

Bulletin BSA/VBB n° 5 / mai 2001

Rapport d'activité	Pages
1. Rapport annuel de la présidente	1
2. Activités des groupes chargés de projets	2
2.1 Information et sensibilisation	2
2.2 Microbiologie	4
2.3 Mycorhize	4
2.4 Faune	5
2.5 Observation de longue durée	5
3. Projets choisis du BSA/VBB	5
3.1 Une méthode standard pour déterminer le potentiel infectieux des mycorhizes dans des sols agricoles	5
3.2 Microorganismes photoautotrophes comme indicateurs biologiques de métaux lourds	7
4. Forum	9
4.1 Influence de l'intensité de l'exploitation agricole sur la diversité des mycorhizes à arbuscules	9
4.2 Echanges d'expériences entre paysans et scientifiques dans le domaine de la protection des sols	11
4.3 Variations des communautés microbiennes du sol lors de cycles de contamination et d'assainissement biotechnologique	14
4.4 Stratégies d'évaluation de l'état biologique des sols	14

1. Rapport annuel de la présidente

Claudia Maurer-Troxler

Depuis cinq ans, la collaboration entre spécialistes issus de la pratique et de la recherche au sein du groupe de travail BSA/VBB « Biologie du sol – application » fait ses preuves en Suisse. La palette de thèmes abordés est très large et s'étend de la standardisation de paramètres biologiques à l'information du public. Cette diversité, ainsi que la structure générale de l'organisation, ont retenu l'attention lors d'un symposium scientifique consacré à la « recherche de stratégies d'évaluation biologique dans le domaine de la protection des sols »¹. A l'invitation du ministère fédéral de l'environnement, de la protection de la nature et de la sécurité des réacteurs, des participants d'Allemagne, d'Autriche et de Suisse se sont retrouvés à Bonn pour discuter du choix des paramètres biologiques pour l'appréciation des sols ainsi que des premières possibilités d'évaluation de ces mesures. Les bases légales et la sélection de paramètres appropriés sont comparables dans ces trois pays. C'est dans l'élaboration d'une stratégie d'évaluation permettant de distinguer et d'évaluer des stations « normales » et « inhabituelles » que résident les principaux problèmes et lacunes. Mais on dispose déjà de premiers éléments pour l'établissement de fourchettes de valeurs comparatives et la classification de stations. On trouvera au chapitre « Forum » des informations plus détaillées sur ce symposium (compte rendu 4.4).

¹ Römbke, J. und Kalsch, W. (2000): Protokoll des Internationalen Fachgesprächs über „Ansätze für biologische Bewertungsstrategien und -konzepte im Bodenschutz“. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. 63 S.

En 2000, le groupe de travail BSA/VBB a organisé pour la première fois deux séances d'une journée. Celles-ci ont laissé suffisamment de temps aux représentants de la pratique et de la recherche pour s'échanger des informations. Elles ont en outre permis de présenter les conclusions de travaux de recherche (voir comptes rendus aux chapitres 3 et 4), ainsi que d'exposer et de discuter de nouveaux projets, dont une « Stratégie de développement d'indicateurs de risques terrestres liés aux produits phytosanitaires », élaborée en étroite collaboration avec le Working Group on Pesticides de l'OCDE. D'autre part, l'OFEFP a prolongé son contrat avec l'IRAB sur le projet « Estimation microbiologique de la fertilité des sols », grâce auquel le secrétariat du groupe de travail BSA/VBB peut notamment être maintenu.

Le classeur de travail « Boden praktisch erfahren » élaboré pour les écoles à l'instigation du groupe « Information et sensibilisation » est sorti de presse, l'exposition sur les lombrics peut désormais être consultée sur Internet (www.regenwurm.ch), et la phase pilote de l'exposition « Découvrir le sol » est achevée. Le groupe de projet « Microbiologie » s'est penché quant à lui sur la minéralisation de l'azote dans des sols de prairie. La méthode « activité déshydrogénase »

a été publiée dans les méthodes de référence des Stations fédérales de recherche, et celle du PLFA est en train d'être évaluée par des spécialistes. Le groupe de projet « Mycorhize » a remanié la méthode d'évaluation du potentiel infectieux des mycorhizes sur la base d'une étude. Cette méthode a été révisée une nouvelle fois après avoir été mise en consultation. On trouvera un compte rendu à ce sujet au chapitre 3.1. La description de la méthode d'extraction des lombrics, élaborée dans le cadre du groupe de projet « Faune », est également en consultation. Enfin, les premières séries d'échantillonnages en prairies permanentes ont été effectuées et analysées par le groupe de projet « Observation de longue durée ».

Le travail au sein du BSA/VBB est important en vue d'une meilleure intégration des aspects biologiques dans la mise en œuvre de la protection des sols. Cet objectif requiert une étroite collaboration entre la recherche et l'administration. Comme le veut le tournus, je cède la présidence à Gaby von Rohr, du service de protection des sols du canton de Soleure. Je saisis cette occasion pour la remercier cordialement de son engagement, ainsi que tous les membres anciens et nouveaux du groupe de travail « Biologie du sol – application ».

2. Activités des groupes de projet

2.1 Groupe de projet « Information et sensibilisation »

Roland von Arx

Le parcours éducatif est toujours en place dans différents cantons et remporte un bon succès, notamment dans les cantons qui ont apporté un soutien actif aux communes (voir bulletin BSA/VBB n° 4/2000). Mais on pourrait encore améliorer sa mise en œuvre, en particulier en Suisse romande. Des informations sont disponibles au Centre Pro Natura Champ-Pittet, Action « La Nature au service du Jardin » (tél. 024 426 93 41, fax 024 426 93 40), ou, pour la Suisse allemande, au Büro naturnah, Hinterer Schermen 29, CH-3060 Ittigen (tél. 031 922 06 79,

fax 031 922 04 45).

Il est désormais possible de consulter le contenu de l'exposition sur les lombrics sur Internet, à l'adresse www.regenwurm.ch. La plupart des éléments peuvent encore être loués auprès du Centre d'écologie appliquée à Schattweid (F. Vetter, tél. 041 490 17 93, fax 041 490 40 75, e-mail: zentrum@schattweid.ch). Une adaptation de l'exposition pour la Suisse romande est prévue sous la direction du Muséum d'histoire naturelle de Lausanne. Grâce au soutien de différents cantons et de l'OFEFP, le site Internet www.regenwurm.ch peut être régulièrement actualisé et complété par des idées pédagogiques ainsi que des suggestions de thèmes à développer dans les écoles.

