

LA RECHERCHE BIO-DYNAMIQUE

Méthodes et résultats

Herbert Koepf



LES
CAHIERS
DE BIODYNAMIS

RECHERCHE EN AGRICULTURE BIO-DYNAMIQUE

Méthodes et résultats

Herbert Koepf

Rédaction allemande par Herbert Koepf et Manon Haccius.

Ce document est la version augmentée d'une conférence donnée le 19 mars 1991 au comité scientifique de l'association "Bio-dynamic Farming and Gardening", U.S.A. Il souhaite donner quelques concepts de base, approches et résultats de la recherche en agriculture bio-dynamique. L'intention n'était pas d'en donner un compte rendu détaillé, qui serait par ailleurs trop vaste pour intéresser beaucoup de lecteurs. Beaucoup de références sont indiquées à la fin de ce document ; un nombre de références au moins aussi important est également disponible auprès de l'auteur.

Remerciements

L'auteur adresse ses remerciements les plus vifs au Dr. Edward Erdmann de l'University of Wisconsin-Whitewater pour l'aide apportée dans la rédaction de ce document.

Les droits pour l'original anglais de 1993 appartiennent à la
Biodynamic Farming and Gardening Association Inc.
P.O. Box 550 Kimberton PA, 19442, USA. ISBN 0-938250-34-5.

Version complétée d'après l'édition allemande H. Koepf. Biologisch-dynamische Forschung, H. Koepf und M. Haccius. Verlag Freies Geistesleben. Stuttgart.
Traduit de l'anglais par Daniel Kmićik (Docteur es sciences naturelles -Biochimie) et revu d'après la nouvelle édition allemande par Jean-Michel Florin.

Photo de la couverture :

Maquette, mise en page et traitement des illustrations : Mireille Claudel

© Mouvement de Culture Bio-Dynamique - Paris
Dépôt légal 2^{ème} semestre 1998
ISSN 1272-1263

Cahier de Biodynamis n° 2
Toute reproduction intégrale ou partielle interdite
(art. 425 et suivants du Code Pénal)

Imprimerie des Monts du Lyonnais
69550 Saint-Martin-en-haut

SOMMAIRE

PREMIERES RECHERCHES BIO-DYNAMIQUES	5
Les recherches qui suivirent le <i>Cours aux agriculteurs</i>	6
Les établissements de recherche bio-dynamique.....	8
LA FERME CONSIDÉRÉE COMME UNE INDIVIDUALITÉ.....	11
Systèmes bio-dynamiques	12
Chargement en bétail et rendements dans les fermes bio-dynamiques.....	14
Bilan et efficience des éléments nutritifs dans les fermes bio-dynamiques.....	14
Rendements et performances économiques	18
Systèmes sans bétail, ranchs et steppes	20
Organisme agricole et économie de l'entreprise agricole..	21
MÉTHODES MORPHOGÉNÉTIQUES	23
Cristallisations sensibles	23
Chromatographies.....	27
RECHERCHES EFFECTUÉES SUR LES	
PRÉPARATIONS BIO-DYNAMIQUES.....	31
Types de préparations bio-dynamiques	32
Effets des préparations bio-dynamiques dans le compost, le fumier et les sols.....	36
Effets des préparations bio-dynamiques sur les rendements.....	44
Influence des préparations bio-dynamiques sur la qualité des produits	48
RECHERCHES EFFECTUÉES SUR LA QUALITÉ DES PRODUITS AGRICOLES	49

EXPÉRIMENTATIONS CONTRIBUANT À UNE COMPRÉHENSION DE	
L'EFFET DES PRÉPARATIONS BIO-DYNAMIQUES	65
Le travail investi dans la confection et l'application	
des préparations	73
RYTHMES	75
RECHERCHES EN COURS	79
Les composts et leurs effets	79
Le compost de bouse.....	81
Régulation des maladies et des parasites	84
Recherches sur la conversion de fermes à l'agriculture	
bio-dynamique.....	87
Autres recherches en cours	88
Culture bio-dynamique de coton dans le delta du Nil	89
Fixation symbiotique de l'azote.....	91
BIBLIOGRAPHIE.....	93
ADRESSES	105

PREMIÈRES RECHERCHES BIO-DYNAMIQUES

L'approche bio-dynamique de l'agriculture s'est développée à partir de huit conférences que Rudolf Steiner, le fondateur de la science spirituelle anthroposophique, donna du 7 au 16 juin 1924, à la demande de fermiers en exercice. Ces conférences sont généralement référencées sous le nom de *"Cours aux agriculteurs"* (R. Steiner : Agriculture. Les fondements spirituels de la méthode bio-dynamique, Ed. Anthroposophiques Romandes). Avant cet événement, Steiner avait très souvent traité de questions d'agriculture avec des scientifiques et des fermiers, dont E. Stegemann, qui gérait une ferme de 175 ha près de Göttingen, en Allemagne ; le comte von Keyserlinck, qui accueillit ensuite les participants aux conférences de juin 1924 dans sa grande propriété de Koberwitz en Silésie ; et le Dr. Pfeiffer qui, de 1940 à sa mort en 1961, vécut aux États Unis et dès 1920/21 menait des expérimentations dans le domaine des "forces éthériques formatrices". Au début des années 20, un laboratoire avait commencé à faire des essais biologiques, sous la direction de L. et E. Kolisko, sur ce qu'on appelait alors l'effet "des faibles entités dans l'agriculture", ou des quantités infimes de substances. Le travail de L. et E. Kolisko fut publié en 1939 sous le titre : *Agriculture of Tomorrow* (non traduit). En 1920-22, lors d'une épidémie de fièvre aphteuse chez les bovins, dans le sud de l'Allemagne, Rudolf Steiner aida à préparer un remède à base de café. Un peu plus tard, en 1923-24, Steiner conseilla E. Pfeiffer et G. Wachsmuth sur la manière d'élaborer les premières préparations bio-dynamiques. À propos d'une contribution comme celle des huit conférences de 1924, Steiner insistait sans cesse sur la nécessité de ne pas seulement tenir compte de ce qui pouvait être mis immédiatement en pratique en agriculture, mais aussi de ce qui restait à expérimenter. Le développement par l'expérimentation pratique – quoique

guidé par une théorie définie – a toujours été, en vérité, la caractéristique de l'agriculture bio-dynamique.

LES RECHERCHES QUI SUIVIRENT LE "COURS AUX AGRICULTEURS"

Après que Steiner eut donné ses huit conférences, des expérimentations comparatives débutèrent immédiatement dans les fermes d'agriculture bio-dynamique, puisque, encore pendant les conférences, les auditeurs du cours, suivant une proposition du comte Keyserlingk s'étaient réunis en un "cercle d'expérimentations agricoles". De tels cercles d'expérimentation n'étaient pas chose inhabituelle à l'époque. Les théories du chercheur, quoiqu'essentielles, et ses découvertes spécifiques lors d'essais de plein champ et dans ses tubes à essais, doivent être évaluées et adaptées aux vrais besoins de chaque entreprise agricole. L'objectif de telles expérimentations consistait à appliquer les suggestions de Steiner et à modifier en conséquence l'ensemble de la planification et de la gestion agricole de la ferme. Une partie de la recherche concernait la manière d'élaborer, conserver et appliquer les préparations. D'autres sujets comprenaient la planification des travaux de la ferme "en tant qu'individualité se suffisant à elle-même" :

- l'utilisation des terres et la rotation des cultures afin de développer la fertilité et la conservation du sol ;
- la manière de préparer les fumiers et les composts ;
- l'emploi correct des légumineuses, des engrais verts et des cultures dérobées ;
- la diversité des espèces de plantes fourragères cultivées et permanentes ;
- le mulching, les haies et autres plantations visant à améliorer le microclimat et la vie sauvage ;
- l'emploi des herbes médicinales dans l'alimentation du bétail, les champs et les jardins ;
- l'entretien de la forêt ;

- l'intégration des animaux, leur alimentation et leur logement en vue de leur santé et de leur performance, et beaucoup d'autres sujets.

Dès ses débuts, l'agriculture bio-dynamique a embrassé tous les aspects de l'agriculture et de l'élevage. L'agriculture bio-dynamique, avec les groupes d'agriculture organique qui démarrèrent peu de temps après, peut revendiquer le mérite, non seulement d'avoir préservé et d'amélioré le savoir-faire traditionnel et les techniques agricoles, mais aussi d'avoir ajouté d'autres techniques contribuant à assurer un système agricole durable et favorable à l'environnement. Bien entendu, tous les sujets cités plus haut ne sont pas du tout inconnus pour l'agriculture courante et la science agricole, mais ceux qui partirent en quête de méthodes alternatives sont précisément ceux qui, les premiers, firent passer cette connaissance dans la pratique et le font encore aujourd'hui.

Un compte rendu détaillé du Comte Keyserlingk rédigé en 1928 montre que, dès 1924-25, un groupe de fermes de l'est de l'Allemagne avait mis des essais en place. Ceux-ci concernaient principalement la fumure organique, l'emploi des préparations, les rendements et les critères de qualité. On doit mentionner que, dès le début de l'agriculture bio-dynamique, les fermiers et les éleveurs se sont sentis extrêmement concernés par la qualité de l'alimentation humaine et animale. De là résultent beaucoup de recherches et développements visant à produire un aliment de qualité. Avec les interruptions liées aux événements politiques (2^e guerre mondiale), les produits bio-dynamiques portant la marque Demeter sont disponibles depuis 1928 en Allemagne. Toutefois de nouvelles tâches apparurent, en particulier durant la seconde moitié de ce siècle. Les conditions économiques et sociales de la ferme et les interrelations de l'agriculture avec d'autres secteurs de la société sont devenues des préoccupations majeures. De plus, de nouvelles questions sont apparues avec la propagation de la méthode bio-dynamique en dehors de son aire d'origine climatique tempérée, dans les zones arides et tropicales. Il existe actuellement des fermes bio-dynamiques sur tous les continents.

LES ÉTABLISSEMENTS DE RECHERCHE BIO-DYNAMIQUE

Dès le début, le développement de la recherche bio-dynamique centrée sur la ferme reçut l'appui de chercheurs professionnels. Chercheurs et fermiers ont poursuivi l'étude approfondie du "Cours aux Agriculteurs" et des écrits afférents. A partir de 1928/29, les représentants du mouvement bio-dynamique prirent conscience "qu'il ne s'agissait pas d'une nouvelle méthode de fertilisation mais qu'il fallait saisir et réorganiser l'ensemble de l'agriculture". (Au début, on parlait de "fertilisation biologique"). Ceci apparaît clairement dans les essais effectués paritairement de 1930 à 1935 par le cercle de recherche des agriculteurs anthroposophes et la chambre d'agriculture de Berlin-Brandebourg. (A. von Wistinghausen en relate les résultats positifs dans *Lebendige Erde* 1/1973). La planification reposait sur une réflexion concernant la méthode à utiliser pour prouver l'effet des pratiques bio-dynamiques. Celles-ci furent divisées en :

1. pratiques que l'on ne peut appliquer qu'au sein de l'ensemble d'un domaine agricole : par exemple organisation du domaine, production autonome de fourrage, chargement en bétail, cycle des substances animales, fertilisation par le sol et retour, aménagement du paysage : haies, rapport champs-herbages, forêt et régime de l'eau ;

2. pratiques qui demandent des expérimentations comparatives particulièrement difficiles comme : influences des astres (semis), différences de sol provenant d'un travail du sol adapté, utilisation de semences d'origines différentes, gestion de l'engrais vert, cultures associées et rotations de cultures particulières ;

3. pratiques pouvant être évaluées dans une large mesure par des essais comparatifs sur des parcelles, comme l'effet des préparations bio-dynamiques pour le compost et des préparations pulvérisées.

Il fut décidé d'effectuer des essais concernant le troisième point, essais comprenant évidemment aussi des essais de fertilisation sur plusieurs années. En tout cas, ceci montre clairement la vue globale et la signification de l'organisation du domaine.

Ils tinrent compte en plus, dès cette époque, des progrès techniques et théoriques dans la pratique et la recherche agricole conventionnelle. La combinaison de ces éléments a enrichi et dirigé la formulation des thèmes et des méthodologies de recherche et de développement. Durant toute l'histoire de la science bio-dynamique, les chercheurs ont été soucieux de suivre des règles rigoureuses de conception, de réalisation et d'évaluation des protocoles expérimentaux, des études analytiques et d'expertises statistiques. Jusqu'à ce jour, la plus grande partie des travaux a été financée par des fonds privés, tandis que des contrats et des subventions occasionnels d'organismes gouvernementaux et de fondations ont permis d'entreprendre des projets plus importants. Depuis les années 60, un nombre croissant de maîtrises et de thèses a été financé par les universités. La qualité des recherches des institutions bio-dynamiques a contribué à fonder la reconnaissance de la pratique et de la théorie bio-dynamique.

1. Entre 1920 et 1939, le laboratoire de biologie du Goetheanum fut indissociable de la personnalité d'E. Pfeiffer. À la fin des années 40, il créa le laboratoire de recherche biochimique de Spring Valley, (état de New York, USA). Après la mort de Pfeiffer, en 1961, ce laboratoire continua de fonctionner avec ses collaborateurs jusqu'en 1972. Joachim Schultz, qui travailla au Goetheanum jusqu'en 1953, est très connu par la publication du *Sternkalender* (Calendrier cosmique, non traduit), qui en est maintenant à sa 67^e édition, ainsi que par ses études expérimentales sur les rythmes biologiques.

2. À partir de 1970, la section des sciences du Goetheanum à Dornach a réalisé de nombreuses études en connexion avec l'agriculture et a développé de nouvelles approches en biologie et écologie, particulièrement du point de vue de la méthodologie scientifique (voir en particulier *Éveil au paysage* de Bockemühl, paru en français, N.D.T.). La plus grande partie de ces travaux est publiée dans la revue bisannuelle *Elemente der Naturwissenschaft* (Éléments de science naturelle). Voir Bockemühl (1980, 1982).

3. En 1958, B.D. Petterson fondait l'institut de recherche du Cercle de Recherche Nordique à Järna en Suède, qui s'est fait connaître par nombre d'études expérimentales en plein champ sur la gestion des sols et l'évaluation de la qualité des produits agri-

coles. Il entretenait des contacts réguliers avec l'université agronomique d'Uppsala. (Pettersson et von Wistinghausen 1979, voir aussi Koepf, Haccius, Schaumann, 1996).

4. Au début des années 50, l'Institut de Recherche Bio-dynamique commença ses activités à Darmstadt (Allemagne) avec un, puis plusieurs chercheurs à temps plein, des parcelles d'expérimentation et un équipement moderne et une annexe à Bad Vilbel. Les domaines de recherche de cet institut comprennent la qualité et la gestion des sols, le traitement du fumier et du compost, les préparations bio-dynamiques, la qualité des aliments et autres. Les publications en allemand sont rassemblées dans le bimestriel *Lebendige Erde* ainsi que dans une série de documents de comptes rendus de recherche.

5. En 1976 fut créé l'Institut Bolk qui, à côté d'une recherche médicale et biologique, poursuit ses investigations dans des domaines variés de la recherche bio-dynamique à Driebergen, en Hollande.

6. L'Instituto Biodinamico, de l'Estancia Demetria à Botucatu S.P. Brésil, étudie la mise en oeuvre des principes bio-dynamiques dans les cultures, l'élevage et l'amendement sous les conditions pédologiques et climatiques locales.

7. L'Institut agricole Michael Fields à East Troy, Wisconsin, USA, conduit depuis 1983 une recherche centrée sur la ferme, la planification et le travail avec des fermiers en méthode bio-dynamique ou autres agricultures écologiques, en vue de développer un système agricole autonome durable. Le secteur de travail s'étend principalement sur le nord-ouest des USA avec des activités en Europe de l'Est et en Asie.

LA FERME CONSIDÉRÉE COMME UNE INDIVIDUALITÉ

Le concept de la ferme considérée comme une individualité fut présenté par Rudolf Steiner dans les trois premières conférences de son "Cours aux Agriculteurs". C'est le point de référence objectif, issu de la nature même de l'agriculture, qui permet de comprendre tout ce qui sera dit ensuite. Comme le terme "individualité" semble quelque peu inhabituel dans ce contexte, on lui préfère souvent celui "d'organisme". Les deux termes désignent les fonctions en interrelation d'une ferme ou d'un agroécosystème. Cependant "individualité" est un terme plus précis, car il exprime le caractère unique de la situation biologique, sociale et économique de chaque ferme. Les suggestions de Steiner dans le domaine agricole reposent sur le principe conceptuel essentiel du caractère absolument unique de l'individualité de chaque ferme.

Lorsqu'il emploie le terme "individualité" (ou organisme dans ce contexte), il ne recourt pas à une métaphore. Il attire plutôt l'attention sur une réalité objective. Dans la science spirituelle anthroposophique qu'il a fondée, Steiner explique que les êtres humains partagent avec les règnes minéral, végétal et animal, les trois niveaux d'existence : physique, vivant et animé. Cependant, par notre humanité, nous participons de plus au monde spirituel par notre faculté de pensée nous permettant de saisir consciemment l'esprit, transcendant ainsi les règnes végétal et animal aussi bien que la matière inorganique. Nous sommes capables de réfléchir consciemment sur nous-mêmes, sur la nature et de prendre des décisions indépendantes. Comprendre les "niveaux d'être" et leurs lois présents dans chaque domaine agricole oriente et donne de l'assurance pour la planification et la prise de décision. Le fermier ne doit jamais perdre de vue son objectif, qui consiste à créer une ferme largement autonome du point de vue de la production. La

pérennité durable de la ferme est réalisée lorsque la ferme s'approche raisonnablement d'un système clos, équilibrant l'entrée et la sortie des matières et des forces, et générant un degré élevé d'homéostasie (tendance des organismes vivants à stabiliser leurs diverses constantes physiologiques, N.D.T.) inhérente au système. Par la diversité végétale, en intégrant pleinement le cheptel (en fonction des types et de la zone de production), en recyclant la matière organique et en constituant des sols fertiles, le fermier peut créer une ferme individualisée. Inutile de dire que cela requiert une vaste expérience. Les fermiers en exercice, les débutants qui se sont lancés dans quelques années d'apprentissage, et même les étudiants en agriculture, doivent envisager d'accumuler une riche expérience.

(Le fait que la réalité économique, écologique et sociale quotidienne de l'agriculture actuelle soit en opposition totale à cette image, ne signifie pas pour autant que cela soit faux. L'état actuel de l'agriculture ne fait que prouver les erreurs structurelles et politiques agricoles effectuées lors de l'intégration, depuis 1950, de l'agriculture dans le système industriel et financier de notre économie fondée sur la division du travail. Il n'est même pas nécessaire de justifier le fait que l'on ne remédiera pas à cet état des choses en "raccourant" et en "réparant" mais par un changement de manière de penser.)

Parvenus à ce point, il serait souhaitable de mentionner quelques questions ouvertes ainsi que des résultats de cette approche globale de la ferme.

SYSTÈMES BIO-DYNAMIQUES

Les revues du mouvement bio-dynamique ont publié un grand nombre de rapports sur les fermes variant du plus sommaire au plus détaillé. Étant donné que ces informations sont souvent incomplètes et peu méthodiques, on a grandement besoin d'une vue d'ensemble des différents types de fermes bio-dynamiques existants. À présent, quelques éléments au moins de la méthode,

sinon la méthode bio-dynamique dans son intégralité, sont déjà mis en pratique dans toutes les zones de production agricole du globe. L'agriculture bio-dynamique inclut maintenant presque tous les aspects de l'agriculture professionnelle, de la culture à temps partiel et du maraîchage. Les fermiers bio-dynamiques produisent des plantes sarclées, du fourrage, des légumes, des fruits et des baies, des épices et des plantes médicinales à usages cosmétique ou thérapeutique, et même du café, du thé et d'autres produits tropicaux. L'élevage est normalement intégré sur les fermes de ce genre, si bien que même les maraîchers et les arboriculteurs possèdent des animaux ou s'associent avec d'autres agriculteurs pour bénéficier de sources de fumier, et/ou d'autres déchets organiques existants. Beaucoup de fermes sont d'une taille moyenne ou de petites exploitations familiales, mais pas exclusivement ; la méthode est relativement indépendante de la superficie de la ferme. En outre, la méthode est employée dans des situations sociales variées : activité agricole principale ou à temps partiel ou maraîchage et arboriculture, jardinage privé, même dans ce qu'on appelle les "fermes résidences ou lieux d'accueil" s'intégrant partiellement et appartenant à des institutions thérapeutiques ou autres. Le mouvement bio-dynamique s'est occupé de problèmes économiques et a développé nombre de projets pilotes, tels que la transformation de la production sur la ferme, la vente directe, les communautés de travail agricole, la propriété collective des terres et la mise en oeuvre de projets agricoles soutenus par les régions ou les consommateurs eux-mêmes. (CSA ou Consumer Supported Agriculture, littéralement "agriculture soutenue par les consommateurs" ; Groh et Mc Fadden, 1991).

La méthode bio-dynamique est issue de la zone humide tempérée d'Europe centrale, dans laquelle la polyculture-élevage diversifiée a historiquement prévalu. Cette forme d'agriculture, proche de l'idée d'organisme agricole, est une forme très évoluée. Dans d'autres parties du monde, on rencontre historiquement des systèmes de fermes vivrières plus ou moins clos, avec des éleveurs et cultivateurs dans différentes régions. A côté, il existe des fermes spécialisées d'exploitation "coloniale". Les principes et les techniques de la ferme individualisée de la zone tempérée humide sont toutefois applicables dans des régions très au-delà des contrées d'où ils tirent leur origine.

CHARGEMENT EN BÉTAIL ET RENDEMENTS DANS LES FERMES BIO-DYNAMIQUES

Ce thème est traité dans une étude assez ancienne qui reste cependant très intéressante. B.D. Petterson (1963) a publié une étude portant sur 19 fermes bio-dynamiques scandinaves, couvrant les années 1955-58. Tous les flux de matières agricoles, produits des récoltes, semences, fourrages, etc. furent enregistrés. Le taux de chargement animal variait entre 0,57 et 2,39 UGB/ha (UGB : Unité Gros Bétail équivalant à une vache de 500 kg) par hectare. Le fumier d'une UGB produit en moyenne une augmentation de rendement de 1070 kg-équivalent grains céréaliers. Le rapport donne des informations détaillées sur la charge animale et la gestion des fermes. Les rendements correspondent au niveau de l'époque. La limite de rentabilité du chargement en bétail calculée par Pettersson est de 1,3 UGB/ha, un ordre de grandeur encore valable aujourd'hui pour beaucoup de régions et de types de fermes en Europe centrale.

BILAN ET EFFICIENCE DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS DANS LES FERMES BIO-DYNAMIQUES

Ces fermes évoluent vers l'indépendance maximale raisonnable concernant l'apport d'éléments nutritifs pour les plantes alimentaires. Le tableau suivant compare les bilans en N, P et K à la porte de 4 fermes bio-dynamiques allemandes avec la moyenne de l'agriculture allemande, c'est-à-dire les importations de N, P et K par les aliments du bétail et les engrais en rapport avec les exportations de N, P et K par les produits agricoles.

TABLEAU 1

Rapport Entrées/Sorties de N, P & K à la porte de quatre fermes bio-dynamiques allemandes, comparé à la moyenne de l'agriculture conventionnelle.

Numéros des fermes	Estimation du sol	Chargement en bétail	Ventes des produits kg/N/ha	Rapports entrées/sorties		
				N	P	K
1	30	1,1	22,2	0,13	2,6	0,67
2	35	0,92	20,5	0,30	0,3	1,25
3	55	1,2	47,0	0,74	2,0	0,54
4	70	1,2	63,0	0,11	1,2	0,16
Moyennes de l'agriculture conventionnelle			41,0	2,66	4,4	5,60

(Source: Koepf, Kaffka, Sattler 1989)

Dans le tableau ci-dessus, le terme "estimation du sol" indique la qualité du sol telle qu'elle est estimée pour les impôts. Les achats de produits sont indiqués selon leur teneur en azote ; ce sont un peu d'aliments du bétail, des phosphates minéraux, et du matériau de litière dans les fermes bio-dynamiques, et des aliments du bétail et des engrais minéraux dans la ferme conventionnelle. Prenons un exemple : la ferme bio-dynamique 4, dont les rendements sont plus élevés que la moyenne conventionnelle, achète 11 % de N, 120 % du P et 16 % de K, comparé aux quantités d'éléments nutritifs qui quittent la ferme dans les produits. Les chiffres correspondant pour l'agriculture conventionnelle sont de 266 %, 440 % et 560 %.

Sur une période de 30 ans, de 1951/52 jusqu'à 1980/81, Kaffka et Koepf (1989) ont étudié les bilans des éléments nutritifs et les besoins énergétiques de la ferme du Talhof de 50 ha dans le sud de l'Allemagne, qui est gérée en bio-dynamie depuis 1929. Sous des conditions pédologiques et climatiques difficiles, les rende-

ments ont constamment cru. Les rendements en plantes cultivées et en lait soutiennent favorablement la comparaison avec ceux de la région. Le bilan NPK à la porte de la ferme (nutriments achetés sous forme d'aliments pour le bétail moins les nutriments sous forme de produits vendus) est de -14,1 kg N/ha; -2,19 kg P/ha; + 1,0 kg K/ha par an. Le bilan positif en potasse résulte d'un achat de paille pour la litière des animaux. L'équilibre partiellement estimé pour la ferme montre un gain annuel total de 29,8 kg N/ha (dans le sol) et une perte annuelle de P et K de 3,9 et 7,5 kg/ha respectivement. L'énergie dépensée sur la ferme du Talhof était de 1457 kcal par kg de lait, pour l'essentiel le carburant diesel et l'électricité, tandis qu'elle s'élevait à 2777 kcal par kg de lait dans un groupe comparable de fermes laitières allemandes. Dans deux fermes comparables de la zone laitière ci-dessus, situées dans l'état de New York, l'énergie dépensée atteint respectivement 2095 et 1975 kcal par kg de lait. L'étude de Kaffka et Koepf démontre que la consommation d'énergie est substantiellement réduite sur la ferme bio-dynamique du Talhof (Kaffka, 1984 thèse de science Cornell).

