

L'agriculture biodynamique, une synthèse scientifique

Uwe Geier, Jürgen Fritz, Ramona Greiner, Michael Olbrich-Majer

Article traduit par Rudolf Tille pour le [MABD](#) et [les Amis de la biodynamie](#), juin 2018.

Ce texte est extrait de l'ouvrage collectif : Geier U, Fritz J, Greiner R, Olgrich-Mejer M. (2016) : Biologisch-dynamische Landwirtschaft. In: Freyer B. (Hg.): Ökologischer Landbau: Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen. UTB ; 101-123.



1. Bases et approche systémique

Parmi les méthodes d'agriculture biologique, la méthode biodynamique, également connue sous le nom de biodynamie, est celle qui va le plus loin dans une approche holistique, tant dans ses idées de base que dans la pratique. Historiquement, elle est à l'origine du développement de l'agriculture biologique¹. Le point de départ de la biodynamie a été une série de conférences données par Rudolf Steiner² en 1924, qui ont ensuite été publiées sous le titre *Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft* – fondements spirituels pour la prospérité de l'agriculture (Steiner, 1925), connu comme *Le cours aux agriculteurs*. Durant ce cours agricole déjà, un "Cercle expérimental agricole de la Société Anthroposophique" a été fondé. Inspiré par ce cours, les principes de la biodynamie se sont développés, basés sur la compréhension de la ferme en tant qu'organisme et individualité agricole. L'être humain y sert de modèle. Selon Steiner, "*l'être humain est la base*" : l'organisme est compris en tant qu'entité vivante plus ou moins close sur elle-même avec les organes correspondants. Une individualité en évolution, un être singulier et unique.

Par conséquent, les interrelations entre les organes tels que les cultures, les vergers, la nature sauvage, les animaux d'élevage ou entre le sol, les plantes, l'élevage, etc., sur un même domaine sont intensifiées par des pratiques biodynamiques. Par exemple à travers le cycle continu entre le sol, les prairies et le fumier animal. Ce renforcement des organes doit stimuler les forces d'autorégulation de l'agriculture. Le but de ce système agricole est d'assurer une fertilité durable, une bonne capacité de rendement, une agriculture saine ainsi qu'une haute qualité nutritive des produits. Aujourd'hui, ces considérations correspondent à des termes tels que résilience³, qui jouent un rôle important dans le débat actuel sur la durabilité (Darnhofer & Milestad, 2003, Hubenthal, 2012). Dans sa compréhension de la nature, la biodynamie est basée sur une hiérarchie des règnes (niveaux d'action) (Steiner, 1925 ; Wegmann, 1925) : la matière est façonnée par un élément vivant supérieur. Le vivant est ordonné par l'âme chez les animaux et les humains. Chez l'homme, l'âme est structurée par le Moi ou l'identité spirituelle. Dans les plantes, par exemple, cette identité propre est représentée par l'espèce. Les sciences naturelles, qui travaillent aujourd'hui presque exclusivement de manière réductionniste, sont ainsi élargies par de nouvelles dimensions, ce qui est particulièrement important pour la biologie ou l'agriculture. Ces dimensions peuvent être attribuées aux qualités naturelles comme suit, dans l'ordre additif: le minéral est avant tout physico-chimique, la plante ajoute la vie, l'animal l'âme et l'être humain le Moi.

¹ L'agriculture biodynamique s'est développée à partir du "cercle expérimental" (Koepp & von Plato, 2001) fondé pendant le cours de Steiner, qui voulait tester les recommandations de Steiner dans la pratique et les rendre fructueuses pour l'agriculture. Cette recherche active sur le terrain correspond à ce que l'on appelle aujourd'hui l'approche "participative" ou "on-farm research". Des études pratiques pour comparer biodynamie et conventionnel ont également été menées déjà dans les années 1930 (ebda 160), ainsi que des recherches conjointes avec des institutions agricoles (ebda 147).

² Au début du siècle dernier, Rudolf Steiner (1861-1925) a fondé le courant de pensée "Anthroposophie" comprenant un chemin d'éducation spirituelle et a inspiré un certain nombre de domaines de la vie tels que l'art, la société ou l'agriculture, en partant de la liberté de l'homme et du développement de son âme et de son esprit.

³ La résilience décrit la capacité d'un système à faire face au changement. Elle peut, sur le plan agricole, être soutenue par la diversité, une vision globale et des cycles fermés. Ces trois niveaux naturels conduisent également à la stabilité. Le concept biodynamique étend encore la troisième étape pour y inclure l'aspect du partenariat avec la nature.

En biodynamie, une interpénétration intensive de ces niveaux est recherchée. Ces niveaux représentent également les règnes de la nature. Les niveaux supérieurs participent à la structuration des niveaux inférieurs : le sol (d'abord seulement minéral) est vivifié par les plantes (vivantes), qui elles-mêmes sont renforcées par un élevage approprié (élément d'âme), qui caractérise le lieu en corrélation avec l'alimentation animale et le fumier correspondant. L'application des préparations biodynamiques – un acte culturel de l'homme – devrait favoriser à la fois l'autorégulation des organes d'un domaine ainsi que l'interaction des processus au sein et entre le sol, les plantes et l'élevage.

En se référant au concept de résilience, l'agriculture biologique suit trois étapes successives d'autorégulation. A l'exemple de la régulation d'un nuisible tel que le puceron dans les pommiers, elles peuvent être décrites comme suit :

1. pulvérisations naturelles (pas de pesticides chimiques de synthèse),
2. environnement naturel, par exemple favoriser les auxiliaires par le recours à des haies (agroécologiques);
3. comprendre le développement naturel des pommiers et les soutenir par la taille et la fertilisation des arbres dans le but de soutenir l'intégrité de l'arbre (Bloksma, 2002, Verhoog *et al.*, 2003).

Verhoog (2009) conclut que l'agriculture biodynamique est celle qui se rapproche le plus de la compréhension de l'intégrité dans le traitement des plantes et des animaux.

Un autre sujet important dans l'agriculture est l'efficacité. Il ressort que le concept biodynamique d'organisme agricole en polyculture-élevage présente des avantages évidents en termes d'efficacité de l'azote, d'équilibre de l'humus, de consommation énergétique et de protection du climat (voir par exemple Hülsbergen & Rahmann, 2013).

L'agriculture biodynamique est aujourd'hui pratiquée sur tous les continents et dans de nombreuses cultures différentes ainsi dans le monde arabe, en Inde et en Chine, etc. Il existe plus de 5000 domaines certifiés Demeter de par le monde représentant plus de 160 000 ha de surface agricole et des projets individuels dans 43 pays avec une prédominance en Europe. Les associations biodynamiques et Demeter (regroupées dans l'association Demeter International) sont présentes dans plus de 20 pays différents.

Dans l'agriculture biodynamique, l'agriculteur a dès le début été considéré comme chercheur. Ceci apparaît clairement par le fait que très tôt le cercle d'expérimentation a été fondé par des agriculteurs. Aujourd'hui, le paysage de la recherche biodynamique comprend principalement des institutions de recherche privées et un certain nombre d'activités individuelles dans les universités.

De nombreux éléments caractérisent l'agriculture biodynamique. Ils sont en même temps les points centraux de la recherche biodynamique.

2. Fondements de l'agriculture biodynamique

La ferme, un organisme individualisé dans un espace naturel vivant

L'objectif de l'agriculture biodynamique est la configuration individuelle de chaque ferme, en tenant compte des qualités du paysage local, des animaux et des personnes vivant sur la ferme pour constituer un ensemble organique : un organisme ou une individualité agricole (cf. Sattler & Wistinghausen, 1989). Un domaine est considéré comme "sain" (Steiner, 1925) lorsqu'il s'approche de l'autonomie, avec un apport le plus faible possible de substances de l'extérieur (économie circulaire).

Au niveau des substances, cela se traduit idéalement par la nécessité d'une reconversion de l'ensemble du domaine et une forte proportion de fourrage produit sur la ferme (voir Demeter, 2014). L'individualité du domaine est considérée comme faisant partie de l'organisme paysage. Les éléments du paysage et les diverses populations animales comme les oiseaux, les vers de terre, les insectes ou le bétail sont considérés comme étant d'une grande importance pour l'équilibre entre les forces naturelles, étroitement liées à la production agricole (Steiner 1925).

Vivifier le sol

Le sol et la plante sont considérés comme une unité. Une densité excessive de parasites, de champignons ou de mauvaises herbes résultent de déséquilibres. L'objectif est donc de "vivifier" le sol en tant que médiateur clé de substances dans l'agriculture par des rotations de cultures diversifiées et l'apport de composts dynamisés par des préparations spécifiques (Steiner, 1925), au lieu de simplement fertiliser les plantes selon leurs besoins.

Toutes les mesures visant à augmenter la fertilité des sols sont donc d'une grande importance dans les fermes biodynamiques. Ce qui comprend également le mode d'élevage et l'alimentation des animaux, le traitement du fumier (y compris le compostage afin d'obtenir des formes d'humus plus stables) et des rotations de cultures diversifiées.

Les préparations biodynamiques

Un organisme reste sain si ses propres forces et les interactions fonctionnelles entre les organes sont intactes. Cependant, selon Steiner (1925), l'agriculture tend à surexploiter les forces vitales qui l'organisent. Pour compenser cette surexploitation, des préparations biodynamiques sont utilisées en complément du cycle fourrage-fumier, dont l'utilisation est prescrite par les Cahiers des charges Demeter (Demeter International, 2014). Ces préparations sont élaborées à partir de minéraux, de plantes et de composants animaux par les agriculteurs eux-mêmes et utilisées en petites quantités comparables aux compositions homéopathiques. Ils ont un effet équilibrant sur les conditions de croissance unilatérales et favorisent ainsi le "*développement naturel et l'intégrité des plantes*" (Lammerts van Bueren & Struik 2005). Six préparations végétales sont utilisées pour améliorer le compost et la décomposition du fumier (préparations du compost), une préparation pulvérisée favorise la fertilité du sol (préparation "bouse de corne") et une autre préparation pulvérisée est utilisée pour améliorer la maturité des plantes cultivées (préparation "silice de corne"). La prêle est également utilisée comme prophylaxie contre les attaques fongiques. Ce sont surtout les premières recherches sur l'agriculture biodynamique qui ont cherché à prouver l'effet des préparations (cf. Spieß, 1978 ; Elsaidi, 1982).

Sélection végétale

L'agriculture biodynamique a développé sa propre sélection végétale pour les céréales et les légumes. Les aspects centraux de la sélection végétale biodynamique sont entre autres la préservation de l'intégrité de la plante, la transparence du travail de sélection et la qualité nutritionnelle des aliments (Demeter, 2014) (voir chapitre Sélection végétale).

Développement de méthodes adaptées

La biodynamie veut décrire le sol, les plantes, les animaux ou les aliments d'une manière plus holistique que ne le permettent les méthodes analytiques basées sur des paramètres isolés. Cette compréhension élargie de la nature a conduit au développement de nouvelles méthodes, par exemple l'étude de la métamorphose des feuilles représentant l'évolution temporelle des plantes (Bockemühl, 2003) ou les méthodes morphogénétiques telles que la cristallisation sensible au chlorure de cuivre (Kahl, 2006).

Élevage des ruminants

Une caractéristique importante de l'agriculture biodynamique est l'élevage des ruminants. Via le cycle fourrage-fumier, les animaux d'élevage avec leur qualité d'âme sont un élément de liaison. Dans les Cahiers des charges, cela conduit à l'obligation pour les fermes Demeter de maintenir des unités gros bétail (UGB) pour la consommation du fourrage grossier (min. 0,2 UGB/ha) (Demeter, 2014). Parmi les animaux d'élevage, les bovins et en particulier les vaches occupent une place particulière dans l'agriculture biodynamique. Le fumier de bovins est considéré comme ayant une valeur élevée pour augmenter la fertilité du sol et plusieurs organes de la vache sont utilisés comme enveloppes pour l'élaboration de préparations biodynamiques (cf. Steiner, 1925). C'est pourquoi on trouve des vaches dans la plupart des fermes biodynamiques.