**Groupes chargés de projets spécifiques rattachés au groupe de travail
«Biologie du sol - application», situation en avril 2001**

Nom du groupe et thèmes abordés	Membres	Personne de contact
Information et sensibilisation		
<ul style="list-style-type: none"> - Informer et sensibiliser le public aux questions se rapportant à la biologie du sol - Echange d'expériences et de connaissances 	<ul style="list-style-type: none"> R. Bono (BL) F. Okopnik (AG) B. Pokorni (NE) G. Schmidt (SG) R. von Arx (OFEFP) G. von Rohr (SO) T. Wegelin (ZH) 	<ul style="list-style-type: none"> Roland von Arx OFEFP 3003 Berne tél. 031 322 93 37 roland.vonarx@buwal.admin.ch
Microbiologie		
<ul style="list-style-type: none"> - Elaborer et valider les stratégies de prélèvement d'échantillons (prairies, terres ouvertes, forêts) - Choisir, standardiser et valider des méthodes - Documenter la variabilité dans le temps et dans l'espace - Effectuer des études pilotes sur la détermination d'atteintes concrètes 	<ul style="list-style-type: none"> W. Heller (FAW) E. Laczó (Solvit) P. Mäder (IRAB) H.-R. Oberholzer (FAL) 	<ul style="list-style-type: none"> Hans-Rudolf Oberholzer Reckenholzstrasse 191/211 CH-8046 Zürich tél. 01 377 72 97 hansrudolf.oberholzer@fal.admin.ch
Mycorhize		
<ul style="list-style-type: none"> - Elaborer et valider des méthodes standard pour la description de l'état d'un sol en ce qui concerne les mycorhizes 	<ul style="list-style-type: none"> S. Egli (WSL) U. Galli (Grenchen) C. Maurer-Troxler (BE) P. Mäder (IRAB) A. Mozafar (ETH) B. Senn (WSL) V. Wiemken (Uni BS) 	<ul style="list-style-type: none"> Simon Egli WSL, Zürcherstrasse 111 8903 Birmensdorf tél. 01 739 22 71 simon.egli@wsl.ch
Faune		
<ul style="list-style-type: none"> - Evaluer, standardiser et tester dans le cadre d'études concrètes des méthodes de recensement des animaux du sol 	<ul style="list-style-type: none"> O. Daniel (FAL) S. Keller (FAL) C. Maurer-Troxler (BE) L. Pfiffner (IRAB) 	<ul style="list-style-type: none"> Claudia Maurer-Troxler Abteilung Umwelt und Landwirtschaft, Rütli 3052 Zollikofen tél. 031 910 53 34 claudia.maurer@vol.be.ch
Observation de longue durée		
<ul style="list-style-type: none"> - Coordonner des essais de biologie du sol dans le cadre du réseau cantonal d'observation des sols - Réaliser des essais pilotes d'observation de longue durée (en collaboration avec le projet FAL) 	<ul style="list-style-type: none"> H. Brunner (FAL) G. Schmid (SG) C. Maurer-Troxler (BE) F. Okopnik (AG) H.-R. Oberholzer (FAL) F. Spieser (ZH) P. Schwab (FAL) 	<ul style="list-style-type: none"> Guido Schmid Amt für Umweltschutz Lämmlisbrunnenstrasse 54 9001 Saint-Gall tél. 071 229 24 10 guido.schmid@bd-afu.sg.ch

L'OFEFP et plusieurs services cantonaux de protection des sols ont soutenu la campagne nationale « Découvrir le sol ». Constituée d'une exposition itinérante et de différents supports, cette action explique l'importance et la nécessité de préserver des sols sains, et encourage à agir dans le respect du sol. Elle a été lancée pour la première fois en 2001 dans différents cantons. « Découvrir le sol » tient à la disposition des communes ainsi que des entreprises artisanales ou industrielles des éléments d'exposition pratiques et polyvalents, utilisables comme outil pédagogique ou pour les relations publiques (pour plus d'informations : www.erlebnisboden.ch).

Un classeur de travail pour les écoles intitulé « Boden – erleben – erforschen – entdecken » a été publié à la fin de l'été 2000 à l'initiative du BSA/VBB. Edité par l'OFEFP et distribué par les éditions Comenius à Hitzkirch (www.comenius-verlag.ch) au prix de 49 fr. 50, ce classeur comprend une quarantaine d'idées pratiques de cours, une brochure et un CD-ROM. La brochure en quatre couleurs (32 pages, 4 fr. 50), richement illustrée et rédigée dans une langue facile à comprendre, peut aussi servir de matériel de cours pour les élèves. Un support pédagogique similaire est en préparation pour la Suisse romande.

Le groupe de projet « Information et sensibilisation » a étudié par ailleurs les possibilités d'améliorer l'échange d'informations et d'expériences entre les services cantonaux de protection des sols et l'OFEFP. Il s'est initié aux principes du « Knowledge Management » avec des représentants de Ernst & Young. Des possibilités d'application ont été discutées et doivent encore être approfondies. Dans un premier temps, nous envisageons de publier le bulletin BSA/VBB sur Internet (<http://www.buwal.ch/stobobio/sol/f/>).

2.2 Groupe de projet « Microbiologie »

Paul Mäder

Le suivi d'un projet de l'OFEFP et de l'IRAB sur l'utilisation de méthodes microbiologiques dans des sols contaminés aux métaux lourds a constitué la priorité du groupe de projet « Microbiologie » en 2000 (compte rendu 3.2). La deuxième période de mesures dans les sites de Nenzlingen (BL) et de Gerlafingen (SO) est achevée

(voir bulletin BSA/VBB n°4/2000, p. 8). En complément des analyses des teneurs totales et des teneurs solubles selon l'OSol effectuées par le laboratoire de l'office cantonal de la protection de l'environnement de Bâle-Campagne, l'Institut de recherches de l'agriculture biologique analyse actuellement les métaux lourds dans des extraits EDTA. On pense que cette fraction peut fournir des informations importantes quant à l'influence des métaux lourds sur les organismes du sol.

D'autre part, le groupe a travaillé à des bases méthodologiques. Il a notamment validé la méthode de minéralisation de l'azote, car il lui a fallu vérifier, dans le cadre de l'observation de longue durée, si la durée de stockage depuis le prélèvement des échantillons jusqu'à l'incubation de la terre et l'analyse avait une influence sur la libération d'azote. La méthode de l'activité déshydrogénase a été publiée dans les méthodes de référence des Stations fédérales de recherche. Par ailleurs, des représentants du groupe se sont rendus à Bonn et à Kiel pour participer à deux ateliers internationaux sur le thème « monitoring du sol » consacrés en particulier au choix des méthodes et à l'interprétation des mesures de biologie du sol (voir compte rendu 4.4).

2.3 Groupe de projet « Mycorhize »

Simon Egli

L'objectif actuel du groupe de projet « Mycorhize » est d'utiliser le groupe d'organismes des mycorhizes dans le cadre de la protection des sols, pour l'identification de perturbations ou d'atteintes pédologiques. L'an passé, il a testé la méthode de détermination du potentiel infectieux des mycorhizes dans des sols agricoles à travers un essai pratique sur le terrain (voir compte rendu 3.1). Le but était d'évaluer la faisabilité, l'intelligibilité et l'exhaustivité de la méthode, et de clarifier certains détails d'ordre méthodologique. L'essai sur le terrain a été financé par l'OFEFP et réalisé à l'Institut für Pflanzenwissenschaften de l'EPFZ sous la direction d'A. Mozafar. L'étude a porté sur des échantillons de sol de trois sites présentant différentes contaminations aux métaux lourds. Cette méthode est destinée à compléter les analyses biologiques actuellement retenues en Suisse comme méthodes de référence des Stations fédérales de

recherche. Le groupe de projet compte désormais un nouveau membre en la personne de Paul Mäder (IRAB).

2.4 Groupe de projet « Faune »

Claudia Maurer-Troxler

La description de la méthode d'extraction de lombrics a été présentée dans le rapport d'activité 2000 et envoyée en consultation à une dizaine d'experts de toute la Suisse. Elle est en train d'être remaniée sur la base des appréciations qui nous ont été retournées, et a été annoncée pour publication dans les méthodes de référence des Stations fédérales de recherche.