Trois systèmes agricoles différents, moderne-intensif, intégré et écologique (bio-dynamique) sont comparés depuis 1980 sur trois domaines de 20 ha proches à Nagele (Pays-Bas). Pour le moment, nous avons les résultats d'une première période d'essai de 5 ans qui comprend encore en partie la période de mise en place de l'essai. Le compte rendu d'I.G. Bockhorst (1989) concerne les paramètres de la fertilité du sol, le contrôle des adventices, la qualité des produits, les pertes de nitrates, les rendements et des données économiques.

A. Grandstedt (1992) étudia pendant 7 ans, de 1981 à 1987, sur la ferme bio-dynamique de Skilleby à Sörmland en Suède, de manière détaillée, le bilan et les flux d'azote, c'est-à-dire l'azote minéral du sol, l'absorption de N, la productivité de N en lien avec le précédent cultural, la rotation des cultures et la fixation biologique de l'azote. Pour couvrir les besoins en azote sans engrais minéral dans les conditions locales, il faut limiter les pertes de N dans le cycle, cultiver suffisamment de plantes fixant l'azote (1/3 de la surface dans la rotation) et adapter le cheptel à la capacité de production de fourrage du domaine.

Le problème du cycle et de l'approvisionnement en éléments nutritifs dans l'organisme agricole est également traité par d'autres auteurs, par exemple U. Köpke (1993, 1994) et E. Scheller (1988).

L'Institut Suisse pour la Recherche en Agriculture Biologique (FIBL) a mis en place en 1978 un essai de longue durée avec trois systèmes de culture, bio-dynamique, organique-biologique et conventionnel, y compris une variante neutre et, depuis 1985, une variante minérale. Le document détaillé publié en 1993 relate une période de 2 rotations de 7 ans. Bien sûr, il s'agit d'un essai en bloc avec 4 répétitions mais justement le nombre de variantes et le programme de recherche, en particulier aussi les observations de longue durée, rendent cet essai intéressant pour le thème de l'organisme agricole. Des rapports détaillés présentent les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, ainsi que les populations de vers de terre et les arthropodes épigées. Les analyses concernent les rendements, la qualité, l'efficacité des éléments nutritifs, le besoin en énergie et en travail. Nous ne mentionnons ici que les rendements et la fertilisation. Les rendements du système conventionnel à long terme sont d'environ 20 % plus élevés en moyenne, avec les pommes de terre de 40 %, avec les betteraves rouges de 25 %, les céréales 15 % et trèfle-graminées 10 %. Il faut comparer ce résultat à la moyenne de l'utilisation d'éléments nutritifs sur 14 ans dans le système biologique qui représente 25 % d'azote en moins, 40 % de phosphore et 50 % de potasse en moins. Comparé avec l'utilisation d'engrais minéral et de fumier de la ferme dans le système conventionnel, les parcelles biologiques ont reçu 60 % d'azote soluble en moins. Les valeurs plus élevées de la microfaune et microflore ainsi que les activités enzymatiques des organismes du sol, en particulier dans les variantes bio-dynamiques, sont également intéressantes. (DOK Versuch, Mäder, 1996, Forschungsinstitut f. biol. Landbau).

RENDEMENTS ET PERFORMANCES ÉCONOMIQUES

On retrouve aussi dans d'autres recherches des différences comparables de rendements entre les domaines conventionnels et bio-dynamiques. Cependant, on trouve aussi dans les fermes bio-dynamiques des rendements plus élevés en légumineuses et en cultures fourragères que dans les fermes conventionnelles.

Dans une plus ancienne compilation réalisée à l'université de Göttingen, A. Ronnenberg (1973) a réuni des données sur les performances économiques réalisées par les fermes bio-dynamiques. Il conclut que la méthode "permet d'obtenir des rendements presque normaux et des produits de qualité supérieure. Cela est réalisé avec des frais de matériel plus réduits mais des frais de main-d'œuvre quelque peu supérieurs." Depuis les années 60, cette estimation, qui incluait quelques données surannées, a changé. Les rendements en céréales et quelques autres cultures de plein champ en agriculture conventionnelle ont crû plus vite que ceux de la production bio-dynamique. Dans sa thèse de science à l'université d'Hohenheim, Cl. Schlueter (1985) a étudié la gestion et le travail dans 19 fermes bio-dynamiques de l'état de Bade-Würtemberg, dans le sud-ouest de l'Allemagne. Le projet fut commandé et publié par le ministère de l'agriculture du Bade-Würtemberg (MELUF). L'étude concerne des fermes de sept régions de production avec des superficies de 10 à 20 ha, 20 à 30 ha et 30 à 50 ha.

Comparées aux conventionnelles, les fermes bio-dynamiques cultivent moins de céréales et plus de plantes fourragères (autres que du maïs). Leur charge animale est de 1,12 UGB/ha contre 1,84 dans les fermes conventionnelles. La main-d'oeuvre dans les fermes bio-dynamiques est de 11,6 Unité de Main d'Oeuvre pour 100 ha, contre 7,4 dans les fermes conventionnelles. Cette différence est principalement due à trois facteurs. Premièrement, les fermes bio-dynamiques n'utilisent que des moyens mécaniques de contrôle des mauvaises herbes. Deuxièmement, les fermes bio-dynamiques consacrent 10,7 % de leur surface pour des plantes cultivées, incluant 6,3 % en légumes de plein champ (pour les fermes conventionnelles, les chiffres sont de 4,8 % et 0,5 % respectivement). Troisièmement, quelques fermes bio-dynamiques

pratiquant la vente directe échelonnent leurs récoltes de pommes de terre dans le temps. Dans seulement trois des seize fermes bio-dynamiques étudiées, la confection du compost et des préparations requérait plus de 2 % des besoins de travail. Dans des situations comparables, le temps de travail consacré aux soins des animaux sur les fermes bio-dynamiques n'est pas différent de celui des fermes conventionnelles. Les rendements de toutes les céréales dans les fermes bio-dynamiques sont inférieurs de 12,9 %, presque égaux en moyenne dans les bons sols à ceux des systèmes conventionnels, considérablement inférieurs dans les sols pauvres. Les rendements en lait par vache des fermes bio-dynamiques sont inférieurs de 14,7% à ceux de l'autre groupe. Le tableau suivant résume quelques données concernant les entrées, les sorties et les bénéfices en 1980/81.

TABLEAU 2
Entrées, sorties et bénéfices en 1980/1981 en DM/ha

Taille des fermes	10 - 20 ha		20 - 30 ha		30 - 50 h	
	B-D	Conv.	B-D	Conv.	B-D	Conv
Entrées	6368,5	6625	6873,5	5774	3507	4689
Productions végétales	2467,5	1084	3122	527	1352	527,5
Productions animales	3085,5	4874,5	3472,5	4835	1855,5	3889,5
Autres (*)	363,5	483,5	165	288,5	69,5	203,5
Sorties	3934	5093	3713	4505	2414,5	3754,5
Productions végétales	471,5	600	351,5	534,5	216	517,5
Productions animales	917	1903,5	914,5	1848,5	316	1436,5
Autres (*)	1299	1105	1254	956	924	828
Frais généraux	970	1363,5	845	1078	687	896
Bénéfices	2480	1567,5	3208	1286	1133	960,5

(*) travail salarié, forêts, loyer, intérêt, etc.

(Source : C. Schlüter, 1985)

Ces résultats financiers sont dus à des dépenses plus réduites et des prix plus élevés sur les céréales et les légumes. Ce prix supérieur payé pour les produits certifiés Demeter est déterminé par les contraintes du marché. Le prix de vente plus élevé ne concerne pas l'ensemble de la production puisque le lait et les produits laitiers ne sont commercialisés sous la marque Demeter que s'ils sont fabriqués dans les laiteries certifiées Demeter, qui sont encore rares. Un autre facteur favorable est la diversité des productions, qui inclut un pourcentage de production de légumes plus important.

SYSTÈMES SANS BÉTAIL, RANCHS ET STEPPES

Beaucoup de maraîchers et d'arboriculteurs bio-dynamiques n'élevaient pas de bétail ; ils doivent donc assurer la fertilité de leurs sols en important du fumier ou par d'autres matières organiques. Ils doivent aussi mettre en place un système satisfaisant de recyclage de la matière organique du domaine par la culture d'engrais verts et le compostage de la biomasse des déchets. Le cahier des charges Demeter limite la quantité des substances organiques importées (en terme d'azote) à 50% de la matière organique propre au domaine.

Dans les régions sèches d'élevage extensif où les animaux ne rentrent jamais, on ne peut pas récolter de fumier. Dans ces circonstances, les propriétaires des ranchs utilisent des méthodes qui ont été développées pour appliquer les traitements bio-dynamiques sur les prairies permanentes. Dans quelques fermes mixtes des régions tropicales et subtropicales, il existe des étables rudimentaires accueillant les animaux durant la nuit, ce qui permet de recueillir un peu de fumier frais destiné principalement aux cultures légumières.

Un travail est en cours à l'institut agricole Michael Fields pour développer l'autonomie de l'agriculture dans les régions ouest plus sèches de la grande plaine du nord des États-Unis. Il existe là quelques fermes bio-dynamiques élevant des animaux, à côté

d'autres en agriculture organique ou conventionnelle, sans aucun cheptel. W. Goldstein a montré que de longues rotations, incluant des plantes restaurant la fertilité des sols, produisent des revenus nets plus élevés que des rotations courtes.

ORGANISME AGRICOLE ET ÉCONOMIE DE L'ENTREPRISE AGRICOLE

Nous avons déjà exprimé plus haut le besoin croissant en recherches sur l'aspect économique des domaines agricoles bio-dynamiques.

Pour être appliqué, le concept fondamental de l'agriculture bio-dynamique, "l'organisme agricole", nécessite une planification de l'entreprise agricole. C'est le rôle de l'économie agricole d'élaborer cette planification. En effet, c'est, à côté de la production végétale et de la production animale, la troisième des matières agricoles classiques. L'agriculteur bio-dynamiste doit aussi, s'il veut perdurer avec sa ferme, réaliser des bénéfices pour avoir un revenu. Cette exigence caractérise une condition vitale de son activité mais pas son seul objectif.

S. Dabbert (1990) a indiqué que l'extension croissante de l'agriculture alternative demande qu'on tienne compte des points de vue d'économie agricole dans la planification et l'organisation de tels domaines. On s'est maintenant accordé sur le terme d'"agriculture écologique". Il présente une théorie de la planification du domaine en agriculture écologique et développe un modèle de planification qui est quantifié sur la base de relevés effectués sur des fermes biologiques en Bade-Wurtemberg. Ce travail fournit une importante contribution méthodique pour la connaissance des conditions économiques des entreprises agricoles écologiques. Ceci est également valable pour les fermes bio-dynamiques. Les résultats sont de manière générale aussi valables pour d'autres types d'agriculture écologique. Etant donné que le cadre de cet ouvrage ne permet pas de détailler les résultats, nous renvoyons le lecteur à l'original.

A l'époque, vers la fin de la première guerre mondiale, où Aereboe ainsi que ses successeurs créèrent l'économie agricole moderne, on avait encore un concept précis de l'unité organique d'une entreprise agricole. Et cette représentation était nettement différente, pas seulement dans les détails, de ce qu'on appelle aujourd'hui du même nom. Qu'il s'agisse d'un gros domaine ou d'une ferme, des cultures et des élevages diversifiés et une économie de la fumure organisée étaient la règle. Dans l'état des connaissances de l'époque, c'était le matériel expérimental sur lequel l'économie agricole pouvait appuyer ses réflexions. Les secteurs d'activité étaient nullement des parties d'un modèle abstrait mais elles étaient en interrelation concrète. C'était basé sur un vécu concret.

La suite de l'évolution de la production agricole est connue. Pas à pas, les facteurs de production internes à la ferme et autoproduits ont été remplacés par des facteurs de production achetés à l'extérieur. De nouvelles possibilités de planification et d'organisation ont permis une gestion plus flexible et plus "économique" de l'entreprise qui s'est aussi traduite dans l'évolution de l'économie agricole. Que la production résulte de facteurs de production internes ou achetés, cela ne fait pas de différence pour la planification économique de l'entreprise. Le principe de la substitution (qui comprend aussi, à côté de nombreux autres facteurs, l'azote) est la raison principale pour laquelle le concept d'organisme agricole n'est pas resté la base essentielle de la planification et de la gestion de l'entreprise dans l'agriculture conventionnelle. S. Dabbert résume les faits ainsi : « Dans la mesure où le concept d'organisme contient plus que la représentation d'un modèle auquel se lient certaines restrictions d'achat des moyens de production, l'économie agricole ne peut pas suivre les représentants de l'agriculture bio-dynamique. Si ce "plus" aboutit à des objectifs opérationnels, alors une intégration dans les modèles développés par l'économie agricole est possible. »

MÉTHODES MORPHOGÉNÉTIQUES

Les méthodes morphogénétiques sont issues de l'idée que les phénomènes de la nature vivante ne peuvent pas être totalement compris en se limitant aux méthodes d'analyses physico-chimiques, à l'expérimentation et au raisonnement discursif. Tout le long de son existence physique, la nature organique révèle d'autres dimensions que l'on peut caractériser par des termes tels que forme, métamorphose de formes, structure temporelle et ordre structurel de l'évolution de l'organisme (épigénèse), c'est-à-dire des phénomènes typiques de l'organisme étudié qui ne relèvent pas exclusivement d'une analyse causale, mais manifestent des rapports de corrélation. De tels phénomènes dépassent l'analyse causale, quelque détaillée que soit l'information sur les phénomènes physiques ou biochimiques. L'anthroposophie réserve le terme de "forces formatrices éthériques" pour ce domaine. Les méthodes morphogénétiques sont censées montrer des phénomènes qui sont l'expression de ce domaine. Ces forces formatrices éthériques échappent à une perception sensible directe, mais elles ne sont cependant pas de simples postulats. Elles peuvent être appréhendées par la pensée au travers d'une description phénoménologique extrêmement précise, libre de toute théorie.

CRISTALLISATIONS SENSIBLES

En 1920/1921, E. Pfeiffer demanda à Rudolf Steiner : *"Comment peut-on démontrer ostensiblement les forces éthériques formatrices et les orienter dans une forme permettant d'en faire l'expérience ?"* (A. Selawry, 1987). Steiner suggéra d'observer le processus de cristallisation de sels lorsqu'il est influencé par des substances végétales ou par le sang, afin d'étudier quel genre de modifications cela entraîne. Les détails de la procédure furent laissés

sés aux soins de Pfeiffer et de sa collaboratrice E. Sabarth. Pfeiffer et Sabarth utilisèrent une plaque de verre horizontale sur laquelle ils firent cristalliser une solution de chlorure cuivrique (CuCl_2 forme II), sous température et hygrométrie constantes. Ils découvrirent que s'ils laissaient le sel de cuivre cristalliser librement sur la plaque, celui-ci produisait de fines aiguilles cristallines disposées typiquement sans aucun ordre. Cependant, lorsque les chercheurs ajoutaient une quantité infinitésimale de jus de plante, ou d'extrait aqueux de matière végétale, les cristaux s'organisaient selon un motif coordonné spécifique et reproductible de l'échantillon testé. Partant d'un ou de quelques foyers, un motif de faisceaux ramifiés d'aiguilles rayonne en direction de la périphérie de la plaque, révélant un spectre limité, mais étonnamment vaste, de caractéristiques discernables. Après que la méthode fut développée par Pfeiffer (1931), elle fut adoptée et modifiée par d'autres, mais pas changée dans son principe. La procédure fut aussi appliquée pour étudier des échantillons de sang pour effectuer des diagnostics médicaux.

Pour évaluer une cristallisation sensible, les chercheurs prennent en compte l'organisation de l'ensemble ainsi que des indices spécifiques au sein du motif cristallin. Avec un certain entraînement, un chercheur peut facilement reconnaître les caractéristiques morphologiques essentielles du motif cristallin, et pour certains motifs on peut effectuer quelques mesures. On peut ensuite établir des motifs standards par comparaison d'échantillons de différentes natures et origines. Pour le diagnostic médical, on a établi le sang de cas cliniques parfaitement établis. Pour tester des substances végétales, le chercheur devrait utiliser des échantillons définis provenant d'expérimentations comparatives. Cela n'a pas de sens de tester des échantillons pris au hasard sur le marché, dont on ne connaît pas l'origine. L'objectif de la cristallisation sensible n'est pas de parvenir à une conclusion déduite de quelques données isolées, mais de comparer deux séries établies de phénomènes globaux et leur ordre :

1. l'influence d'une substance organique complexe sur la formation des cristaux et
2. une matière végétale dont on connaît la nature et l'origine.

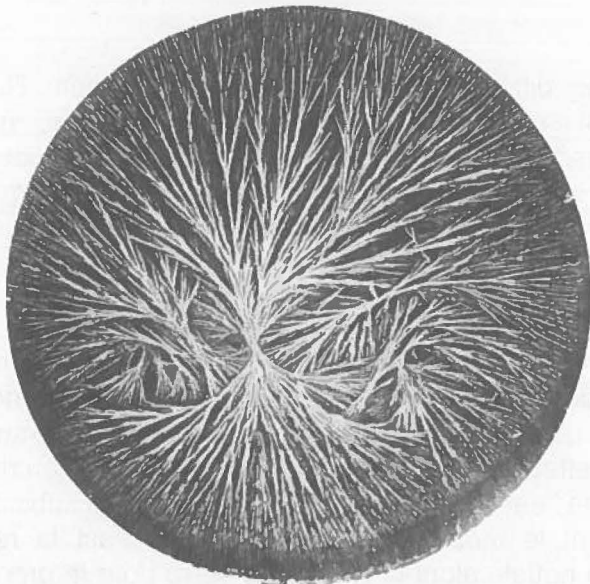


Figure 1 : Cristallisation de chlorure de cuivre.

Exemple montrant la coordination des cristaux de chlorure de cuivre sous l'effet d'un extrait aqueux de germes d'avoine âgés de 10 jours, cultivés dans de l'eau.

La méthode des cristallisations sensibles sert à indiquer à la fois une orientation générale et aussi à révéler des caractéristiques qui seraient passées inaperçues lors de l'investigation analytique.

Les comptes rendus évoqués ci-dessus de l'essai suisse DOK contiennent également des indications concernant les études de la qualité des produits récoltés (Forschungsinstitut, Mäder et al 1993). L'utilisation des méthodes analytiques et morphologiques a permis d'identifier des échantillons des 3 systèmes agricoles, même en test en aveugle. Des descriptions détaillées de la méthode de cristallisation ont été publiées par A. et O. Selawry (1957, 1961), F. Bessenich (1951), H. Krueger (1950) and M. Engqvist (1970).

On a aussi étudié les cristallisations de substances chimiques définies : des sels, des acides minéraux et organiques, différents hydrates de carbone et des acides aminées. Il existe des essais avec des tissus jeunes, en croissance ou en maturation, des ali-

ments avec différentes formes de transformation. R. Manderà (1990) cultiva une seule espèce de plante médicinale, *Hyoscyamus niger*, (la jusquiame, N.D.T.) sur 8 sites différents. Manderà démontra que les images de cristallisation spécifiques des organes expriment les processus variés marquant les étapes végétatives et reproductives du développement de la plante, telles qu'elles sont influencées par les différents sites où elle croît.

P. Hummel (1992) a montré que l'on peut aussi obtenir le motif cristallin coordonné caractéristique des extraits biogènes en utilisant des macromolécules synthétiques en tant que substance à tester. En effet, il arrive qu'en rinçant une image de cristallisation finie avec de l'eau, on observe un mince film de la substance à tester montrant le motif d'une cristallisation. C'est la raison pour laquelle on nettoie alors la plaque de verre pour le prochain essai avec des réactifs puissants. Mais les substances organiques à tester sont composées en première ligne de substances colloïdales, de mucilages, de protéines, etc. Les essais d'Hummel montrent que certaines dimensions moléculaires des substances à tester déterminent en première ligne la coordination des cristaux. Les images publiées jusqu'à présent ne permettent pas de savoir dans quelle mesure l'origine abiogène du matériau à tester provoque la différenciation du motif que l'on observe lors de l'évaluation de l'image. Cependant, le travail de Hummel contribue à éliminer une inexactitude de pensée que l'on rencontre encore aujourd'hui ici et là selon laquelle il s'agissait d'une "preuve directe" des forces formatrices éthériques. On ne peut voir ces dernières avec les yeux. Cependant, on sait déjà depuis longtemps qu'on a affaire à l'"oeuvre" de l'éthérique dans les substances testées habituellement.

Une expérience simple de M. Engqvist en 1963 fut à l'origine de l'approfondissement d'études de la qualité des produits végétaux. À l'aide d'un simple dispositif placé sous un châssis, elle fertilisa des plantes cultivées, soit avec du compost bio-dynamique, soit avec des engrais NPK, en faisant croître chaque échantillon de plante soit en pleine lumière, soit sous un ombrage partiel. Les cristallisations des 4 variantes permirent de visualiser une nette gradation des forces formatrices des plantes : partant d'abord des plantes poussant en pleine lumière ayant reçu du compost bio-

dynamique, vers les plantes poussant à la lumière avec de l'engrais NPK, puis des plantes poussant à l'ombre avec du compost biodynamique, pour aboutir finalement aux plantes poussant sous un ombrage partiel avec l'engrais NPK. Cette expérience de base fut répétée plusieurs fois par d'autres, de manière à étudier, sous divers arrangements, le jeu combiné entre les facteurs de croissance terrestres (sol, fertilisant) et les facteurs atmosphériques et cosmiques influençant les rendements et la qualité des produits. M. Klett (1968) utilisa la méthode pour étudier la préparation bio-dynamique 501 (silice de corne). À des moments, fréquences et stades de développement différents, Klett traita l'avoine, le blé, des pommes de terre et des haricots nains avec la 501, contrôlant les résultats par les tests de cristallisation sensible. La diminution dans le temps de la capacité à former une image de cristallisation coordonnée évolue plus ou moins rapidement lors de la décomposition d'extrait de plantes. Cette vitesse de décomposition des plantes fournit un indicateur-clef de l'influence de la fertilisation et est en corrélation avec les critères de qualité analytiques et l'image de cristallisation. (Koepf et Selawry, 1962, 1963) A partir de recherches sur la croissance, le vieillissement et la décomposition de plantes alimentaires *in vivo* et *in vitro*, M. Engqvist détermina une échelle de "substance végétale plus ou moins imprégnée de vie".

CHROMATOGRAPHIES

La chromatographie sur support papier, et par la suite la chromatographie en couche mince, sont des outils extrêmement sensibles pour l'analyse qualitative et quantitative de substances organiques complexes, à la disposition des chercheurs en chimie et en biochimie. Depuis le début des années 20, L. Kolisko et E. Pfeiffer appliquaient la chromatographie en tant que méthode morphogénétique pour étudier des substances végétales. Par la suite, on a développé un certain nombre de procédés différents, gardant cependant le même principe, pour lesquels on a aussi utilisé la dénomination de dynamolyse capillaire.

On fait migrer un extrait d'une substance végétale sur un sup-

port de papier sous des conditions définies. On peut préparer l'extrait avec du nitrate d'argent ou on peut faire migrer ce sel ou un autre sel métallique, par exemple du sulfate de fer, après l'extrait à tester. Il faut alors attendre que la substance ait séché. Il se forme sur le filtre un motif coloré à la génèse duquel participent différentes réactions, précipités, agglutinements, etc.

Dans une étude importante pour les fondements de la méthode, H. J. Str h (1987) arrive au résultat que la morphologie de la plante (racine, feuille, fleur, etc.) ne s'exprime pas dans la chromatographie mais que c'est sa nature substantielle, tout aussi importante pour l'utilisation de la plante, qui s'exprime. La substance issue des processus de vie de la croissance se dirige ensuite principalement dans deux sens, d'une part vers le durcissement (par ex. dans la formation de fibres et de bois) et, d'autre part, vers la différenciation, l'"affinement des sucs" ; il se forme des sucres, des couleurs, arômes, etc. (substances végétales secondaires). Ceci donne une clé rationnelle permettant d'utiliser les morphochromatographies comme "méthode morphogénétique".

U. Balzer-Graf publia en 1987 un travail important avec les morphochromatographies concernant le concept d'activité vitale qu'elle développa. Elle décrit des exemples des stades de développement des végétaux, organes et tissus, conditions de croissance des plantes cultivées ainsi que leur préparation et leur transformation. La méthode est utilisée dans son propre laboratoire de recherche (voir aussi Mäder et al 1993).