Des exigences élevées en matière de bien-être animal

Les normes élevées de Demeter en matière de bien-être animal peuvent être considérées comme l'expression de la haute estime dans laquelle les animaux d'élevage sont élevés. Citons par exemple l'interdiction de l'écornage du bétail, la limitation de la taille des troupeaux de poulets ou la possibilité d'essaimage dans l'apiculture. En outre, l'objectif est de promouvoir l'intégrité et le développement naturel des plantes et des animaux (Demeter, 2014).

Aliments pour le corps, l'âme et l'esprit

Selon les principes Demeter, les aliments ne doivent pas seulement nourrir mais aussi favoriser le développement mental et spirituel de l'homme (Demeter, 2015b). Cette idée va au-delà de l'idée d'une alimentation saine. La qualité des produits alimentaires est donc très importante pour la production biodynamique (voir chapitre Qualité alimentaire). Les cahiers des charges Demeter montrent cette importance par des critères stricts pour les transformateurs, par exemple l'interdiction de l'homogénéisation du lait de consommation (Demeter, 2014).

2. État des connaissances et controverses

Baars *et al.* (2009) et Leiber *et al.* (2006) fournissent un aperçu exemplaire de l'étendue de la recherche biodynamique. Cet article est basé sur la recherche des mots-clés "biodynamic/biologisch-dynamisch" et s'appuie sur les publications scientifiques expertisées (peer review) à partir de 2006. Y sont également compris des thèses et des contributions lors des congrès scientifiques sur l'agriculture biologique depuis 2007 ainsi que des publications dans des médias spécialisés pour praticiens ainsi que des publications issues de la base de donnée Organic ePrint.org.

Le sol

Un certain nombre de publications traitent de l'impact de l'agriculture biodynamique sur le sol (cf. Turinek *et al.* 2009). Les recherches portent généralement sur la teneur en humus et divers paramètres relatifs à l'état et à l'activité des micro-organismes du sol. L'accent est mis sur deux essais de longue durée : l'essai DOC du FiBL (Mäder *et al.*, 2002) et l'essai de fertilisation de longue durée (LZDV) du Forschungsring de Darmstadt (Raupp & Oltmanns, 2006). L'essai DOC mené par le FiBL à Therwil, en Suisse, compare les fertilisations biodynamiques - biologiques - conventionnelles depuis 1978 et le LZDV (essai de fertilisation de longue durée 1989 - 2009) étudie l'effet des préparations biodynamiques sur des variantes de fumier décomposé. Les deux essais de longue durée montrent une influence clairement positive de la méthode d'agriculture biodynamique sur le carbone organique (C_{org}) par rapport à la variante biologique (Mäder *et al.*, 2002 ; Raupp & Oltmanns, 2006).

D'autres recherches ultérieures tendent à se concentrer sur certains aspects spécifiques du développement du sol : Burkitt *et al.* (2007), à l'exception de teneurs en phosphore plus faibles, n'ont trouvé aucune différence dans une étude australienne sur les propriétés du sol et les teneurs en phosphore dans dix couples comparables biodynamiques et conventionnels.

De même, Carpenter-Boggs (2000) n'ont pas été en mesure de reproduire les différences de façon fiable dans une comparaison sur deux ans entre une fertilisation biodynamique et biologique. Cependant, l'étude montre qu'après l'application de toutes les mesures biodynamiques y compris les préparations pulvérisées, la respiration du sol et la minéralisation du carbone mesurée après 10 jours augmentaient et que le profil des acides gras dans le sol avait changé en partie (*ibid.*).

Zaller & Köpke (2004) ont trouvé dans un essai sur neuf ans comparant le compost avec et sans préparations biodynamiques ou uniquement avec la préparation d'achillée millefeuille que seulement 100 jours après la fertilisation, un taux de décomposition accéléré des bandes de coton dans les variantes préparées avait eu lieu.

Ils ont également montré une respiration basale moindre dans la couche supérieure du sol et une respiration plus élevée dans le sous-sol ainsi qu'une biomasse de vers de terre plus élevée. De même, on a constaté une tendance vers une plus grande stabilité d'humus dans la culture biodynamique, ce qui est indiqué par une respiration basale plus basse et respectivement un plus faible quotient métabolique (*ibid.*, ou Birkhofer *et al.*, 2008).

La plus faible transformation du carbone fongique en carbone bactérien (Joergensen *et al.*, 2010 mais aussi Sradnick *et al.*, 2013) et les proportions plus élevées de C dans le réservoir de carbone intermédiaire ou passif dans les variantes biodynamiques pointent dans la même direction (Heitkamp *et al.*, 2011).

Ce constat de stabilité coïncide avec les résultats de Berner *et al.* (2012), qui ont trouvé certaines années une augmentation du rapport C/N microbien dans la variante avec préparations d'un essai de longue durée sur la réduction du travail du sol, ce qui suggère une proportion plus élevée de champignons ou de cellules plus âgées dans la biomasse du sol.

Cela peut s'expliquer par les effets de la méthode biodynamique sur le milieu pédologique : dans l'essai DOC, les valeurs de pH les plus élevées de toutes les variantes et les proportions les plus élevées de C et N liées microbiologiquement ont été trouvées en biodynamie (Fließbach *et al.*, 2007). Les amibes du sol permettent une différenciation claire des trois méthodes de culture dans l'expérience DOC, dont il a été prouvé qu'elles sont cinq fois plus élevées dans la variante biodynamique (Heger *et al.*, 2012). De même, les variantes fertilisées avec du fumier biodynamique préparé présentent toujours des teneurs en protéines ou en acides aminés hydrolysables plus élevées dans le sol que celles avec du fumier non préparé (Scheller & Raupp, 2005).

Ceci indique une modification des processus de la décomposition du fumier, donc du sol par l'agriculture biodynamique. En fin de compte, la recherche sur la compréhension des processus du sol dans son ensemble ne fait que commencer, ce qui affecte également la compréhension et le choix des paramètres pour mesurer les effets de la biodynamie.

Par exemple, la référence aux processus de régulation de la vie du sol par les auxines, qui pourraient avoir un lien avec la composition matérielle et microbienne de la préparation biodynamique bouse de corne (Giannatasio *et al.*, 2013), ou encore, la description d'espèces bactériennes et fongiques dans les préparations biodynamiques qui pourraient augmenter la disponibilité du phosphore (Radha & Rao, 2014) (voir aussi le chapitre fertilité des sols).

Production végétale et nutrition des plantes

Selon Steiner (1925), la fertilisation est plus qu'une simple restitution de nutriments, elle sert à activer l'interaction entre le sol et la plante, qu'il considère comme un tout. Scheller (2013) décrit et justifie dans un ouvrage de synthèse les possibilités qu'ont les plantes de mobiliser activement les éléments nutritifs du sol en se basant sur ses propres recherches.

En raison du scepticisme largement répandu parmi les experts en biodynamie concernant l'utilisation de substrats de fermentation de biogaz dans la fertilisation (voir chapitre Bioénergie), une expérience a été réalisée durant quatre ans sur une ferme avec du lisier liquide. En plus des paramètres du sol, la qualité des aliments a également été étudiée. Aucune différence significative n'a été constatée. Les auteurs ont vu une cause possible de ces faibles différences dans la durée relativement courte de l'expérience (Elers & Schmidt, 2011).

La capacité germinative du Rumex (*Rumex obtusifolius*) était significativement plus faible après un mois dans un compost de fumier traité avec les préparations de compost biodynamique. Son taux de germination était de 18 % par rapport à la variante de contrôle sans préparations qui présentait un taux de germination de 28 % (Zaller, 2007).

Conformément à la suggestion de Steiner (1925) selon laquelle la Lune a une influence sur la croissance des plantes, des expériences de culture avec des radis (*Raphanus sativus var. Sativus*) ont été réalisées en pleine Lune et en nouvelle Lune (Fritz, 2013). Pendant les semis en pleine Lune, l'éclairage nocturne a permis d'obtenir des rendements significativement supérieurs à ceux des plantes qui n'avaient pas d'éclairage nocturne. Lors de la nouvelle Lune, il n'y avait aucune différence de rendement entre les plantes qui avaient été recouvertes de verre transparent ou opaque pendant la nuit. Les études de foliation chez les Araliacées de l'espèce *Fatschedera lizei* ont montré en partie une formation des feuilles significativement plus importante en corrélation croisée à la pleine Lune qu'à la nouvelle Lune (Fritz, 2013 ; Fritz & Sikora, 2007). Les expériences de culture des plantes en tenant compte des rythmes lunaires sont décrites en détail dans la thèse de doctorat de Spieß (1994). Entre autres, une augmentation significative du rendement des carottes a été observée en trois ans en semant deux jours avant la pleine Lune. Zürcher *et al.* (2014, 1998) ont observé qu'une faible pulsation quotidienne a lieu dans des petits troncs d'arbres, en corrélation avec le rythme synodique de la Lune et les marées gravimétriques. Lors de l'abattage du bois, on a observé des changements systématiques dans la perte d'eau, le retrait et la densité relative avant et immédiatement après la pleine Lune (Zürcher *et al.*, 2010). Ces premiers résultats d'essais avec des mesures précises montrent que la Lune peut avoir une influence sur les propriétés du bois. La question de savoir si cela revêt une importance pratique devra faire l'objet de plus amples recherches.

Les préparations biodynamiques

L'application de la bouse de corne et de la silice de corne a augmenté le rendement en graines de cumin (*Cuminum cyminum L.*) de plus de 12 % dans deux variantes de fumure (Sharma *et al.* 2012). Chez Bacchus *et al.* (2010), les différences de rendement dans trois variantes de fertilisation n'étaient pas significatives lors de l'application des préparations du compost et des préparations pulvérisées sur laitue (*Lactuca sativa L.*). Le rendement de deux variétés de soja au Vietnam a été significativement augmenté de plus de 30% par rapport à la variante témoin sans traitement de préparations (Tung & Fernandes 2007). Les deux variantes n'ont pas été fumées (ibid.). De même pour les variétés non fumées, l'utilisation des préparations biodynamiques dans deux variétés de riz a conduit à une augmentation significative des rendements de 10 % et 15 % respectivement (Valez & Fernandes 2008). Aussi la longueur des racines, le poids des racines, le poids des pousses et le phosphore disponible après récolte (+20%) ont augmenté de manière significative avec l'utilisation des préparations par rapport au témoin non traité (ibid.). Dans le cas du piment, l'application des préparations biodynamiques n'a pas eu d'influence significative sur le développement des plantes (Jayasree & George, 2006).

Par rapport à une fertilisation purement minérale, la teneur en acide ascorbique de la roquette (*Eruca sativa*) a été augmentée de façon significative par des applications de silice de corne, une forte intensité d'irradiation lumineuse et une fertilisation organique (Athmann *et al.* 2011). L'application de silice de corne a conduit à une augmentation significative du rendement de 27 % pour le haricot *Vigna mungo (L)* Hepper en culture biologique sans fertilisation par rapport à la variante sans traitement de silice de corne (Trivedi *et al.*, 2013). En même temps le pourcentage de surface foliaire attaquée était significativement plus faible avec traitement à la silice de corne qu'avec la variante témoin sans traitement à la silice de corne (32 % d'infestation de la surface foliaire avec la silice de corne contre 52 % d'infestation de la surface foliaire sans silice de corne). Cela correspond aux résultats plus anciens de la thèse de Schneider-Müller (1991) sur les inducteurs de résistance. Le taux de mildiou sur les feuilles de concombre avec traitement à la silice de corne était de 11 %, comparativement à 50 % dans la variante témoin sans traitement à la silice de corne. C'est l'enzyme chitinase qui a été rendue coresponsable de la résistance induite. L'activité de la chitinase après l'application de la silice de corne était plus de deux fois plus élevée que dans la variante témoin. Dans les composts, l'utilisation des préparations biodynamiques du compost a conduit à une activité de déshydrogénase significativement plus élevée (Reeve *et al.* 2010). Dans une recherche bibliographique, Scheper *et al.* (2009) ont établi des liens entre les composants de la préparation bouse de corne issus de processus de fermentation et l'effet de l'application de la préparation. Dans les études de Giannattasio *et al.* (2013) et Spaccini *et al.* (2012), les préparations bouse de corne contenaient une proportion élevée de substances bioactives et de substances stimulant la croissance. Les cultures bactériennes identifiées dans la préparation bouse de corne sont des producteurs d'auxine qui exercent un effet de croissance significatif sur le maïs (Radha & Rao, 2014).