2.5 Groupe de projet « Observation de longue durée »

Rolf Krebs / Guido Schmid

La collaboration avec la FAL Reckenholz dans le domaine de l'observation de longue durée des propriétés biologiques des sols s'est intensifiée l'année dernière. Des échantillons de sol ont été prélevés au printemps 2000 dans 37 prairies (3 sites du NABO, 8 sites dans le canton

de BE, 6 dans le canton de SG, 20 dans le canton d'AG). Lors du choix des sites, on s'est efforcé de varier autant que possible les caractéristiques des stations (type de sol, altitude, fumure, etc.). Les échantillonnages ont été effectués sur une profondeur de 0-10 cm et complétés en partie par des prélèvements sur 10-20 cm ou 0-20 cm de profondeur. Les surfaces d'échantillonnage ont été mesurées par GPS.

Comme on pouvait s'y attendre, les valeurs des paramètres microbiens de la respiration du sol, de la biomasse microbienne et de la minéralisation de l'azote en incubation aérobie se sont révélées sensiblement plus élevées dans les prairies que dans les terrains agricoles, avec toutefois d'importants écarts. De premiers tests montrent qu'il devrait être possible de calculer une valeur de référence pour prairies intégrant les propriétés abiotiques du sol (teneur en humus, pH, granulométrie), comme cela a été fait pour les terrains agricoles. Les résultats des analyses réalisées à différentes profondeurs de prélèvement sont encore hétérogènes.

Ces 3 prochaines années, on prévoit d'effectuer un échantillonnage annuel plus intensif en quatre répétitions sur 6 sites, qui devrait nous fournir davantage d'informations sur l'applicabilité d'analyses de biologie du sol dans le cadre de l'observation nationale et de la surveillance cantonale des sols.

3. Projets choisis du BSA/VBB

3.1 Une méthode standard pour déterminer le potentiel infectieux des mycorhizes dans des sols agricoles

Simon Egli, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (FNP), CH-8903 Birmensdorf

Ahmed Mozafar, Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH/Zurich, CH-8315 Lindau

A quelques exceptions près, toutes les plantes supérieures sont associées à des mycorhizes. Les racines des végétaux ligneux vivent en symbiose principalement avec des mycorhizes

ectotrophes, celles des autres espèces végétales avec des mycorhizes à arbuscules (AMF). Les mycorhizes constituent un intermédiaire essentiel entre le sol et les plantes. Ils participent activement à l'absorption d'eau et de substances nutritives par les végétaux, et représentent à ce titre une composante importante de la fertilité des sols. C'est pourquoi le groupe de projet « Mycorhize » s'est fixé comme objectif de développer une méthode appropriée basée sur les mycorhizes, qui puisse servir de méthode biologique standard pour l'évaluation de la fertilité des sols. Elle devrait permettre de

compléter ainsi les méthodes de référence des Stations fédérales de recherches agronomiques.

A la suite d'une étude bibliographique approfondie, on a considéré que la méthode la mieux appropriée était un biotest basé sur la détermination du potentiel infectieux des mycorhizes. Cette méthode permet de déterminer la présence et l'activité de mycorhizes dans des échantillons de terre fraîche. Plus la quantité et le potentiel infectieux des mycorhizes d'un sol sont élevés, plus les jeunes racines sont colonisées, créant ainsi des conditions favorables pour la nutrition en minéraux et rendant les plantes d'autant plus résistantes au stress causé par des facteurs ambiants.

Le biotest se déroule sous serre selon la procédure suivante : une plante test est semée dans des pots contenant des échantillons de sol fraîchement prélevés sur le terrain. On recueille les racines après une période de croissance de 60 jours afin d'analyser le taux d'infection par les mycorhizes. Celui-ci est déterminé sous microscope d'après la fréquence d'hyphes ainsi que de vésicules et arbuscules caractéristiques des AMF. Le poids sec des pousses et des racines est également mesuré.

Dans un premier temps, on a établi un projet de protocole de méthode sur la base de données tirées de la littérature. Celui-ci a ensuite été affiné et adapté du point de vue méthodologique à l'Institut für Pflanzenwissenschaften de l'EPF Zurich, dans le cadre d'un travail de diplôme portant sur un exemple concret (place de tir de Zuchwil)². Lors d'un deuxième travail, financé par l'OFEFP, le protocole remanié a été soumis à un essai pratique sur le terrain en été 2000, l'objectif étant d'une part de tester la faisabilité, l'intelligibilité et l'exhaustivité de la description de la méthode, et d'autre part de clarifier

certaines questions méthodologiques³.

La première étude a consisté à comparer des échantillons de sol de la place de tir de Zuchwil contaminés à des degrés variables par du plomb; dans la deuxième étude, des sols provenant des environs d'une industrie métallurgique (Gerlafingen), d'un site contaminé par du cadmium géogène (Nenzlingen), ainsi que d'une autre place de tir (Oberuzwil) ont été testés. Pour ces deux études, on a pu utiliser les résultats d'analyses des concentrations de métaux lourds dans les sols qui avaient été effectuées précédemment par les services cantonaux de protection des sols de BL, SG et SO.

Les résultats des analyses des sols des deux places de tir polluées au plomb ont révélé une nette corrélation entre la concentration de plomb dans le sol et la formation de mycorhizes sur les plantes tests. Ainsi, dans les échantillons les plus contaminés prélevés dans les buttes, l'infection de la plante test poireau (*Allium porrum*) s'est révélée significativement inférieure à celle des échantillons moins pollués prélevés dans le secteur du stand et des cibles. Autrement dit, les plantes présentaient un nombre inférieur d'hyphes, d'arbuscules et de vésicules de mycorhizes arbusculaires par unité de longueur de jeunes racines. Les racines des plantes tests semées dans les échantillons de sol des buttes de Zuchwil n'ont même présenté aucune trace d'infection par mycorhizes (fig. 1).

A Gerlafingen, la méthode a permis d'établir de nettes différences entre les trois surfaces d'échantillonnage, situées dans une transect avec des concentrations décroissantes de Pb et de Zn : plus les teneurs en Pb et en Zn du sol étaient élevées, moins l'infection des plantes tests par les mycorhizes était marquée. En outre, c'est l'échantillon le plus pollué qui a produit le moins de poids sec de pousses.

² Klingel, P. (1998): Die Eignung von nicht gestörten Bodenproben für die Bewertung der Mykorrhiza-Aktivität in verschieden belasteten Böden. Diplomarbeit Fachrichtung Agrarökologie, Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich. 62 S.

³ Gamper, H. (2000): Prüfung des Methodenentwurfes zur Bestimmung der Mykorrhiza-Aktivität anhand schwermetallbelasteter Landwirtschaftsböden. Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH/Z. Durchgeführt in Zusammenarbeit mit der Projektgruppe Mykorrhiza der VBB und finanziert durch das BUWAL. Interner Bericht. 31 S.

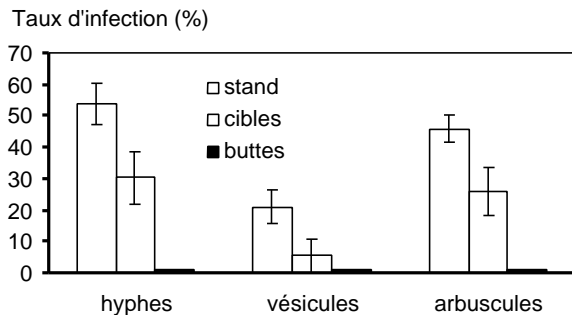


Fig. 1: Taux d'infection (en % de la longueur des racines) d'hyphes, de vésicules et d'arbuscules de mycorhizes arbusculaires relevés après 60 jours d'essai (n = 5) sur la plante test poireau (*Allium porrum*) semée dans des échantillons de sol de la place de tir de Zuchwil (SO). Les teneurs en métaux lourds vont en augmentant dans l'ordre stand – cibles – buttes (Klingel, 1998).