E. Pfeiffer (1959, 1960) conçut un procédé relativement simple d'image chromatographique bien adapté pour l'étude des sols ou l'observation de l'évolution de la fermentation des composts. On prépare des disques de papier de 10 cm de diamètre avec du nitrate d'argent avant d'y faire monter un extrait d'échantillon de sol ou de compost (extrait avec de la soude diluée) et le laisser migrer du centre vers la périphérie du disque disposé horizontalement. Comme la méthode est relativement facile à mettre en oeuvre, elle a été utilisée par les fermiers et les jardiniers intéressés. Les chromatogrammes fournissent une information qualitative permettant d'indiquer la "richesse" en matière organique de l'échantillon de sol, ainsi que l'état approximatif d'humification, en distinguant entre

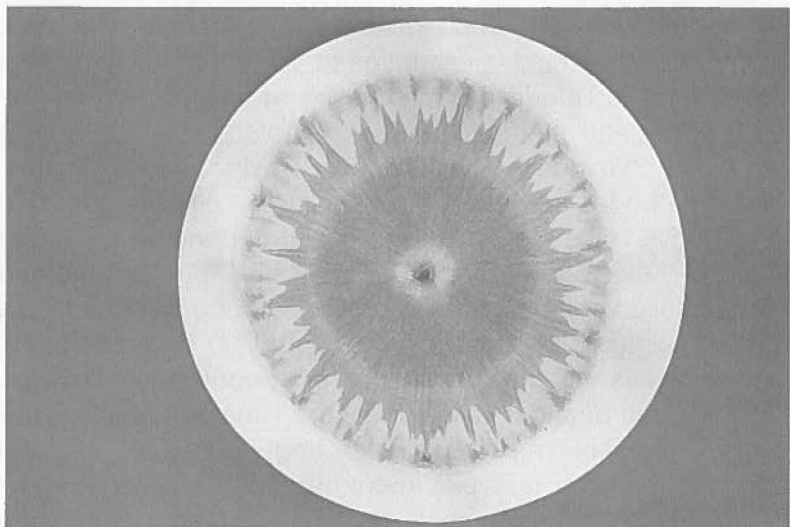


Figure 2

l'humus brut et l'humus stable. La chromatographie permet de savoir si la teneur en humus est suffisante ou trop faible par rapport à la texture — teneur en argile — et le procédé a même été utilisé pour estimer l'aération du sol. Dans ce cas, les observations qualitatives sont faciles à expliquer car on utilise avec la solution de soude un produit décomposant l'humus et l'argile ; il n'est pas difficile d'expliquer son comportement lors du passage à travers le filtre. Avec les extraits végétaux, la situation est nettement plus compliquée à comprendre.

De façon générale, on peut encore préciser ceci en ce qui concerne la contribution que peuvent apporter les cristallisations sensibles et les morphochromatographies : les processus qui se déroulent lors de la formation d'une cristallisation sensible ou d'une morphochromatographie sont de nature physique et chimique ; ils appartiennent au domaine accessible par la perception sensorielle. La question posée par E. Pfeiffer n'était pas : comment percevoir directement les forces éthériques ? mais : comment travailler avec elles ? Les images obtenues par ces méthodes peuvent être

décrites et évaluées par comparaison et le chercheur peut exercer et aiguïser ses facultés de description et "lecture" des images. Il est connu que, dans l'étude des processus et formes de vie, on ne peut négliger cette méthode pour la remplacer par les analyses physiques et chimiques ou leur évaluation discursive. Aucune de ces deux méthodes ne devrait être considérée comme une méthode quantitative facile d'emploi. Leur valeur dépend de leur capacité à ajouter aux connaissances accessibles par les méthodes conventionnelles des points de vue nouveaux ou à éveiller l'attention sur des critères ordinairement peu étudiés. D'après les expériences acquises jusqu'à présent, on peut confirmer que c'est le cas. H. -J. Strüh décrit ainsi la situation : "l'image" n'est pas créée par des soi-disant "méthodes morphogénétiques" mais nous devons nous-mêmes la créer intérieurement et cette image est l'ensemble perçu intérieurement, réunissant la plante, la substance de la plante, le processus d'extraction et la morphochromatographie". Plus nous avons nettement devant les yeux la forme, le développement et le dépérissement d'un organisme végétal dans un milieu donné et plus nous aurons concrètement l'ensemble de cet organisme végétal devant nous. On n'arrivera pas à obtenir une image parfaite mais elle peut cependant être toujours améliorée. Les méthodes décrites ci-dessus peuvent y contribuer.

RECHERCHES EFFECTUÉES SUR LES PRÉPARATIONS BIO-DYNAMIQUES

Beaucoup de techniques de bonne gestion agricole biologique — rotation culturale, compostage, utilisation d'engrais verts, etc. — sont aussi employées dans la méthode d'agriculture bio-dynamique, mais ne sont pas nécessairement spécifiques de celle-ci. Dès les commencements, les fermiers bio-dynamiques et les chercheurs ont pratiqué et amélioré ces techniques comme autant d'aspects intégrés à l'approche bio-dynamique de l'agriculture. L'idée de la "ferme comme un organisme" a contribué à intégrer ces techniques dans un vaste système logique et à fixer les priorités qui ont permis de développer une pratique à la fois productive, fertile et durable.

Les préparations bio-dynamiques sont toutefois une spécialité de la méthode. Il n'existe pas de prototype connu pour ces substances. Ces préparations furent indiquées par Rudolf Steiner dans son "Cours aux Agriculteurs" et sont conçues comme un complément moderne aux méthodes établies de recyclage des matières organiques. Tout système agricole modifie la communauté écologique de l'endroit où il est implanté en l'appauvrissant le plus souvent — bien que pas toujours. Les préparations bio-dynamiques sont destinées à rendre au nouvel écosystème créé par l'homme des forces qui sont perdues, même si l'agriculture est pratiquée avec prudence. Les préparations aident à stimuler et à réguler les processus de la vie dans le sol, les composts et les relations des plantes cultivées avec leur environnement proche et distant. Agissant comme des stimulants, les préparations, appliquées en très faibles quantités, ont un effet sur la fermentation du compost et du fumier, les rapports des plantes aux éléments nutritifs et, finalement, la qualité des produits végétaux. Au cours des années, tous ceux qui élaborent et utilisent eux-mêmes les préparations et en observent les effets, ont pu rassembler une large somme de

connaissances basées sur l'expérience pratique. Ils ont sans cesse complété cette connaissance pratique par de nombreuses recherches dans divers domaines : comparaisons établies sur le terrain des fermes, études menées dans des instituts de recherches bio-dynamiques, et plus récemment nombre de thèses soutenues dans le cadre universitaire.

TYPES DE PRÉPARATIONS BIO-DYNAMIQUES

Il existe huit préparations : deux sont destinées à être pulvérisées sur le sol et les plantes et les six autres sont appliquées aux fumiers et aux composts. Elles sont désignées, soit par la substance dont elles sont composées, soit par des nombres qui ont été choisis dans les tout premiers temps de la recherche bio-dynamique. Les deux préparations destinées à la pulvérisation sur le champ sont :

- la préparation 500, *bouse de corne*, composée de bouse de vache fermentée dans une corne de vache et destinée à être pulvérisée sur le sol, après dynamisation dans l'eau.

- la préparation 501, *silice de corne*, composée de silice finement broyée, également préparée dans une corne de vache et destinée à être pulvérisée sur les plantes après dynamisation.

Les six préparations destinées au compost sont confectionnées à partir de substances végétales soumises à une fermentation dans des organes animaux ; la vessie de cerf, l'intestin grêle et le mésentère, ou péritoine, de bovidé et le crâne d'un animal domestique. Des détails plus précis sont donnés dans le "Cours aux Agriculteurs" et la littérature bio-dynamique appropriée.

Les substances d'origine végétale sont :

- 502, *sommités fleuries d'achillée millefeuille (Achillea millefolium)* ;

- 503, *sommités fleuries de camomille allemande ou matricaire (Matricaria recutita)* ;

- 504, ortie dioïque, partie aérienne de la plante, en début de floraison (*Urtica dioica*) ;
- 505, écorce de chêne (*Quercus robur*) ;
- 506, fleurs de pissenlit (*Taraxacum officinale*) ;
- 507, jus de fleurs de valériane (*Valeriana officinalis*).

Pour faire ces préparations, il faut les soumettre à une fermentation durant une certaine partie de l'année. Les préparations 500 et 501 sont d'abord brassées de façon intense dans l'eau pendant une heure, avant d'être pulvérisées en plein champ. Une décoction de prêle des champs (*Equisetum arvense*), parfois numérotée 508, est employée en pulvérisation.

À première vue, les ingrédients employés dans les préparations bio-dynamiques et les quantités mises en oeuvre apparaissent étranges, c'est le moins qu'on puisse dire. Manifestement, la découverte et le mode de transformation de ces substances sont basés sur une compréhension des potentialités inhérentes à ces fleurs et la connaissance de la manière de libérer ce potentiel. Ce n'est pas ici le lieu de traiter les questions fondamentales sur lesquelles on a passé beaucoup de temps et d'efforts depuis les débuts de l'agriculture bio-dynamique. Le développement des préparations bio-dynamiques n'est pas différent de toute autre recherche visant à développer de nouveaux procédés : il a fallu déterminer les quantités de substances nécessaires, les critères pour garantir des matières premières acceptables, et pour découvrir les modes et les moments optimaux d'application des traitements. Il existe à ce sujet des indications dont la majeure partie provient des expériences pratiques et des observations de terrain. La recherche bio-dynamique étudie les effets spécifiques et les conditions dans lesquelles ceux-ci sont obtenus. La recommandation initiale d'appliquer toutes les préparations, de 500 à 507, une fois par an et par culture garde toute sa valeur pour la pratique et la plupart des expérimentations. Actuellement, pourtant, un certain nombre de résultats obtenus permettent de percevoir les effets des préparations individuelles et de l'utilisation répétée des préparations pulvérisées sur une saison. Les efforts des chercheurs et des fermiers pour comprendre le sens de ces substances et leur mode

d'action sont une condition préalable permettant d'identifier des substituts appropriés à ces plantes pour des zones climatiques et agricoles différentes (ex. régions tropicales) et l'utilisation de la méthode dans ces zones.

Le choix des fleurs de camomille, ou tout autre plante servant à la confection des préparations, ne résulte manifestement pas d'essais, entrepris au petit bonheur, sur l'un ou l'autre des principes actifs afin de voir son action. Le choix de ce qui nous semble être de modestes plantes des bords de chemins, repose plutôt sur une approche de la nature essentielle de la plante. On peut décrire cette nature de la plante par sa morphologie, ses composants, son rythme de développement, sa "place" dans le cycle annuel et dans l'association végétale, son origine, ses conditions optimales de croissance et ses propriétés médicinales. Mais il faut ensuite l'esprit créateur de l'être humain qui réunit tous ces phénomènes spatiaux et temporels en une image essentielle de ce "tout" unique que représente une espèce végétale. On parvient à cette idée du "tout" en observant soigneusement les phénomènes, mais en étant en même temps pleinement conscient de chaque étape des processus de pensée accompagnant cette observation. Il faut cependant éviter de sauter ces étapes par l'utilisation de jugements préétablis que l'on aura formés dans l'étude de la nature inorganique. Cette faculté peut être développée et constituer par elle-même la meilleure preuve de sa valeur. Cette approche, à peine évoquée ici, tire ses fondements des écrits scientifiques de Goethe, mais chaque individu doit la découvrir et trouver sa propre voie dans le développement de cette faculté au travers d'une pratique assidue. Goethe était un observateur passionné, dont l'esprit créatif exerçait ce qu'il appelait la "force de jugement contemplatif" (*anschauende Urteilkraft*, ou "capacité intuitive de jugement"), que l'on rend parfois en anglais par le terme de "discriminative observation" (observation judicieuse ou délicate). Cette faculté rend l'être humain mentalement capable de participer aux processus formateurs qui façonnent les créatures vivantes.

Considérons une analogie : une personne peut construire, disons, une machine, qui, en raison de la relation interdépendante de ses parties constitutives, fonctionne aussi comme tout coordonné qui est toutefois plus indépendant de l'environnement qu'un

organisme. Dans ce cas, l'objet physique est la machine là-dehors, l'idée, elle, est dans la tête de l'ingénieur. Dans le cas d'une plante, l'idée et le processus formateur forment une seule et même chose, mais l'être humain peut apprendre à pénétrer mentalement ce processus en pleine conscience.

Mais cette compréhension naissante de la nature essentielle d'une plante n'est pas encore la faculté permettant d'identifier l'une ou l'autre plante comme adaptée pour élaborer une préparation. R. Steiner détenait cette faculté issue de sa connaissance spirituelle. Il consacra une partie importante de sa vie à l'édition des écrits scientifiques de Goethe. Il décrivit les voies de connaissance conduisant à une connaissance objective de la nature vivante, à la "force de jugement contemplatif" ("anschauende Urteilskraft"). L'approche goethéenne de la nature peut alors conduire à rencontrer la vision du monde anthroposophique.

Ce travail fournit à Rudolf Steiner le langage conceptuel nécessaire à la description de la différence essentielle entre les domaines organique et inorganique et les moyens de saisir par la pensée leur essence, qu'il développa dans sa propre oeuvre philosophique. L'idéal de la science inorganique est d'appréhender la totalité des phénomènes en un système unitaire, de sorte que nous puissions avoir conscience que chaque phénomène isolé est intégré au cosmos (c'est-à-dire qu'il est gouverné par les lois universellement valables de la nature inorganique). Dans la science organique, par contre, l'idéal doit être de saisir le plus parfaitement possible dans le "type" (au sens de Goethe) et ses manifestations ce que nous voyons se développer dans la série des êtres particuliers. Suivre la trace du type au travers de tous les phénomènes, voilà ce qui importe ici. Dans la science inorganique, le système prévaut ; dans la science organique, la comparaison prévaut (la comparaison de chaque forme particulière avec la type). [Rudolf Steiner, *Une théorie de la connaissance chez Goethe*, p.122, Editions Anthroposophiques Romandes]. Les plantes révèlent dans cette voie deux niveaux d'existence. Leur nature matérielle et métabolique est actuellement bien mieux connue qu'autrefois. Mais la connaissance de l'existence matérielle et métabolique des plantes est insuffisante. En développant une capacité intuitive de jugement, à travers une observation et une pratique assidues, on

peut percevoir l'image véritable du processus formateur dont chaque plante particulière – et même chaque organe de la plante – est une manifestation. L'esprit humain peut seulement ensuite mettre judicieusement en oeuvre ce processus formateur. C'est au moyen d'une telle compréhension, qui n'est accessible qu'à cette force de jugement contemplatif, que l'on pourrait décrire tous les ingrédients utilisés pour la confection des préparations. La description de chaque ingrédient isolé nécessiterait toutefois une monographie. On doit absolument développer une compréhension qui augmente sans cesse au cours du travail avec ces substances. Ainsi, on parviendra à placer les résultats expérimentaux dans leur juste contexte. Dans les expérimentations comparatives des effets des préparations bio-dynamiques, on identifie, et on mesure en partie certaines caractéristiques des effets d'une préparation donnée, ou de la combinaison des préparations telles qu'elles se manifestent sur les sols, composts, ou plantes. Une telle caractéristique résultant de l'emploi des préparations est un indicateur du processus formateur sous-jacent, beaucoup plus large. Les effets stimulants et régulateurs des préparations trouvent néanmoins leur expression dans un spectre relativement large d'indicateurs.

On parvient ainsi à une compréhension élargie des ingrédients utilisés dans l'élaboration d'une préparation.

EFFETS DES PRÉPARATIONS BIO-DYNAMIQUES DANS LE COMPOST, LE FUMIER ET LES SOLS

Dès le début, les fermiers remarquèrent que les préparations bio-dynamiques provoquent des différences perceptibles dans les composts : moins d'odeurs et, en fin de compostage, un compost mûr d'une structure plus fine et plus grumeleuse. Des études, réalisées par Koepf (1989), E. v. Wistinghausen (1984), et Bockemühl (1980), mirent en évidence des différences significatives entre les courbes de température de matières non traitées d'une part et celles des matières traitées par les préparations, d'autre part. Tandis que le pic initial de température peut être moins prononcé dans un tas de compost traité, le refroidissement sera toujours retardé.

L'Institut Allemand de Recherche Bio-Dynamique de Darmstadt, en collaboration avec le département des sols de l'université agricole d'Hohenheim et de la station expérimentale de Spire menèrent une expérimentation sur trois séries de composts, avec trois répétitions par série, afin d'analyser les effets des préparations bio-dynamiques sur divers indicateurs chimiques et biologiques. Les expérimentations montrèrent que, mises à part des modifications mineures, statistiquement non-significatives, les préparations augmentent la capacité de mise en réserve des éléments de la matière organique dans le sens d'une maturation avancée du matériau (Heinze et Breda, 1962). Le tableau suivant présente les résultats de ces deux auteurs. (Capacité d'Échange de Carbone par unité de matière organique: CEC/Ct ; Ct = en tonne de carbone).

TABLEAU 3
Effets des préparations bio-dynamiques sur la capacité d'échange de la matière organique dans les composts

		CEC/Ct	
		sans les	avec les
		préparations	
Compostage en andain	Zone extérieure	2,78	4,40
	Zone centrale	3,03	4,38
Compostage en andain	avec de la poudre de basalte	8,51	8,81
Préparation composée	avec la poudre de basalte	4,33	4,55
	sans la poudre de basalte	3,80	4,16

Heinze et Breda (1962)

D'autres expérimentations menées sur des composts bio-dynamiques confirmèrent et élargirent ces découvertes. E. v. Wistingerhausen (1986) démontra que des tas de compost traités présentent un taux de C/N plus faible (c'est-à-dire que la perte relative de C est plus élevée que celle de N). La teneur en ammoniac des composts de fumier avec et sans préparations était de 12,6 et 74,9 ppm (parties par million) et en nitrates de 60 et 35 ppm respectivement. Tous ces résultats indiquent une augmentation de la "maturation" du matériau composté lorsqu'on applique les préparations. Dans des expériences de laboratoire, Ahrens (1984), Dewes (1985) et Dewes et Ahrens (1990) traitèrent de la paille avec les préparations. Durant les 393 et 340 jours de décomposition, la décomposition de la paille traitée par les préparations libéra plus de CO₂ que la paille de contrôle.

TABLEAU 4

L'influence de l'engrais minéral et du lisier traités de différentes manières sur la composition de la prairie et les rendements

	Quantité appliquée		
	Faible	Moyenne	Forte
<i>Eléments nutritifs appliqués (en kg/ha ou m³/ha)</i>			
NPK, nitrate d'ammonium, N kg/ha	75	150	225
Lisier aéré, avec bentonite	20	40	60
<i>Rendements (q de matière sèche/ha)</i>			
Ecart type 5 % : 5,74 ; 1 % : 10,0			
Engrais NPK	127,8	151,0	163,5
Lisier comme ci-dessus, sans prép. B-D	141,7	158,5	174,9
Lisier comme ci-dessus, avec prép. B-D	148,5	172,0	180,0
<i>Pourcentage de trèfle après 2 ans en %</i>			
Engrais NPK	9,9	4,2	2,9
Lisier comme ci-dessus, sans prép. B-D	13,5	12,5	9,2
Lisier comme ci-dessus, avec prép. B-D	18,6	15,9	13,9

(Abele, 1976)

L'action des préparations sur le fumier se révèle aussi dans les cultures. Le tableau 4 présente les données concernant les préparations issues d'un travail expérimental mené avec des lisiers. Ces investigations furent menées dans l'Institut de Recherche Biodynamique allemand par Abele (1976) à la demande du ministère fédéral de l'agriculture. Cette recherche montra que chacun des traitements suivants augmente progressivement la qualité du compost : aération intermittente ; addition d'un peu de matière carbonée ; addition de bentonite ; addition des préparations bio-dynamiques. Chaque type de traitement successif limite les odeurs, et augmente la tolérance des plantes cultivées aux applications de lisier. Les résultats des expérimentations en laboratoire et sur le champ indiquèrent une augmentation de l'efficacité de l'azote sur les cultures. (A l'exception de deux cas, la betterave rouge et l'épinard, sur lesquels les lisiers traités par les préparations affaiblirent la durée de conservation.) Dans une série de tests, les chercheurs appliquèrent des préparations individuelles au lieu du jeu complet, ce qui démontra que les préparations camomille (503) et ortie (504), réduisaient la part d'ammoniac du lisier, sans affecter pour autant la teneur totale en azote. Ces résultats sont en accord avec les indications de Rudolf Steiner sur ces deux préparations dans le "Cours aux Agriculteurs". La découverte la plus importante de ces expérimentations de plein champ fut que des apports relativement importants de lisier traité produisaient des rendements élevés du mélange trèfle/graminées récolté, tout en laissant aussi un pourcentage élevé de trèfle comme le montre le tableau 4.

En 1958, à Järna en Suède, Bo D. Pettersson commença une expérimentation en plein champ de longue durée pour étudier l'influence de la fertilisation sur les critères de qualité de quatre cultures. Les variantes K1 à K8 comprenaient compost bio-dynamique et préparations à pulvériser, compost bio-dynamique, fumier frais, moitié fumier frais et moitié engrais minéral, contrôle et trois variantes avec des doses croissantes d'engrais minéral. Au bout de 19 ans, Pettersson et von Wistinghausen (1979) firent l'analyse des sols des parcelles. La couche supérieure (couche arable) des sols ne montra que des modifications mineures. Par contre, on constata une baisse nette de la teneur en humus en profondeur dans toutes les parcelles qui avaient reçu de l'engrais minéral.

Dans la K1, qui avait reçu les pulvérisations de préparations 500 et 501, le sol situé immédiatement en dessous contenait 31 % de matière organique de plus que K2 (seulement compost). Les paramètres de la biologie du sol valables pour le profil : densité de vers de terre, respiration du sol, activité déhydrogénase diminuaient nettement de K1 à K8 ; cependant la parcelle avec le fumier frais avait aussi des valeurs élevées. J. Raupp (1995) décrit la suite de l'évolution des données dans la couche supérieure du sol. Il est intéressant de remarquer que, dans le sol limoneux assez lourd, les différentes fertilisations ont peu influencé les teneurs en humus dans la couche supérieure, avec la même culture sur toutes les parcelles. On constate à nouveau que les paramètres biologiques du sol baissent nettement sur les parcelles fertilisées à l'engrais minéral. W. Goldstein (1986) relate trois années d'essai sur une culture du blé dans une zone sèche de l'état de Washington. Comparés aux sols des champs organiques non traités, les sols qui reçurent les préparations présentaient une densité de racines supérieure de 18 % dans les 15 premiers cm de profondeur. Dans les champs bio-dynamiques, le dégagement de CO₂ était de 7 à 10 % plus élevé, la biomasse microbienne plus importante de 7 %.

Depuis 1980 un essai de fertilisation est en cours à l'Institut de Darmstadt. Il a lieu sous une température moyenne de 10° C et des précipitations de 590 mm par an sur la terre sableuse avec 87 % de sable dans la couche arable. Les quatre répétitions reçoivent trois formes de fertilisation :

- I. engrais minéral.
- II. compost de fumier.
- III. compost de fumier + toutes les préparations bio-dynamiques.

La fertilisation, calculée en azote, correspond à 60-100-140 kg N/ha pour les céréales, pour les plantes sarclées on fertilise avec 50- 100 - 150 kg N/ha. Les quantités inhabituellement élevées de compost sont liées à l'objectif premier de l'essai ; en effet il s'agit d'étudier la qualité des produits avec des quantités d'azote équivalentes. Depuis 1986 on respecte la rotation : trèfle violet (luzerne), blé de printemps, pommes de terre, seigle. Le tableau 5 donne les teneurs moyennes de la couche supérieure du sol sur 20 cm en carbone et en azote pour les années 1990 à 1992.

TABLEAU 5

Teneurs en carbone et azote sur les années 1990 à 1992 dans les 20 cm de couche de sol de surface en fonction du type de fertilisation (I. Min = engrais minéral ; II. C = compost de fumier ; III. CBD = compost de fumier avec préparations) et quantités utilisées, 1, 2, 3, correspondant à des apports faibles, moyens et élevés.

Type de fertilisation	Quantité	% Carbone	% Azote
Min.	1	0,79 a	0,072 a
Min.	2	0,78 a	0,072 a
Min	3	0,81 a	0,074 a
		0,79 x	0,072 x
C	1	0,85 b	0,078 b
C	2	0,92 c	0,083 c
C	3	0,99 d	0,089 d
		0,92 y	0,083 y
CBD	1	0,96 d	0,087 d
	2	1,03 e	0,094 e
	3	1,08 e	0,098 f
		1,02 z	0,973 z

Des lettres différentes indiquent que la différence est significative.

Source : J. Raupp (1995)

L'augmentation de la fertilisation minérale n'avait pas d'influence sur les teneurs en C et N mais par contre ce fut le cas avec les deux fertilisations organiques. On constate des teneurs plus élevées en C et N après l'utilisation du compost préparé en comparaison avec le compost sans préparation. C'est la seule différence entre les deux modes de fertilisation II et III. Si l'on considère ces valeurs moyennes pour les données annuelles depuis 1986, on constate que, depuis cette année, les teneurs en C restent au même niveau sans variations notables pour les trois formes de fer-

tilisation. Durant cette période il n'y a pas eu de modification importante de la gestion des cultures.

J. Bachinger (1995) publia les données d'une série de paramètres microbiologiques pour comprendre comment se crée cet équilibre approximatif entre, d'une part la formation de la biomasse organique et son apport et, d'autre part, la destruction par les processus biologiques du sol. Des teneurs plus élevées en humus dans la succession des variantes I, II, III sont accompagnées d'activités enzymatiques plus élevées et de plus de biomasse. Ceci concerne l'azote organique soluble, l'activité de protéase, l'activité de déhydrogénase et la biomasse microbienne. On pourrait supposer que cette activité microbienne accrue correspond à une décomposition accrue de la matière organique. Mais cela n'est pas le cas pour la décomposition relative, c'est-à-dire rapportée à la teneur en humus (C_{org}) (sur le tableau 6, N_{org}/C_{org} ; Pa_{org}/C_{org} ; $DHA/C_{org}/Biom./C_{org}$). Pa = activité des protéines ; DHA activité déhydrogénase ; C_{mic} = biomasse). Les rapports sont plus élevés avec la fertilisation au compost qu'avec la fertilisation minérale, par contre, ils sont plus réduits avec le compost préparé qu'avec le compost simple. Voir la présentation de Bachinger sur le tableau 6.

On fait une observation analogue lorsqu'on mesure la formation de nitrates des sols expérimentaux dans les essais d'incubation. Avec la fertilisation organique se forme plus de nitrate qu'avec la fertilisation minérale, pourtant la valeur des trois composts préparés est plus réduite que dans les parcelles qui ont reçu du compost sans préparations. Il semble donc que les préparations induisent une modification des processus biologiques du sol qui favorise la formation d'humus avec une décomposition relative plus réduite. Les rendements en pommes de terre, seigle et blé de printemps obtenus dans cet essai évoluent parallèlement à l'augmentation de l'apport de fertilisant. Les rendements en blé de printemps sur les parcelles fertilisées organiquement sont à peu près aussi élevés qu'avec la fertilisation minérale, cependant pour le seigle d'hiver, ils sont plus faibles de 39,8 % et pour les pommes de terre de 13,8 %.