Dans un article de synthèse basé sur des publications en anglais, Chalker-Scott (2013) conclut qu'en raison d'un manque de littérature scientifique et parce que, de leur point de vue, aucun effet significatif clair des préparations biodynamiques n'a été déterminé (les effets significatifs qui se sont produits ont été interprétés comme aléatoires), aucun effet démontrable des préparations biodynamiques n'est disponible. Il est incompréhensible que Chalker-Scott (2013) ait comparé la variante "avec fertilisation organique" avec la variante "sans fertilisation organique et avec des préparations biodynamiques" issue des travaux

de Tung & Fernandes (2007) et Valez & Fernandes (2008) pour tester l'effet des préparations biodynamiques. Dans la comparaison, Chalker-Scott (2013) conclut que les préparations biodynamiques ont un effet négatif sur le rendement du soja et du riz. Dans les travaux de Tung & Fernandes (2007) et Valez & Fernandes (2008) se trouvent également deux variantes dans lesquelles seule l'application des préparations biodynamiques a varié. En comparant les deux variantes sans fertilisation organique, l'application des préparations biodynamiques a conduit à une augmentation significative du rendement de plus de 30% pour deux variétés de soja (Tung & Fernandes 2007) et une augmentation significative du rendement de 10 et 15% pour deux variétés de riz (Valez & Fernandes 2008) (voir ci-dessus). Dans la présente recherche bibliographique sur les préparations biodynamiques au cours de la période 2006-2015, tous les articles trouvés ont été présentés. Toutes les études n'ont pas montré des réactions significatives des plantes et du sol après l'application des préparations. Pourquoi seule une partie des études a montré des réactions significatives des plantes après l'application de préparations biodynamiques, cela doit être étudié dans le cadre d'études ultérieures. La mise au point de tests simples avec des réactions relativement promptes des plantes à l'application de préparations biodynamiques peut fournir des informations importantes à cet égard. En outre, une méta-étude sur les expériences avec des préparations biodynamiques devrait être réalisée. Il faudrait y tenir compte du fait que les préparations biodynamiques ont montré un effet équilibrant sur les conditions de croissance unilatérales lors de nombreuses expériences (voir ci-dessus et Fritz 2009).

Oenologie et viticulture

Le domaine de la recherche en oenologie et en viticulture biodynamique a gagné en importance ces dernières années. Une expérience de fertilisation de longue durée à l'Université de Geisenheim a comparé culture intégrée, biologique et biodynamique. Dans la culture biodynamique, la longueur des sarments, le poids du bois de taille, les feuilles intérieures, la compacité de la grappe, le poids d'un seul raisin, les attaques de botrytis et d'acide acétique étaient significativement plus faibles que dans la culture conventionnelle. Le nombre de vers de terre et la proportion de raisins exposés au soleil étaient significativement plus élevés en culture biodynamique qu'en culture conventionnelle. La culture biologique se situe dans tous les paramètres entre les deux variantes. Le rendement était inférieur de 21 % en agriculture biodynamique et de 18 % en agriculture biologique par rapport à l'agriculture conventionnelle (Döring *et al.* 2013 ; Meissner *et al.* 2013 ; Döring *et al.* 2015, Meissner 2015, Meissner 2015). En viticulture, pour la production de vins de haute qualité, on cherchera en effet à minimiser ces paramètres : longueur de sarments, poids de bois de taille, compacité des grappes, poids d'un seul raisin, avec au final des rendements plus modérés. La qualité du jus de raisin de l'expérience de Geisenheim a été étudiée avec les méthodes morphogénétiques. Les indications de vieillissement ou de dégénérescence des structures sur les images formées étaient plus prononcées dans les échantillons provenant de la culture conventionnelle, un peu moins en culture biologique et encore moins en culture biodynamique. Selon ce critère, 31 des 33 échantillons de jus codés provenant de quatre années de culture ont pu être correctement affectés aux méthodes de culture. Ceci a également été obtenu avec 9 échantillons de vin codés provenant d'une même année de culture. L'affectation des échantillons aux méthodes de culture était significative pour les jus de raisin et les vins dans toutes les années de culture (Meissner, 2015, Fritz *et al.* 2013, Fritz *et al.* 2015). En utilisant la méthode d'évaporation par gouttelettes (droplet evaporation method), le vin biodynamique et biologique a pu être différencié par Kokornaczyk *et al.* (2014) selon des critères structurels. Chez Bigler *et al.* (2009), il n'a pas été possible de différencier le vin biologique et biodynamique par analyse sensorielle et analyse de la composition chimique. Seule une étude menée avec "Gaz-discharge-visualisation" a conduit à une différenciation significative des méthodes de culture.

Tassoni *et al.* (2013) et Plahuta & Raspor (2007) n'ont pas réussi à différencier les vins des méthodes issus de culture biologique et conventionnelle par l'analyse de la composition chimique. En revanche, Yañez *et al.* (2012) ont pu faire la différence entre les vins biologiques et conventionnels grâce à l'analyse des ingrédients. Granato *et al.* (2015) ont également pu démontrer une différenciation des vins biodynamiques et biologiques en tant que groupe par rapport aux vins conventionnels en effectuant des analyses chimiques. L'évaluation de la composition chimique (Parpinello *et al.* (2015) et Laghi *et al.* (2014), a permis de différencier les vins biologiques et biodynamiques, tous deux cultivés en deux ans sur le même site chacun. Ross *et al.* (2009) ont réussi à effectuer une différenciation sensorielle des méthodes de culture biologique et biodynamique, Meissner (2015) n'y est que partiellement parvenu et Parpinello *et al.* (2015) ainsi que Bigler *et al.* (2009) n'ont pas réussi. Dans une étude du bilan écologique en Espagne, la viticulture biodynamique a montré un impact environnemental plus faible que la viticulture conventionnelle (Villanueva-Rey *et al.*, 2014). Aux États-Unis, on a étudié ce qui motive les viticulteurs à passer à l'agriculture biodynamique et comment les consommateurs perçoivent les écolabels (McCullough *et al.*, 2012). Une autre étude de cas montre comment un vignoble biodynamique suisse contribue à la protection du climat grâce à des cépages résistants aux champignons (Strasser & Coray, 2009).

Élevage des animaux

Une étude sur l'effet d'une combinaison de traitements homéopathiques et d'antibiotiques sur la mammité a été réalisée sur une ferme laitière Demeter. Ce concept de traitement a permis de réduire l'utilisation des antibiotiques de 75 % en moyenne (Fidelak *et al.*, 2007). Des fermes laitières biodynamiques d'Allemagne et de Suisse ont été interrogées sur leurs stratégies en matière de complémentation minérale. La majorité a déclaré qu'elle ne correspondait pas à l'idée de la biodynamie. Le résultat montre également qu'un tiers des personnes interrogées se passent d'aliments minéraux, alors que dans les autres exploitations étudiées, les aliments minéraux sont souvent utilisés pour compenser les carences (Ivemeier & Walkenhorst, 2011). Pöttsch *et*

al. (2015) donnent une vue d'ensemble de l'élevage porcin biodynamique en Allemagne avec la question de l'élevage adaptée à l'espèce. Les porcs sont élevés en nombre relativement faible sur un nombre relativement restreint de fermes Demeter. Le concept d'élevage adapté à l'espèce n'a pas été décrit de façon uniforme par les personnes interrogées.

La qualité des aliments

Parvenir à une qualité alimentaire élevée est l'un des principaux objectifs de l'agriculture biodynamique. Un regard sur le nombre de publications scientifiques depuis 2008 montre que l'intérêt pour la recherche sur ce thème est élevé par rapport à d'autres sujets de recherche.

Geier & Meischner (2011) ont résumé l'état de la recherche sur la qualité des aliments biodynamiques. Les auteurs prennent en compte plus de 20 études sur une période de 33 ans, dont 18 remontent à avant 2008.

Pour les fruits, le vin, les légumes et le lait, un certain nombre d'études ont montré les avantages de la biodynamie par rapport à la production biologique. Les différences portent sur certains composants ainsi que des tests morphogénétiques.

Des publications sur le blé, la chicorée, la laitue, la betterave, le chou, le citron, la mangue, la fraise, le lait et le vin sont disponibles de 2008 à 2015 : les paramètres étudiés vont de la capacité d'enrichissement en nitrate à une grande variété d'analyses de la composition jusqu'au potentiel antioxydant.

Trois études sont consacrées aux effets sur la santé, à savoir D'Evoli *et al.* (2010) sur les effets des extraits de fraise sur les cellules humaines et Simões-Wüst *et al.* (2011) sur la qualité des matières grasses du lait maternel et Kusche (2015) sur la tolérance au lait cru biodynamique chez les enfants souffrant d'allergies alimentaires.

Dans trois cas, la production biodynamique a été comparée à la production conventionnelle (Rangel *et al.*, 2011 ; D'Evoli *et al.*, 2010 ; Bavec *et al.*, 2012). Dans les autres études, il y avait des comparaisons avec l'agriculture biologique ou d'autres variantes.

Rangel *et al.* (2011) n'ont trouvé aucune différence de qualité dans le citron vert et Langenkämper *et al.* (2006) dans le blé. Dans toutes les autres études (Bavec, 2010 ; Maciel *et al.*, 2012 ; Heimler, 2011 ; Lucarini *et al.*, 2012 ; D'Evoli *et al.*, 2010 ; Simões-Wüst *et al.*, 2011), on a trouvé des différences avec la culture biodynamique pour un ou plusieurs paramètres.

Heimler *et al.* (2009) ont étudié l'influence de la culture conventionnelle et biodynamique de chicorée sauvage (*Cichorium intybus*) en mesurant la teneur en polyphénols et le potentiel antioxydant. Quelques années plus tard, les mêmes méthodes ont été utilisées pour comparer la culture conventionnelle, biologique et biodynamique de la salade batavia rouge (Heimler, 2011). Les deux études ont montré que le potentiel antioxydant le plus élevé se trouve en culture biodynamique. En revanche, les teneurs en polyphénols n'étaient pas différentes pour la chicorée. Dans le cas de la laitue, par contre, l'agriculture biologique et biodynamique a montré les teneurs les plus élevées.

Lucarini *et al.* (2012) ont étudié la capacité d'enrichissement en nitrate de diverses variétés de laitue cultivées selon les modes biologiques et biodynamiques. Les deux plantes cultivées en biodynamie ont accumulé 1,3 à 2 fois moins de nitrate que les plantes cultivées en agriculture biologique.

Bavec *et al.* (2010, 2012) ont examiné les choux blancs et les betteraves rouges issus de l'agriculture conventionnelle, intégrée, biologique et biodynamique. L'agriculture biodynamique a permis d'obtenir la plus forte teneur en carbone chez le chou blanc. La culture biodynamique de la betterave rouge a permis d'obtenir la teneur en phénol la plus élevée, le plus grand potentiel antioxydant et la teneur en sucre la plus élevée.

Les études de Kusche *et al.* (2015, 2011a, 2011b, 2010) ont montré les proportions les plus élevées d'acides gras de grande valeur nutritionnelle dans le lait provenant de fermes biodynamiques à faibles niveaux d'intrants et une différenciation constante du lait provenant de la production biodynamique à faible et à haut niveaux d'intrants par rapport au lait produit de façon conventionnelle provenant de fermes laitières modernes à haut niveau d'intrants. En outre, une série codée de tests de provocation montre une meilleure tolérance du lait biodynamique cru par rapport au lait pasteurisé et homogénéisé issu de la production conventionnelle chez les enfants présentant des intolérances alimentaires (Kusche 2015). Simões-Wüst *et al.* (2011) ont constaté qu'une consommation élevée de produits laitiers issus de l'agriculture biodynamique chez les femmes enceintes et les mères allaitantes entraîne une meilleure qualité de matières grasses dans le lait maternel par rapport à la consommation de produits laitiers issus de l'agriculture biologique et conventionnelle. Les nouveau-nés des mères, qui consommaient principalement des produits laitiers produits de façon biodynamique, présentaient également un risque moindre de développer de l'eczéma (Thijs *et al.* 2011).