Par contre, dans les terrains de Nenzlingen contaminés au cadmium, on n'est pas parvenu à établir de corrélation entre les concentrations de Cd dans le sol et la formation de mycorhizes. Comme il s'agit en l'occurrence d'une contamination géogène et donc d'une situation donnée depuis toujours, il est possible que la flore de mycorhizes se soit adaptée à ces conditions. D'un autre côté, on trouve dans la littérature des indications selon lesquelles la toxicité du cadmium envers les mycorhizes serait moins élevée que celle d'autres métaux lourds.

Cette méthode s'est révélée appropriée pour comparer des sols présentant différentes pollutions aux métaux lourds. Elle permet non seulement de détecter des pollutions importantes, mais réagit aussi avec sensibilité aux atteintes modérées dans le domaine des valeurs indicatives. Sur la base des expériences réalisées jusqu'ici, on peut conseiller cette méthode pour la caractérisation biologique de sites et la détection d'atteintes portées aux sols. Etant donné l'importance de la fonction des mycorhizes dans la nutrition des plantes, elle représente un précieux complément aux méthodes biologiques de référence.

3.2 Microorganismes photoautotrophes comme indicateurs biologiques de métaux lourds

Claudia Scherr, Andreas Fliessbach et Paul Mäder, Institut de recherches de l'agriculture biologique, CH-5070 Frick

Les microorganismes du sol jouent un rôle essentiel dans la conservation de la fertilité des sols. Si cette dernière subit des atteintes liées à des facteurs ambiants, la composition qualitative et quantitative des communautés de microorganismes se trouve modifiée, de même que leur efficacité. C'est pourquoi les microorganismes du sol peuvent servir d'indicateurs de polluants tels que les métaux lourds. La question de l'influence des métaux lourds sur les microorganismes du sol prend de plus en plus d'importance. En effet, ce type de pollution continue en partie de s'accroître, et les valeurs indicatives de l'OSol sont déjà atteintes en de nombreux endroits. De faibles pollutions chroniques dans le domaine des valeurs indicatives pourraient déjà modifier l'efficacité du métabolisme microbien et entraîner un décalage du spectre des espèces vers des espèces tolérantes ou résistantes aux métaux lourds.

Jusqu'à présent, l'influence des métaux lourds sur les microorganismes du sol a surtout été étudiée à l'aide de paramètres globaux non spécifiques, comme la biomasse et la respiration du sol, ou de la diversité globale des communautés d'organismes du sol. Dans le cadre de l'étude « Estimation microbiologique de la fertilité des sols – étude concrète sur des sites contaminés par des métaux lourds »⁴ (IRAB, sur mandat de l'OFEPF), on a en outre recherché des organismes spécifiques dont la fonction au sein de l'écosystème sol est connue.

Il existe un groupe d'organismes auquel on n'accorde souvent pas assez d'attention dans les sols agricoles, celui des microorganismes photoautotrophes. Pourtant, les algues et les cyanobactéries remplissent une fonction très importante dans la production primaire, la fixa-

⁴ Scherr, C., Fliessbach, A. und Mäder, P. (2000): Bodenbiologische Erfassung der Bodenfruchtbarkeit – Fallstudie an belasteten Standorten. Bericht zu Händen des BUWAL. Projektbegleitung: Arbeitsgruppe Vollzug BodenBiologie. FiBL, CH-5070 Frick. 56 S.

tion de l'azote et les mécanismes de stabilisation des sols. Nous avons donc vérifié si ces microorganismes photoautotrophes pouvaient servir d'indicateurs sensibles de pollutions aux métaux lourds dans le domaine des valeurs indicatives.

Pour évaluer l'effet des métaux lourds sur les microorganismes photoautotrophes, on a utilisé comme paramètres le nombre de cellules vivantes d'algues du sol (fig. 2) et de cyanobactéries fixatrices d'azote, ainsi que le développement des microorganismes photoautotrophes, celui-ci étant déterminé d'après la quantité de chlorophylle produite dans un laps de temps donné.

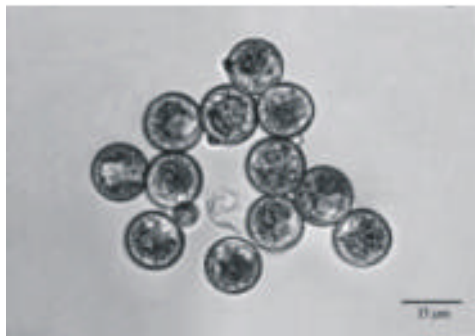


Fig. 2: Les algues du sol contribuent à fixer le carbone et l'azote et à stabiliser le sol.

Le nombre de cellules vivantes a été calculé au moyen du Most Probable Number (MPN). Ce procédé permet d'estimer le nombre de cellules vivantes d'algues et de cyanobactéries fixatrices d'azote sans qu'il soit nécessaire d'effectuer de décompte individuel de cellules ou de colonies. Au lieu de cela, on détermine la densité des populations de microorganismes par une technique de dilution. Pour les cultures de microorganismes photoautotrophes, on a utilisé les deux solutions standard BG11 et BG11₀. Celles-ci ne se distinguent que par la présence (BG 11) ou l'absence (BG11₀) de nitrate de sodium comme source d'azote. La miniaturisation du procédé à l'aide de plaques de microtitration a permis d'analyser un grand nombre d'échantillons et de répétitions en parallèle.

Une autre méthode sensible permettant de décrire l'effet de facteurs ambiants sur les microorganismes photoautotrophes consiste à

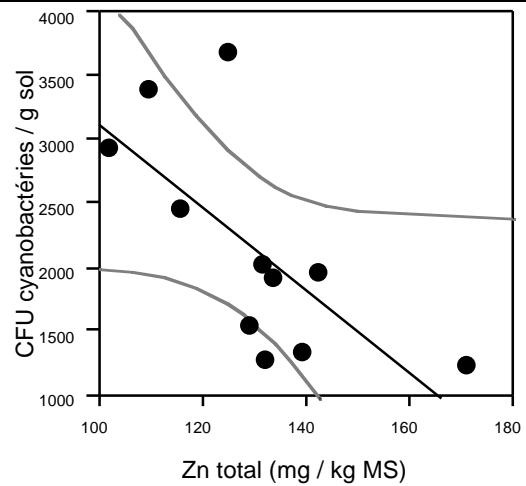


Fig. 3: Influence du zinc sur le développement des cyanobactéries. n = 11, p = 0.05. CFU = colony forming units.