TABLEAU 6

Paramètres chimiques et microbiologiques 1989 en complément aux teneurs en carbone et azote déjà indiquées dans le tableau 5.

Types de fertilisation I, II, III. Niveaux de fertilisation 1, 2, 3.

Type de fertilisation	C ^{org} Carbone %	N _t Azote %	Azote organique N ^{org} mg/100 g	PA activité de protéinase mg Tyr./g	Cmic biomasse mgC/100 g	DHA activité de déhydrogénase µgTPF/10 g
I	0,79	0,57	0,48	0,20	26,1	75,9
II	0,92	0,72	0,54	0,27	34,9	109,1
III	1,06	0,81	0,57	0,26	37,8	121,9

Niveau de fertilisation	C ^{org}	N _t	Azote organique N ^{org}	PA	Cmic	DHA
1	0,87	0,66	0,53	0,25	30,6	94,5
2	0,93	0,70	0,55	0,25	34,1	103,8
3	0,96	0,74	0,55	0,23	34,2	181,6

On obtient les valeurs relatives des activités enzymatiques en les rapportant à la teneur en carbone (humus) % C^{org} = 100 %, fertilisation I = 100 %

	N ^{org} /C ^{org}	PA/C ^{org}	Cmic/C ^{org}	DHA/C ^{org}
I	100	100	100	100
II	103	116	106	123
III	93	97	102	120

	N ^{org} /C ^{org}	PA/C ^{org}	Cmic/C ^{org}	DHA/C ^{org}
1	100	100	100	100
2	94	94	105	116
3	96	83	100	111

Source : J. Bachinger (1995)

EFFETS DES PRÉPARATIONS BIO-DYNAMIQUES SUR LES RENDEMENTS

W. Goldstein (publication de l'institut agricole Michael Fields, 1990) a compilé 43 rapports datés de 1930 à 1987, sur les effets des préparations bio-dynamiques sur des cultures agricoles et maraichères. La qualité des rapports est variable, car de nombreuses publications anciennes manquent d'informations adéquates sur les protocoles expérimentaux employés, les précautions utilisées et les données statistiques obtenues. Les effets des préparations sur les rendements rapportés varient sur une large échelle, de -9 % à +30 %. Même sans tenir compte de l'inachèvement de quelques rapports, on peut effectivement s'attendre à de telles variations à cause de facteurs comme le climat, le sol et les conditions de gestion. De plus, dans la plupart des expérimentations récentes, conduites et analysées avec plus de soins, les rendements ne représentaient pas des objectifs principaux : l'expérimentation s'attachait le plus souvent à la qualité du produit, et dans ce cas, ceux qui concevaient ces expériences essayaient d'éviter des variantes qui pouvaient répondre par des rendements extrêmes.

Dans *"Méthodes conventionnelle et bio-dynamique d'accroissement de la productivité des sols"*, H. Spiess (mémoire de 1978), rapporte des expérimentations en plein champ qui montrent que les préparations 500 et 501 ont le plus souvent une influence positive sur les rendements des plantes cultivées. Spiess signale que les augmentations significatives de rendements dépendent de la fertilisation, des conditions climatiques, du type de culture et de la fréquence d'application des préparations. Si pour d'autres raisons les rendements sont élevés de toute façon, les préparations ne semblent pas provoquer d'augmentation supplémentaire. Mais cette circonstance n'empêche pas leurs effets sur la qualité de la récolte. Spiess a testé durant quatre années l'influence de pulvérisations de 500 et 501 sur le blé de printemps (variété Jubilar) dans une rotation blé/betterave. La fertilisation s'élevait à 5 t/ha de paille et 50/70/130 kg/ha d'engrais N/P/K respectivement. Les rendements sont présentés dans le tableau 7.

TABLEAU 7

Influence des préparations 500 et 501 en pulvérisation sur les rendements du blé de printemps (variété Jubilar)

Année	Contrôle, t/ha	en %	Prép. 500/501, rel.
1973	3,0	100 %	121 % x
1974	4,2	100 %	111 % x
1975	4,1	100 %	102 %
1976	4,2	100 %	109 % xx

Source : Spiess (1978)

Dans une expérimentation connexe, des betteraves sucrières, du blé et des carottes furent fertilisées avec des matériaux incluant du fumier animal, de la paille, de l'engrais vert et de l'engrais NPK. Les données suivantes sont tirées de ces expériences.

TABLEAU 8

Comparaison de rendements de blé, betteraves sucrières et carottes en tonnes/ha

	Contrôle	Prép. 500/501	GD 95 %	GD 99 %
Blé				
grains	4,17	4,55	0,44	0,63
paille	4,49	5,51	0,30	0,43
Betteraves sucrières				
racines	7,49	8,52	0,58	0,84
feuilles	4,39	4,93	0,49-	0,71
Carottes				
racines	9,36	10,06	0,41	0,59
feuilles	6,60	6,75	0,60	0,83

Source : Spiess (1978)

Les fermiers bio-dynamiques appliquent habituellement les préparations 500 et 501 une à deux fois par an sur chaque champ. Dans les expériences du tableau 8, les traitements étaient parfois répétés plus souvent. En 1976, les rendements de blé furent 5 % plus élevés à la suite de quatre traitements avec la préparation 500, 4 % plus élevés après trois applications de la préparation 501, et 8,6 % plus élevés après une combinaison de quatre traitements à la 500 et trois traitements à la 501.

Comme il a été montré plus haut, les préparations 502-507 destinées au compost affectent le processus de décomposition de multiples manières. Il est possible que les composts ainsi traités modifient les rendements ultérieurs. Une étude menée par E. von Wistinghausen (1986) prenait en compte diverses combinaisons de composts, préparations et fumier frais. (Pour le détail du programme d'amendement utilisé dans cette expérience, voir la publication originale disponible en langue allemande. Dans l'expérience, des quantités moyennes d'engrais furent mises en oeuvre – c'est-à-dire 100 kg N/ha (75 kg pour les carottes) et l'amendement organique était censé libérer à peu près la même quantité d'azote, ou même une quantité inférieure, et des quantités correspondantes de P et K. Les éléments nutritifs absorbés par les cultures sont commentés dans la publication complète.) Les différences entre les résultats avec apports de composts et de fumiers ne sont pas statistiquement significatives. Nombre de comparaisons sont pourtant très proches des 95 % de probabilité, ce qui indiquent que des tendances existent vraiment. La fertilisation chimique produit de hauts rendements chez l'épinard et la pomme de terre, mais cela était aussi lié à une production relativement mauvaise sur le plan de la qualité, particulièrement en ce qui concerne la conservation de la récolte.

Dans le tableau 9 suivant, les rendements sont signalés en pourcentage par rapport au contrôle. Les variantes analysées sont:

1. Fumier composté, contrôle, t/ha = 100 % (CM)
2. Fumier composté comme 1 + préparations destinées au compost (CM + 502-507)

3. Fumier composté contrôle + pulvérisations des préparations 500 et 501 (CM + 500-501)
4. Fumier composté + préparations destinées au compost + pulvérisations des préparations 500 et 501 (CM + 500-507)
5. Fumier frais, contrôle, t/ha = 100 %
6. Fumier frais comme 5 + préparations destinées au compost
7. Fumier frais + pulvérisations des préparations 500 et 501
8. Fumier frais + préparations destinées au compost + pulvérisations des préparations 500 et 501
9. NPK N : 75-100 kg/ha ; P₂O₅ : 70-52 kg/ha ; K₂O : 113-160 kg/ha; pas d'azote aux haricots.

TABEAU 9

Effets comparés du fumier, du fumier composté avec et sans préparations bio-dynamiques sur les rendements d'épinard, haricot nain, pomme de terre, carotte et ray-gras

	Epinard	Haricot nain	Pomme de terre	Carotte	Ray-gras ATM.
1. CM t/ha	17,20	2,21	21,20	33,00	7,00
en %	100	100	100	100	100
2. CM, 502-507	122,10	94,60	106,10	113,00	121,40
3. CM, 500-501	105,20	91,80	94,70	108,20	117,40
4. CM, 500-507	105,80	110,40	104,70	113,90	111,40
5. Fumier frais t/ha	16,00	1,89	28,20	38,80	7,90
en %	100	100	100	100	100
6. Fumier frais et 502-507	115,00	119,60	90,40	106,20	93,70
7. Fumier frais et 500-501	111,20	103,20	93,30	101,50	103,80
8. Fumier frais et 500-507	121,30	98,90	89,70	101,00	108,90
9. NPK	172,70	85,50	141,50	118,80	99,00

Source : E. v. Wistinghausen (1986)

INFLUENCE DES PRÉPARATIONS BIO-DYNAMIQUES SUR LA QUALITÉ DES PRODUITS

Dans le début des années 20, une des raisons qui poussa les fermiers et les agronomes à s'adresser à Rudolf Steiner était la baisse de qualité des produits agricoles. Il leur répondit par la suite en donnant les conférences du "Cours aux Agriculteurs". La majeure partie de la recherche sur l'agriculture bio-dynamique, incluant le travail réalisé sur les préparations, a concerné jusqu'ici la qualité des aliments. Les préparations représentent un facteur important – quoique ce ne soit pas le seul dont dépende la qualité des aliments. La plus grande partie du pertinent travail expérimental prenait en compte des mesures variées dans les analyses en combinaison avec l'emploi des préparations. C'est la raison pour laquelle, afin d'éviter une répétition inutile, il semble opportun, au point où nous en sommes, de faire un compte rendu complet consacré à la recherche sur la qualité des aliments en production bio-dynamique.

RECHERCHES EFFECTUÉES SUR LA QUALITÉ DES PRODUITS AGRICOLES

La recherche bio-dynamique s'est attaquée aux problèmes de la définition et de la qualité de vente des produits. Des définitions de qualité de produit largement acceptées furent établies dans le système de classification de W. Schuphan (1961) qui distinguait la qualité technologique, la qualité de commercialisation et la qualité nutritionnelle (ou valeur biologique). B.D. Pettersson ajoute encore deux catégories complémentaires, la qualité de culture et la conservation, qui sont utiles pour des raisons pratiques (voir Koepf et al. 1996).

Qualité de commercialisation : le calibrage des produits du point de vue de la taille, forme, uniformité, état de fraîcheur et absence de terre ou de dommages mécaniques est une donnée significative pour la vente, mais contribue peu, semble-t-il, à indiquer la valeur nutritionnelle du produit. Au contraire, sous la pression de la concurrence du marché, la qualité extérieure peut même être prétexte à des manipulations douteuses. La recherche et la pratique bio-dynamiques sont tenues à respecter des exigences raisonnables de classes de commercialisation.

Qualité technologique : elle désigne des propriétés qui sont importantes pour la mise en conserve, la dessiccation, l'emballage, etc. Ces aspects recouvrent partiellement les propriétés de la catégorie suivante, particulièrement lorsqu'elles affectent la durée de conservation précédant la vente, un aspect de la qualité des produits qui a fait l'objet d'une étude intensive par les chercheurs bio-dynamiques.

Qualité nutritionnelle : c'est l'objectif primordial qui reçoit la plus grande attention dans le travail bio-dynamique. La mesure ultime de la qualité nutritionnelle repose finalement dans l'organisme

même qui consomme l'aliment. La qualité nutritionnelle n'est pas un aspect du produit en lui-même, mais elle est déterminée par la valeur du produit pour la santé physique – et spirituelle – du consommateur, son évolution et ses facultés. La recherche nutritionniste moderne a identifié la présence de nutriments dans les divers aliments et le besoin quotidien en nutriments correspondants à une multitude de styles de vie individuelle. Une recherche de ce genre a aussi fourni une connaissance détaillée des fonctions métaboliques et des adaptations des processus métaboliques. On pourrait penser, par conséquent, que ce genre d'information suffit à définir la valeur biologique de la substance alimentaire comme Schuphan le fait, en considérant que la qualité est "la somme de tous les attributs positifs d'un produit moins la somme des attributs négatifs." Cela semble représenter une approche plutôt incomplète, dépendant de ce que signifie le terme "attribut". Pour la plupart des objectifs scientifiques et pratiques, les données analytiques sont utilisées pour caractériser la qualité d'un produit. De telles méthodes analytiques ne saisissent pas nécessairement la globalité de l'aliment et sa valeur pour la totalité de l'être humain ou de l'animal et de leurs besoins nutritionnels véritables.

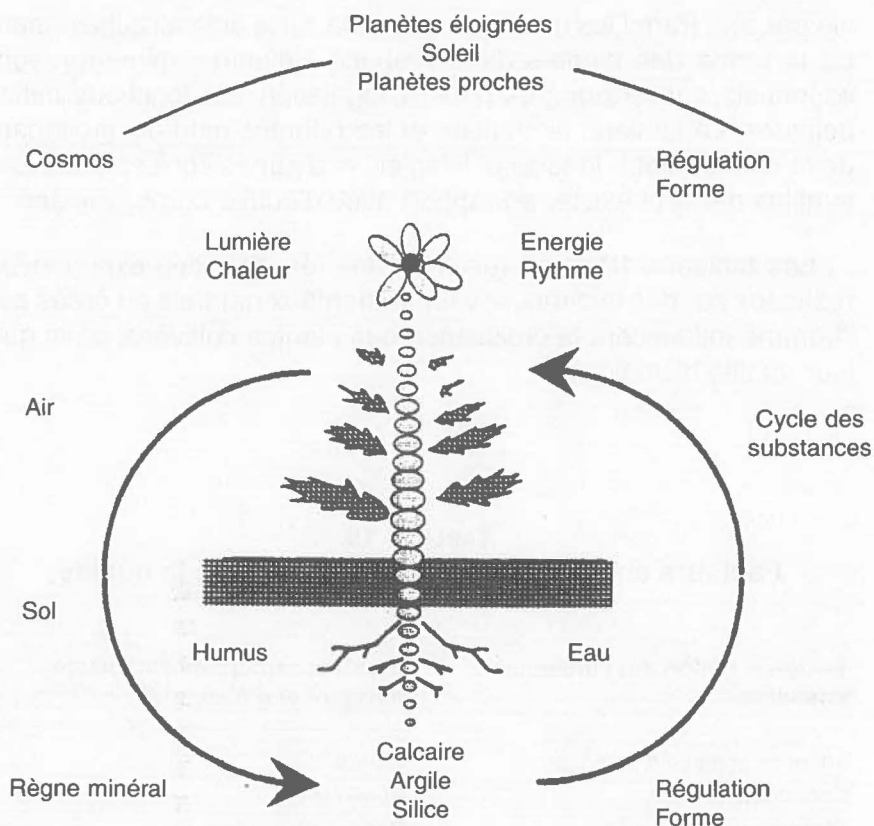
Dans la huitième conférence du "*Cours aux Agriculteurs*", R. Steiner examine la question de l'alimentation de l'animal et de son effet sur la croissance et la performance. La conférence de Steiner est fondée sur une compréhension de la nature corporelle de l'animal comme étant composée de trois systèmes fonctionnels : le système des nerfs et des sens, le système métabolique et des membres, et tel un médiateur entre ces deux premiers systèmes, le système rythmique de la respiration et de la circulation. (La nature humaine présente aussi cette tripartition fonctionnelle mais plus équilibrée en elle-même alors que chez les animaux supérieurs le système rythmique est relativement peu développé) Bien que principalement concentrés au niveau de la tête, du système digestif, et du tronc, chacun de ces trois systèmes agit à travers tout le corps. Il existe pour chacun un type de nourriture qui le stimule particulièrement. Pour l'organisation sensorielle principalement localisée au niveau de la tête, c'est l'action formatrice de la racine qui possède une influence importante. Pour le système du métabolisme et des membres, ce sont les vertus des graines et des

fruits qui sont utiles. Et les organes végétatifs, les tiges et les feuilles, ont un effet bénéfique pour la partie rythmique. Ainsi, à la connaissance ordinaire sur l'alimentation, Steiner ajoute une compréhension de la manière dont la globalité d'une denrée alimentaire convient à l'organisme animal ou humain. En plus des nutriments qu'elle contient, chaque denrée alimentaire véhicule une "information" additionnelle pour l'organisme qui le digère: le pain, le lait, les carottes ou les pommes, ne sont pas uniquement porteurs de glucides, de protéines, etc. Le parfum, l'aspect, la texture, l'agrément au goût, et certaines substances secondaires des plantes comme on les appelle (par exemple les essences de moutarde ou soufrées, les flavones, etc.) – sont également des éléments nutritionnels. L'entendement holistique de Steiner de la relation tripartite entre l'aliment végétal et l'organisme animal ou humain aide les chercheurs et les nutritionnistes à acquérir une compréhension plus complète de la multitude des éléments qualitatifs que la nature produit. Même une approche analytique de la qualité nutritionnelle nécessite, pour juger ses résultats, une compréhension de l'ordre idéal global. Sachant que quelques données isolées sur la composition ne suffisent pas à caractériser la qualité d'un produit, B. D. Pettersson (Pettersson et Engqvist, 1964) élabore une clé d'évaluation permettant d'estimer la qualité. Celle-ci inclut l'odeur et la saveur, la durée de conservation, la résistance aux pathogènes et des paramètres morphologiques et chimiques. Pour les analyses courantes, on a seulement besoin d'utiliser un nombre limité des paramètres de Pettersson si on sait bien évaluer ces indicateurs.

Le chapitre ci-dessus sur les cristallisations sensibles mentionne l'expérimentation de M. Engqvist (1963) sur l'interaction entre la fertilisation et les degrés d'éclairage. Le concept sous-jacent est tiré de la description, que Rudolf Steiner fait dans le "Cours aux Agriculteurs", des influences des forces environnantes d'origines terrestre (et du sol dans lequel pousse la plante) et cosmique sur le développement du végétal. "L'ABC de notre jugement sur la croissance végétale", dit Rudolf Steiner, "c'est de toujours être capable de dire ce qui est cosmique et ce qui est terrestre dans une plante". Cette polarité d'influences trouve son expression dans une multitude de caractéristiques morphologiques de la plante indivi-

duelle et affecte la manière dont la plante accomplit ses étapes de croissance. L'harmonie ou le déséquilibre entre ces facteurs environnementaux cosmiques et terrestres affecte la qualité des substances végétales. Le pôle cosmique de lumière modifie la forme de la plante et sa composition. L'air et la chaleur, mais aussi la silice et d'autres minéraux avec leurs fonctions prédominantes de régulation des métabolismes, révèlent cette influence cosmique. Les éléments du pôle terrestre – humus, eau, certains éléments minéraux (tels que principalement le calcium, le magnésium, le sodium et jusqu'à un certain point le potassium) – participent à la formation de la substance de la plante. L'azote augmente particulièrement le pôle terrestre. Le degré d'équilibre entre les deux pôles des facteurs du milieu donne des lignes directrices pour juger la qualité.

Des expériences sur ces influences ont été réalisées par Klett (1968), E. v. Wistinghausen (1979) et U. Abele (1987) et d'autres auteurs. Klett fit pousser des céréales, des pommes de terre et des légumes en pleine lumière, demi-ombre et sous ombrage total en combinaison avec des amendements de fertilisant minéral et de compost. La moitié des échantillons testés fut traitée par la préparation de silice, 501. En plus de l'analyse des produits sur le plan de leur teneur respective en protéines, glucides, vitamine C, de leurs activités enzymatiques variées, les auteurs eurent largement recours à la cristallisation sensible. Ce travail montra que la pulvérisation de la préparation 501, tôt le matin, est plus efficace qu'en fin d'après-midi, et ne provoque des effets qu'après plusieurs applications répétées. De plus, l'effet maximum de la 501 fut observé avec des pulvérisations effectuées au moment de croissance principal de la plante. Les résultats analytiques suggèrent que des traitements prodigués à des stades de croissance précoces favorisent la croissance tandis que ceux pratiqués en fin de saison encouragent la maturation. Pour obtenir un plein effet, la préparation 501 devrait être appliquée après que la préparation 500 ait été pulvérisée au moment du semis ou de la plantation. Klein (1968) rapporte les résultats d'un programme d'investigations similaires. Utilisant des indicateurs de maturation végétale avancée ou affaiblie, Klein compare les effets des fertilisants chimiques et du fumier composté. Les essais déjà cités plus haut d'U. Abele (1987), dans lesquels



Source : Koepf, 1989

on effectua aussi des tests sur le plan de la qualité, confirmèrent et étendirent les résultats de recherches antérieures.

L'illustration ci-dessus schématise la polarité terrestre/cosmique dont procède la croissance de la plante. La section centrale représente le cycle des substances à l'intérieur du système sol/plante, à savoir, le carbone, l'azote et d'autres éléments. La teneur et la dynamique des nutriments sont maintenues et activées par le recyclage des restes végétaux et le fumier qui sont les produits de la

vie passée. Parmi les minéraux du sol, la silice aide à l'achèvement de la forme des plantes dans l'espace ; d'autres minéraux sont essentiels à divers degrés pour la régulation des fonctions métaboliques. La lumière, la chaleur, et les rythmes naturels provenant de la relation entre la terre et le soleil, et d'autres correspondances subtiles peuvent exister en rapport avec d'autres corps célestes.

Les tableaux 10 et 11 résument les résultats des expériences réalisées sur des facteurs environnementaux naturels ou créés par l'homme influençant la croissance des plantes cultivées, ainsi que leur qualité biologique.

TABLEAU 10
Facteurs environnementaux contribuant à la qualité

Facteurs renforçant l'influence cosmique	Facteurs renforçant l'influence terrestre et d'obscurité
Intensité et durée d'éclairage	Ombre
Conditions sèches	Humidité
Chaleur	Manque de chaleur
Fertilisant organique équilibré et	Chaleur humide
Compost plutôt que fumier non décomposé	Fertilisation azotée facilement disponible (aussi organique)
Préparation bouse de corne 500	Préparation 500
Préparation silice de corne 501	
Sols sableux	Sols très riches en humus

Source : Koepf et coll. (1996)

La préparation 500 apparaît des deux côtés. D'une façon générale, elle encourage la croissance, mais on a montré qu'elle tempère les effets résultant de conditions trop humides ou trop sèches. La vue d'ensemble proposée par W. Schaumann (tableau 11) résume les résultats de nombreux essais.

TABLEAU 11
Qualités des plantes renforcées par :

Lumière et chaleur		Eau, humus, azote
Maturation prématurée	<i>Développement</i>	Maturation retardée
Processus de reproduction favorisé		Processus végétatif favorisé
Métamorphose des feuilles accélérée		Métamorphose des feuilles retardée
Racines profondes, moins divisées	<i>Forme</i>	Racines superficielles ramifiées
Entrenœuds courts		Entrenœuds longs
Feuilles petites, épaisses, pointues, découpées, à pétiole court		Feuilles grandes, finement allongées, pétioles uniformes, finement profilés
Renforce les attaques des insectes (champignons)	<i>Animaux nuisibles</i>	Renforce les maladies cryptogamiques (insectes suceurs)
Elevée	<i>Conservation</i>	Faible
	<i>Composition</i>	
Elevée	<i>Teneur en matière sèche</i>	Faible
Faible	<i>Teneur en protéines brutes</i>	Elevée
Elevée	<i>Protéines pures en % des protéines brutes</i>	Faible
Faible	<i>Teneur en nitrates, amides et acides aminés libres</i>	Elevée
Plus élevée	<i>Teneur relative en dissaccharides</i>	Plus faible
Plus faible	<i>Teneur relative en monosaccharides</i>	Plus élevée
Plus de vit. C		Plus de vit. A
Faible	<i>Activité de fermentation dans le produit récolté</i>	Elevée
Riche	<i>Odeur, arôme</i>	Pauvre

Source : Koepl et coll. (1996)

Pour juger des indicateurs, il faut remarquer qu'une teneur relativement élevée en protéines brutes indique plutôt une qualité de produit inférieure, tandis qu'un pourcentage plus élevé de protéines vraies (c'est-à-dire un rapport plus élevé de protéines vraies/protéines brutes) témoigne d'une meilleure qualité. La quantité d'acides aminés essentiels souvent analysée correspond à une teneur plus élevée en vraies protéines.

Un relevé de E. von Wistinghausen (1979) qui étudia en 1973/74 quinze sites de culture montre comment se présentent ces relations au niveau d'une exploitation et des facteurs dont il faut tenir compte. Pour présenter la qualité, nous avons choisi l'index de qualité élaboré par Breda (1973) qui rassemble les résultats de différentes analyses sur une échelle de 0 à 100.

TABLEAU 12
Ensemble des conditions d'environnement
pour des carottes de différente qualité
(un index plus élevé indique une qualité supérieure)

Station et rendements	Index de qualité	
	60-82	12-38
Rendements q/ha moyenne	560 (300-850)	611 (500-700)
Valeur du sol	47 ± 17 sols légers, peu profonds bien drainés	67 ± 7 limons fertiles, doux en partie humides
Précipitations	625 mm (550-700)	740 mm (600-800)
Fertilisation, en incluant le précédent, calculée en azote, kg/ha	70	120
Précédents culturaux	63 % céréales 25 % cultures dérobées 12 % légumineuses	43 % cultures dérobées 35 % plantes sarclées 20 % autres
Date de semis	en moyenne, plus précoce	en moyenne, plus tardive
Labour d'automne	75 %	45 %
Paramètres du sol : Humus %	1,94	2,46
Rapport C/N	7,3 ± 1,11	9,8 ± 2,0
K ₂ O/P ₂ O ₅	1,8 ± 0,9	1,2 ± 0,7

Source : von Wistinghausen (1979, modifié)

Si l'on considère la formation de la qualité dans le jeu des facteurs d'environnement cosmiques et terrestres, alors les dates de semis et de plantation font varier aussi les facteurs chaleur, lumière et durée du jour. Le tableau 13 suivant en donne un exemple

pour les carottes avec la date de semis, fertilisation minérale et fertilisation bio-dynamique.

