécanique, la silice s'accumulant dans les parois cellulaires car son dépôt coûte à la plante 3,7% des dépenses énergétiques de son équivalent lignine (Epstein, 1994), De plus, elle favorise les liaisons lignine – glucides ce qui renforce cette résistance mécanique. Elle se dépose dans les cellules des vaisseaux conducteurs, dans les radicelles et dans les pétioles préférentiellement, ce qui favorise la photosynthèse (Guntzer et al., 2011). Cette résistance opérant pour l'ensemble des attaques contre la plante, sur sa partie aérienne aussi bien que racinaire (Epstein, 1994). Elle agit ainsi contre le mildiou, la septoriose, la fusariose, la pourriture racinaire, et réduit l'appétence des lapins, criquets et pucerons (Guntzer et al., 2011). Lors d'une attaque, la silice s'accumule dans la zone lésée grâce à l'évapotranspiration induite, ce qui couplé avec l'activation des défenses des cellules locales, elle mêmes amplifiées et

rendues plus réactives par la silice, ce qui réduit la propagation des infections (Fauteux et al., 2005). Cette résistance mécanique ne défavorise cependant pas les symbioses avec des champignons, dont le procédé de pénétration des cellules est chimique (Epstein, 1994).

Il n'existe pas de corrélation entre la quantité de silice dans le sol et celle de la plante. Cependant son apport permet de rendre le phosphore et le potassium du sol plus disponible pour la plante, régule l'absorption de manganèse, du potassium ce qui réduit les risques de chlorose, et augmente l'activité de la H-ATPase ce qui permet un prélèvement de potassium, de cuivre et d'azote plus efficient, et donc de maintenir les rendements avec une fertilisation plus faible (Guntzer et al., 2011). La silice favorise l'homogénéité de la distribution des nutriments au sein de la plante, notamment le manganèse, ce qui permet de réduire les nécroses (Epstein, 1994). Ou encore de favoriser l'accumulation de sodium dans les racines plutôt que dans les feuilles ce qui augmente la tolérance des plantes aux sols salés (Guntzer et al., 2011). Elle favorise également la croissance racinaire, l'épaisseur des racines, et leur activité (Bouzoubaâ et al., 2009), ce qui augmente leur capacité d'oxydation des métaux, et de réduire leur prélèvement par la diminution de la perméabilité membranaire des cellules, et donc permet à la plante de mieux supporter des sols aux concentrations d'aluminium, de cuivre, de cadmium, de zinc et de manganèse élevées. Enfin, la silice a la capacité de se combiner dans la cellule à ces métaux, et de les fixer par précipitation au sein des parois cellulaires, ce qui diminue leur concentration intracytoplasmique (Guntzer et al., 2011).

La silice, en se déposant dans les parois cellulaires, le lumen, l'espace intercellulaire et dans la couche sub-cuticulaire (Fauteux et al., 2005), augmente le poids de la plante et la tonicité des feuilles (Epstein, 1994). Elle induit ainsi une meilleure exposition à la lumière, couplée à une meilleure tolérance des rayons ultra-violets et gamma (Guntzer et al., 2011), et permet de réduite l'évapotranspiration jusqu'à 30%, ce qui permet, par le maintien de la turgescence d'assurer une activité photosynthétique plus continue (Bouzoubaâ et al., 2009). De plus, elle favorise en condition de stress hydrique l'activité antioxydante de certains lipides plutôt que de modifier la pression osmotique ce qui permet également de prolonger la photosynthèse (Guntzer et al., 2011), et retarde la sénescence des feuilles. Elle augmente jusqu'à 50% la concentration en chlorophylle et de 50% l'activité de la ribulose-1,5-biphosphate carboxylase soit la production de carbohydrates (Epstein, 1994). En effet, la pulvérisation de silice, dont l'effet est très significatif quel que soit la dose appliquée, permet d'améliorer les rendements, de 12.52% sur les melons, de 24.03% sur les haricots ; et la qualité des produits sur leur teneur en sucres, en éléments minéraux, et en composés d'intérêt (Bouzoubaâ et al, 2009).