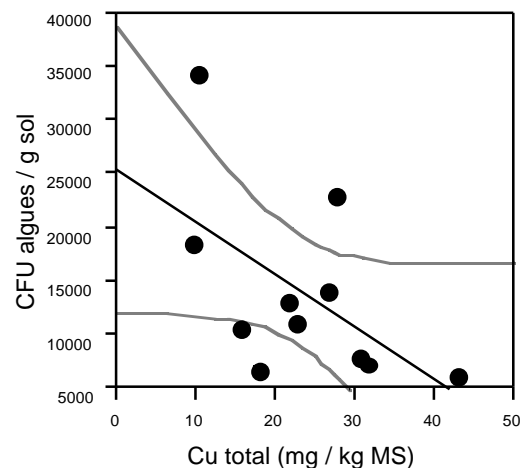


Fig. 4: Influence du cuivre sur le développement des algues. n = 11, p = 0.07. CFU = colony forming units.

déterminer le développement de ces derniers d'après la quantité de chlorophylle produite dans un laps de temps donné. Cette hausse est calculée par mesure photométrique de la chlorophylle extraite à l'acétone dans des échantillons de sol, dont une moitié a été exposée au préalable à la lumière et l'autre moitié maintenue à l'obscurité, les conditions d'incubation étant autrement identiques. Les échantillons maintenus à l'obscurité permettent de tenir compte d'éventuelles dégradations de chlorophylle pendant la période d'incubation. La différence de concentration de chlorophylle entre les échantillons placés à l'obscurité et les échan

tillons éclairés correspond ainsi à la quantité de chlorophylle produite par les microorganismes photoautotrophes dans un échantillon de sol, et donc au développement de ces organismes.

Ces essais ont permis de constater que les microorganismes photoautotrophes contenus dans les échantillons de sol contaminés par des métaux lourds du site de Gerlafingen réagissaient de façon sensible à des pollutions de zinc, de cuivre et de cadmium dans le domaine des valeurs indicatives. Les métaux lourds ont influé de façon significativement négative sur le nombre de cellules vivantes de cyanobactéries fixatrices d'azote, et de façon tendanciellement négative sur celui des algues (fig. 3 et 4). Par

conséquent, les microorganismes photoautotrophes du sol peuvent servir, en complément des paramètres microbiens employés jusqu'ici, d'indicateur précoce d'atteintes chroniques par des métaux lourds dans le domaine des valeurs indicatives.

Les processus au sein de l'écosystème sol sont trop complexes pour être analysés à l'aide de paramètres isolés. Le seul moyen d'obtenir une image globale des modifications entraînées par les métaux lourds au sein d'une communauté microbienne est de recourir à une combinaison de paramètres microbiens globaux, de paramètres de description de la diversité et d'organismes indicateurs sensibles.

4. Forum

4.1 Influence de l'intensité de l'exploitation agricole sur la diversité des mycorhizes à arbuscules

*Fritz Oehl, Kurt Ineichen, Paul Mäder et Andres Wiemken, Institut botanique de l'Université de Bâle, CH-4056 Bâle
Institut de recherches de l'agriculture biologique, CH-5070 Frick*

Les mycorhizes à arbuscules jouent un rôle important en agriculture, tant sur le plan phytosanitaire que sur celui de la fertilité et de la protection des sols. Ils représentent une symbiose vieille de plusieurs millions d'années entre plantes supérieures et champignons du sol de la classe des glomus. Ces mycorhizes à arbuscules (AMF) approvisionnent les plantes en éléments nutritifs difficilement disponibles dans le sol, et reçoivent en échange des produits de photosynthèse qui leur sont indispensables. Les AMF contribuent à améliorer le sol et l'approvisionnement des plantes en minéraux. Ils sont donc particulièrement importants dans le cadre d'une agriculture « douce » et durable. Aujourd'hui, on les utilise aussi de plus en plus souvent pour la production de jeunes plants et les plantations, ainsi que pour la renaturation de terrains dégradés. Les AMF

revêtent une importance accrue notamment dans les pays où les engrais indigènes sont rares ou chers.

Un projet commun indo-suisse a été mis en place dans le cadre de la Direction du développement et de la coopération (DDC). Son but était d'étudier dans un premier temps l'influence de l'intensité de l'exploitation agricole sur la diversité des AMF dans les deux pays. La prochaine étape consistera à sélectionner les AMF particulièrement utiles pour l'agriculture et la protection des sols, en vue de les utiliser dans leur pays d'origine comme inoculum de haute qualité.

En Suisse, la diversité des AMF a été étudiée en 2000 dans 14 parcelles exploitées avec une intensité très variable. L'ensemble des sites se situent dans le triangle des trois pays de la région Bâle - Fribourg en Brisgau - Mulhouse. A l'exception d'un site comparatif dans le Jura suisse limitrophe, toutes les parcelles retenues sont des terrains de loess de la vallée supérieure du Rhin, qui revêtent une grande importance dans la production agricole de cette région. Ces sites présentent une gamme très large d'intensités d'exploitation. Ils comprennent des prairies protégées (gazon maigre calcaire

non fertilisé, arrénathéraie maigre), des terres assolées cultivées de façon biologique ou conventionnelle/intégrée avec des rotations sur sept ans, des champs exploités de manière très intensive avec des cultures permanentes de maïs (fumure annuelle : 150 – 180 kg N, 50 – 80 kg P), et enfin deux vignes. Cette étude sur les AMF intègre des parcelles issues de cinq méthodes de l'essai de longue durée DOK à Therwil. Mené par la Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture de Reckenholz (FAL) et l'Institut de recherches de l'agriculture biologique (IRAB), l'essai DOK compare depuis 1978 la culture biologique et la production intégrée (conventionnelle).

Comme pour les essais DOK, les échantillonnages ont été effectués en quatre répétitions (sous-ensembles de 100 m²) sur tous les sites, dans les 10 cm supérieurs du sol. Par ailleurs, dans deux prairies naturelles, deux champs de maïs et une vigne, on a analysé également la diversité des AMF jusqu'à une profondeur de 70 cm. Les espèces d'AMF ont été identifiées morphologiquement à l'aide des spores isolées du sol par tamisage par voie humide et centrifugation en gradient de densité.

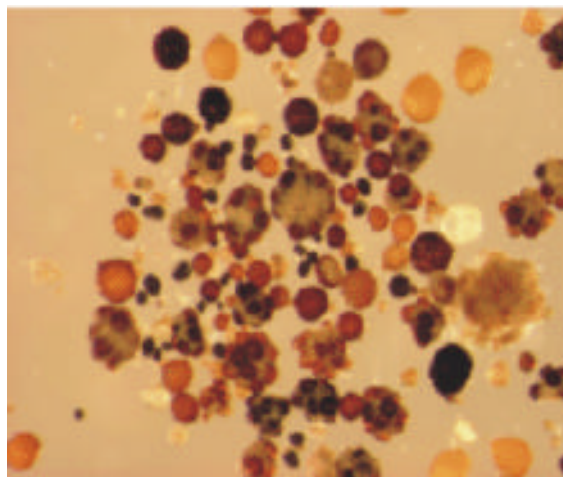


Fig. 5: Diversité des espèces de spores de mycorhizes. Les sols de la région Bâle - Fribourg en Brisgau - Mulhouse abritent une grande diversité d'espèces de mycorhizes.

Parmi les résultats les plus intéressants trouvés jusqu'ici, on peut relever la diversité étonnamment élevée d'AMF dans cette région. Ainsi, pas moins de 38 espèces différentes ont été identifiées sur les 14 sites (fig. 5). La plupart d'entre

elles appartiennent à la famille des Glomaceae (28 du genre *Glomus*, 2 du genre *Sclerocystis*), 3 au genre *Scutellospora* (famille des Gigasporaceae), et 5 à la famille des Acaulosporaceae (4 *Acaulospora*, 1 *Entrophospora*).

Tab. 1: Nombre d'espèces AMF dans 14 sols (couche supérieure, profondeur de 0 – 10 cm) de la région bâloise exploités de façon plus ou moins intensive.