Développement de nouvelles méthodes

Le développement d'un certain nombre de méthodes de recherche résulte de la compréhension élargie de la nature qui est la base de la biodynamie. Certaines méthodes ont fait l'objet de recherches scientifiques intensives, d'autres n'ont pas encore été validées.

Le procédé d'imagerie le plus connu est la cristallisation du chlorure de cuivre ou « cristallisation sensible ». La méthode est utilisée pour caractériser les aliments. Ces dernières années, la cristallisation sensible a été établie et validée comme méthode scientifique (Doesburg *et al.*, 2015 ; Kahl *et al.*, 2015 ; Fritz *et al.*, 2011 ; Huber *et al.*, 2010). Les travaux en cours portent entre autres sur l'influence de la formation des expérimentateurs sur l'évaluation visuelle des résultats (Fritz, 2016).

La méthode de dynamolyse capillaire, apparentée à la chromatographie, n'a pas encore été traitée scientifiquement avec la même intensité que la cristallisation sensible. La dynamolyse capillaire a été développée par Lili Kolisko dans les années 1920, puis perfectionnée par d'autres (cf. Engquist 1977). Une thèse de doctorat sur la validation de la création d'images a été réalisée (Zalecka *et al.*, 2010). Plusieurs chercheurs appliquent parallèlement la dynamolyse capillaire et la cristallisation sensible lors d'analyses d'aliments (Fritz *et al.*, 2011).

La méthode de la morphochromatographie à filtre rond a été développée par Pfeiffer (1950) dès les années 1950. Elle est principalement utilisée pour évaluer les sols et les composts (Voitl & Guggenberger, 1986). Dans sa thèse de doctorat, Haßold-Piezunka (2003) a pu comparer les paramètres analytiques de l'analyse du compost avec les caractéristiques d'images de morphochromatographie. Elle conclut que l'analyse morphochromatographique « Chroma-Boden-Test » peut fournir une évaluation rapide et globale du processus de compostage si elle est effectuée avec soin.

De même, l'origine du test psychologique des effets des aliments développé par Geier *et al.* (2012, 2016) vient de la compréhension élargie de la qualité en biodynamie. L'application du test psychologique examine les effets de l'alimentation sur l'état mental et physique des personnes testées. Des facteurs de culture et de transformation des aliments peuvent être vérifiés de cette manière.

Durabilité

Si l'impact de l'agriculture biodynamique sur le sol fait l'objet de recherches scientifiques depuis de nombreuses années, il n'existe que peu d'études qui prennent en compte la durabilité.

Turinek *et al.* (2010) et Bavec *et al.* (2012) ont étudié l'empreinte écologique des cultures céréalières biodynamiques, biologiques, intégrées et conventionnelles à partir des données d'un essai sur le terrain en Slovénie. Dans un essai sur trois ans, les variantes biodynamique et biologique ont montré des avantages en termes de performance écologique et d'efficacité écologique en ce qui concerne l'utilisation de l'énergie et la pertinence climatique.

Pechrova *et al.* (2013) analysent l'efficacité de l'utilisation des ressources des fermes biologiques et biodynamiques en République Tchèque. Une plus grande efficacité a été trouvée dans les fermes biologiques.

Garcia-Yzaguirre *et al.* (2011) ont effectué une analyse de la culture du riz biologique et biodynamique en Espagne. La culture de deux variétés dans les deux conditions de culture n'a pas montré de différences de rendement significatives.

Dans son mémoire de fin d'études, Steiner (2009) s'est penchée sur les modèles de connexion entre surfaces agricoles sur des fermes intégrées, biologiques et biodynamiques en Suisse, toutes se référant à la biodiversité. Elle a constaté la différenciation suivante : ségrégation dans les domaines agricoles intégrés, mise en réseau dans les domaines biologiques et intégration dans les domaines Demeter.

Sciences sociales

Ces dernières années, les conditions sociales et les implications de la pratique de la biodynamie ont également été étudiées. On y trouve aussi bien les motivations des producteurs en conversion en République Tchèque (Pechrovà, 2014) que des études historiques sur l'expansion de la biodynamie dans les pays anglophones (Paull, 2001 a-c, Paull, 2014) ou des représentations des relations entre les archétypes dans C. G. Jung et la biodynamie selon l'exemple du jardin clos (Damery, 2011). Dans des travaux complémentaires, le sujet était le lien fréquent entre l'agriculture biodynamique et des responsabilités sociales (par ex. Kalisch & van Elsen, 2011), lien qui ne se limite pas à cette méthode d'agriculture.

Le caractère innovant de l'agriculture biodynamique

On peut donc dire que l'agriculture biodynamique est toujours en cours de développement. L'attitude de recherche des praticiens en fait partie et encourage activement les innovations, en coopération avec des chercheurs. Parfois ces recherches sont organisées individuellement (recherche paysanne). Cela vaut aussi bien pour l'optimisation de l'ensemble du système et de ses processus que pour de nouvelles approches. Cette ouverture à la recherche et au développement s'exprime également dans le conseil en biodynamie, qui se distingue des autres services de conseil par sa proximité de la recherche et de l'expérimentation (Luley *et al.*, 2015). Des exemples d'innovations issues uniquement d'initiatives pratiques sont donnés ci-dessous.

Sélection végétale

Il y a tout juste 20 ans, les autorités agricoles étaient encore d'avis que les variétés conventionnelles étaient suffisamment adaptées aux besoins de l'agriculture biologique ; il n'y avait pas besoin de sélection de céréales biologiques (selon Jantsch & Schüller, 1995).

Ce verdict est maintenant considéré comme dépassé, principalement en raison des activités de sélection des producteurs de légumes biodynamiques et d'une poignée de sélectionneurs de céréales biodynamiques. Aujourd'hui, une vingtaine de variétés de céréales biodynamiques spécialement sélectionnées pour l'agriculture biologique ont été développées et inscrites. La vingtaine de sélectionneurs de légumes biodynamiques ont enregistré plus de 70 variétés de légumes auprès du Bundessortenamt (*office fédéral d'enregistrement des espèces végétales*) par l'intermédiaire de l'association Verein Kultursaat e.V. (Fleck, 2015). Beckmann (2013) donne un aperçu de l'histoire du mouvement Demeter et des aspects de la sélection végétale biodynamique.

Des initiatives de sélection inspirées de la biodynamie existent également dans l'élevage, décrites à propos du concept d'élevage familial de vaches avec ses propres taureaux dans la mesure du possible (Metz *et al.*, 2012). Une autre innovation pratique est l'élevage de veaux sous la mère ou sous nourrice, qui renonce à la séparation immédiate de la vache et du veau après la naissance. Ehrlich (2003) a recueilli des données sur la méthode d'élevage des veaux sous la mère. Quatre des huit fermes qui ont développé ce système étaient des fermes Demeter. Actuellement, plus de 30 fermes Demeter et quelques fermes d'autres associations permettent ce contact intensifié entre la vache et le veau (Demeter, 2015a). Cependant, les conditions-cadres doivent encore être optimisées, car l'augmentation du bien-être animal se fait au détriment de la performance (Barth *et al.*, 2009 ; Spengler Neff & Ivemeyer, 2012).

Une apiculture respectueuse de l'être de l'abeille

Un exemple des standards biodynamiques dans le domaine de l'élevage est l'effort des apiculteurs pour pratiquer l'apiculture dans le respect de l'être et du bien-être animal. Demeter certifie l'apiculture dans le respect de l'être et du bien-être animal.

Bien que cette forme développée par les apiculteurs soit incluse dans le cahier des charges Demeter depuis 20 ans, il y a peu de recherches à ce sujet, si ce n'est un travail comparatif sur la formation des colonies dans l'apiculture normale (Friedmann, 2002).

Viticulture biodynamique / sylviculture

D'autres domaines dans lesquels les fermes biodynamiques ou les acteurs de la biodynamie jouent un rôle innovant dans la pratique de l'agriculture biologique sont, par exemple, la sylviculture biodynamique, où, en plus de la conversion durable des forêts, on débat sur les moments d'abattage des arbres (Zürcher, 2003).

Repenser l'économie et l'agriculture sociale

Les thèmes socio-économiques font partie depuis longtemps des préoccupations des biodynamistes, tant en termes de gestion d'entreprises que sous l'aspect politico-économique (Bartsch, 1934). En effet, la phase de fondation de l'agriculture biodynamique est tombée dans une période avec deux crises économiques extrêmes, l'hyperinflation en Allemagne en 1923/24 et la crise économique mondiale en 1929 (Koepf & von Plato 2001). Deux directions doivent être mentionnées en particulier : le développement de formes juridiques, économiques et de propriété appropriées à une agriculture holistique et multifonctionnelle qui intègre partiellement des services sociaux ; à cette fin, l'agriculture est souvent gérée collectivement et organisée en communautés agricoles, ce qui conduit aux pionniers de l'agriculture dite solidaire (CSA et AMAP) d'aujourd'hui (Kraiß & van Elsen, 2008). En ce qui concerne la gestion opérationnelle, on se réfère ici à Hiß (2015), qui propose d'ajouter des éléments écologiques et sociaux aux plans comptables et bilans des entreprises. En outre, on trouve la combinaison fréquente de la pédagogie (curative) et de l'agriculture biodynamique en tant que concept dans le mouvement Camphill, mais aussi au-delà (Kalisch & van Elsen, 2011 ; Jaenichen & van Elsen 2011 ; Jaenichen & van Elsen 2011 ; Hartkemeyer *et al.*, 2014).

3. Défis et perspectives

Le développement de l'agriculture biodynamique et de l'agriculture biologique en général est dû non seulement à la recherche traditionnelle, mais surtout à l'esprit d'innovation d'un grand nombre de praticiens. La recherche biodynamique a eu et a toujours, d'une part, une fonction d'accompagnement du développement de l'entreprise agricole qui va jusqu'à l'optimisation de la qualité des produits. De plus, il existe une recherche fondamentale sur les aspects agricoles et sur les aspects de transformation des productions. Comme la recherche n'est que l'un des nombreux acteurs du développement de l'agriculture biodynamique, les perspectives de recherche ne peuvent être esquissées ici, à l'exception des objectifs de travail des quelques institutions actives proches de l'Association Demeter. La recherche biodynamique a lieu dans le monde entier dans une grande variété de contextes, y compris des contextes non universitaires, menés par des acteurs très différents, avec peu de mise en réseau et sans plan de travail commun. La recherche sur les questions de biodynamie est plutôt guidée par l'intérêt individuel du scientifique, ce qui se confirme par les sources très largement diversifiées du présent travail.

Les principaux domaines de recherche dans les organisations biodynamiques en Allemagne sont le sol et la fertilisation ainsi que l'élevage, toujours en relation avec la qualité des aliments. D'une part, la science pose des questions d'approfondissement sur des sujets biodynamiques originaux tels que la qualité des préparations biodynamiques, les tests rapides pour les préparations et, d'autre part, des questions sur la qualité de l'humus vivant, l'effet des procédés biodynamiques sur la qualité des aliments et le compostage approprié, qui peuvent être résumées par le mot-clé : optimisation.

Bien plus qu'il y a une ou deux décennies, la différence entre biodynamique et "biologique" devient pertinente dans la recherche et la pratique. Par exemple, les études réalisées dans ce contexte montrent des différences dans la composition des aliments biodynamiques, par exemple le lait et ses effets sur la nutrition humaine (voir ci-dessus, Simões-Wüst *et al.* 2011 et Kusche 2015). Ils indiquent le potentiel de l'agriculture biodynamique pour un régime alimentaire qui favorise la santé humaine.