Les semis étalés sur l'année ne donnent que des faibles variations de rendement ; les deux types de fumure différente produisent presque les mêmes rendements.

TABLEAU 13
Influence de la fumure et de la date de semis sur le rendement et la qualité des carottes

Fumure		Date de semis		
		24 mars	21 avril	19 mai
Rendement t/ha	1) NPK 50/50/80 kg/ha	70,9	74,4	62,5
	2) Compost 22 t/ha	75,6	74,9	64,2
	Prép. 500-507			
Matière sèche %	1)	12,5	11,9	11,5
	2)	13,2	12,8	11,8
Acides aminés libres	1)	364	412	481
	2)	324	315	379
Nitrates mg/kg	1)	34,8	69,7	202,2
Matière fraîche	2)	30,8	30,8	95,7
Sucre %	1)	6,2	5,7	6,1
Glucose dans matière sèche	2)	6,4	6,3	6,1
Rendements : écart-type 5 % = 6,8 ; 1 % = 9,4				

(1) Fertilisation au NPK = N/P/K: (40/40/64 kg/ha)

(2) Compost = 18 tonnes/ha fumier

Source: Wistinghausen (1979)

Le traitement bio-dynamique donne des teneurs en matière sèche un peu plus élevées, des teneurs plus faibles en acides aminées libres et en nitrates ainsi qu'une teneur un peu plus élevée en sucre. Le plus remarquable est la forte élévation de la teneur en nitrates des légumes avec les semis tardifs, c'est-à-dire quand la récolte est effectuée plus tard en automne.

La durée de conservation et la perte de qualité durant le stockage des produits périssables sont des caractéristiques commerciales importantes qui peuvent se trouver améliorées par une gestion bio-dynamique des sols. I. Samaras (1977) s'est procuré des produits agricoles provenant de champs expérimentaux de divers instituts de recherche. Il conserva ces échantillons en stockage contrôlé et compara des produits fertilisés de trois manières : fumier de stabulation, fumier composté et lisier. Dans le tableau 14 ci-dessous, le terme de "détérioration" indique que les produits ne sont plus vendables, et de plus fortes valeurs de dégagement de CO₂ indiquent des pertes de matière plus élevées.

TABLEAU 14
Effet de la fertilisation organique et minérale sur la perte de légumes durant la conservation

Produit	Fertilisation	Pourcentage de déchets et de "ratatinement"		Formation de CO ₂ en mg/kg de mat. fraîche	
		minérale	organique	minérale	organique
Carottes	1975 A	37,6	22	2597	2677
Carottes	1976 A	47	34	2498	2336
Carottes	1974 B	60	32,5	3089	2668
Carottes	1975 B	52,5	36	5348	4278
Carottes	1976 B	48,5	33,5	1769	1441
Betteraves rouges	1975 C	46	29	2099	1971
Pommes de terre	1976 B	34,5	19	1440	1150
Pommes de terre	1976 B	24,7	12,1	1342	1034
Epinards	1976 C			3520	4282

Matériaux de fumure: A = fumier de stabulation ; B = fumier composté; C = lisier

Source: Samaras (1977)

Dans ce travail et d'autres recherches similaires, on mesura aussi un certain nombre de paramètres physiologiques sur les produits de conservation. Le tableau 15 suivant montre les effets des préparations bio-dynamiques sur la conservation de carottes issues de culture expérimentale.

Le produit qui a reçu les préparations pulvérisées – excepté pour les valeurs de la catalase et de la saccharase – indique les valeurs les plus basses. Dans les carottes physiologiquement "mûries", ces processus sont réduits et la conservation accrue. Des résultats similaires furent obtenus dans une série d'autres essais.

TABLEAU 15
Effet des préparations bio-dynamiques sur les caractéristiques influençant la conservation des carottes

	Fumier composté avec les prép. B-D 502-507	Pulvérisations : 3 fois 500 & 4 fois 501
CO ₂ , mg/kg de mat. fraîche, 94 h	2831	2565
Activité catalase (Mol. H ₂ O ₂ /min/g mat. sèche)	397	346
Activité peroxydase (Mol. gJ/min/g de mat. sèche)	15992	7591
Activité saccharase (mU/g de mat. fraîche)	90	112
Activité amylase (mU/g de mat. fraîche)	72	81
Dénombrement bactérien (million/g de mat. fraîche)	1,67	0,43
Dénombrement de champignons (million/g de mat. fraîche)	0,0027	0,0026
Décomposition de carottes râpées :		
% de perte de mat. sèche	56,1	29,2
% de perte de poids (en % de mat. sèche)	33,5	28,5
% de pourriture en 164 jours	28,2	20,4

Source : F. Samaras (1980)

Il est connu que l'épinard, légume très apprécié, présente fréquemment des teneurs élevées en nitrates (NO_3). Si ce légume-feuille est conservé, ne serait-ce qu'un jour ou deux, ou bien si un plat préparé est abandonné à l'air ambiant, ce nitrate peut en partie se convertir en nitrite, qui est un poison pour le sang (NO_2). El Saidi utilisa des échantillons d'épinard issus d'un champ d'essais dans lequel on avait utilisé des amendements de compost de fumier, engrais NPK, fumier avec préparations, seulement préparations pulvérisées et compost de fumier avec toutes les préparations. Le protocole d'essai est indiqué dans le tableau 16.

TABLEAU 16
Expérimentation en plein champ sur la qualité de l'épinard I

Variante	Fumier composté	Préparations bio-dynamiques	
1	184,4 q/ha	—	
2	195,6 q/ha	502-507	
3	184,4 q/ha	500-501	
4	195,6 q/ha	500-507	
5	NPK 100/90/120 kg/ha	—	
Compost	% Matière sèche	% N	% P_2O_5
avec prép.	21,4	0,42	0,36
sans prép.	19,2	0,37	0,29

Source : El Saidi (1982)

Les différentes quantités de composts appliquées dans les variantes 1 et 3, ou 2 et 4, sont dues aux différentes teneurs en matière sèche qui furent mesurées lors de l'apport des préparations dans les composts sinon identiques du point de vue du matériau de départ et du traitement.

Les résultats réunis dans le tableau 17 montrent que le traitement par les préparations retient la formation de nitrates dans le produit récolté, mais ralentit tout particulièrement la formation de nitrites suivant la récolte. Comparés à des épinards fertilisés avec de l'engrais minéral, les produits fertilisés organiquement ou avec des préparations avaient des teneurs en vitamines plus stables. (La teneur plus élevée en vitamine A dans la matière fraîche après une importante fertilisation azotée est un phénomène connu.)

TABLEAU 17
Expérimentation de plein champ sur la qualité de l'épinard II

Variante	1. Comp.	2. Comp. 502-507	3. Comp. 500-501	4. Comp. 500-507	5. NPK
% matière sèche	9,4	10,8	11,3	10,7	9,9
NO ₃ mg/100 g	107	74	62	69	741
NO ₂ mg/100 g	0,7	0,6	0,6	0,6	2
après 4 jours	1,1	0,7	1,1	0,7	2,4
après 8 jours	7,6	1,4	2,2	0,5	22
Vitamine A	38	32	31	32	42
après 4 jours	25	34	29	34	45
après 8 jours	21	32	20	35	26
Vitamine C	737	625	766	932	570
après 4 jours	167	193	487	196	67
après 8 jours	22	109	40	223	3

Source: El Saidi (1982)

Évaluer la qualité des produits récoltés par des critères tels que la morphologie, le développement, la durée de conservation et par des données analytiques est une procédure acceptable et courante. Mais jusqu'alors, c'est à peine s'il existe des expériences permettant d'évaluer la valeur nutritionnelle au moyen d'essais de

consommation. De telles expériences soulèvent naturellement des problèmes d'ordre méthodologique et éthique. Mais il existe une abondance de témoignages positifs des consommateurs et des médecins qui préfèrent les produits Demeter, cultivés selon la méthode bio-dynamique, pour leur digestibilité et leur goût, et non simplement parce qu'ils espèrent trouver dans ces aliments moins de résidus de traitements chimiques. Cependant, même les expérimentations de nutrition animale — particulièrement celles de courte durée — doivent être interprétées sur la base des représentations théoriques admises, à savoir que des conclusions basées sur certaines mesures déterminées sont en partie des postulats pour le strict méthodologiste. D'un autre côté, les fermiers ont accumulé énormément d'expériences concernant l'état de santé de leurs bêtes et son rapport avec la ration alimentaire de l'animal. Dès les débuts de la bio-dynamie, les fermiers bio-dynamiques ont indiscutablement amélioré la santé de leurs bêtes, c'est un fait d'expérience reconnu. En réponse aux questions sur leurs motivations justifiant leur conversion en faveur de cette méthode, les fermiers biologiques et bio-dynamiques font fréquemment état de l'amélioration de la santé de leur cheptel.

Le professeur E. Aehnelt, de l'école vétérinaire de Hanovre, en Allemagne, fit une découverte essentielle pour l'évaluation des effets de la nutrition animale, lorsqu'il mit en évidence que la reproduction des bovins était un indicateur convaincant de la valeur biologique de l'aliment. Ces découvertes furent confirmées par l'Institut Agricole Fédéral de Linz, en Autriche. Malheureusement, Aehnelt décéda prématurément avant de terminer son travail, dans les années 70. Au début des années 60, ses collaborateurs et lui rapportèrent des échecs d'insémination artificielle, lorsque la semence collectée provenait de taureaux ayant reçu des aliments provenant de cultures intensément fertilisées. Dans un établissement d'insémination artificielle qui utilisait principalement le compost comme amendement des plantes fourragères, le test standard pour le sperme était satisfaisant pour 75 % des animaux en hiver, et 74 % en été ; par contre, dans un établissement du même type qui utilisait de forts amendements à base d'engrais minéraux, surtout sur les pâturages, les taux étaient respectivement de 67 % et 42 %. En été, la fertilité baissait particulièrement parce que les ani-

maux vivaient sur une prairie trop fertilisée. Aehnelt et Hahn (1973) procédèrent à une série d'expériences, aussi avec des petits animaux, permettant de tester six critères de fertilité animale afin de comparer les animaux nourris avec du foin provenant de pâtures amendées en engrais NPK avec ceux nourris au foin de prairies amendées en compost bio-dynamique. Le tableau 18 présente les résultats obtenus.

TABLEAU 18
Expériences d'alimentation de lapins avec du foin provenant de trois fermes différentes

Quatre animaux par groupe. Aliment : bouchons de foin avec 14 % de graines de soja et 6 % de mélasse.			
Foin consommé de la ferme n°	1 NPK 280/240/240 kg/ha	2 NPK 280/90/340 kg/ha	3 Compost bio-dynamique
Critères de fertilité			
Poids de l'ovaire, mg	156	227	271
Points d'ovulation	3,5	6	9,3
Ovules dénombrés	3	6	9
% d'œufs fertilisés	0	100	96
% de blastocytes	0	50	100
Glandes utérines (surfaces)	28,5	25,7	35

Source : Aehnelt et Hahn (1973)

D. Staiger (1986) reproduisit les essais de Aehnelt et Hahn dans un travail scientifique à l'Université de Bonn. Elle observa, en particulier aussi chez des animaux stressés par le bruit de travaux de construction, des taux de fertilité supérieur dans les générations suivantes, c'est-à-dire que des lapins qui avaient été nourris sur deux ou trois générations avec des aliments bio-dynamiques étaient plus féconds que des animaux nourris avec de l'alimenta-

tion conventionnelle. Les résultats des expérimentations de Edelmüller (1984) et de Kienzl-Plochberger (1996) vont dans le même sens.

Une série de produits animaux, lait et produits laitiers, viande fraîche et viande transformée issus de l'agriculture bio-dynamique sont commercialisés sous la marque Demeter. Il existe un cahier des charges obligatoire pour leur origine, production et transformation. Jusqu'à présent, il n'existe pas pour les produits animaux une recherche sur la qualité aussi étendue et ancienne que pour la production végétale. Mais ceci tient en partie au fait que la situation est différente. Dans le principe, nous avons des bases de jugement valables pour l'origine, la pureté ou la réglementation des additifs pour la transformation ; ces règles sont appliquées dans la pratique de la transformation des produits Demeter. Des éléments essentiels appartenant au concept de qualité des produits animaux sont la connaissance de l'alimentation des animaux et leur élevage de manière naturelle ainsi que le respect des règles de protection des animaux pour le transport. L'animal, être doté d'une âme, n'est "entier" que si on répond à ses besoins d'une alimentation et d'un élevage sains. M. Rist (1989) a élaboré, au cours de longues années d'études du comportement des animaux d'élevage à la ETH de Zürich, les voies d'un élevage respectant la nature des animaux ; il a publié des conseils pratiques pour les bâtiments d'élevage. En ce qui concerne le rapport entre la production bio-dynamique et le mode de vie végétarien, voir H. Koepf (1984). Par ailleurs, à côté de ce qui a déjà été cité, il existe une abondance de témoignages de la part des consommateurs et des médecins en ce qui concerne la qualité des produits animaux issus de l'élevage bio-dynamique, leur goût, texture et la qualité de transformation. L'expérience souligne que, pour ces aliments, il existe des qualités très différentes qui sont, d'un certain point de vue, plus évidentes que pour beaucoup d'aliments d'origine végétale. Il est aussi vrai qu'on assiste à une perte croissante de jugement personnel de la qualité de la part des consommateurs, provoquée par la prédominance des élevages de batterie, des produits de supermarchés et des habitudes de fast-food.

EXPÉRIMENTATIONS CONTRIBUANT À UNE COMPRÉHENSION DE L'EFFET DES PRÉPARATIONS BIO-DYNAMIQUES

Les recherches sur les préparations bio-dynamiques ont aussi toujours pour objectif de comprendre leur mode d'action. Il est prouvé que les préparations bio-dynamiques influencent les conditions de compostage, les rendements et la qualité des fourrages et des produits agricoles. Mais ces effets dépendent aussi d'un nombre important d'autres circonstances. D'où le fait que ces critères ne représentent pas nécessairement les meilleurs moyens de comprendre comment agissent ces préparations. On ne pourra que progressivement se former une image du mode d'action des préparations. Dans le "Cours aux Agriculteurs", Steiner signale qu'il faut vivifier la terre elle-même, ce qui est possible "en utilisant de la matière organique amenée dans un état organisant et vivifiant l'élément solide terrestre lui-même". Il faut apporter cette stimulation à la fumure en "restant dans le vivant". Cette remarque concerne les préparations ajoutées au compost. On peut supposer que cet effet d'organisation résulte des composants variés présents dans les préparations elles-mêmes, et qu'il est utile de les connaître. Mais pour comprendre l'effet des préparations bio-dynamiques — et pour comprendre tout processus — on doit élaborer une image de l'action qui est à la fois spécifique et exprime aussi une idée globale. Car un processus n'est pas la somme de processus isolés, il se caractérise par l'interaction coordonnée des processus partiels. Une espèce botanique est l'expression du "type" (au sens de Goethe - voir *La métamorphose des plantes*, Goethe, Ed. Triades) ; ainsi nous utilisons les vertus de fleurs fermentées pour induire un processus. Dans ces circonstances, la compréhension de l'effet global, qui trouve son expression dans un processus, n'est pas "donnée" à première vue. On doit plutôt la découvrir comme étant l'idée habitant les phénomènes, non par la spéculation ou la déduction, mais par l'observation.

Ce mode d'étude du développement végétal, basé sur l'approche Goethéenne de la science, a été développé ces dernières années par la section scientifique de l'Université des Sciences de l'Esprit du Goetheanum, à Dornach (Suisse) sous la direction de J. Bockemühl. De telles études ont été réalisées dans la direction d'une compréhension des préparations bio-dynamiques, entre autres sur la camomille, la valériane, le pissenlit, l'ortie dioïque et l'achillée millefeuille (Bockemühl, 1969, 1970 ; Bockemühl et Clark, 1976). Dans le "*Cours aux Agriculteurs*", Steiner décrit l'action complémentaire entre la préparation 500, qui augmente la fertilité du sol, et la préparation 501, qui exerce son influence formatrice directement sur la plante. L'achillée millefeuille facilite l'utilisation de la potasse par la plante et donne à la terre et à la plante le pouvoir d'absorber les influences subtiles de substances de l'environnement. La camomille, en relation avec l'élément du calcium, favorise un déroulement sain des processus physiologiques de la plante et stabilise l'azote dans le fumier. L'ortie régule les effets du fumier sur la vie du sol et fournit des conditions optimales aux plantes cultivées – elle "imprègne d'ordre et de raison" les processus du sol. L'écorce de chêne tempère l'ardeur excessive des forces de croissance, réduisant ainsi la sensibilité des plantes cultivées aux maladies fongiques. Le pissenlit rend la plante en croissance réceptive aux subtiles influences de son environnement et la valériane agit en relation avec le phosphore. Les efforts expérimentaux et conceptuels permettent de former progressivement une image spécifique de l'effet de chaque préparation. On cherche à obtenir une image rationnelle permettant de confectionner correctement et de mettre en oeuvre ces substances de manière adéquate dans des situations variées.

Dans la revue américaine *Biodynamics* N° 129 (1979), W. Goldstein passe en revue quelques-uns des plus anciens travaux réalisés avec les préparations. Plus récemment, Goldstein a réactualisé cette compilation, en y incluant des références disponibles dans la littérature. (Document de l'Institut Agricole Michael Fields, 1990). Dans les années 30 et 40, M. Kuenzel et F. Lippert (1944, 1953) firent des études approfondies sur les effets des préparations utilisées en bains pour les semences. Depuis ce travail, nombre de fermiers emploient les préparations : 507 pour les semences de fro-

ment et de maïs ; 502 pour la semence de seigle, les graines de lin et de graminées ; 504 pour l'orge, 505 pour l'avoine et les pommes de terre, et 503 pour les légumineuses et les crucifères. Lorsqu'elles sont utilisées en pulvérisation sur les feuilles, les préparations 507 et, à un degré moindre, 500 et 503, amènent des rendements plus élevés et augmentent la nodulation chez le haricot, le pois et la vesce.

Dans les années 1930, Molisch (1937) décrit l'allélopathie et les effets de l'éthylène. L'exposition des plantes à l'éthylène peut causer des distorsions morphologiques et une perturbation du tropisme. Lippert démontra que ces effets pouvaient être compensés en partie par les préparations 501 et 507, et plus fortement encore par les préparations 503 et 504. Une légère exposition à l'éthylène favoriserait la croissance végétale, effet qui est même renforcé par la préparation 507. E. Pfeiffer (1969) mit en évidence la respiration des tubercules de pommes de terre par la réaction du bleu de méthylène. Les préparations 501, 502, 503 et 507 stimulent la respiration. Le trempage de racines de lin dans une solution d'éosine peut provoquer la désorientation du géotropisme ; on supprime ce phénomène en faisant tremper les racines dans les préparations 501 et 507.

I. Voegelé (1960) observa que des préparations bio-dynamiques utilisées seules entraînaient chez le blé des tendances de croissance opposées. Après des bains de semence dans les préparations 500, 503 et 505, la plante se développait en renforçant le "pôle terrestre", le type "calcium" de sa croissance, en s'épaississant dans le plan horizontal. À l'inverse, lorsqu'il trempait la semence dans les préparations 501, 506 et 507, la croissance du blé prenait nettement une orientation verticale, dans le "pôle cosmique" du type silice.

On a toujours cherché à tester les méthodes de confection des préparations. Bien sûr, ceux qui les fabriquaient et les utilisaient en contrôlaient la couleur, l'odeur et la structure, ainsi que les signes de fermentations correctes ou défailtantes. W. Brinton (1983) relate des essais approfondis sur la préparation 500. Il a montré que, pendant la fermentation de la préparation 500, le pH diminuait, la substance doit manifestement être bien aérée dans la corne, du

nitrate se forme, la perte de matière organique est réduite. Ces caractéristiques, mises en évidence en 1983 dans les expérimentations de Brinton, sont très différentes de celles qu'on s'attend à trouver lors du compostage du fumier. Lorsqu'en 1984, Brinton tria les cornes selon leur apparence, il découvrit que les "bonnes" cornes retenaient 68 à 84% de leurs teneurs originales en carbone et en azote, tandis que les "mauvaises" cornes n'en avaient retenu que 58 et 38% respectivement. Brinton signala aussi des différences entre les échantillons provenant de différentes régions de fabrication ; le rapport poids/volume de la corne vide est vraisemblablement plus important que la consistance originelle de la bouse.

Th. Dewes (1981) disposa des cornes remplies dans un bloc de terre divisé en plusieurs zones définies par 3 x 3 facteurs comme la profondeur de 0,16, 0,60 et 1,0 m ; soit en les mettant à plat, afin d'éviter la percolation par l'eau de pluie dans les cornes, soit en position verticale pour en mesurer les effets. Dewes enterra une deuxième série de cornes dans une serre où la température du sol était de 1 à 3 °C plus élevée. L'expérience montra que, durant la fermentation, le nombre total de germes augmente, ainsi que celui des champignons dans une certaine mesure ; tandis qu'il observa le contraire pour les bactéries protéolytiques (hydrolysant la gélatine). Le nombre d'actinomycètes présents dans la corne était le même que celui présent dans le sol environnant. Dewes fit pousser de la semence d'orge pendant 14 jours dans des récipients Neubauer, en leur appliquant plusieurs fois 1 ml de préparation 500 dynamisée (3 g/l d'eau). La bouse de corne qui avait été enterrée à 0,16 m de profondeur provoqua un allongement significatif des feuilles. Les préparations qui avaient été soumises à une fermentation dans des conditions relativement sèches, (0,16 et 1 m) augmentèrent la teneur en matière sèche. Les expériences de Dewes ne confirmèrent pourtant pas celles de Pfeiffer (1935) et Goldstein (1979) sur l'effet stimulant de la préparation 500 sur la croissance des racines. Dewes observa, comme d'autres l'avaient fait, que les variantes culturales qui avaient reçu un traitement avec les préparations, présentaient de faibles variations de valeurs par rapport au témoin, c'est-à-dire que les plantes traitées manifestaient une croissance plus uniforme que le témoin.

M. Tegethoff (1988) et U. Koenig (1988) signalent que peu de travaux ont été entrepris jusqu'alors sur la croissance et les paramètres physiologiques des plantes traitées avec les préparations. Tegethoff fit pousser des épinards, des haricots nains, des radis et des betteraves rouges dans des parcelles disposées au hasard. Les variantes incluaient les traitements bio-dynamiques et conventionnels des plantes, et l'emploi des préparations 500 et 501 dynamisées à la main et à la machine. Dans certains cas, mais pas tous, le fait d'appliquer les préparations entraîna diverses modifications significatives. Par exemple, à la suite de l'application de la préparation 501, brassée soit à la main, soit à la machine, les haricots nains présentaient une réduction de la surface de leurs feuilles. Chez les haricots nains et les betteraves rouges, la préparation 501 réduisait l'ouverture des ostioles (ouverture des cellules stomatiques) et diminuait la transpiration. Tandis que la photosynthèse n'était apparemment pas influencée par les deux préparations, la 501 augmentait la teneur en chlorophylle chez les haricots de plein air et, sous une intensité lumineuse légèrement réduite, aussi sous serre. Sous un éclairage plus réduit, 500 et 501 augmentaient de 30 % le nombre des stomates sur la face inférieure des feuilles de betteraves rouges. Les deux préparations augmentaient la densité spécifique de la substance des feuilles. Par contre, des contrôles réguliers de formation de matière végétale, estimée en mesurant le poids de matière sèche des plants individuels de haricot, radis et betterave rouge, ne révélèrent pas d'effet spécifique des préparations. Cependant, le diamètre des racines des plantes qui avaient reçu de la 501 montraient une augmentation dépassant de plus de 75 % le diamètre moyen du groupe testé. U. Koenig fit des expériences avec la moutarde (*Sinapis alba* L.), des haricots nains et des carottes. La combinaison des préparations 500 et 501 augmentaient légèrement l'assimilation nette ; cette augmentation était supérieure avec la 500 seule et la 501 seule la réduisait. Ces modifications d'assimilation nette s'étalaient sur de longues périodes. L'association des préparations 500 et 501 réduisait la surface totale des racines des haricots nains, mais augmentait la surface relative des feuilles dans les parties supérieures, plus jeunes, de la plante. Les deux préparations utilisées ensemble augmentaient la teneur en matière sèche des carottes et de la moutarde, et réduisaient légèrement les oscillations des stomates.

Koepe (1966) fit croître des grains de blé dans de l'eau additionnée de faibles quantités de lisier fermenté en présence et en absence des préparations 502 à 507. Les échantillons traités révélèrent un allongement significatif des racines séminales et une nette augmentation du poids sec. Cela pouvait être dû à une stimulation du métabolisme des hydrates de carbone. Chris Stearn (1976) réalisa des expérimentations avec la bouse de corne et la silice de corne provenant d'origines diverses. Ces expérimentations montrèrent des taux élevés d'activités de type cytokinine dans ces substances, auxquels il attribua les effets stimulants sur la croissance. U. Abele (1973) découvrit que la préparation 501 augmentait la résistance à la verse de la paille de blé, et M. Jost (1983) parvint à des résultats analogues.

G. Deffune Goncalves De Olivera (1990) isola différents acides humiques, dont l'un issu de la bouse de corne. Avec les préparations 500, 505 et 507, il ajouta des dilutions de cet acide à raison de $0,2 \times 10^{-3}$, $0,2 \times 10^{-11}$ et $0,2 \times 10^{-25}$ sur de la semence de blé mise en culture dans des solutions nutritives. De Olivera utilisa aussi l'acide indolylacétique (AIA) aux dilutions de 10^{-8} , 10^{-11} (l'optimale) et 10^{-25} . Les plantes poussaient sous une durée d'éclairement de 16/8 heures (lumière/obscurité) à 20° et 16°C respectivement. De Olivera découvrit des différences statistiquement significatives entre les traitements pour le poids sec et la hauteur de pousse pour la bouse de corne (dilution moyenne), la préparation 505 (haute dilution), et 507 (basse dilution). D'autres modifications suivaient les combinaisons variées de préparations, d'AIA et d'acides humiques.