Exploitation agricole/mode d'exploitation	AMF species
Culture permanente de maïs conventionnelle (D, F)	8-10
Rotations diversifiées production intégrée (CH)	13-15
Rotations diversifiées culture biologique (CH)	15-17
Vignes avec interlignes en gazonnées	16-18
Prairies naturelles extensives gazon maigre calcaire non fertilisé arrénathéraie maigre	21-26

C'est dans les prairies naturelles extensives que l'on a découvert la plus grande diversité d'AMF (tab. 1), les vignes venant en deuxième position. Les surfaces d'assolement cultivées de façon peu intensive en Suisse (CH) ont présenté une diversité d'AMF supérieure à celle des cultures permanentes intensives de maïs en Alsace (F) et dans le Bade du sud (D). Dans les surfaces d'assolement de culture biologique, la diversité d'AMF n'était que tendanciellement supérieure à celle des parcelles de culture intégrée de l'essai DOK à Therwil (BL) et d'une autre parcelle de culture intégrée située dans la commune voisine de Binningen (BL). Dans l'essai DOK, on a relevé comme principales différences un nombre supérieur de spores dans les cultures biologiques par rapport aux cultures intégrées (12-14 spores contre 8-10 spores par g⁻¹ de sol), de même qu'un décalage des espèces. Ainsi, deux espèces d'*Acaulospora* étaient présentes en quantités supérieures dans les cultures biologiques par rapport aux cultures intégrées, et deux espèces de *Scutellospora* en quantités inférieures.

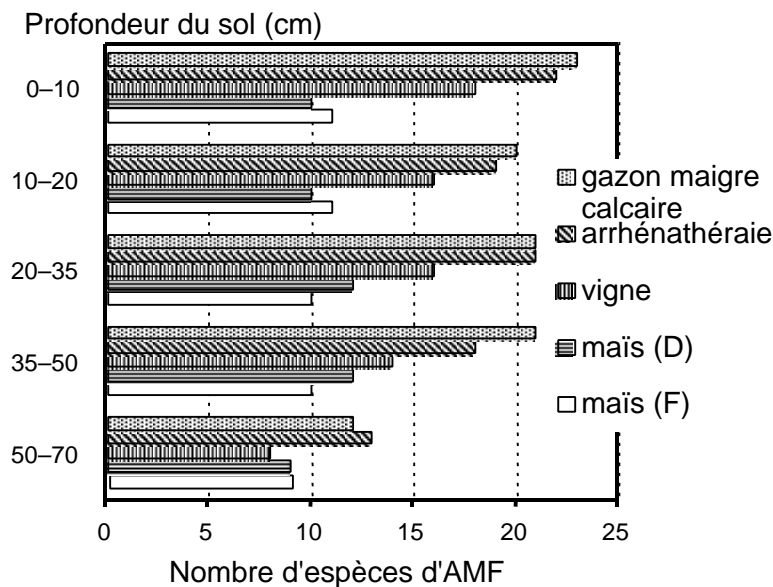


Fig. 6: Variation du nombre d'espèces d'AMF selon la profondeur du sol et le mode d'exploitation.

On constate que la diversité d'AMF diminue parallèlement à l'augmentation de la profondeur du sol, et cela dans tous les modes d'exploitation étudiés (fig. 6). Pour les champs de maïs, cette règle n'est toutefois pas valable jusqu'à la semelle de labour. Dans les champs labourés à plat (< 20 cm) (D), c'est même juste sous la couche supérieure du sol travaillé que se trouvaient la plupart des espèces. Dans les champs de maïs labourés plus profondément (35 cm) (F), des spores d'AMF absentes de la couche supérieure ont été décelées sous la semelle de labour (données non indiquées). Les prairies naturelles extensives renferment toutefois nettement plus d'espèces que les champs de maïs, quelle que soit la profondeur de sol considérée. Les modes d'exploitation très intensifs entraînent manifestement la disparition de quelques espèces. Par ailleurs, on a trouvé, dans une arrhénathéraie et dans un champ de maïs, une espèce de *Scutellospora* inconnue jusqu'ici, cantonnée aux couches profondes du sol. Il reste à vérifier s'il s'agit d'un représentant typique d'AMF de la couche inférieure du sol et si cette espèce est incapable de résister à la concurrence accrue des AMF ou aux concentrations plus élevées de minéraux dans la couche supérieure du sol.

En résumé, on peut dire qu'une exploitation agricole intensive provoque une importante diminution de la diversité des espèces d'AMF. Cette diminution est moins marquée lorsque l'étude intègre les couches plus profondes du

sol. Dans les champs cultivés, il semble que certaines espèces parviennent à survivre sous la semelle de labour, alors que d'autres espèces sont écartées. La grande diversité d'espèces d'AMF découvertes dans les terrains de loess de la région étudiée constitue un bon point de départ pour la recherche d'espèces de mycorhizes susceptibles d'améliorer la structure des sols et la santé des plantes, voire d'être utilisées dans certaines circonstances pour l'amélioration des rendements agricoles en Suisse.

4.2 Echanges d'expériences entre paysans et scientifiques dans le domaine de la protection des sols

Patricia Fry, Volkmarstr. 9, CH-8006 Zurich

Au cours de mes recherches pour ma thèse⁵, j'ai eu peu à peu le sentiment que la « fertilité du sol » était une notion un peu abstraite et interprétée de différentes façons.⁶ Même les scientifiques n'attribuent pas forcément la même signification à ce terme. Ainsi, Patzel a relevé pas moins de 10 champs sémantiques différents

⁵ Fry, P. E. (2000): Bäuerliche und naturwissenschaftliche Wahrnehmung von Bodenfruchtbarkeit im Vergleich – Kommunikationshilfen für den Bodenschutz. Dissertation Nr. 13707. ETH Zürich. http://e-collection.ethbib.ethz.ch/ediss/index_e.html

⁶ voir bulletin BSA/VBB 3/1999, p. 12/13.

dans la littérature scientifique⁷. Derrière les définitions se cachent des intentions variables. Les chercheurs n'emploient pas de la même manière le terme « fertilité des sols » que les spécialistes des services de protection des sols. Ce qui intéresse avant tout la recherche, c'est de quantifier les fonctions et les processus pédologiques. A ses yeux, la « fertilité des sols » représente une grandeur qu'il s'agit de décrire mathématiquement, par exemple en tant que somme des propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol. De leur côté, les services de protection des sols utilisent ce terme surtout de façon normative. Les objectifs écologiques de la protection des sols ont été définis à travers des prescriptions légales, ce qui a eu des répercussions sur la définition et l'utilisation du terme « fertilité des sols ».

Les spécialistes de la protection des sols et les chercheurs doivent donc s'attendre à ce que cette notion soit interprétée de façon très variable. Pour la recherche, c'est la possibilité de mesurer qui prime, alors que les services de protection des sols considèrent ce terme de façon essentiellement normative, en tant qu'objectif à atteindre à travers une action. En ce qui concerne les paysans, l'emploi de ce terme peut même provoquer une certaine confusion.

Ma thèse a fourni des explications à ces différences. J'ai choisi comme niveau de comparaison la pratique locale de la production de savoir (autrement dit le travail de chacun de ces groupes), ce qui m'a permis d'obtenir une nouvelle perspective sur les différences et les similitudes entre perception paysanne et perception scientifique. Voici une partie des résultats et des conclusions de mes recherches.

Les paysans ne poursuivent pas les mêmes objectifs que les scientifiques, ils appliquent des méthodes différentes et dans des contextes différents.