Fuchs (2010) se réfère aux particularités, aux limites et à la possibilité de se focaliser sur les tâches et les méthodes de la recherche biodynamique. Au lieu de s'obliger à toujours prouver la méthode, Fuchs propose de se concentrer davantage sur les meilleures pratiques. Méthodologiquement il propose de se concentrer sur les sciences empiriques ainsi que sur la recherche paysanne, c'est-à-dire les méthodes de travail de la recherche sociale qualitative, afin de développer davantage ce type d'agriculture proche de la pratique.

On ne dispose toujours pas de théorie de la biodynamie, ce qui est aussi lié au fait qu'une telle théorie devrait être associée à des disciplines scientifiques au-delà de la science agricole, puisque ses origines vont au-delà d'une science agricole pure et méthodiquement limitée. Il est cependant tentant d'envisager des approches théoriques explicatives. Si l'on veut explorer la contribution de la biodynamie dans les champs thématiques de l'agriculture biologique, de l'homme, de la nature et de ses perspectives, il est intéressant de savoir quels modèles et systèmes de pensée sont à l'origine de la pratique et de la recherche biodynamique. En résumé, l'objectif est de penser l'agriculture de manière holistique, aussi bien sur une ferme individuelle que dans un contexte social. Le mouvement biodynamique est depuis toujours basé sur la culture agricole – c'est à dire qu'au-delà de la production agricole, le contexte social et économique est partie intégrante de ses réalisations. Cultiver en biodynamie s'entend dans le meilleur sens comme une pratique multifonctionnelle

L'arrière-plan de cette vision élargie des fondamentaux de l'agriculture est ce que Rudolf Steiner appelle l'approche suivant la "science de l'esprit". Contrairement à Kant, Steiner se base sur la non-séparation du sujet connaissant et du monde en termes épistémologiques (Grauer 2007), ce qui se reflète ensuite dans la disponibilité de concepts qui décrivent le monde. Selon Grauer, épistémologiquement il s'agit d'une interprétation constructiviste-moniste⁴ au lieu d'une interprétation dualiste de la relation entre l'homme et le monde. Pour Grauer (2007), Steiner part du principe que "*la connaissance par l'expérience et les distinctions ou observations constituant le sujet [...] peuvent devenir directement accessibles en tant qu'expérience*".

On peut aujourd'hui, se basant sur la théorie scientifique récente du philosophe Poser (2012), classer la science agricole dans une troisième catégorie de sciences entre les sciences humaines et les sciences naturelles : les sciences techniques en tant que sciences naturelles appliquées, qui tirent leurs résultats moins de la superstructure théorique que de la question : est-ce que ça marche ?

Contrairement au courant dominant des sciences agricoles, la recherche biodynamique ne veut pas seulement développer cette *connaissance de disposition*, mais aussi une approche de *connaissance d'orientation* (les deux termes selon Mittelstrass, 1989). La connaissance des dispositions, qui étudie comment ou si quelque chose fonctionne, vise par conséquent le contrôle de la nature, la connaissance de l'orientation plutôt que la connaissance de la nature. La connaissance d'orientation peut inclure la connaissance de disposition, mais pas l'inverse. Elle complète le point de vue technique par un point de vue social et philosophique et développe ainsi des connaissances de régulation qui aident à répertorier les finalités et les objectifs. Le constat concret du philosophe Böhme (2014) : "*L'agriculture biodynamique est une pratique, pas une théorie*", lie la légitimité et la

⁴ Le dualisme tel qu'on le conçoit aujourd'hui dans le monde entier présuppose : l'homme en tant que (esprit) connaissant est étranger au monde (la nature), y est confronté, la réalité est divisée en sujet et objet, ou esprit et nature. Le monisme comprend l'homme comme faisant partie du monde et aussi dans l'approfondissement spirituel de ses rapports avec le monde : les idées. La réalité est indivise (Rehfus, 2003).

nécessité de formes alternatives des sciences de la nature — au-delà de la science naturelle dominée par l'expérimentation qui n'est valable que sous certaines conditions. La phénoménologie⁵ de la nature selon Goethe, la phénoménologie corporelle⁶ comme expérience intérieure de la nature, ainsi que la théorie des ambiances⁷ comme milieu-cadre façonnant la nature sont cités ici comme exemples qui peuvent être le point de départ d'un élargissement des bases de connaissance.

Leiber (2009) décrit l'approche biodynamique comme étant caractérisée par quatre paradigmes : ontologiquement, elle suppose que, selon Goethe, des *idées vivantes* façonnent le monde ; épistémologiquement, l'homme peut reconnaître ce fond "spirituel" et méthodologiquement l'anthroposophie décrit un chemin de connaissance correspondant. A cela s'ajoute la prémisse de l'évolution conjointe de l'homme et de la nature. En 2014, Fuchs a tenté de concrétiser ceci au regard des mesures agricoles et de l'associer préalablement à de nouvelles approches de la philosophie naturelle – mots-clés anthropocène et responsabilité. Poser (2012), qui prend aussi l'évolution comme un schéma d'interprétation paradigmatique et super-ordonné pour le travail scientifique, voit l'homme à la fois comme un membre et un régulateur. Pour lui, cela conduit à une approche théorique complexe qui va au-delà de la causalité pure (reconnue) et tient compte de l'imprévisible. Dans le rapport avec la vie sur terre, cela nécessite une métaphysique de la technologie qui, entre autres choses, réattribue une signification à la catégorie des valeurs par rapport à la catégorie des objectifs.

Bechmann (2009) appelle au développement d'une science naturelle post-matérialiste et identifie en même temps un déficit théorique global de l'agriculture biologique, mesuré par exemple par rapport au manque de publications sur le sujet, ce qui entrave son développement ultérieur dans le large spectre de la société. Cela coïncide avec la remarque de Poser (2012) qui ne considère pas que les paradigmes scientifiques naturels, qui sont généralement uniquement basés sur la méthodologie, conviennent – entre autres – pour décrire scientifiquement la complexité de la sphère biotique. Pour mener des recherches fructueuses, il propose une approche de la théorie de la complexité qui présuppose le principe suivant : *"La nature dans son ensemble est créative sur le chemin de l'émergence vers des structures d'ordre toujours plus élevé"*. Ces structures d'ordre, décomposées dans le contexte de l'agriculture et de l'alimentation, font partie de la recherche biodynamique. Afin de parvenir à des formes de reconnaissance pertinentes pour la pratique, il faut d'abord effectuer un travail méthodologique (cf. chapitre sur l'élaboration de la méthode ci-dessous). En se basant sur un examen des méthodes de recherche appropriées, Baars (2002) a développé un concept de science empirique qui diffère de l'usage scientifique habituel. Ceci est lié au moment des décisions dans la pratique d'un domaine d'activité, par exemple la gestion agricole : le noyau est la reconnaissance holistique pratiquée, qui se manifeste dans l'identification des modèles (et des écarts par rapport à ceux-ci) dans un contexte vivant, par exemple celui d'un champ. Semblable à une masterclass pour musiciens, Baars voit des capacités similaires chez l'agriculteur : il peut devenir un praticien expert qui peut combiner avec succès ses connaissances et son intuition. Du point de vue méthodologique, il est donc plus probable que les approches visant à développer davantage les pratiques agricoles résultent de l'examen du quart des fermes les plus performantes d'une enquête, et non de la moyenne. Cette faculté de conscience et d'intuition peut être exercée consciemment – il en existe des approches dans la formation biodynamique – et elle est également utilisée dans la recherche qualitative (cf. par exemple la section sur l'œnologie et la viticulture). Schieren (1998) trouve chez Goethe la source de cette auto-éducation du chercheur : *"L'idée que Goethe a de la connaissance exige un nouveau concept de la science qui la comprend non pas comme un savoir accessible et disponible dans une bibliothèque, mais comme un processus de développement de l'individu scientifique lui-même"*. Une fois le processus d'auto-éducation approfondi réalisé, l'homme peut ainsi comprendre et exercer son rôle dans le processus scientifique en se considérant lui-même comme une sorte d'instrument.

La science s'appuyant méthodologiquement sur cette base qui s'oriente vers la phénoménologie et intègre l'influence de l'investigateur s'est établie sous une certaine forme nommée « goethéanisme ». Ce dernier tire, à son tour, son origine en tant que méthode des réflexions de Rudolf Steiner sur les sciences naturelles (Steiner, 1886). En conséquence, Steiner (1920) propose un chemin de formation de l'être humain. Celui-ci montre la possibilité pour l'être humain d'être l'instrument de la connaissance scientifique, concept pour lequel Böhme (2003) a récemment créé un point de départ avec sa définition : *"Le corps est la nature, celle que nous sommes nous-mêmes"*. En ce qui concerne la sélection végétale, Timmermann (2007) décrit la méthode de la "phénoménologie de la nature" comme étant appropriée (complémentaire) lorsqu'il s'agit des aspects qualitatifs.

En résumé, la recherche biodynamique est structurée de manière très hétérogène. Elle coopère de manière participative avec la pratique, travaille méthodiquement sur le thème de l'optimisation qualitative des méthodes d'agriculture biologique. Elle est par conséquent importante pour une agriculture biologique qui s'oriente vers des valeurs ainsi que vers une production durable et qualitative.

⁵ La phénoménologie dans les sciences de la nature signifie de donner la priorité aux méthodes descriptive par rapport à la validation des théories par les expériences. Elle permet une approche plus globale de l'objet étudié (Bortoft 1995).

⁶ La phénoménologie corporelle d'après le philosophe Hermann Schmitz étudie la nature de l'être humain par l'expérience intérieure à travers le vécu corporel, préalablement à l'établissement d'une théorie (Schmitz, 2003). D'après Böhme (2002), le corps est la nature que nous sommes nous-même.

⁷ L'ambiance est pour Böhme le cœur d'une théorie de la perception dans laquelle la nature un contexte d'interaction mais un contexte de communication, comme il le décrit à travers l'exemple du jardin paysager (Böhme, 1995).