Dans des études en plein champ réalisées dans l'état de Washington, USA, W. Goldstein (1986) compara la croissance du blé sous diverses gestions, conventionnelles, organiques et bio-dynamiques dans le cadre de plusieurs rotations culturales. L'emploi des préparations bio-dynamiques augmenta la densité de longueur des racines dans les 15 premiers cm du sol de 18 % et le poids des racines de 13 %. Les préparations stimulaient aussi le tallage, la formation des épis et épillets, mais sans différence significative dans les rendements. L'utilisation des préparations augmentait aussi la biomasse microbienne et la respiration du sol de 7 %. Des essais plus récents entrepris dans le Dakota du Nord,

montrèrent des résultats similaires (Goldstein, Communication personnelle). Ces essais, menés sur plusieurs bandes de terrain d'une ferme biologique, comparaient les effets du fumier frais, du fumier composté et du fumier composté avec addition des préparations bio-dynamiques. L'emploi des préparations sur le millet augmentait le poids des racines de 17 % et leur densité de longueur de 48 %, mais cela n'entraîna pas, non plus, d'augmentation de rendement en grains. Les préparations avaient aussi un effet favorable sur la distribution de la taille des agrégats du sol, ce qui favorise probablement le développement des racines.

Cherchant à développer des tests convenables pour les préparations, Goldstein et Koepf (1982) firent pousser de la semence de blé dans des solutions nutritives de concentrations variées, auxquelles ils ajoutaient des extraits des préparations camomille, écorce de chêne, valériane et de la bouse de corne, ou du lisier et du fumier composté. Lors de cette expérimentation, la morphologie des racines et des feuilles était évaluée en mesurant la longueur des première, deuxième et troisième racines séminales et des première et deuxième feuilles. Il existe fondamentalement deux principaux types de racine : 1. le type horizontal, avec des racines courtes et épaisses, un chevelu abondant, de longueur irrégulière et une tendance à s'incurver ; 2. le type vertical, avec de longues racines verticales minces et une plus grande uniformité de longueur des trois premières racines. Le type horizontal est induit par des teneurs élevées en macronutriments (le calcium et l'azote en formant les constituants principaux), la préparation 500 et le lisier fermenté. Le type vertical suit plutôt les teneurs inférieures en nutriments ou est provoqué par l'addition d'oligo-éléments et de citrate ferrique aux solutions nutritives. Le type vertical est aussi induit par les préparations bio-dynamiques 507, 503, ou des associations de 505 et 507 ou 503 et 500. Le fumier composté bio-dynamique semble toujours stimuler la croissance, mais à chaque fois, à l'opposé de la tendance de croissance induite par la solution nutritive. Dans cette disposition expérimentale, les éléments en relation avec les préparations, Ca (calcium, dans l'écorce de chêne) et P (phosphore dans le jus de valériane) ne sont pas fournis en quantités suffisantes par les préparations elles-mêmes pour expliquer les effets comme l'effet de nutriments. L'effet équilibrant du fumier de

vache composté mérite des expériences supplémentaires.

Fermiers et chercheurs ont diverses explications concernant l'effet des préparations. Nous disposons de résultats de véritables essais comparatifs et un grand nombre d'indicateurs sont également connus. On a cherché à expliquer l'effet des préparations comme des inoculations, on a parlé de transporteurs de phytohormones – et même d'une sorte de radiation indéfinie. Ce sont des explications appartenant au plan de la causalité physique et guère à celui de la correspondance entre des phénomènes. Le terme "radiation" mentionné dans le "Cours aux Agriculteurs" est plutôt utilisé dans le sens d'une action s'étendant au travers du tas de compost, et non pour évoquer une sorte de radiation électromagnétique. Le contexte ne permettrait pas d'ailleurs ce genre d'interprétation.

I. Hagel (1981, 1985 et 1988) mit 0,02 g d'une préparation ou d'un mélange de préparations 502 à 507 dans des tubes à hémolyse en verre qu'il scella. Ces tubes furent ensuite insérés dans différents matériaux : des échantillons de sol en incubation, une culture de germes de blé dans l'eau, des pommes de terre râpées se décomposant dans l'eau et lors de recherche sur la force de croissance du blé. On constata des effets sur la respiration du sol, la croissance, la décomposition et la germination. Hagel observa aussi une homogénéité plus élevée des résultats des variantes (plus faible déviation par rapport au standard) répétée lors des tests avec les préparations ; ceci fut aussi signalée par Pelikan (1968) dans un contexte différent, Goldstein (1979) et Dewes (1985) ; une remarque qui est toutefois aussi réfutée par d'autres. Seul le travail de Hagel a fait l'objet d'une publication jusqu'à présent : une confirmation par une tierce personne fait encore défaut.

J. Raupp et U. König ont analysé les données concernant l'effet des préparations bio-dynamiques sur les rendements, issues de l'essai de longue durée de Darmstadt mentionné ci-dessus ; ceci en intégrant également les résultats de Spiess (1978) et Kotschi (1980). Le résultat montre que, dans des terres à rendement faible à moyen, on constate le plus souvent un effet positif sur le rendement. Cet effet peut aussi ne pas apparaître, ou les années avec un niveau de rendement très élevé, on peut même arriver à un effet

inverse des préparations, c'est-à-dire que les rendements sont légèrement plus faibles chez les variantes avec préparations. Il n'est pas vraisemblable qu'il s'agisse là d'un dommage comme c'est le cas avec un excès de fertilisants à base de macronutriments. Il existe des résultats allant dans la même direction, par exemple les travaux de von Werthern (1984), Dewes et Ahrens (1990). On perçoit donc un effet agissant vers une situation moyenne, c'est-à-dire une influence s'exerçant globalement sur un système. Le compte-rendu 1994/95 de l'Institut pour la Recherche Bio-Dynamique résume ce thème ainsi : "ceci correspond à de nombreux autres résultats d'essais et d'expériences pratiques selon lesquels les préparations n'ont pas chaque année le même effet sur le rendement. Mais ce n'est qu'en tenant compte du niveau de rendement que l'on observe qu'il peut y avoir là une fonction particulière de régulation des préparations. Selon l'intensité des processus de croissance dans chaque système de culture les préparations favorisent une augmentation lorsque les rendements sont faibles ou, avec des rendements élevés, elles ne provoquent aucun effet ou même un effet légèrement négatif." D'autres observations expérimentales et pratiques doivent contribuer à éclaircir le domaine dans lequel cette règle est valable et ses implications.

LE TRAVAIL INVESTI DANS LA CONFECTION ET L'APPLICATION DES PRÉPARATIONS

Le Conseil Allemand de la Technologie et de la Construction Agricole (KTBL), un organisme semi-officiel, a commandité une étude concernant l'investissement approximatif de travail et les coûts nécessaires à la fabrication et à l'application des préparations. Cette information fait partie d'une compilation de données destinées aux cultivateurs qui envisagent de convertir leurs fermes vers un système agricole de type alternatif (Haccius, 1990). Si quelques fermiers font toutes leurs préparations eux-mêmes, d'autres s'associent souvent avec leurs conseillers agricoles au sein de groupes régionaux qui emploient parfois aussi des apprentis, des invités et les jeunes membres de la famille pour ramasser les fleurs. Cinquante à soixante heures de travail sont consacrées,

en automne et au printemps, pour recueillir et traiter les ingrédients nécessaires à 20 ou 30 fermes. L'Institut de Recherche Bio-Dynamique passe 200 heures de travail pour fournir les préparations à environ 30 cultivateurs, mais une partie de ce temps est utilisée à la formation d'apprentis et de nouveaux venus. Dans une ferme familiale individuelle, où l'on confectionnait toutes les préparations, il ne fallait que 30 heures par an pour réaliser ce travail. On se livre en outre à cette activité principalement dans les temps creux pour le travail des champs. Schlueter (1985) étudia l'investissement de travail dans 12 fermes bio-dynamiques, sur deux ans. La fabrication du compost et des préparations absorbe 0,3 à 6,7 % de l'ensemble du travail investi dans les fermes. La préparation et l'application des pulvérisations en plein champ requièrent 2 à 5,2 heures par hectare et par an — il faut plus de temps dans un maraîchage intensif, cela dépend surtout de la taille et du nombre de parcelles et du niveau de mécanisation. L'achat des ingrédients se monte à 16 FF par hectare, et le capital d'investissement pour réaliser et appliquer les préparations inclut le coût d'une barrique en bois pour brasser les préparations, un pulvérisateur à dos, ou un équipement de pulvérisation monté sur le tracteur et quelques articles mineurs.

RYTHMES

Rudolf Steiner ouvre son *"Cours aux Agriculteurs"* en évoquant la manière dont les rythmes témoignent du degré d'émancipation des êtres naturels par rapport à la nature qui les entoure. Après avoir signalé quelques exemples de phénomènes rythmiques dans la vie de l'être humain, il observe :

"Cette émancipation de l'environnement cosmique est presque totale en ce qui concerne la vie humaine ; elle est déjà sensiblement moins nette pour la vie animale ; la vie végétale, elle, est encore presque entièrement immergée dans la nature terrestre et extraterrestre."

Les rythmes représentent le moyen de réaliser comment la vie en tant que processus temporel est, tout au moins en partie, régulée par l'environnement terrestre et cosmique. On reconnaît dans le développement successif des feuilles des plantes, les formes spatiales transitoires qui surgissent au cours de la croissance, se déroulant dans la succession des jours et des nuits, et des saisons. Les remarques de Steiner, sur les relations entretenues par la vie végétale avec ses environnements terrestre et cosmique, ont inauguré de riches perspectives d'observations et d'expériences. Il attire l'attention sur les rythmes solaires, lunaires et planétaires, mais il le fait toujours en connexion avec les substances terrestres correspondantes, en constatant la parenté entre l'influence cosmique et la substance terrestre. La fabrication, la fermentation et l'application des préparations bio-dynamiques sont réalisées en relation avec les saisons, c'est-à-dire dans le rythme de l'année solaire.

Tant la sagesse traditionnelle que la science moderne savent que le rythme est un phénomène fondamental de la vie. Les cultivateurs connaissent depuis longtemps l'importance des basses températures en automne et au printemps pour la vernalisation des céréales, ainsi que celle de quelques nuits froides pour d'autres

cultures. Le photopériodisme, c'est-à-dire la manière dont les stades de développement de la plante réagissent aux jours courts ou aux jours longs, est connu depuis les années 20.

En fait, la chronobiologie est devenue l'un des domaines scientifiques qui a le plus rapidement progressé durant ces 40 dernières années. Des centaines de périodicités concernant tous les domaines vivants, et même l'organisme humain, ont fait l'objet jusqu'alors d'investigations scientifiques. Les rythmes biologiques peuvent être autonomes ou sont déclenchés par des causes extérieures (ou d'initiation temporelle); ou bien ils sont exo-endogènes, lorsque la disposition d'un organisme est déclenchée ou synchronisée par des causes extérieures. Parmi d'autres facteurs, la lumière, la chaleur, la gravité et le champ magnétique varient en fin de compte selon les mouvements des corps célestes en dehors du domaine terrestre. Récemment, la périodicité des taches solaires est devenue un domaine d'intérêts particuliers et le flux de particules relâchées a été mis en rapport avec des événements météorologiques, l'épaisseur des cernes annuels des arbres, la hauteur d'eau des lacs, les sécrétions des racines de plantes cultivées, l'apparition de parasites, etc.

Il existe également une quantité de connaissances traditionnelles sur les rythmes de la lune et la vie végétale, indiquant aux jardiniers et fermiers les moments favorables aux semis et aux travaux du sol. Cependant, ces règles traditionnelles et proverbes nous sont parvenus en ayant subi quelques distorsions et, pour la vie moderne d'aujourd'hui, ils représentent pour beaucoup de gens un domaine de croyances irraisonnées.

Les chercheurs bio-dynamiques ne se satisfont ni d'accepter sans réfléchir, ni de repousser hâtivement la tradition populaire. Pas plus un recours à la superstition, que le côté sensationnel des choses ne représentent pour eux une attitude constructive. Ils insistent plutôt sur l'investigation prudente et vérifiable. Dans le *Cours aux Agriculteurs*, Rudolf Steiner cite la lune croissante comme le moment des semis, à condition que l'humidité du sol soit correcte. L. Kolisko (1939) a repris aussitôt cette suggestion. Elle fit pousser du blé, de l'avoine et de l'orge dans des conditions expérimentales de laboratoire, en réalisant les semis au moment

de chaque quartier lunaire et en mesurant les deux premières feuilles et racines des jeunes plants quinze jours plus tard. À la suite de ses travaux, elle parvint à la conclusion : "la croissance maximale est toujours atteinte pendant la période de lune croissante, allant de la nouvelle lune à la pleine lune. Cela semble être une loi. Elle se répète année après année." Voegelé (1930) observa la même relation lors d'expérimentations réalisées en plein champ, mais il ajouta que l'effet initial pouvait se trouver masqué par d'autres influences se produisant lors des étapes de croissance ultérieures. Cette relation avec la révolution synodique de la lune (la durée comprise entre deux nouvelles lune successives par exemple), que mentionnent Steiner, Kolisko et Voegelé, est aussi celle que l'on rencontre le plus fréquemment dans les proverbes agricoles traditionnels. Progressant depuis 1963 à l'aide d'expérimentations de grande ampleur, M. Thun a régulièrement publié ses observations sur le rythme sidéral de la lune, rythme qu'elle accomplit en passant devant les douze constellations du zodiaque en environ 27 jours. Les douze constellations sont traditionnellement divisées en quatre trigones en rapport avec les éléments terre, eau, air et feu. Selon M. Thun, le passage de la lune devant chacune des constellations formant un trigone favorise à tour de rôle le développement des racines, feuilles, fleurs et fruits/graines. Selon la partie végétale pour laquelle la plante est cultivée, on oriente les façons du sol, le semis et les soins culturaux, en fonction des moments du passage de la lune devant la constellation et l'élément correspondants. M. Thun se réfère à la constellation astronomique visible et pas aux signes astrologiques.

Des résultats partiellement positifs en faveur de la conception de M. Thun ont été rapportés par Abele (1973) et U. Graf (1977). H. Spiess (1994) de l'annexe du Dottenfelder Hof de l'Institut pour la Recherche Bio-Dynamique a étudié sur une durée de huit ans les dates de semis en relation avec les rythmes lunaires. Il cultiva du seigle, des radis, des carottes, des pommes de terre, des haricots et de la moutarde en essai de plein champ, en jardin et en récipients d'essai. Dans les essais de dates de semis, on constate, pour les critères de rendement et de qualité, un rythme annuel qui est également déterminé par les autres facteurs de croissance de l'environnement : chaleur, humidité, lumière, durée du jour, état du sol, etc. Ces résultats furent représentés par des polynômes de

régression, les relations lunaires apparaissent dans les écarts avec cette courbe. Une première publication de ce travail est parue en 1994 en anglais. Maintenant l'ensemble de la documentation est disponible comme contribution phytotechnique à la chronobiologie. En conséquence, nous ne présenterons ici que quelques résultats importants. Les différences les plus importantes déterminées par la lune furent observées sur les cultures dont on utilise les organes végétatifs. Sur des cultures à longue durée de développement, les effets lunaires peuvent s'exprimer plus faiblement des stades précoces jusqu'à la maturité. Sur la base des données recueillies jusqu'à présent, il est pensable qu'on puisse établir à l'avenir des types de réaction pour différentes plantes cultivées. On observa, en dehors des niveaux et des analyses de rendement, aussi des influences lunaires sur les critères qualitatifs comme la qualité des semences, la conservation, etc. Chez le seigle, on constate à la germination en plein champ des relations nettes avec le rythme synodique de la lune, chez le radis aussi avec le rythme tropique ainsi qu'avec le rythme apogée-périgée. Sur les carottes, le semis en lune devant la constellation Virgo et le semis avant la pleine lune agissent sur le rendement et la conservation. Les différences liées aux influences lunaires étaient moins évidentes sur les pommes de terre mais opposées aux influences sur d'autres espèces botaniques. Les rythmes déjà cités des trajectoires synodiques, tropiques et aussi anomalistiques ont également été observés sur les haricots. En résumé, on peut dire que le rythme synodique, en particulier la Lune croissante comparée à la Lune décroissante, se révèle sur toutes les cultures testées. Le rythme tropique (Lune montante et descendante) montre une influence sur quelques cultures. Le rythme anomalistique, surtout le semis en périgée, provoqua des effets positifs. Etant donné que les rythmes se superposent en partie on trouve aussi des relations entre l'amélioration des rendements et de la qualité et le rythme sidéral mais ces effets peuvent être expliqués par les rythmes cités ci-dessus. On n'a pas constaté d'influence de la position en trigone. On peut tirer quelques règles pratiques des influences découvertes jusqu'à présent. Elles peuvent être multipliées par d'autres recherches. Les influences observées liées à la date de semis sont en partie utilisables pour la pratique.

RECHERCHES EN COURS

Jusqu'à présent, nous avons principalement traité d'approches conceptuelles et expérimentales de thèmes spécifiques de la bio-dynamie. Il va sans dire que l'agriculture bio-dynamique partage aussi les problèmes techniques et de gestion rencontrés dans les agricultures biologique et conventionnelle. Quelques-uns d'entre eux ont fait par moment l'objet d'investigations dans les institutions bio-dynamiques, en tant qu'objectifs secondaires du travail expérimental en cours. Sans excessivement allonger ce rapport, quelques remarques concernant un certain nombre de ces aspects peuvent y trouver place.

LES COMPOSTS ET LEURS EFFETS

Ces dernières années, avec la raréfaction des sites de décharges et les critiques portées sur l'emploi du lisier à grande échelle, il y a un renouveau d'intérêt pour le compostage. Au début des années 1950, E. Pfeiffer avait consacré beaucoup de ses travaux au compostage municipal. Les résultats obtenus parurent sous la forme d'un livre traitant du compostage municipal (Pfeiffer, 1957) qui vaut encore la peine d'être lu.

B. D. Pettersson (1973) étudia le processus de compostage de fumier de bovins dans des récipients en verre remplis de 2 à 4 kg de matériau. La température de fermentation initiale fut établie à 25°C et baissa graduellement à 15°C. Dans sept séries d'essais séparés, on testa des ajouts de farines de viande, de farines d'os, de phosphate, de potasse et de terre. L'objectif de cette expérimentation était d'établir un procédé de compostage qui, après application, libère des quantités d'azote adéquates pour le climat plus froid de la région nord. Tandis que sous ces latitudes, la résér-

ve en humus des sols est généralement satisfaisante, la libération d'azote organique, principalement au printemps, est insuffisante. Les résultats de ces essais sont exprimés en fonction des teneurs en azote et de la matière sèche présente dans le compost fermenté. L'addition de farine de viande augmente la perte d'azote et de matière sèche, et cela d'autant plus qu'on élève le rapport initial azote sur matière sèche. La farine d'os, le phosphate brut et les scories basiques (phosphate) n'affectaient pas les pertes de matière ; le superphosphate réduisait la vitesse de fermentation, et le sulfate de magnésie potassique réduisait fortement la vitesse de fermentation, et par là, la perte d'azote et de matière sèche, en retardant la maturation du compost. Le sol n'influence aucune de ces propriétés.

À partir de leurs expériences pratiques, fermiers et jardiniers ont beaucoup appris sur les effets du compost sur des aspects tels que l'amélioration de la couche de terre arable et l'accroissement de la matière organique dans le sol ; mais il n'existe pas beaucoup de recherches spécifiques sur ce thème. Lors d'expérimentations étalées sur 12 années qui n'avaient pas de rapport direct avec des initiatives bio-dynamiques, Sauerlandt et Tietjen (1970) montrèrent que le fumier composté, comparé au fumier frais, a une influence positive sur le poids volumique du sol, sa teneur en carbone et sa capacité d'échanges. Le compost stimule aussi le développement des racines des plantes cultivées. Des applications régulières, c'est-à-dire annuelles ou à intervalle de trois ans, ont aussi quelques effets.

M. Richter et E. von Wistinghausen (1981) ont comparé 31 paires d'échantillons de sol prélevés sur 10 champs contigus. Dans chaque cas, un échantillon provenait d'un sol traité en gestion bio-dynamique depuis 3 à 8 ans, et l'autre provenait d'un sol cultivé de manière conventionnelle. Les échantillons étaient analysés pour déterminer leur teneur totale en matière organique (teneur en carbone), en "carbone léger", en carbone et rapports Q 4/6 dans les extraits d'hydroxyde de soude, et la teneur en carbone après divers temps d'extraction. (Le "carbone léger" est la teneur en carbone organique qui surnage dans un liquide d'une densité inférieure à 2,0.) Les données menèrent à la conclusion que les sols cultivés en bio-dynamie contiennent un pourcentage plus

élevé de matière organique jeune, facilement décomposable, que les sols cultivés de manière conventionnelle, et qui plus est, cette différence peut être démontrée par des procédés d'analyses relativement simples.

Dans le chapitre sur l'influence des préparations sur les composts et les sols, nous avons déjà mentionné l'essai de longue durée de Darmstadt et donné quelques résultats. Cet essai ajoute quelques points de vue essentiels aux observations montrant l'activité de régulation du système exercée par les préparations. Pour les conditions pédologiques du lieu, on montre que l'humification est plus influencée par le type de fertilisant que par le niveau de l'apport de fertilisant calculé sur la base de sa teneur en azote. Ceci est nettement montré par l'humification plus élevée sur les parcelles fertilisées avec du compost de fumier préparé que sur les parcelles fertilisées avec du compost de fumier sans préparations. Les paramètres de l'activité biologique mesurés montrent l'action des préparations.

Des échantillons de sol de cette expérience ont été utilisés pour étudier la fixation d'azote par une culture en pots de trèfle violet sur une durée de 20 semaines. La réduction de l'acétylène fut mesurée une fois par semaine, à raison de quatre répétitions pour chaque variante (H.J. Reents, 1989). La fixation d'azote augmenta durant la croissance des pieds. Elle fut toutefois fortement réduite après chaque coupe sans effet additionnel des préparations. Des amendements élevés en azote réduisaient la fixation. Une année, la préparation 500 provoqua une fixation d'azote plus élevée mais cet effet ne put être confirmé pourtant à la saison suivante.

LE COMPOST DE BOUSE (PRÉPARATION COMPOSÉE)

On composte de la bouse de bovins dans une fosse de 60 x 60 x 30 cm dont les parois sont recouvertes de bois et on y introduit les préparations bio-dynamiques pour le compost. Le contenu, après fermentation, sera ajouté en petite quantité comme stimulateur de fermentation dans les fosses à purin et à lisier ainsi que

répandu sur l'engrais vert et les résidus de récolte avant de les incorporer au sol. Pour élaborer et utiliser ce compost voir le cahier de travail N° 2 de C. von Wistinghausen. Le procédé est connu depuis les débuts de l'agriculture bio-dynamique, il a été introduit par M. K. Schwarz et a fait ses preuves dans la pratique. Cependant, il ne semble pas encore exister de recherche systématique sur l'utilisation et l'action de cette substance.

Depuis environ 6 ans, des essais sont effectués sur cette préparation par le Michael Fields Institute. Elle est élaborée par le US Josephine Porter Institute sous le nom de "barrel compost" avec les additifs utilisés par Maria Thun : le basalte et les coquilles d'œuf en plus des préparations. De plus, s'appuyant sur des essais effectués dans les années 60 au Biochemical Laboratory de Spring Valley, le Michael Fields Institute teste une préparation composée à laquelle on ajoute, en plus des préparations, environ 1% d'orties vertes proches de la floraison et de la fructification. En dehors de ces deux produits, on utilise aussi aux USA ici et là le starter préconisé par E. Pfeiffer, ainsi qu'une préparation 500 conseillée par A. von Podolinski - il s'agit d'une bouse de corne dans laquelle on a introduit les préparations pour le compost de 502 à 507.

Au vu de cette situation, le Michael Fields Institute étudie les questions suivantes :

1. Comment agit la préparation composée dans les fumiers, comparée aux préparations elles-mêmes ?
2. Quel est le meilleur mélange pour une préparation composée ?
3. Comparaison de l'effet des différents types de préparations composées.

Des composts préparés à partir de fumier de bovins élaborés en condition de laboratoire peuvent permettre de tester l'action des préparations dans des essais de croissance effectués avec des germes de blé. On ajoute au support de croissance des germes de blé des échantillons des composts à tester. (Goldstein et Koepf, 1982). On choisit par exemple des solutions nutritives qui induisent chez les germes de blé un rapport longueur de tige sur longueur de

racine perturbé, par exemple un rapport nettement supérieur ou inférieur à 1 au lieu d'un rapport proche de 1 et on peut ainsi voir dans quelle mesure le compost à tester est capable de normaliser la perturbation. Dans une série d'essais concernant la première des 3 questions, la préparation composée classique et celle avec l'ortie avaient un effet régulateur équivalent sur le rapport tige-racine alors que l'action du barrel compost était plus faible. On a testé avec la même méthode la quantité optimale d'ortie verte qu'il fallait ajouter à la préparation composée. Si l'on ajoute les préparations à raison de 0,2 g par kg de bouse alors il est bon d'apporter une quantité d'ortie verte équivalent à 0,5 à 2,0 % du poids de la bouse ; si l'on augmente la quantité des préparations à 0,4 g/kg alors il suffit de 0,5 % d'ortie. La croissance des germes de blé réagit plutôt négativement à des augmentations supplémentaires de l'apport de préparations et d'ortie.