Pour les paysans, c'est l'exploitation du sol qui passe au premier plan. Ils sont intéressés par des actes - la manière de travailler leurs sols par exemple - et se préoccupent de ces derniers surtout pendant les travaux cultureux. Ils utili-

sent à cet effet des outils tels que tracteurs et charrues, récolteuses, fourches à foin, etc. Ils effectuent toute l'année différents travaux dans leurs champs, et cela pendant des décennies. Les spécialistes de la protection des sols se consacrent quant à eux à la protection des sols. Ils traduisent en quelque sorte des théories pédologiques par des mesures et par des actes. Ils appliquent d'un côté des méthodes axées sur la pratique – restrictions d'utilisation, rédaction d'aide-mémoire, etc. – et d'un autre des méthodes scientifiques pour la surveillance des atteintes portées aux sols. Ils utilisent à cet effet des méthodes de routine et des outils leur permettant de surveiller les atteintes subies par les sols à l'échelle du canton ou d'une région. Ces investigations sont répétées tous les 5 à 10 ans.

Les chercheurs s'intéressent avant tout aux théories sur les processus et les fonctions pédologiques. Ils prélèvent souvent des échantillons de sol sur le terrain pour les préparer et les analyser dans des conditions contrôlées. Ils formulent et vérifient des théories à l'aide d'expériences et de modélisations mathématiques. Les projets de recherche sont généralement limités à trois ans.

Ces différences en matière d'objectifs, de méthodes et de contextes de travail ont une influence sur la manière de percevoir le sol. Ainsi, les paysans concentrent leur attention sur les propriétés de la couche travaillée de tout un champ et sur les cultures qui y poussent. Ils s'intéressent essentiellement aux relations qui s'établissent entre croissance des plantes, propriétés du sol, conditions météorologiques et leurs propres interventions.

Les chercheurs concentrent au contraire leur attention sur la couche inférieure du sol et sur des analyses spécifiques visant à quantifier. Suivant la discipline, ces investigations portent également sur les plantes et les animaux. On pourrait caractériser le regard du paysan comme étant plutôt « élargi » (voir fig. 7), et celui du scientifique comme plutôt « approfondi » (voir fig. 8). Quant aux spécialistes de la protection des sols, ils adoptent une approche tantôt « approfondie », tantôt « élargie » en fonction des tâches concrètes.

⁷ Patzel, N., Sticher, H. und Karlen, D. (2000): Soil Fertility – Phenomenon and Concept. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 163: 129-143.



Fig. 7 : Le regard « élargi » du paysan.



Fig. 8 : Le regard « approfondi » du chercheur.

Venons-en aux conclusions. La plupart du temps, nous ne prenons pas conscience de nos propres jugements ni du contexte dans lequel nous agissons. Ils sont devenus naturels au cours de notre formation. Ce n'est qu'au contact avec d'autres « styles » que l'on parvient à percevoir des différences. Si l'on refuse de reconnaître ces dernières ou si l'on entend imposer aux autres son propre « style », les conflits sont programmés d'avance, et la mise en œuvre des mesures de protection des sols risque d'être difficile. Dans ma thèse, j'ai analysé ce genre de conflits en prenant l'exemple du test à la bêche. J'en suis arrivée à la conclusion qu'il était très important, pour la protection des sols en agriculture, de tenir compte non seulement du « style » scientifique, mais aussi du « style » paysan. En plus de la langue, cela concerne surtout l'expérience acquise par les paysans lors du travail des champs, ainsi que leurs méthodes de travail. Il est important que les paysans soient associés à l'élaboration des mesures de protection des sols. Le modèle que j'ai choisi pour cette collaboration est celui du partage des connaissances.

Celui-ci doit se faire dans les deux sens. Pour qu'il soit couronné de succès, les conditions suivantes doivent être remplies:

Lors de la mise en œuvre de la protection des sols, on doit tenir compte des différences dans le mode de pensée des paysans par rapport aux scientifiques. Il est très important que l'on porte une réflexion sur son propre mode de pensée scientifique.

L'expérience personnelle revêt une grande importance aussi bien dans le travail du paysan que dans celui du scientifique. Cela pourrait constituer une base commune pour le partage des connaissances.

Le contact direct entre les responsables de la protection des sols et les paysans permet d'instaurer des rapports de confiance qui sont essentiels pour les échanges ; il représente en outre une base importante pour l'innovation. Les terrains d'échange déjà existants⁸ dans le domaine de la protection des sols doivent être développés.

Il faut établir de nouveaux terrains d'échange afin d'élaborer collectivement des mesures de protection des sols. Pour qu'il réussisse, le partage requiert des conditions générales appropriées, telles qu'esprit d'ouverture, intérêt réciproque, volonté de communiquer, espérance de recevoir quelque chose en contrepartie de son offre.⁹

Je suis volontiers prête à encourager de pareils terrains d'échange et à en développer de nouveaux. Je me tiens à votre disposition pour toute question ou complément d'information sur ce thème : p.fry@bluewin.ch, ou Patricia Fry, Volkmarstr. 9, 8006 Zurich, téléphone 01 362 04 26.

⁸ Selon P. Galison (1997) (*Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*. The University of Chicago Press, Chicago, London. 844 p.), les terrains d'échange de connaissances peuvent consister en des rencontres informelles, des rencontres lors de manifestations ou des visites privées. Le plus important, c'est le caractère informel et ouvert de ces entretiens.

⁹ Nowotny, H. (1998): Tauschzonen des Wissens. Lokale Bedingungen der Transdisziplinarität. Bulletin ETH Zürich 270 (Juni): 11-13.

La thèse sera publiée en juin 2001 aux éditions Margraf Verlag, Weikersheim Deutschland, comme 41^{ème} volume de la série "Kommunikation und Beratung – Sozialwissenschaftliche Schriften zur Landnutzung und ländlichen Entwicklung" (directeurs de la publication : Hermann Boland, Volker Hoffmann et Uwe Jens Nagel). ISBN 3-8236-1346-4. Elle peut être commandée à l'adresse e-mail suivante : order@margraf-Verlag.de

4.3 Variations des communautés microbiennes du sol lors de cycles de contamination et d'assainissement biotechnologique

Hauke Harms, Patrick Höhener et Antonis Chatzinotas, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), IATE/Pédologie, GR-Ecublens, CH-1015 Lausanne

Si l'on peut clairement identifier à l'heure actuelle la présence ou l'absence de produits chimiques dans le sol à l'aide de procédés analytiques, on manque encore de critères et donc de méthodes d'essai pour évaluer l'intégrité biologique des sols. L'un des objectifs du nouveau groupe de travail « Microbiologie du sol » de l'EPFL, fondé en 1998, consiste précisément à définir des critères biologiques sur l'état sanitaire des sols. Le groupe s'efforce en outre de développer des méthodes permettant d'évaluer l'efficacité des mesures d'assainissement visant à restaurer la fonctionnalité originale (ou une fonctionnalité souhaitée) d'un sol (fig. 9). A cet effet, deux approches complémentaires ont été adoptées.

Un premier projet consiste à étudier, dans des sols pollués artificiellement par des métaux lourds puis assainis par phytoextraction, les modifications intervenant au niveau de la composition des communautés bactériennes et d'un choix de fonctions clef. On utilise pour cela différentes méthodes moléculaires ne nécessitant pas de cultures bactériennes. La méthode FISH (marquage fluorescent de l'hybridation in situ) permet de quantifier au microscope des groupes de bactéries spécifiques dans des échantillons de sol. D'autre part, des combinaisons de PCR et de techniques de fingerprinting permettent de détecter les gènes intervenant dans des fonctions clef, comme la

fixation de l'azote, tout en fournissant des informations sur l'activité in situ de ces gènes, étant donné qu'elles peuvent être utilisées pour les ARN messagers formés actuellement. La validation de la méthode est assurée à l'aide de sols réellement contaminés. On espère que ces recherches approfondies sur les modifications induites par des polluants permettront d'identifier des organismes ou des fonctions clef susceptibles d'être utilisés par la suite dans des analyses simplifiées en tant que bioindicateur de l'état des sols.