4. Bibliographie

- Athmann, M., Fritz, J. & Köpke U. (2011). Product quality as a function of light and nitrogen supply: contributing to a quality concept for organic agriculture? In: Pulkrabová, J., et al. (2011). *First International Conference on organic food quality and health research, 18–20.5.2011 in Prague. ICT Prague Press, Prague*, 139.
- Baars, T. (2002). Reconciling scientific approaches for organic farming research. *Dissertation. Universität Wageningen*.
- Baars, T., Kusche, D. & Werren, D. (2009). Erforschung des Lebendigen. An den Grenzen herkömmlicher Wissenschaft. Dokumentation der Ringvorlesung „Forschung am Lebendigen. Wissenschaftsphilosophische Hintergründe, wissenschaftliche Ergebnisse und Forschungsansätze der Biologisch-Dynamischen Landwirtschaft“ *Universität Kassel/Witzenhausen WS 2007/2008*.
- Bacchus, G. L. (2010). An evaluation of the influence of biodynamic practices including foliar-applied silica spray on nutrient quality of organic and conventionally fertilised lettuce (*Lactuca Sativa* L.). *Journal of Organic Systems*, 5(01), 4-13.
- Barth, K., Roth, B. A. & Hillmann, E. (2009). Muttergebundene Kälberaufzucht: Eine Alternative im Ökologischen Landbau? Ressortforschung für den ökologischen Landbau 2008. *Johann Heinrich von Thünen-Institut - Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI), Braunschweig*, 11-20.
- Bartsch, E. (1934): Die biologisch-dynamische Wirtschaftsweise, *Dresden 1934*.
- Bavec, M., Turinek, M., Grobelnik Mlakar, S., Mikola, N. & Bavec, F. (2012). Some internal quality properties of white cabbage from different farming systems. *Acta Horticulturae 933*, 577-583.
- Bavec, M., Turinek, M., Grobelnik-Mlakar, S., Slatnar, A. & Bavec, F. (2010). Influence of Industrial and Alternative Farming Systems on Contents of Sugars, Organic Acids, Total Phenolic Content, and the Antioxidant Activity of Red Beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* Rote Kugel). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(22), 11825-11831.
- Bechmann, A. (2009). Ökologischer Landbau aus der Nische in die Fläche. Identitätsbildung und Zukunft durch leitbildbewusste Verwissenschaftlichung: *Edition Zukunft, Barsinghausen*.
- Beckmann, J. (2013). Pflanzenzüchtung in der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise. Entwicklungen im 20. Jahrhundert: *Edition Zukunft, Barsinghausen*.
- Berner, A., Mäder, P., Messmer, M., Fließbach, A., Krauss, M., Dierauer, H., Clerc, M., Koller, M., Meier, M. & Schader, C. (2012). Reduzierte Bearbeitung – fruchtbare Böden?: *LE 3-2012*, 40ff
- Bigler, C., Levite, D., van der Meer, M., Kaufmann, A. & Weibel, F. P. (2009). Rotwein unter Hochspannung: Mehrjährige Qualitätsuntersuchung mit Gas-Discharge-Visualisation (GDV). In: Mayer, J. et al. (2009). Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, ETH Zürich, 11.-13. Februar 2009, Band 2, 440-443, *Verlag Dr. Köster, Berlin*.
- Birkhofer, K., Bezemer, T. M., Bloem, J., Bonkowski, M., Christensen, S., Dubois, D., Ekelund, F., Fließbach, A., Gunst, L., Hedlund, K., Mäder, P., Mikola, J., Robin, C., Setälä, H., Tatin-Froux, F., Van der Putten, W. H. & Scheu, S. (2008). Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. *Soil Biology & Biochemistry*, 40(09), 2297-2308.
- Bloksma, J. 2002: Was ich von Läusen gelernt habe. Vortrag auf biodynamischen Obstbautagung 1.12.2002 in Dornach.
- Bockemühl J. (2003). Ein Leitfaden zur Heilpflanzenkenntnis: *Verlag am Goetheanum, Dornach*.
- Böhme, G. (1995). Atmosphäre: Essays zur neuen Ästhetik. *Suhrkamp Verlag*.
- Böhme, G. (2002). Die Natur vor uns. Naturphilosophie in pragmatischer Hinsicht. *Die graue Edition Kusterdingen*.
- Böhme, G. (2003). Leibsein als Aufgabe. Leibphilosophie in pragmatischer Hinsicht: *Die Graue Edition, Kusterdingen*.
- Böhme, G. (2014). Neuzeitliche Naturwissenschaft: Ihre Grenzen und alternative Wissenschaften von Natur. In: Geier et al. (2014.) : Biologisch-Dynamisch – 90 Jahre Impulse für eine Landwirtschaft der Zukunft. *Schriftenreihe des Forschungsrings e. V. Band 26, Verlag Lebendige Erde, Darmstadt*.
- Bortoft, H. (1995). Goethes naturwissenschaftliche Methode. *Freies Geistesleben, Stuttgart*.
- Burkitt, L. L., Small, D. R., McDonald, J. W., Wales, W. J. & Jenkin, M. L. (2007). Comparing irrigated biodynamic and conventionally managed dairy farms. 1. Soil and pasture properties. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(05), 479–488.
- Carpenter-Boggs, L., Kennedy, A. C., Reganold, J.P. (2000). Organic and Biodynamic Management Effects on Soil Biology; *Soil Sci. Soc. Am. J.*, .64, 1651-1659.
- Chalker-Scott, L. (2013). The Science behind Biodynamic Preparations: A Literature Review. *HortTechnology*, 23(06), 814-819.
- Damery, P. (2011). The Enclosed Garden - Underlying Principles of Jungian Analysis and Biodynamic Agriculture. *Jung Journal: Culture & Psyche*, 5(02), 103-116.
- Darnhofer, I., Milestad, R. (2003). Fördert der ökologische Landbau die Resilienz landwirtschaftlicher Betriebe? *Ländlicher Raum* 4/2003.
- Demeter (2014). Erzeugung und Verarbeitung. Richtlinien für die Zertifizierung „Demeter“ und „Biodynamisch“ http://www.demeter.de/sites/default/files/richtlinien/ERZ_VERARBEITUNG_2015_gesamt.pdf
- Demeter international (2014). Production standards. http://www.demeter.net/sites/default/files/DI_production%20stds%20Demeter%20Biodynamic%2014-d.pdf
- Demeter International (2015). Mündliche Mitteilung, Januar 2015, Darmstadt.

- Demeter, (2015a). Mündliche Auskunft Demeter e. V. am 30.8.2015, Darmstadt.
- Demeter, (2015b). Leitbild. Demeter e.V., Darmstadt
http://www.demeter.de/sites/default/files/kontrollboegen_formulare/Leitbild_Demeter%20April2010.pdf
- D'Evoli, L., Tarozzi, A., Hrelia, P., Lucarini, M., Cocchiola, M., Gabrielli, P., Franco, F., Morroni, F., Cantelli-Forti, G. & Lombardi-Boccia, G. (2010). Influence of Cultivation System on Bioactive Molecules Synthesis in Strawberries: Spin-off on Antioxidant and Antiproliferative Activity. *Journal of Food Science* 75(01), C94–C99.
- Doesburg, P., Huber, M., Andersen, J.-O., Athmann, M., Van der Bie, G., Fritz, J., Geier, U. Hoekman, J., Kahl, J., Mergardt, G. & Busscher, N. (2015). Standardization and performance of a visual Gestalt evaluation of biocrystallization patterns reflecting ripening and decomposition processes in food samples. *Biological Agriculture & Horticulture*, 31(02), 128–145.
- Döring, J. R., Kauer, R., Meissner, G., Stoll M., Löhnertz, O. & Frisch, M. (2013). Wüchsigkeit und physiologische Aktivität der Rebe in Abhängigkeit von verschiedenen weinbaulichen Bewirtschaftungssystemen. In: Neuhoff, D. et al. (2013). Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau Rheinische Friedrichs-Wilhelms-Universität Bonn, 5.-8. März 2013, 334-337, Verlag Dr. Köster, Berlin
- Döring, J., Meißner, G., Stoll, M. & Kauer, R. (2015). Ökologischer und biodynamischer Wein in der Forschung - Langzeitversuche INDIODYN. In: Häring, A. M. et al. (2015). Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen 17.-20. März 2015, 262-265, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Ehrlich, M. (2003). Muttergebundene Kälberaufzucht in der ökologischen Milchviehhaltung. *Diplomarbeit. Universität Kassel*.
- Elers, B. & Schmidt, R. (2011). Biogasgülle, Boden und Lebensmittelqualität. Wirkung der Biogas-Reststoffsuspension auf Bodenfruchtbarkeit und Nahrungsqualität, *Lebendige Erde* 3/2011.
- Elsaidi, S. M. (1982). Das Nachernteverfahren von Gemüse, insbesondere Spinat (*Spinacia Oleracea* L.), unter besonderer Berücksichtigung der Nitratanreicherung in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen und von der Düngung. Dissertation, Universität Gießen.
- Engqvist, M 1977: Die Steigbildmethode. Ein Indikator für Lebensprozesse in der Pflanze. Vittorio Klostermann, Frankfurt am Main
- Fidelak, C., Reinecke, A., Merck, C., Klocke, C. & Spranger, J. (2007). Verminderter Einsatz von Antibiotika in der Therapie klinischer Mastitiden durch eine Erstbehandlung mit Homöopathie. In: Zikeli, S. et al. (2007). Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, 20.-23. März 2007, Band 2, 617-620, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Fleck, M. (2015) Auskunft am 24.08.2015, *Kultursaat e.V.*
- Fließbach, A., Oberholzer, H.-R., Gunst, L. & Mäder, P. (2007): Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118, 273–284.
- Friedmann, G. (2002). Die Pflege der Bienenköniginnen und Hofstaatbildung. Ein Vergleich zwischen Imkerei konventionell und der nach Demeter-Richtlinien. *Lebendige Erde* 4/2002.
- Fritz, J. (2009). Biologisch-dynamische Präparate – Wie werden sie hergestellt? Wie wirken sie? In: Baars, T., Kusche, D. & D. Werren (Hrsg.): Erforschung des Lebendigen - An den Grenzen herkömmlicher Wissenschaft. Verlag Lebendige Erde, Darmstadt.
- Fritz, J. & Sikora, F. (2007). Korrelation zwischen Blattneubildung und synodischem Mondrhythmus bei *Fatschedera lizei*. In: Zikeli, S. et al. (2007). Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, 20.-23. März 2007, Band 1, 89-91, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Fritz, J. (2013). Biologisch-dynamische Pflanzenbaugrundlagen – Methodik und Forschungen zur Leitidee des Organismus. *Verlage Lebendige Erde, Darmstadt*, S. 115.
- Fritz, J., Athmann, M., Kautz, T. & Köpke, U. (2011). Grouping and classification of wheat from organic and conventional production systems by combining three image forming methods. *Biol Agric Hortic.*, 27,32.
- Fritz, J., Athmann, M., Meissner, G., Köpke, U. (2015). Untersuchungen von Wein aus Integriertem, Organischem und Biologisch-Dynamischem Anbau mit Bildschaffenden Methoden. In: Häring, A. M. et al. (2015). Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen 17.-20. März 2015, 266-269, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Fritz, J., Meissner, G., Athmann, M. & Köpke, U. (2013). Untersuchungen von Traubensaft aus den Jahren 2007-2010 von unterschiedlichen Produktionssystemen mit drei Bildschaffenden Methoden. In: Neuhoff, D. et al. (2013). Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau Rheinische Friedrichs-Wilhelms-Universität Bonn, 5.-8. März 2013, 358-361, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Fritz, J.,(2016). Mündliche Mitteilung von Januar 2016 über das Projekt Gestalt Evaluation (GESTE).
- Fuchs, N. (2010). Wie weiter mit der biologisch-dynamischen Forschung? *Verlag am Goetheanum, CH-Dornach*.
- Fuchs, N. (2014). Evolutive Agrarkultur. Landwirtschaft nach dem Bildprinzip des Menschen. Eine Skizze. Verlag Lebendige Erde, Darmstadt.
- Garcia-Yzaguirre, A., Dominguis, V., Carreres, R. & Juan, M. (2011). Short communication. Agronomic comparison between organic rice and biodynamic rice. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(01), 280-283.
<http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/1558/1412>
- Geier, U. & Meischner, T. (2011). Der kleine Unterschied. Die Qualität biologisch-dynamischer und biologisch erzeugter Produkte im Vergleich. *Lebendige Erde* 6/2011.
- Geier, U., Büssing, A., Kruse, P., Greiner, R. & Buchecker, K. (2016). Development and application of a test for food induced emotions. *PlosOne*. Submitted.