Pour tester les préparations composées utilisées aux USA, on mit en place en 1993 une grande expérimentation de plein champ avec des répétitions des traitements. La surface ensemencée en avoine de manière homogène en 1993 fut récoltée selon les règles expérimentales pour contrôler l'homogénéité de la parcelle. On mit en place une rotation conventionnelle maïs-soja avec de l'engrais minéral pour le maïs. La véritable comparaison est effectuée entre deux rotations de maïs, avoine, trèfle, blé d'hiver, deux fois trèfle-graminés, avec une variante biologique et l'autre bio-dynamique. Le maïs reçoit une fumure de fond de 22 t/ha de fumier de moutons sur litière de paille composté. La seule différence entre biologique et bio-dynamique est l'apport des préparations. Les parcelles bio-dynamiques sont subdivisées, elles reçoivent :

- 1) préparations pulvérisées,
- 2) 2 x par an barrel compost,
- 3) 2 x par an la préparation composée avec l'ortie,
- 4) 2 x par an la bouse de corne préparée,
- 5) starter Pfeiffer dans le compost et 2 x par an les "field spray", qui sont également un produit starter.

Jusqu'à présent, nous n'avons que les résultats de récolte de deux campagnes dont il ne faut pas surévaluer la signification car

il faut attendre d'avoir fait une rotation entière pour une véritable évaluation. De plus, nous n'avons pas encore les résultats qualitatifs des récoltes. Le tableau 19 suivant montre les résultats en moyenne relativement aux variantes biologiques. W. Goldstein publiera un compte rendu de synthèse au moment voulu.

TABLEAU 19
Résultats provisoires des rendements de variantes avec les préparations ou différentes "préparations composées"

Traitement	Blé d'hiver	Maïs	Avoine	Légumineuses Graminées
organique	100	100	100	100
prép. B-D 500-507	104	104	119	96
barrel compost B-D	102	103	110	97
prép. composée + orties B-D	115	117	121	98
500 spécial B-D	115	101	118	98
starter B-D	108	100	121	92

Source : W. Goldstein

RÉGULATION DES MALADIES ET DES PARASITES

La maîtrise des mauvaises herbes sans recours aux herbicides est un principe de travail important de l'agriculture et du jardinage bio-dynamiques. L'utilisation adroite des rotations culturales et le contrôle mécanique des plantes adventices, en particulier depuis l'introduction des modèles actuels de herbes à dents, ont considérablement réduit le problème. Le mouvement bio-dynamique allemand a adopté le premier une autre méthode consistant à brûler les plantes adventices au stade de pré-émergence par des brûleurs au propane dans certaines cultures comme celles de la carotte. Dans ses conférences agricoles, R. Steiner suggère de répandre les cendres obtenues en incinérant ou en brûlant les

graines de mauvaises herbes, comme un moyen de réduire en quelques années des infestations locales d'espèces de plantes adventices. Ce procédé a été testé par les fermiers et les jardiniers avec un succès limité. Depuis le début des années 1980, H. Spiess de l'Institut pour la Recherche Bio-Dynamique, annexe de la ferme Dottenfelder, a réalisé des expériences en pots et en plein champ avec cette approche, sur les espèces suivantes pour l'instant : moutarde (*Sinapis alba*, *S. arvense*), chardon (*Cirsium arvense*), camomille inodore (*Matricaria perforata*) et pissenlit (*Taraxacum officinale*). Hormis de précieuses observations sur la régulation fine du contrôle des plantes adventices par les rotations culturales, les cendres produisent un certain nombre de résultats significatifs, particulièrement lorsqu'elles sont préparées et répandues autour de la pleine lune. Les résultats sont analysés par l'observation du développement morphologique de la plante adventice, la faculté germinative des graines et des critères similaires. Il faudra encore attendre un certain temps avant que des recommandations pour la pratique puissent être données.

Le charbon du blé ou carie (*Tilletia caries*) est difficile à maîtriser. Le traitement à l'eau chaude, un vieux remède, est pénible et pas très efficace. On peut laver le grain et réduire le nombre de spores par grain à environ 50. Cependant, cette quantité reste encore trop importante pour éviter l'infestation. À l'Institut pour la Recherche Bio-Dynamique, Spiess expérimenta quelques procédés traditionnels et utilisa aussi l'activité fongicide de l'huile de moutarde. Le tableau suivant résume les résultats de ces tests, en montrant que même une infestation élevée peut être maîtrisée au moyen de remèdes inoffensifs.

Sous les climats européen et méditerranéen, il existe un certain nombre de vergers bio-dynamiques, de cultures d'agrumes et de vigne. On a mis au point des méthodes de traitement du sol et de soin des arbres, et des procédés naturels de contrôle des maladies et des parasites (incluant des contrôles biologiques). Une présentation actualisée de M. Straub, H. Kopp et C. Kazenwadel est publiée dans Koepf, Schaumann, Haccius (1996). Le service de conseil bio-dynamique utilise l'information accumulée par l'expérience des arboriculteurs jusqu'à présent, mais on a besoin de plus de recherches. Un exemple de ce qui peut être accompli est illus-

TABLEAU 20
Contrôle de la carie du blé

Traitement	1985/86	1986/87	1988/89
Spoires par grain	1125	1560	27000
% de plantes infestées			
Contrôle non traité	12,00	1,2	60,00
Purin/algues calcaires/cendre de bois	0,10	0,01	0,60
Purin/algues calcaires/cendre de bois avec des dextrines adhésives	non testé	non testé	0,00
Raifort	0,15	0,00	0,15
All (<i>Allium sat.</i>)	0,80	0,05	0,80
Extrait de graines de moutarde (<i>Sinapis</i>)	0,20	0,00	0,20

Source : H. Spiess et J. Dutschke (1991)

tré par la thèse de doctorat de H. Jasser (1974) soumise à l'université agricole de Bonn. Ce document fait une étude exhaustive des parasites et des prédateurs rencontrés dans trois vergers voisins situés près de Balingen, dans le sud de l'Allemagne : une pommeraie bio-dynamique, un verger moderne conventionnel et un verger voisin un peu négligé. Jasser décrit le développement et la gestion culturelle du verger bio-dynamique. Bien que tous les parasites soient présents, certes en compagnie d'un large spectre de prédateurs, il n'y eut aucun dommage appréciable des fruits durant les deux années d'observation.

RECHERCHES SUR LA CONVERSION DE FERMES À L'AGRICULTURE BIO-DYNAMIQUE

Comme l'intérêt pour la conversion en agriculture bio-dynamique s'accroît, les services de conseil doivent faire face à un nombre croissant de demandes d'instructions précises sur la manière d'entreprendre cette opération avec un minimum de difficultés. Une information pertinente existe et les conseillers ont recours à des méthodes pour dresser le profil complet de la ferme et tracer un plan de reconversion qui satisfasse au mieux aux conditions spécifiques du site et aux besoins et capacités du fermier. Cependant, et quoique de telles conversions soient généralement accomplies dans un délai de 3 à 4 ans, il n'existe pratiquement pas de relevé scientifique des étapes de conversion. La Chambre d'Agriculture de Rhénanie en Allemagne, commença à convertir les 25,5 ha de la ferme Boschheid à la gestion bio-dynamique en 1979, et compara les résultats d'études avec ceux obtenus sur une ferme voisine. La conversion fut menée à bien en coopération avec le Cercle de Recherche Bio-dynamique (Forschungsring). Quelques points généraux ressortent d'un compte rendu effectué à l'issue des trois premières années. Une certaine souplesse dans les prises de décisions concernant les cultures, les cycles de nutriments, etc., est essentielle ; comme l'information fournie par les conseillers. Les tests microbiologiques confirmèrent des constatations antérieures, à savoir qu'il faut 3 à 5 ans avant de pouvoir observer des différences nettes dans le sol. Les rendements étaient acceptables, mais cependant inférieurs à ceux de la ferme conventionnelle de comparaison. Alors que la ferme bio-dynamique possède plus d'espèces de plantes adventices, l'analyse phytosociologique des plantes n'établit pas de différences dans les associations végétales présentes sur les deux fermes. La rotation des cultures sur la ferme bio-dynamique réduit l'apparition de maladies dans les céréales. Le mildiou de la pomme de terre, dans ce cas favorisé par le climat de la région, est l'un des problèmes les plus difficiles à résoudre par la gestion bio-dynamique. L'influence positive de la gestion bio-dynamique sur la faune du sol est très manifeste (Landwirtschaftskammer Rheinland, Reihe C, 41, 1985).

AUTRES RECHERCHES EN COURS

L'agriculture bio-dynamique entretient la collaboration ou l'échange d'expériences avec les autres agricultures écologiques, par exemple sur les variétés de plantes cultivées. Elle les utilise aussi longtemps que la pratique l'autorise, en tirant profit de manière sélective du progrès courant en génétique végétale, dans la mesure où ces progrès correspondent à ses besoins. Les graines de plantes potagères qui ne tombent pas sous le coup de restrictions légales sont multipliées. Il existe depuis assez longtemps, parmi ceux qui pratiquent les méthodes écologiques, des échanges professionnels sur les principes et les méthodes de sélection végétale et l'approche pratique de la culture biologique.

Dès le commencement de ses activités, l'Institut pour la Recherche Bio-dynamique de Darmstadt, Allemagne, a mis à la disposition des fermiers vendant leur production sous la marque Demeter un service régulier de contrôle de qualité des céréales. La qualité céréalière est estimée en prenant en compte la variété, les conditions du site de culture, et la gestion culturale. L'institut partage naturellement l'information qui en résulte avec les fermiers et leurs conseillers. Son rapport d'activité annuel comprend souvent des informations sur les recherches en cours et des directives pour la commercialisation, le traitement de la viande, du lait et des autres produits laitiers (voir par exemple les rapports d'activités de 1987, 1988/89).

Un autre champ de recherche très actuel est apparu suite au développement du mouvement bio-dynamique dans des zones de productions différentes des régions au climat froid ou tempéré où se trouvent la plupart des fermes. Les agronomes ont élaboré des planifications conformes aux sites d'implantation des fermes, en adaptant les techniques de gestion bio-dynamique à ces fermes en tenant compte des situations écologiques et sociales.

Une approche globale, embrassant tous les aspects de l'agriculture et du jardinage, ainsi que l'orientation et la perspective du bio-dynamiste, ne perd jamais de vue une compréhension de la ferme comme un organisme en interrelation avec ses environne-

ments terrestre et cosmique. Cette vue d'ensemble fournit la base des prises de décision à court terme et à long terme, empêchant les chercheurs aussi bien que les praticiens de croire qu'une innovation ou une autre pourrait devenir une panacée. C'est plutôt l'image de l'unité emplie de vie, formée par la ferme et le jardin, qui éveille pareillement chez le chercheur et le fermier l'enthousiasme et la force de poursuivre un objectif lucide et qui en vaut parfaitement la peine.

CULTURE BIO-DYNAMIQUE DE COTON DANS LE DELTA DU NIL

Ici, il faut encore évoquer un nouvel exemple de la manière dont le principe bio-dynamique de l'organisme agricole fut transposé sur une culture spécialisée dans des conditions précises. Dans les documents du Centre Trobis, Ulm/ Donau est parue fin 1996 la présentation d'un système bio-dynamique de production écologique de coton.

Le projet débuta en 1991 dans l'organisation agricole Sekem dans le delta du Nil en Egypte ; il comprend aujourd'hui, sur le propre domaine et les fermes en contrat, environ 400 ha. Environ 1/4 de la surface de culture d'été est cultivée en coton. Le compte rendu traite les points suivants.

Les précédents cultureux du semis réalisé en février-mars sont le trèfle d'Alexandrie et quelques autres cultures d'hiver.

Les sols utilisés pour la culture sont les sédiments du Nil récents ainsi que certains sols de déserts sableux moins favorables. Les sols devraient être en culture depuis au moins dix ans environ. On les prépare pour l'irrigation par sillons.

La fertilisation est réalisée avec 30 à 40 m³/ha de fumier bio-dynamique composté issu du propre troupeau de vaches laitières ; pour une éventuelle deuxième fertilisation, on prépare un stock de fumier de poules composté. En fonction de l'analyse de sol, on ajoute, tout du moins au début, des phosphates bruts, de la cendre de bois et, en cas de salification du sol, aussi du soufre. Le comp-

te rendu indique les quantités ; la bouse de corne est pulvérisée avant le semis.

Le semis est décrit de manière détaillée ; contre les maladies de germination, on traite préalablement les semences avec une suspension de micro-organismes spécifique.

Protection phytosanitaire : dans les premières semaines, on utilise contre les petits insectes des plaques jaunes enduites de colle, la pourriture est combattue en modifiant l'irrigation ou ponctuellement avec du savon ou de l'extrait de neem. Contre les parasites connus des feuilles et des capsules des graines ainsi que pour évaluer les attaques, on a mis au point en collaboration avec Dr Joussef Afifi El Deeb de l'Université du Caire un système complexe utilisant des phéromones. Ce procédé est également à la disposition d'autres agriculteurs depuis 1992. Ce procédé a permis le développement d'insectes utiles. En 1995, D. Schweizer de la GHK de Kassel a effectué un relevé de ces insectes.

La maturation des cultures est stimulée par l'emploi de la silice de corne.

L'irrigation est effectuée suivant la tradition locale en tenant compte de la nature du sol et du stade de développement du peuplement.

La récolte est effectuée à la main et transformée sur place par l'initiative Sekem.

Avec environ 2,4 t/ha (avec les noyaux), le coton Demeter dépasse la moyenne des rendements régionaux d'environ 18 % (moyenne de plusieurs années).

Il y a de la main d'oeuvre disponible pour effectuer le travail. Ce qui est plutôt contenu de manière implicite dans ce compte rendu, c'est le fait qu'à côté de l'approche globale, la compétence professionnelle des agriculteurs, l'observation constante de la culture pour effectuer les mesures adaptées en fonction du moment et de la situation – autrement dit l'homme et son intérêt à la chose – sont d'importants facteurs de réussite.

FIXATION SYMBIOTIQUE DE L'AZOTE

Un travail récent de J. Raupp sur la fixation symbiotique de l'azote dans les rotations avec de la fumure de la ferme est paru en octobre 1996 dans la série de publications de l'Institut pour la Recherche Bio-Dynamique de Darmstadt. Il s'agit de conférences tenues lors de la troisième rencontre sur les systèmes de fertilisation dans l'agriculture biologique qui s'est tenue à Copenhague les 4 et 5 mars 1996. La fixation symbiotique d'azote est, à côté de la fixation asymbiotique relativement peu importante, l'achat de fourrage et les précipitations de l'atmosphère variant fortement selon le lieu, la principale source d'azote pour une gestion agricole en cycle clos.

L'utilisation du sol et la culture, le travail du sol et l'économie de la fumure sont les moyens permettant d'obtenir un approvisionnement optimal des cultures en N en diminuant les pertes et en utilisant efficacement l'azote introduit. Raupp présente une vue d'ensemble du problème et résume cinq conférences. (de H. Hogh-Jensen, U. Köpke, Hogh-Jensen et al., K. Stein-Bachinger, J. Eriksen et al.).

Des mélanges légumineuses-graminées apportent de 130 à 300 kg N/ha par an dans la ferme. L'utilisation d'isotopes est actuellement la meilleure, quoique complexe à mettre en place, méthode pour mesurer la quantité ; l'urine des animaux de pâturage entraîne une certaine baisse de fixation. Dans les fermes avec prairies de fauche, 30-40 kg N/ha sont transférés du trèfle dans les graminées. En prenant l'exemple de la ferme expérimentale de Wiesen-gut, Köpke discute les stratégies pour orienter la fixation et les flux d'azote par l'utilisation de féverole et de navette ou moutarde comme sous-semis ou culture dérobée ; sous-semis de trèfle dans le seigle ; mélange trèfle-graminées, position des céréales dans la rotation. Le flux d'azote est analysé en fonction de l'espacement des plantes, de la densité des racines, du transfert et du labour d'automne, hiver ou printemps d'une culture fourragère. L'effet du précédent de culture d'un mélange trèfle-graminées sur du blé d'hiver est de 25 à 43 % supérieur à celui d'une culture de ray-gras. La féverole peut apporter jusqu'à 100 kg N/ha pour les céréales. Ce

rapport évoque aussi la fumure par le fumier en lien avec la formation de l'humus et la mobilisation de N, de même le rôle des liaisons carbonées pour diminuer les pertes de nitrates dans le sol. La densité des racines déterminée par l'espèce et la variété cultivée influence l'efficacité des nutriments.

Finalement, pour la poursuite de l'étude de ce vaste thème, l'auteur évoque le besoin de recherche : influence de l'engrais azoté sur la fixation de l'azote dans les prairies ; étude des déplacements de l'azote entre différents groupes de substances organiques (N-pool) avec du carbone marqué et azote dans le temps et sous différentes conditions ; étude des processus de minéralisation et d'immobilisation sous différentes conditions de plein champ ; influence des préparations bio-dynamiques sur la transformation des substances organiques du sol ; comportement de croissance des espèces et variétés en lien avec l'efficacité des nutriments.

Les données mentionnées dans le rapport concernent essentiellement les processus dans le cours de l'année. Le fractionnement des substances organiques du sol après le retournement, etc. et les influences en découlant deviendront peut-être aussi un thème de travail.

BIBLIOGRAPHIE

La liste suivante inclut des articles référencés dans le texte, aussi bien que nombre de références supplémentaires susceptibles de fournir des informations plus détaillées sur un sujet ou sur un autre. Abréviations utilisées: (TA) : texte disponible en allemand ; (S) : texte disponible en suédois ; (F) : français ; (LE) : document accessible auprès de l'éditeur de *Lebendige Erde*, Baumschulenweg 11, D-Darmstadt. (Lorsqu'il n'y a aucune indication, c'est que le texte est disponible en anglais, N.d.T.)

La liste complète avec les titres originaux (dans la langue d'origine) peut être demandée au Mouvement de Culture Bio-Dynamique - 5 place de la Gare - 68000 Colmar.

Abele, U. 1973. *Expérimentations comparées de productions de plantes cultivées conventionnelles et bio-dynamiques en insistant spécialement sur les dates de semis et les préparations*. (TA), mémoire Giessen 189 pp.

Abele, U. 1976. *Recherches sur la dégradation du purin sous différents traitements et les effets observés dans le sol, sur les rendements et la qualité des plantes*. (TA), publication du KTBL, Darmstadt, 205 pp. et 3 planches.

Abele, U. 1987. *Qualité des produits et fertilisations minérale, organique et bio-dynamique*. (TA) ; Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et des forêts. Série A, volume 345, Landwirtschaftsverlag GmbH, Muenster-Hiltrup, Allemagne, 223 pp.

Aehnelt, E. et Hahn J. 1973. *Fécondité des animaux – une possibilité de preuve biologique de la qualité des aliments pour le bétail et des denrées alimentaires*. (TA), Tierärztl. Rundschau (Revue vétérinaire) 4, 155-171.

Ahrens, E. 1984. *Les effets des préparations bio-dynamiques sur la transformation de la paille de blé humide en laboratoire*. (TA). *Leb. Erde* 5, 196-207.

Anonymous, 1927. *Quelques expériences avec la fumure biologique tirée des années 1925-1927*. (TA). Communications du cercle de recherche agricole de la Société Anthroposophique N° 9, 3-4.

Arvisson, T. 1983. *Effet de la poudre de quartz et de la préparation 501 sur la culture de l'épinard*. Thèse, Uppasala, 49 pp.

Bachinger, J. 1995. *Effet de fertilisants organiques et inorganiques sur les paramètres chimiques et microbiologiques de la dynamique de C et N et les paramètres de la racine*, Proc. 2nd meeting on Fertilization Systems in Organic Farming, Hrsg. P. Mäder and J. Raupp, Oberwil, Darmstadt, S. 52-58.

- Balzer-Graf, U. 1987. *Activité vitale des aliments reflétée par les méthodes morphogénétiques*, Elemente d. N. Nr. 46, S. 69 ff.
- Bartsch, E. 1934. *La méthode d'agriculture bio-dynamique*. (TA), Librairie Émile Weises, Dresden, 138 pp.
- Behrend, K. 1929. *Rapport sur la ferme Finkenkrug*. (TA) Communications du cercle de recherche agricole de la Société Anthroposophique. N° 11, 15.
- Bessenich, F. 1960. *À propos de la méthode de cristallisation sensible, une monographie expérimentale*. (TA) Section des Sciences Naturelles du Goetheanum de Dornach, Suisse, 109 pp.
- Bluhme, E. 1928. *Rapport du site expérimental de la ferme Immenhof*. (TA) Communications du cercle de recherche agricole de la Société Anthroposophique. N° 15, 9-11.
- Bockemühl, J. 1969. *Cresson alénois, camomille, valériane*. (TA) Elemente d. N. 11, 13-28.
- Bockemühl, J. 1970. *Images évolutives en vue d'une caractérisation du pissenlit et de l'ortie*. (TA) Elemente d. N. 12, 1-14.
- Bockemühl, J. 1978. *La vie du tas de compost*. (F) (disponible au Mouvement de Culture Bio-Dynamique).
- Bockemühl, J. 1980. *Relations vivantes*. (TA) Dornach. 96 pp.
- Bockemühl J. et Clark, K. 1976. *Contribution à une compréhension de l'achillée millefeuille*. (TA) Elemente d. N. 25, 22-34.
- Bockhorst, J. G. 1989. "La ferme organique de Nagele", in : J. C. Zadocks (Hrsg.), *Development of farming systems, Evaluation of the five year period 1980-1984*, Pudre Wageningen, S. 57-65.
- Boscheidehof, un projet de recherche en agriculture alternative, 1985. *À propos de la conversion d'une ferme agricole dans la Basse-Rhénanie*. Rapport scientifique 41, Landesausschuss fuer landwirtschaftliche Erziehung, Nordrhein-Westfalen, 173 pp.
- Breda, E. 1973. *Compte rendu de travaux de l'Institut de Recherche Bio-Dynamique, recherche sur la qualité des carottes et betteraves rouges*. LE, 4.
- Brinton, W.F. 1983. *Compte rendu d'essais sur les préparations bio-dynamiques*, Woods End Laboratory, Temple, ME.
- Dabbert, S. 1990. *L'organisation optimale des fermes alternatives*. Sonderheft 124, Agrarwirtschaft, Frankfurt, 237 pp.
- Deffune Goncalves De Oliveira, G. (1990), Manusk. Deptm. *Agriculture durable*, Wye College, Wye-Ashford, Kent, England.
- Dewes, Th. 1981. *La préparation bio-dynamique bouse de corne*. Mémoire de Master of Science (TA). Stuttgart Hohenheim.
- Dewes, Th. 1985. *L'effet des préparations bio-dynamiques de différentes années*

- et origines sur la décomposition de la paille de blé humide en laboratoire.* (TA) Leb. Erde 5, 227-235.
- Dewes, Th. und Ahrens, E. 1990. *L'action de préparations bio-dynamiques de différentes années et origines sur la décomposition de paille de blé humide en expérience de laboratoire*, LE, 5, S. 227-235.
- Dlouhi, J. 1981. *Alternativa odlingsformer - vaextprodukter kvalitet vid konventionell och biodynamisk odling* (S). Uppsala, résumé (TA) 1977 Leb. Erde, 181-184.
- Dreidax, F. 1935. *Procédures expérimentales en fermes biologiques-biodynamiques.* (TA) Demeter N°5, 75-79.
- Edelmüller 1984. *Recherches sur la qualité de produits issus de différentes méthodes agricoles (bio-dynamique et conventionnelle) au moyen d'essai d'alimentation de lapins*, Diss. Wien.
- El Saidi, S.M. 1982. *La conservation de la qualité des légumes, en particulier l'épinard (Spinacea oleracea L.) avec une attention particulière portée sur l'accumulation de nitrate sous l'influence des conditions de conservation et de fertilisation des cultures.* (TA). Thèse de doctorat, Giessen, 185 pp.
- Engqvist M. 1963. *Croissance végétale à la lumière et à l'ombre.* (TA) Leb. Erde, 51-60.
- Engqvist M. 1972. *Expériences avec la préparation 500, bouse de corne.* (TA) Leb. Erde 8-15 et 60-67.
- Engqvist M. 1970. *Forces formatrices du vivant.* (TA) Vittorio Klostermann Frankfurt. 47 pp. et 214 illustrations.
- Engqvist M. 1977. *La méthode chromatographique.* (TA) Vittorio Klostermann Frankfurt. 47 pp. et 31 illustrations.
- Engqvist M. 1963. *Goedslingens inverkan pa kulturvaexter.* (S) Sartryk ur Tidskrift for bio-dynamisk jordbruk. N°4.
- Fetscher, J. 1979. *Recherches sur l'effet des fumures organique, organique et minérale et minérale pendant deux rotations culturales sur les récoltes de parcelles expérimentales préalablement amendées.* (TA) Thèse de doctorat Stuttgart-Hohenheim, 157 pp.
- Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Oberwil 1993 : Alföldi, Th., Mäder, P., Oberson, A., Spiess, E., Niggli, U. und Besson, J. M., *Essai DOK : recherches comparatives de longue durée dans les trois systèmes agricoles : bio-dynamique, biologique et conventionnel, 1^{ère} et 2^{ème} périodes de rotation*, Schweiz. Landw. Forsch. 32 (4), S. 479-564.
- Goldstein, W. 1979. *Compte-rendu d'un travail effectué avec les préparations bio-dynamiques*, Bio-dynamics 129, 1-10.
- Goldstein, W. 1986. *Systèmes alternatifs de cultures, rotations et de gestion des plantes pour la Palouse.* Thèse de doctorat, Pullman, WA 333 pp.

- Goldstein, W. 1988. *L'économie des système agricoles sans production de matière dans le Middle West septentrional*. Michael Fields Agricultural Institute, document interne.
- Goldstein, W. 1990. *Preuve expérimentale des effets des préparations bio-dynamiques*. Michael Fields Agricultural Institute, document interne.
- Goldstein, W. and Koepf, H. 1982. *Une contribution au développement de tests destinés aux préparations bio-dynamiques*. Elemente d.N. 36, 41-53.
- Graf, U.R. 1977. *Description de diverses méthodes d'agriculture bio-dynamique et élucidation de l'influence des constellations cosmiques sur la croissance végétale*. (TA) Thèse de doctorat Zuerich Nr. 5964 ETH.
- Grandstedt, A. 1992. *Etudes de cas sur les flux et besoins en azote dans des fermes alternatives en Suède*, I. Skilleby-Farm 1081-87. Biological Agriculture and Horticulture, Vol. 9, S. 15-63.
- Groh, T. et McFadden, St. 1990. *Fermes de demain*. Bio-dynamic Farming and Gardening Association, Kimberton, PA 176 pp.
- Grone-Gueltzow, von I. 1929. *Comment se comporte le ver de terre dans les sols amendés par de la fumure organique ?* (TA) Gaea Sophia Tome IV Dornach, pp. 59-62.
- Grone-Gueltzow, von I. 1930. *L'efficacité des préparations bio-dynamiques*. (TA) Dans E.E. Pfeiffer: Die Kristalle, 21-24. Dornach.
- Haberstock, E. 1928. *Essai sur la fumure de 1927* (TA). Communications du cercle de recherche agricole de la Société Anthroposophique. N° 2, 9.
- Haccius, M. 1990. *La confection des préparations bio-dynamiques. Description du temps de travail nécessaire*. (TA) Leb. Erde 6-15.
- Hagel, I. 1981. *Une investigation sur l'effet de rayonnement des préparations 502-507 dans le compost*. (TA) Leb. Erde, 95-99, 132-138.
- Hagel, I. 1985. *Autres recherches sur l'effet de rayonnement des préparations bio-dynamiques 502-507 destinées au compost*. (TA) Leb. Erde 22-28, 92-98.
- Hagel, I. 1988. *Les préparations bio-dynamiques destinées au compost en relation avec un test instinctif et d'auto-substitution* (TA). Leb. Erde 16-23.
- Hancock, B. et Escher, P. 1965. *Études sur la gestion de la litière en élevage et ponte de la volaille Leghorn*. Bio-Dynamics 75, 7-12.
- Von Hahn, F.V. 1962. *Thésigraphie*. (TA) Franz Steiner Verlag Wiesbaden. 244 pp.
- Hanke, K. 1964. *Quelques informations sur les bains de semences dans notre maraîchage*. (TA) Leb. Erde 82-84.
- Heinze, H. 1968. *Amélioration évidente sur la récolte des haricots grimpants traités avec la préparation silice de corne*. (TA) Leb. Erde 171-172.
- Heinze, H. 1973. *De l'utilité de la silice dans l'agriculture et le jardinage*. Agriculture bio-dynamique, tome I, (TA) 165-170, Darmstadt.

- Heinze, H. 1973. *Recherches de qualité et normes de qualité pour tester les denrées alimentaires végétales*. (TA) Agriculture et jardinage bio-dynamiques, Tome II, 127-131.
- Heinze, H. et Breda, E. 1978. *Essais de compostage de fumier*. Bio-Dynamics 125, 12-22.
- Hummel, R. 1992. *La méthode des cristallisations de chlorure de cuivre prouve-t-elle les formes formatrices du vivant ?*, Elemente d. N. Nr. 57, S. 112-121.
- Jacobi, E. 1928. *Compte rendu de 1927 pour la ferme expérimentale Auggen*. Communications du cercle de recherche agricole de la Société Anthroposophique. N° 13, 7-8.
- Jasser, H. 1974. *Recherches des parasites animaux dans les couronnes des arbres d'une pommeraie en culture bio-dynamique de longue date à Balingen* (TA). Leb. Erde 16-18.
- Jasser, H. 1979. *Insectes utiles à la destruction des parasites dans les couronnes des arbres d'une pommeraie bio-dynamique*. Leb. Erde 66-68.
- Jost, M. and Jost, M. 1983. *Application foliaire de silice sur l'avoine et résistance à la verse*. Elemente d.N. 38, 26-35.
- Justus, M. & Köpke, U. 1995. *Stratégies de réduction de la perte d'azote et pour renforcer l'effet de précédent de culture avec de la féverole*, Vol. 11, N° 14, 145-155.
- Kabisch, H. 1956. *Fumier d'étable avec les préparations et sans les préparations*. (TA) Leb. Erde, 281-282.
- Kaffka, S. 1984. *Gestion de laiterie fermière et efficience de l'énergie utilisée*. Thèse de doctorat, Ithaca, NY, 111 pp.
- Kaffka, S. 1984. "Trente ans de consommation d'énergie employée, de cycle des nutriments et de rendements sur une laiterie de ferme autonome." Dans "Agriculture se suffisant à elle-même et systèmes agricoles intégrés." Michigan State Univ. Press, East Lansing, pp. 143- 158.
- Kaffka, S. et Koepf, H. 1989. *Une étude de cas sur le régime des nutriments dans l'agriculture durable*. Agriculture et horticulture biologiques, Vol. VI, pp. 89-106.
- Kaspar-Asal, E. von, 1928. *Résultats d'une expérience de fertilisation de pommes de terre*. (TA) Communications du cercle de recherche agricole de la Société Anthroposophique. N° 13, 8-9.
- Kienzl-Plochberger, K. 1996. *Qualité des produits et recherche interdisciplinaire*. Conférence 2th IFOAM International Scientific Conference, 11.-15. Aug. Copenhagen.
- Klein, J. 1968. *Influence de différents types et niveaux de fertilisation sur la qualité et la conservation des produits végétaux*. (TA), Institut pour la Recherche Bio-Dynamique, 103 pp.
- Klett, M. 1968. *Recherche sur la lumière et l'ombre en relation avec la production et l'amélioration de la qualité par la préparation de silice* (TA), Institut pour la Recherche Bio-Dynamique, 117 pp.

- Koenig, U. 1988. *Recherches sur les phénomènes de rythmes circadiens et de développement de plantes de cultures sélectionnées lors de l'emploi des préparations bio-dynamiques* (TA). Thèse de doctorat, Goettingen.
- Koepf, H. 1964. *Tests de sol et chromatogrammes*. Bio-Dynamics 69, 1-13.
- Koepf, H. 1966. *Expérimentation dans le traitement du purin*. Bio-Dynamics 79, 1-12.
- Koepf, H. 1966. *La matière qui compte*. Bio-Dynamics 80, 2-17.
- Koepf, H. 1968. *Rapports entre la gestion du sol et la qualité des ressources en eaux de surface et de nappe phréatique*. Qualitas plantarum, 17, 45-65.
- Koepf, H. 1971. *Pulvérisations bio-dynamiques*. Tiré à part de Bio-Dynamics 97, 1-16.
- Koepf, H. 1984. *Agriculture, respectueuse de la nature et de l'homme*. Verl. Freies Geistesleben, Stuttgart.
- Koepf, H. 1989. *La ferme bio-dynamique*. Presse Anthroposophique, Hudson, NY, 245 pp.
- Koepf, H. et Selawry, A. 1962/1963. *Utilisation de la méthode de cristallisation sensible pour l'investigation diagnostique de la qualité de l'aliment et du fourrage*. Bio-Dynamics 64, 9-24 ; 65, 1-12, 67, 1-12.
- Koepf, H., Kaffka, S. et Sattler, F. 1989. *Bilans de matières nutritives et besoins énergétiques au sein de l'organisme agricole de la ferme*. (TA) Stuttgart, 62 pp.
- Koepf, H., Haccius Schaumann W. 1996. *L'agriculture bio-dynamique*. Stuttgart, pp. 376.
- Köpke, U. 1995. *Management des nutriments dans les systèmes de ferme biologique. Le cas de l'azote*. Biological Agriculture and Horticulture (BAH), Vol. 11, 1-4, 15-29.
- Köpke, U. 1994. *Cycle des éléments nutritifs et management des éléments nutritifs du point de vue de l'organisme agricole*, in : Mayer, J. et al., *Ökologischer Landbau, SÖL, Sonderausg.*, Nr. 58, S. 54-113.
- Köpke, U. 1993. *Management des nutriments dans les systèmes de ferme biologique. Le cas de l'azote*. 1^{er} Intern. Worksh. on Nitrate Leaching, Copenhagen, Biological Agriculture and Horticulture (BAH), in print.
- Köpke, U. 1993. *Management des nutriments par les pratiques agricoles et culturelles*. Berichte über Landwirtschaft 71, 207. Sondernr., 181-203.
- Köpke, U. 1989. *Légumineuses à grains : fixation de N₂, effet du précédent et organisation de la rotation, conséquences sur la pollution des agro-écosystèmes*. In : Körnerleguminosen, Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A : Angewandte Wissenschaft, Heft 367, 52-63.
- Köpke, U. 1997. *Fixation symbiotique de l'azote et effet de précédent de la féverole (Vicia faba L.)*. Habilitation Thesis, University of Göttingen, Germany.

- Köpke, U. , Dahn C., Haas G., Ribbing H., Siebigteroth J., Täufer F., Tucholla-Haas, M. & Zedow D. 1995. *Surfaces de référence de la ferme d'essai pour l'agriculture organique "Wiesengut". Concept pour saisir et analyser l'évolution de l'ensemble de l'entreprise.* Tagungsband 3. Wiss. Fachtagung zum Ökologischen Landbau 1995, Wissenschaftlicher Fachverlag Giessen, 329-332.
- Kolisko, E. and Kolisko, L. 1939. *L'agriculture de demain* (TA). Archives Kolisko, Edge. 426 pp.
- Kotschi, J. 1980. *Les effets sur les plantes de cultures des pulvérisations bio-dynamiques "500" et "501" utilisées dans l'économie agricole de la ferme.* (TA). Thèse de doctorat, Giessen.
- Krause, A. 1987. *Influence de différentes formes de gestion sur la densité, la biomasse et le spectre de proies de populations d'araignées.* Forschung und Beratung, Reihe C., Heft Nr. 44, S. 175-188.
- Krueger, H. 1950. *Cristallisations du chlorure cuivrique, un réactif sensible aux forces du vivant.* (TA) Weleda Verlag Arlesheim, 29 pp.
- Kuenzel, M. 1953. *Contribution à la mise en évidence de l'effet des plantes médicinales dans le processus du compostage.* (TA) Leb. Erde, 148-151.
- Kuenzel, M. 1953. *De la silice de corne* (TA). Leb. Erde, 213-215.
- Kuenzel, M. 1954. *Du traitement des semences* (TA). Leb. Erde, 53-56.
- Kuenzel, M. 1973. *Sur l'utilisation des bains de semences* (TA). Dans: I. Reconstruction, Agriculture bio-dynamique, 1945-1949, pp. 101-103, Darmstadt.
- Kuenzel, M. 1973. *Influence des composts, dynamisé et non-dynamisé par les préparations, sur le développement des racines et des feuilles de la plante* (TA). Dans: I. Reconstruction, Agriculture bio-dynamique, 1945-1949, pp. 338-342, Darmstadt.
- Leihensieder, W. 1953. *Compte rendu d'expériences de traitements des haricots grimpants avec la pulvérisation silice de corne de l'année 1962.* (TA) Leb. Erde, 215-217.
- Leihensieder, W. 1955. *Expériences avec la silice de corne sur les haricots grimpants.* (TA) Leb. Erde, 132-133.
- Leihensieder, W. 1956. *De l'utilisation correcte de la silice de corne, de la prêle, de la ciboulette et de la capucine.* (TA) Leb. Erde, 172-173.
- Leihensieder, W. 1957. *La pulvérisation silice de corne sur les haricots grimpants.* (TA) Leb. Erde, 177.
- Lippert, F. 1931. *Essais avec la préparation 500.* Demeter N°3, 49-50.
- Lippert, F. 1931. *La menthe poivrée.* (TA) Demeter N°12, 222-224.
- Lippert, F. 1933. *Essais pour la pratique tirés de la pratique.* Demeter N° 12, 224-227.
- Lippert, F. 1935. *De la pratique de la culture potagère.* Demeter N°2, 19-24.

- Lippert, F. 1938. *Études comparatives de croissance avec la préparation 500*. Demeter N°5, 87-91 et N°6, 99-102.
- Lippert, F. 1988. *L'utilisation des herbes médicinales en agriculture*. (F) Ed. Trédaniel Paris.
- Lippert, F. 1953. *Incidence des préparations ajoutées au compost sur la culture des plantes médicinales*. Leb. Erde 151-152.
- Lohrmann, M. 1931. *Études comparatives de 1928-1930 entre la fumure minérale et la fumure bio-dynamique*. Demeter N°4, 69-74.
- Lohrmann, M. 1932. *Quelques observations sur la préparation 501 tirée de la pratique en culture potagère*. Demeter N°11, 202-204.
- Luecke, J. 1982. *Recherches sur l'influence des dates de semis en fonction du calendrier sidéral sur la récolte et la qualité de l'avoine et de la pomme de terre*. Giessen.
- Mandera, R., Ballivet, C., Knijpenga, H. 1990. *Recherches sur la jusquiame avec les cristallisations sensibles (Hyoscyamus niger)*. Elemente d.N. 52, 1-27.
- Moll, D. 1985. *Sensibilité à l'infection, synthèse de phytoalexines, et paramètres pour la qualité de conservation des carottes (Daucus carota L.) cultivées avec différentes fertilisations*. (TA) (LE), Thèse de doctorat, Giessen.
- Pettersson, B. 1963. *La productivité de la méthode de culture bio-dynamique dans le Nord*. Leb. Erde, pp. 110.
- Pettersson, B. 1970. *L'effet du site, de la fertilisation et des régulateurs de croissance sur la qualité de la pomme de terre*. (S) Scandinavian Research Council Bull. 123, 147 pp.
- Pettersson, B. 1972. *Goedslingens inverkan pa matpotatisens kvalitetsegenskap* (S) II. Forskningsring N°25.
- Pettersson, B. 1973. *Recherches sur le processus de compostage* (TA) Leb. Erde 216-227.
- Pettersson, B., Engqvist, M. 1964. *Les effets de la fumure sur les propriétés qualitatives des pommes de terre*. (TA) Leb. Erde pp. 199.
- Pettersson, B. et von Wistinghausen, E. 1979. *Les effets des fertilisants organique et inorganique sur les sols et les cultures*. Woods End Agricultural Institute, pub. n° 1, Mt. Vernon, ME, 40 pp.
- Pfeiffer, E. 1929a. *Une expérience de fumure avec les préparations biologiques*. (TA) I Gaea Sophia, N°IV, pp. 39-42.
- Pfeiffer, E. 1929b. *Une contribution à l'alimentation du monde végétal*. (TA) I Gaea Sophia, N°IV, pp.43-58.
- Pfeiffer, E. 1931. *Étude des forces formatrices dans les cristallisations*. (TA) Librairie Emil Weises Dresden.
- Pfeiffer, E. 1931. *Expériences sur les plantes dans la méthode de culture bio-dynamique*, (TA) Demeter N° 7, 126-129.

- Pfeiffer, E. 1938. *Agriculture et jardinage bio-dynamiques – Renouvellement et maintien de la fertilité des sols*, Presse Anthroposophique, New York et Publications Rudolf Steiner Londres, 220 pp.
- Pfeiffer, E. 1947. *Le visage de la terre* (F), Triades, (épuisé).
- Pfeiffer, E. 1953. *Disponibilité croissante d'azote, d'acide phosphorique et de potasse consécutive à une animation de la vie du sol*. (TA) Leb. Erde, 50-55.
- Pfeiffer, E. 1956. La méthode bio-dynamique. Ce qu'elle est et ce qu'elle n'est pas. Dans: *Bio-dynamie, trois conférences d'introduction*. Association d'agriculture et de jardinage bio-dynamiques, Kimberton, PA.
- Pfeiffer, E. 1959. *L'art et la science du compostage*. Bio-Dynamics N°49.
- Pfeiffer, E. 1960. *La chromatographie utilisée comme test de qualité*. Association d'agriculture et de jardinage bio-dynamiques, Kimberton, PA.
- Pfeiffer, E. 1969. *La fécondité de la terre, son maintien et son renouvellement*, (F) Ed. Triades.
- Pfeiffer, E. et Riese, E. 1977. *Le gai jardin potager* (F) Éditions Triades.
- Pfeiffer, E., Kuenzel, M. et Sabarth, E. 1935. *Recherche démontrant l'effet des préparations 500 et 501 et 502-507*. (TA) Demeter N°7, 113-118.
- Rasmussen, E. 1986. *Préparations bio-dynamiques dans les cornes, quelques aspects d'un élargissement de notre vision de la nature*. Pub. DSR Forlag, Agricultural Collage, Copenhagen, 172 pp.
- Raupp, J. (Hrsg.) 1995. *L'essai à long terme de Darmstadt : fertilisation minérale, fumier composté et fumier composté avec les préparations bio-dynamiques*. In : *Fertilization systems in organic farming*, Proc. 1st meeting May 8-10, S. 28-36.
- Raupp, J. *Fixation symbiotique de l'azote dans la rotation des cultures avec la fertilisation au fumier*. Vol. 8, Public. Institute for Biodynamic Research, Darmstadt, 1996.
- Raupp, J. 1981. *Essai en champ avec l'extrait de prêle des champs*, LE, S. 91-95.
- Raupp, J. et König, U. J. *Les préparations bio-dynamiques ont des effets opposés dépendant du niveau de rendement*. Biological Agriculture and Horticulture, Vol. 13, pp. 175-188, 1996.
- Reents, H. J. 1990. *Un rapport d'activité 1988-1989*. (TA) Institut pour la Recherche Bio-dynamique de Darmstadt.
- Richter, M. et von Wistinghausen, E. 1981. *La différenciation des fractions humiques dans le sol suite à divers mode de culture*. (TA) Z. Pflanzenernaehr. Bodenkunde 144, 395-406.
- Rist, M. 1989². *Elevage respectueux de l'espèce*, Stuttgart, 120 pages, voir aussi : LE 1986, S. 55-61 ; 109-118 ; 168-181 ; 227-239 ; 287-300.

- Ronnenberg A. 1973. *Aspects économiques de l'agriculture bio-dynamique – Conséquences pour la ferme individuelle et le marché des produits.* (TA) 2^e édition. 1973, Darmstadt, 149 pp.
- Samaras, F. 1980. *La microflore épiphyte en relation avec les caractéristiques bio-chimiques et les critères de sensibilité à la pourriture de plusieurs plantes cultivées, particulièrement les céréales.* (TA) Thèse. Giessen (LE) 197 pp.
- Samaras, F. 1977. *La conservation de la qualité de légumes fertilisés différemment, avec une attention spéciale portée aux paramètres physiologiques et microbiologiques.* (TA) (LE) Thèse de doctorat, Giessen, 157 pp.
- Sauerlandt, W. et Tietjen, C. 1970. *La gestion de l'humus en agriculture.* (TA) DLG Verlag, Frankfurt, 240 pp.
- Scheller, E. 1988. *Mobilisation active de nutriments par les plantes*, Zeitlofs-Eckarts, 51 pages.
- Schlueter, C. 1985. *Conditions de travail et gestion d'entreprise dans les fermes d'agriculture alternative.* (TA) E. Ulmer, Stuttgart, 187 pp.
- Schultz, J. 1951. *Influence des rythmes circadiens dans la croissance et la formation de substance.* (TA) Dornach. 67 pp.
- Schuphan, W. 1961. *Valeurs nutritives des plantes cultivées.* Faber and Faber Londres 280 pp.
- Sektion für Naturwissenschaft und Landwirtschaft am Goetheanum (Hrsg.) 1994. *Éléments pour comprendre la préparation d'achillée millefeuille*, Dornach, 104 pages.
- Selawry, A. 1961. *Nouveaux aperçus sur la germination.* (TA) Série de publication de la section des sciences naturelles du Goetheanum, Dornach, 60 pp., 15 illustrations.
- Selawry, A. 1975. *Germination et effet potentiel des métaux dans le test de cristallisation sensible.* Édition du cercle de recherche pour la méthode bio-dynamique, Darmstadt, 128 pp.
- Selawry, A. 1987. *Ehrenfried Pfeiffer. Pionnier de la recherche spirituelle.* Verl. am Goetheanum, Dornach.
- Selawry, A. et Selawry O. 1957. *La cristallisation du chlorure de cuivre en sciences naturelles et en médecine.* (TA) Verlag Gustav Fischer, Stuttgart, 232 pp.
- Spiess, H. 1978. *Méthodes conventionnelle et bio-dynamique pour accroître la fertilité du sol.* (TA) (LE) Thèse de doctorat, Giessen.
- Spiess, H. 1979. *L'action des préparations bio-dynamiques bouse de corne 500 et silice de corne 501 sur le rendement et la qualité de quelques plantes cultivées.* (TA) Leb. Erde 126-131, 173-177.

- Spiess, H. 1980. *Action des préparations bio-dynamiques*. (TA) Dans *Alternatives à l'agriculture actuelle*, pp. 55-60. Frankfurt/Main.
- Spiess, H. 1990. *Recherches chronobiologiques sur les cultures cultivées en bio-dynamie*. I. *Expérimentations sur les dates de semis pour confirmer l'effet des rythmes lunaires sur la croissance du seigle d'hiver (Secale cereale, cv. Noma-ro)* II. *Expérimentations sur les dates de semis pour confirmer l'effet des rythmes lunaires sur la croissance du radis rose (Raphanus sativus, cv. Parat.)*. *Agriculture et horticulture biologiques*, Nr 7, pp. 165-178 et pp. 179-189.
- Spiess, H. et Dutschke, J. 1991. *Lutte contre la carie du blé (Tilletia caries) en agriculture bio-dynamique sous des conditions expérimentales et pratiques*. (TA) *Gesunde Pflanzen*, 43e année, Cahier 8, 5 pp.
- Spiess H. 1994. *Recherches chronobiologiques tenant particulièrement compte des rythmes lunaires dans la culture bio-dynamique de plantes*, Bd. 3 und 4 der Schriftenreihe des Institutes für Biologisch-Dynamische Forschung, Darmstadt, 258 et 319 pages.
- Staiger, D. 1986. *Influence d'aliments cultivés en agricultures conventionnelle et bio-dynamique sur la fécondité, l'état de santé et la qualité de la viande de lapins*, Diss. Bonn.
- Stearn, W.C. 1976. *Efficacité de deux préparations bio-dynamiques sur les plantes supérieures et mécanismes possibles de la réponse observée*. Thèse de doctorat, Columbus, OH, 122 pp.
- Steiner, R. 1972. *Agriculture – Fondements spirituels de la méthode bio-dynamique*. Ed. Anthroposophiques Romandes.
- Steiner, R. *La science de l'occulte*. Editions Triades.
- Steiner, R. *Epistémologie de la pensée goethéenne*, (F) Ed. Anthroposophiques Romandes.
- Steiner, R. *Introduction dans "Goethe, La métamorphose des plantes"*. Ed. Triades.
- Tegethoff, U. 1988. *Recherches sur l'influence de traitements utilisés dans l'agriculture bio-dynamique sur la morphologie et la physiologie de quelques espèces de légumes*. (TA) Thèse de doctorat, Bonn.
- Thun, M. et Thun, M.K. ont publié chaque année depuis 1963 : *Calendrier des semis* M. Thun Verlag Biedenkopf. (F) (Traduction éditée par Mouvement de Culture Bio-Dynamique 5, place de la Gare - 68000 Colmar.)
- Thun, M. et Heinze, H. 1979. *Rythmes lunaires sidéraux et croissance végétale*. (TA) Édition du cercle de recherche pour la méthode bio-dynamique, Darmstadt, 125 pp.
- Voegelé, I. 1930. *Effets dynamiques et leur utilisation pratique*. (TA) *Demeter* N° 12, 241-245, réédité dans *Leb. Erde* (TA) 1960, 262-267.

- Voegelé, I. 1937. *Utilisation dynamique de la silice*. Demeter N° 57, pp.60.
- Voegelé, I. 1960. *Polarités dans la vie des plantes avec des exemples tirés de l'agriculture*. (TA) Leb. Erde, 268-291.
- Waernhjelm, H. 1928. *Compte rendu 1927 de la station d'essais Talbacka (Finlande)* (TA) Communications du cercle de recherche agricole de la Société Anthroposophique. N° 13, pp. 5-6.
- von Werthern, S. 1984. *Recherches sur l'effet des préparations bouse de corne I et II* (TA), Leb. Erde pp. 71-77 et 164-168.
- von Wistinghausen, A. 1973. *Recherches comparatives sur les rendements et les qualités* (TA). Leb. Erde 16-25.
- von Wistinghausen, Christian, Scheibe, W., Heilmann H. 1991. *Guide pour l'emploi des préparations bio-dynamiques*. Arbeitsheft Nr. 2, Verl. Freies Geistesleben.
- von Wistinghausen, Christian, Scheibe, W., von Wistinghausen, E. 1996. *Guide pour l'élaboration des préparations bio-dynamiques*. Arbeitsheft Nr. 1, 2. erweiterte Aufl., Verl. Freies Geistesleben.
- von Wistinghausen, E. 1979. *Qu'est-ce que la qualité ? Comment apparaît-elle et comment la prouver ? Essais sur la mesure de qualité dans le maraîchage*. (TA). (LE) pp. 166.
- von Wistinghausen, E. 1984. *Fumure et préparations bio-dynamiques*. (TA) (LE) 107 pp.
- von Wistinghausen, E. 1986. *Disponibilité en phosphate dans le sol et le fumier d'étable et l'influence des mesures bio-dynamiques sur le phosphate*. (TA) (LE) 107 pp.
- von Wistinghausen, E. 1989. *Lessivage du nitrate de fumier d'étable composté sur sol meuble*. (TA) Leb. Erde, 342-354.
- Wurzer, H. et L. 1928. *Première année de recherche avec la fumure biologique*. (TA) Communications du cercle de recherche agricole de la Société Anthroposophique. N° 13, p. 6-7.