- Geier, U., Hermann, I., Mittag, K. & Buchecker, K. (2012). First steps in the development of a psychological test on the effects of food on mental well-being. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(14), 2753-2756.
- Gerber, A., 1999: Umweltgerechte Landbewirtschaftung in der landwirtschaftlichen Berufsausbildung. Situationsanalyse und Perspektivenentwicklung am Beispiel Baden-Württembergs, *Margraf Verlag Weikersheim*.
- Giannattasio, M., Vendramin, E., Fornasier, F., Alberghini, S., Zano, M., Stellin, F., Concheri, G., Stevanato, P., Ertani, A., Nardi, S., Rizzi, V., Piffanelli, P., Spaccini, R., Mazzei, P., Piccolo, A. & Squartini, A. (2013). Microbiological features and bioactivity of a fermented manure product (preparation 500) used in biodynamic agriculture. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23(05), 644-651.
- Granato, D., Margraf, T., Brotzakis, I., Capuano, E. & Van Ruth, S. M. (2015). Characterization of Conventional, Biodynamic, and Organic Purple Grape Juices by Chemical Markers, Antioxidant Capacity, and Instrumental Taste Profile. *Journal of Food Science* 80, (01), C55-C65.
- Grauer, C. (2007). Am Anfang war die Unterscheidung. Der ontologische Monismus: Eine Theorie des Bewusstseins im Anschluss an Kant, Steiner, Husserl und Luhmann. *Info3 Verlag, Frankfurt*.
- Hartkemeyer, T., Guttenhöfer, P., Schulze, M. (Hrsg.) (2014). Das pflügende Klassenzimmer: Handlungspädagogik und Gemeinschaftsgetragene Landwirtschaft. DBU-Umweltkommunikation Bd5, oekom Verlag, München
- Haßold-Piezunka, N. Eignung des Chroma-Boden-Tests zur Bestimmung von Kompostqualität und Rottegrad. Dissertation Universität Oldenburg 2003
- Heger, T. J., Straub, F. & Mitchell E. A. D. (2012). Impact of farming practices on soil diatoms and testate amoebae: A pilot study in the DOK-trial at Therwil, Switzerland. *European Journal of Soil Biology*, 49, 31-36.
- Heimler, D., Isolani, L., Vignolini, P. & Romani, A. (2009). Polyphenol content and antiradical activity of Cichorium intybus L. from biodynamic and conventional farming. *Food Chemistry*, 114(03), 765-770.
- Heimler, D., Vignolini, P., Arfaio, P., Isolani, L. & Romani, A. (2011). Conventional, organic and biodynamic farming: differences in polyphenol content and antioxidant activity of Batavia lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(03), 551-556.
- Heinze, H. (1983). Mensch und Erde. Philosophisch-Anthroposophischer Verlag am Goetheanum,
- Heitkamp, F., Raupp, J. & Ludwig B. (2011). Soil organic matter pools and crop yields as affected by the rate of farmyard manure and use of biodynamic preparations in a sandy soil. *Organic Agriculture*, 1(02), 111-124.
- Hiß, C. (2015). „Richtig rechnen“ - Durch die Reform der Finanzbuchhaltung zur ökologisch-ökonomischen Wende - . Oekom-verlag, München.
- Hubenthal, C. (2012). Die neue Nachhaltigkeit heißt Resilienz. Oekom Verlag,
- Huber, M., Andersen, J.-O., Kahl, J. Busscher, N., Doesburg, P., Mergardt, G., Kretschmer, S., Zalecka, A., Meelursarn, A., Ploeger, A., Nierop, D., Van de Vijver, L. & Baars, E. (2010). Standardization and Validation of the Visual Evaluation of Biocrystallizations. *Biological Agriculture and Horticulture*, 27, 25-40.
- Hülsbergen, K. J. & Rahmann, G. (Hg) (2013). Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme. Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. *Thünen Rep 8, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen Institut*, 412 p.
- Ivemeyer, S. & Walkenhorst, M. (2011). Tierhaltung. Praxiserhebung zur Mineralstofffütterung in der biologisch-dynamischen Milchviehhaltung. In: Leithold, G. et al. (2011): Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen, 16.-18. März 2011, Band 2, 88-91, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Jaenichen, A. & van Elsen, T. (2011). Soziale Landwirtschaft in deutschen Camphill-Dorfgemeinschaften und deren Ansätze zur Natur- und Landschaftsentwicklung. In: Leithold, G. et al. (2011): Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen, 16.-18. März 2011, Band 2, 364-367, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Jantsch, P. & Schüler, C. (1995): Braucht der Ökolandbau eine eigene Getreidezüchtung? *Bioland 1/95*, 13-15.
- Jayasree, P. & George, A. (2006). Do biodynamic practices influence yield, quality, and economics of cultivation of chilli (*Capsicum annum L.*)? *Journal of Tropical Agriculture*, 44(1-2), 68-70.
- Joergensen, R. G., Mäder, P. & Fließbach, A. (2010). Long-term effects of organic farming on fungal and bacterial residues in relation to microbial energy metabolism. *Biology & Fertility of Soils*, 46(03), 303-307.
- Kahl, B. J. (2006). Entwicklung, in-house Validierung und Anwendung des ganzheitlichen Verfahrens Biokristallisation für die Unterscheidung von Weizen-, Möhren- und Apfelproben aus unterschiedlichem Anbau und Verarbeitungsschritten. Habilitationsschrift für das Fach „Ökologische Lebensmittelqualität“, Universität Kassel.
- Kahl, J., Busscher, N., Mergardt, G., Andersen, J.-O., Doesburg, P., Arlai, A. & Ploeger, A. (2015). Standardization and Performance Test of Crystallization with Additives Applied to Wheat Samples. *Food Analytical Methods*, Springer.
- Kalisch, M. & van Elsen, T. (2011). Innovative Fallbeispiele sozialer Landwirtschaft in Deutschland. In: Leithold, G. et al. (2011): Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen, 16.-18. März 2011, Band 2, 360-363, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Koepf, H. H. & von Plato, B. (2001). Die biologisch-dynamische Wirtschaftsweise im 20. Jahrhundert. Die Entwicklungsgeschichte der biologisch-dynamischen Landwirtschaft von ihren Anfängen bis zum Ende des Jahrhunderts. *Verlag am Goetheanum, Dornach*.
- Kokornaczyk, M. O., Parpinello, G. P., Versari, A., Rombolà, A. D. & Betti, L. (2014). Qualitative discrimination between organic and biodynamic Sangiovese red wines for authenticity. *Analytical Methods* 6, 7484-7488.
- Kraiß, K., van Elsen T., 2008: Community Supported Agriculture (CSA) in Deutschland. Konzept, Verbreitung und Perspektiven von landwirtschaftlichen Wirtschaftsgemeinschaften. *Lebendige Erde* 58, 2/2008.

- Kusche, D. (2015). Untersuchungen zu Qualität und Verträglichkeit ökologischer Milch - Differenzierbarkeit biologisch-dynamischer und konventioneller Milchqualität auf Betriebsebene anhand analytischer Qualitätsparameter und unter Einbezug von Verträglichkeitstests. *Dissertation Universität Kassel, Witzenhausen*, 149 S.
- Kusche, D. and T. Baars (2011a): Differences in fatty acid and antioxidant profiles of milk from German biodynamic and conventional low- and high-input systems in summer and winter. In IFOAM Proceedings – Organic is life, ISO FAR, Vol. 2: 170-172
- Kusche, D. and T. Baars (2011b): The Potential of Organic Milk – Fatty Acid and Antioxidant Profiles of Biodynamic and Conventional Milk from Low- and high Input systems in Summer and Winter. In Book of Abstracts, First International Conference on Organic Food Quality and Health Research, Institute of Chemical Technology, Prag, 155.
- Kusche, D., K. Kuhnt, K. Ruebesam, C. Rohrer, A. FM Nierop, G. Jahreis and T. Baars (2015): Fatty acid profiles and antioxidants of organic and conventional milk from low- and high-input systems during outdoor period. *J. Sci. Food Agr.* 95(3): 529-539, first published 23.07.2014,
- Kusche, D., K. Rübesam and T. Baars (2010): Fatty acids and antioxidant profiles in summer milk from different biodynamic and conventional systems in Southern Germany. In: *Grassland in a changing world - Grassland Science in Europe*, Vol. 15: 604-606
- Laghi, L., Versari, A., Marcolini, E. & Parpinello, G. P. (2014). Metabonomic Investigation by 1H-NMR to Discriminate between Red Wines from Organic and Biodynamic Grapes. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 52-59.
- Lammerts van Bueren, E.T. & Struik P.C. (2005). Integrity and rights of plants: ethical notions in organic plant breeding and propagation. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. 18, 479-493.
- Langenkämper, G., Zörb, C., Seifert, M., Mäder, P., Fretzdorff, B. & Betsche, T. (2006). Nutritional quality of organic and conventional wheat. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 80, 150-154.
- Leiber, F. (2009). Biologisch-Dynamisch: Andere Philosophie? Andere Praxis? Andere Forschung? In: Baars, T. *et al.* (2009): Erforschung des Lebendigen. An den Grenzen herkömmlicher Wissenschaft. Dokumentation der Ringvorlesung „Forschung am Lebendigen. Wissenschaftsphilosophische Hintergründe, wissenschaftliche Ergebnisse und Forschungsansätze der Biologisch-Dynamischen Landwirtschaft“ *Universität Kassel/Witzenhausen WS 2007/2008*.
- Leiber, F., Fuchs, N. & Spieß, H. (2006). Biodynamic agriculture today. In: Kristiansen, P. *et al.* (2006). Organic agriculture: a global perspective, 141-149.
- Lucarini, M., D'Evoli, L., Tufi, S., Gabrielli, P., Paoletti, S., Di Ferdinando, S. & Lombardi-Boccia, G. (2012). Influence of growing system on nitrate accumulation in two varieties of lettuce and red radicchio of Treviso. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(14), 2796–2799.
- Luley, H., Kröger, M. & Rieken, H. (2015). Beratung ökologisch wirtschaftender Erzeuger in Deutschland. *Schriftenreihe Kommunikation und Beratung No. 117. Margraf Publishers, Weikersheim*.
- Maciel L. F., da Silva Oliveira, C., da Silva Bispo, E. & da Spínola Miranda, M. (2011). Antioxidant activity, total phenolic compounds and flavonoids of mangoes coming from biodynamic, organic and conventional cultivations in three maturation stages. *British Food Journal*, 113(09), 1103 -1113.
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. & Niggli, U. (2002). Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science*, 296 (5573), 1694-1697.
- McCullough, M., Qenani, E., & MacDougall, N. (2012). Biodynamic Practices, Eco-label Wines and Millennial Consumers. *Journal of Agricultural Science and Technology*, A2, 1364-1372.
- Meissner, G. (2015). Untersuchungen zu verschiedenen Bewirtschaftungssystemen im Weinbau unter besonderer Berücksichtigung der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise und des Einsatzes der biologisch-dynamischen Präparate. *PhD Thesis, University Geisenheim, Geisenheim*, 271 pp.
- Meissner, G., Döring, J., Kauer, R., Stoll, M. & Schultz, H. R. (2013). Untersuchungen zu verschiedenen Bewirtschaftungssystemen im Weinbau unter besonderer Berücksichtigung der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise und des Präparateinsatzes – Ergebnisse aus der Umstellungsphase 2006-2009. In: Neuhoff, D. *et al.* (2013). Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau Rheinische Friedrichs-Wilhelms-Universität Bonn, 5.-8. März 2013, 354-357, *Verlag Dr. Köster, Berlin*.
- Metz, C., Haugstätter, M. & Spengler-Neff, A. (2012). Kuhfamilienzucht. Zum Hof passende Tiere züchten. *Lebendige Erde*, 4/2012.
- Mittelstraß, J. (1989). Der Flug der Eule. Von der Vernunft der Wissenschaft und der Aufgabe der Philosophie: *Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main*.
- Parpinello, G. P., Rombolà, A. D., Simonic, M. & Versaria, A. (2015). Chemical and sensory characterisation of Sangiovese red wines: Comparison between biodynamic and organic management. *Food Chemistry*, 167, 145-152.
- Paull, J. (2011a). Attending the First Organic Agriculture Course: Rudolf Steiner's Agriculture Course at Koberwitz, 1924. *European Journal of Social Sciences*, 21(01), 64-70.
- Paull, J. (2011b). Biodynamic agriculture: the journey from Koberwitz to the world, 1924-1938. *Journal of Organic Systems*, 6(01), 27-41.
- Paull, J. (2011c). The Secrets of Koberwitz: The Diffusion of Rudolf Steiner's Agriculture Course and the Founding of Biodynamic Agriculture. *Journal of Social Research & Policy*, 2(01), 19-29.
- Paull, J. (2014). Ernesto Genoni: Australia's pioneer of biodynamic agriculture. *Journal of Organics*, 1(01), 57-81.
- Pechrova, M. & Vlašicová E. (2013). Technical Efficiency of Organic and Biodynamic Farms in the Czech Republic. *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*, 5(04), 143.152.

- Pechrová, M. (2014). Determinants of the Farmers' Conversion to Organic and Biodynamic Agriculture. *Agris On-Line Papers in Economics & Informatics*, 6(04). 113-120.
- Pfeiffer, E. Chromatography applied to Quality Testing. *Bio-Dynamic Literature*, Wyoming, Rhode Island 02898, 1984.
- Plahuta, P. & Raspor, P. (2007): Comparison of hazards: Current vs. GMO wine. *Food Control* 18, 492-502.
- Poser, H. (2012). Wissenschaftstheorie: Eine philosophische Einführung. *Reclam, Stuttgart*, p. 312ff.
- Pötzsch, J., Hörning, B. & Hoffmann H. (2015). Erhebung zur wesensgemäßen Haltung von Schweinen auf Demeter-Betrieben. In: Häring, A. M. *et al.* (2015). Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen 17.-20. März 2015, 364-367, *Verlag Dr. Köster, Berlin*.
- Radha, T. K. & Rao, D. L. N. *et al.* (2014). Plant Growth Promoting Bacteria from Cow Dung Based Biodynamic Preparations. *Indian Journal of Microbiology*, 54(04), 413-418.
- Rangel, L. M., Jaeger, C., Fonseca, R., Soared, A. & de Jesus, E. O. (2011). Nutritional value of organic acid lime juice (*Citrus latifolia* T.), cv. Tahiti. *Food Science and Technology (Campinas)*, 31(04), 918-922.
- Raupp, J. & Oltmanns, M. (2006). Soil properties, crop yield and quality with farmyard manure with and without biodynamic preparations and with inorganic fertilizer. *ISOFAR Scientific Series*, 1, 135-156.
- Reeve, J. R., Carpenter-Boggs, L., Reganold, J. P., York, A. L. & Brinton, W. F. (2010). Influence of biodynamic preparations on compost development and resultant compost extracts on wheat seedling growth. *Bioresource Technology*, 101(14), 5658–5666.
- Rehfus W. D. (2003). Handwörterbuch Philosophie. Vandenhoeck & Ruprecht GmbH & Co. KG, Göttingen, Oakville.
- Ross, C. F., Weller, K. M., Blue, R. B. & Reganold, J. P. (2009). Difference Testing of Merlot Produced from Biodynamically and Organically Grown Wine Grapes. *Journal of Wine Research*, 20(02), 85-94.
- Sattler, F. & v. Wistinghausen, E. (1989): Der landwirtschaftliche Betrieb – Biologisch-Dynamisch: *Eugen Ulmer, Stuttgart*.
- Scheller, E. & Raupp., J. (2005). Amino acid and soil organic matter content of topsoil in a long term trial with farmyard manure and mineral fertilizers. *Biological Agriculture & Horticulture*, 22 (04), 379-397.
- Scheller, E. (2013). Grundzüge einer Pflanzenernährung des ökologischen Landbaus. *Ein Fragment. Verlag Lebendige Erde, Darmstadt*.
- Scheper, C., Raupp, J. & Baars, T. (2009). Mögliche Wirkungswege der biologisch-dynamischen Hornpräparate aus naturwissenschaftlicher Perspektive. In: Mayer, J. *et al.* (2009). Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, ETH Zürich, 11.-13. Februar 2009, Band 1, 123-126, *Verlag Dr. Köster, Berlin*.
- Schieren, J. (1998). Anschauende Urteilskraft. Methodische und philosophische Grundlagen von Goethes naturwissenschaftlichem Erkennen. *Parerga Verlag, Düsseldorf und Bonn*.
- Schmitz, H. (2003). Was ist Neue Phänomenologie?. Koch Verlag, Rostock.
- Schneider-Müller, S., (1991). Physiologische Veränderung bei Pflanzen während der Ausbildung der induzierten systemischen Resistenz. *Dissertation, Darmstadt*. 159 S.
- Sharma, S. K., Laddha, K. C., Sharma, R. K., Gupta, P. K., Chatt, L. K. & Pareek, P. (2012). Application of biodynamic preparations and organic manures for organic production of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *International Journal of Seed Spices*, 2(01), 7-11.
- Siegmeier, T., Hertkorn, M.-L., Mühlrath, D. & Möller, D., (2013). Struktur und Entwicklung der wissenschaftlichen Zeitschriftenliteratur zum Thema „ökologische Landwirtschaft“. In: Neuhoff, D. *et al.* (2013). Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau Rheinische Friedrichs-Wilhelms-Universität Bonn, 5.-8. März 2013, 780-783, *Verlag Dr. Köster, Berlin*.
- Simões-Wüst A. P., Rist L., Mueller, A., Huber, M., Steinhart, H. & Thijs C. (2011). Consumption of dairy products of biodynamic origin is correlated with increased contents of rumenic and trans-vaccenic acid in the breast milk of lactating women. *Org. Agr.* 1, 161-166.
- Spaccini, R., Mazzei, P., Squartini, A., Giannattasio, M. & Piccolo, A. (2012). Molecular properties of a fermented manure preparation used as field spray in biodynamic agriculture. *Environmental Science and Pollution Research* 19(9), 4214-4225.
- Spengler Neff, A. & Ivemeyer S. (2012). Rindviehzuchtgruppe des Vereins für biologisch-dynamische Landwirtschaft der Schweiz, 2012: Muttergebundene Kälberaufzucht in der Milchviehhaltung: *FiBL-Merkblatt 1575; ISBN 978-3-03736-207-5*.
- Spieß, H. (1978). Konventionelle und biologisch-dynamische Verfahren zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit. *Dissertation. Gießen. Schriftenreihe Lebendige Erde, Darmstadt*.
- Spieß, H. (1994). Chronobiologische Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung lunarer Rhythmen im biologisch-dynamischen Pflanzenbau. *Schriftenreihe des Instituts für Biologisch-Dynamische Forschung, Band 3, 258 S., Verlag Lebendige Erde*.
- Spieß, H., Matthes, C., Horst, H. & Schaaf, H. (2011). Wirkung von Kali- und Gesteinmehldüngung in Abhängigkeit von *Digitalis purpurea*-Behandlungen auf Pflanzen und Boden bei langjährig bio-dynamischer Bewirtschaftung. In: Leithold, G. *et al.* (2011): Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen, 16.-18. März 2011, Band 1, 54-57, *Verlag Dr. Köster, Berlin*.
- Sradnick, A., Murugan, R., Oltmanns, M., Raupp, J. & Joergensen, R. G. (2013). Changes in functional diversity of the soil microbial community in a heterogeneous sandy soil after long-term fertilization with cattle manure and mineral fertilizer. *Applied Soil Ecology*, 63, 23-28.
- Steiner, R. (1886). Grundlinien einer Erkenntnistheorie der Goetheschen Weltanschauung mit besonderer Berücksichtigung auf Schiller. *Verlag am Goetheanum, Dornach, 8. Aufl. 2003*.
- Steiner, R. (1920). Grenzen der Naturerkenntnis. Vorträge 1920. Verlag am Goetheanum Dornach, 5. Aufl. 1981.

- Steiner, R. (1925). Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft. *Rudolf Steiner Verlag, Dornach, 1 Aufl.*
- Steiner, R. S. (2009). Spuren des Biolandbaus. Wie verschiedene Anbaumethoden in der Landschaft sichtbar werden. *oekom-Verlag, München, 142 S.*
- Strasser, F. & v. Coray, M. (2009). Klimaschutz mit pilzresistenten Rebsorten - Fallstudie eines langjährigen Bioweinbaubetriebes In: Mayer, J. et al. (2009). Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, ETH Zürich, 11.-13. Februar 2009, Band 1, 414-417, *Verlag Dr. Köster, Berlin.*
- Tassoni, A., Tango, N. & Ferri, M. (2013). Comparison of biogenic amine and polyphenol profiles of grape berries and wines obtained following conventional, organic and biodynamic agricultural and oenological practices. *Food Chemistry, 139(1-4), 405-413.*
- Thijs, C., Müller, A., Rist, L., Kummeling, I., Snijders, B. E. P., Huber, M., van Ree, R., Simoes-Wuest, A. P., Dagnelie, P. C. & van den Brandt P. A. (2011). Fatty acids in breast milk and development of atopic eczema and allergic sensitisation in infancy. *Allergy, 66, 58-67.*
- Timmermann, M. (2007). Phänomenologie der Natur: eine methodische Erweiterung der quantifizierenden Naturwissenschaften. In: Zikeli, S. et al. (2007). Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, 20.-23. März 2007, Band 2, 787-790, *Verlag Dr. Köster, Berlin.*
- Trivedi, A., Sharma, S. K., Hussain, T., Sharma, S. K. & Gupta, P. K. (2013). Application of biodynamic preparation, bio control agent and botanicals for organic management of virus and leaf spots of blackgram (Vignamungo L. Hepper). *Academia Journal of Agricultural Research, 1(04), 60-64.*
- Tung, L. D., Fernandez, P. G. (2007). Soybeans under organic, biodynamic and chemical production at the Mekong Delta, Vietnam. *Philippine Journal of Crop Science, 32(02), 49-62.*
- Turinek, M., Turinek, M., Grobelnik-Mlakar, S., Bavec, F. & Bavec, M. (2010). Ecological efficiency of production and the ecological footprint of organic agriculture. *Journal for Geography, 5(02), 129-139.*
- Valdez, R. E. & Fernandez, P. G. (2008). Productivity and seed quality of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars grown under synthetic, organic fertilizer and biodynamic farming practices. *Philippine Journal of Crop Science, 33 01), 37-58.*
- Verhoog, H. M. (2009). Werte der Biologisch-dynamischen (ökologischen) Landwirtschaft. In: Baars, T., et al. (2009). Erforschung des Lebendigen. An den Grenzen herkömmlicher Wissenschaft. Dokumentation der Ringvorlesung „Forschung am Lebendigen. Wissenschaftsphilosophische Hintergründe, wissenschaftliche Ergebnisse und Forschungsansätze der Biologisch-Dynamischen Landwirtschaft“ *Universität Kassel/Witzenhausen WS 2007/2008.*
- Verhoog, H. M., Matze, E., Lammerts van Bueren, E. & Baars, T. (2003). The role of the concept of the natural (naturalness) in organic farming. *Journal of Agricultural and environmental Ethics, 16, 29-49.*
- Villanueva-Rey, P., Vázquez-Rowe, I., Moreira, M. T. & Feijoo, G. (2014). Comparative life cycle assessment in the wine sector: biodynamic vs. conventional viticulture activities in NW Spain. *Journal of Cleaner Production 65, 330-341.*
- Voitl, I., Guggenberger, E. Der Chroma-Boden-Test. ISBN 3-7015-0036-3
- Wegmann, I. (1925). Grundlegendes für eine Erweiterung der Heilkunst nach geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen. *Dornach.*
- Yañez, L., Saavedra, J., Martinez, C., Córdova, A. & Ganga, M. A. (2012). Chemometric Analysis for the Detection of Biogenic Amines in Chilean Cabernet Sauvignon Wines: A Comparative Study between Organic and Nonorganic Production. *Journal of Food Science, 77 (8), T143-T150.*
- Zalecka, A., Kahl, J., Doesburg, P., Pyskow, B., Huber, M., Skjerbaek, K. & Ploeger, A. 2010. *Biological Agriculture & Horticulture, 27 (1), 41-57.*
- Zaller, J. (2007). Seed germination of the weed *Rumex obtusifolius* after on-farm conventional, biodynamic and vermicomposting of cattle manure. *Annals of Applied Biology, 151, 245-249.*
- Zaller, J. G. & Köpke, U. (2004): Effects of traditional and biodynamic farmyard manure amendment on yields, soil chemical, biochemical and biological properties in a long term field experiment, *Biol Fertil Soils, 40, 222-229.*
- Zürcher, E. (2003). Holzforschung im Zeichen des Mondes, *Lebendige Erde, 6/2003.*
- Zürcher, E. (2014). Erforschung kosmischer Rhythmen und Phänomene in der Pflanzenwelt. In: Hurter, U. (2014): *Agrikultur für die Zukunft – Biodynamische Landwirtschaft heute. Verlag am Goetheanum, Dornach/Schweiz, 224-231.*
- Zürcher, E., Cantiani, M. G., Sorbetti-Guerri, F. & Michael, F. (1998). Tree stem diameters fluctuate with tide. *Nature, 392, 665-666.*
- Zürcher, E., Schlaepfer, R., Conedera, M. & Giudici, F. (2010). Looking for differences in wood properties as a function of the felling date: lunar phase-correlated variations in the drying behavior of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.) and Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Tree, 24, 31-41.*