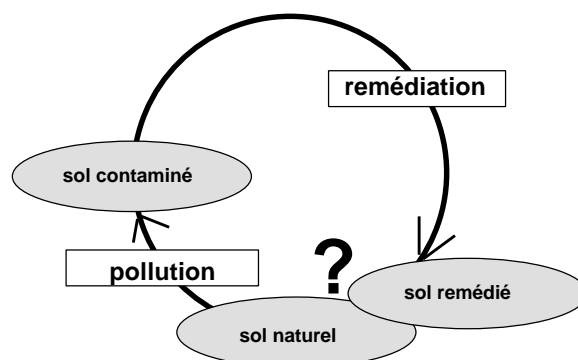


Fig. 9: Dans quelle mesure les sols assainis par des procédés de (bio)technologie peuvent-ils retrouver leurs fonctions et leur état naturel?

Le deuxième projet consiste à suivre l'évolution du profil physiologique de communautés microbiennes d'un sol en cas de pollution par des carburants et pendant la dégradation bactérienne qui suit. Les méthodes utilisées se fondent principalement sur la capacité de dégradation de la microflore du sol. A l'instar du procédé commercial BIOLOG, développé pour l'identification de bactéries dans le domaine médical d'après leur spectre de dégradation, on s'efforce de mettre au point un test simple avec plaques de microtitration qui permette de déterminer le potentiel et la dynamique de la microflore du sol sous l'angle de la dégradation de mélanges de polluants et de leurs métabolites. La validation de la méthode s'effectue par comparaison des profils physiologiques ainsi déterminés et de leur dynamique avec les modifications de la communauté bactérienne et de leur activité de dégradation in situ qui les accompagnent.

4.4 Stratégies d'évaluation de l'état biologique des sols

Hans-Rudolf Oberholzer, Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture CH-8046 Zurich

Si l'on s'accorde d'une manière générale à reconnaître l'importance des organismes du sol et de leur activité pour l'évaluation globale de la fertilité et de l'état d'un sol (soil fertility, soil quality, soil health), leur application pratique suscite encore un grand nombre de propositions et de projets différents. Ces différences portent aussi bien sur le choix et la mise en œuvre des méthodes de détermination de composants spécifiques de la vie du sol que sur l'appréciation de cette dernière dans sa globalité.

L'un des principaux objectifs du groupe de travail BSA/VBB consiste à encourager et à coordonner l'élaboration de bases théoriques et méthodologiques. C'est ainsi qu'il a été amené à définir des principes de base pour le prélèvement et le stockage des échantillons de sol, pour les procédures de détermination (description de méthodes de référence et analyses interlaboratoires) et pour l'interprétation des résultats (valeurs de référence), ainsi qu'à développer des stratégies (biologie du sol et protection des sols, banque de données).

La situation actuelle de ces travaux a été présentée et discutée lors d'un symposium scientifique international sur la recherche de stratégies d'évaluation biologique dans le domaine de la protection des sols¹⁰ au ministère fédéral de l'environnement à Bonn, ainsi que dans le cadre de l'atelier « Evaluating Soil Quality » of EU COST Action 831 « Biotechnology of Soil, Monitoring, Conservation and Remediation »¹¹ à Kiel. Voici un résumé des résultats de ces rencontres.

Pour tout relevé biologique, il est indispensable de disposer des informations de base suivantes sur le site : situation géographique détaillée, données tirées du fichier des cultures et des parcelles, forme d'utilisation, exploitation, données climatiques et propriétés du sol telles

que pH (CaCl₂), C_{org}, N_{org}, granulométrie, capacité d'échange cationique, données sur le régime de l'eau et de l'air, forme d'humus. Si les participants au symposium scientifique de Bonn (Allemagne, Autriche, Suisse) sont dans l'ensemble d'accord sur le prélèvement et le stockage des échantillons, on observe en revanche des différences de procédure parmi les pays de l'atelier de Kiel. En Italie, par exemple, les échantillons sont stockés après séchage, alors qu'en Scandinavie, ils sont conservés sous congélation.

Par ailleurs, différents critères ont été présentés à Bonn concernant le choix des espèces ou groupes d'espèces de la faune du sol à étudier, ainsi que les méthodes de microbiologie du sol à appliquer :

- Pertinence écologique (par ex. « key species » ou « ecological engineer »)
- Facilité d'identification et de recensement (ex. : clef d'identification disponible)
- Large diffusion (par ex. en relation avec certains types de sols)
- Vie se déroulant principalement dans le sol (y compris aux différents stades d'évolution)
- Contact étroit avec le sol ou certains de ses composants
- Sensibilité moyenne aux atteintes (chimiques) portées aux sols

¹⁰ Römbke, J. und Kalsch, W. (2000): Protokoll des Internationalen Fachgesprächs über „Ansätze für biologische Bewertungsstrategien und -konzepte im Bodenschutz“. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

¹¹ Bloem, J., Schouten, T., Sørensen, S. und Breure, A. M. (2000): Evaluating soil quality. In: Benedetti, A. and Dilly, O. (eds). Microbiological methods for assessing soil quality. COST 831 handbook. In preparation.

De même, les méthodes recommandées devraient remplir les conditions suivantes :

- Niveau élevé de standardisation (ex. : précision de la description)
- Reconnaissance élargie (internationale) de la méthode (degré de diffusion, etc.).
- Facilité de mise en œuvre (ex. : appareillages pas trop coûteux)
- Simplicité (par ex. : détermination rapide)
- Bonne reproductibilité des résultats
- Possibilité d'exploitation statistique des résultats
- Méthode suffisamment éprouvée (par ex. nombreuses références bibliographiques)
- Sans danger pour l'utilisateur et le site (par ex. en cas d'utilisation de produits chimiques toxiques)

Une procédure d'évaluation des sols en deux étapes a été proposée sur la base de ces critères ainsi que des expériences des participants. Celle-ci prévoit dans un premier temps de classer la biomasse microbienne, la respiration du sol et la minéralisation de l'azote d'un sol donné en catégories « normales » ou « inhabituelles » à l'aide de méthodes imposées. Dans un deuxième temps, ces résultats pourront être affinés au moyen d'analyses ciblées (activité déshydrogénase ou autres activités enzymatiques, oxydation de l'ammonium, etc.), afin de déterminer les causes des écarts par rapport à l'état normal. Le même principe est appliqué dans le domaine de la faune, où l'on procèdera d'abord au recensement des lombrics (tri manuel, extraction à la formaline), des enchytraen (méthode d'extraction par voie humide O'Connor) et des collemboles (méthode d'extraction à sec Kempson), et ensuite si nécessaire à celui des nématodes (méthode d'extraction selon Oostenbrink), des acariens et des oribatides (méthode d'extraction Kempson).

A Kiel, on a constaté que la plupart des programmes de monitoring actuels intégraient des analyses de la biomasse et de la respiration du sol. Les recherches plus poussées font également intervenir d'autres paramètres, comme la minéralisation de l'azote, la diversité microbienne et les groupes fonctionnels d'animaux du sol. C'est surtout pour ces analyses complé-

mentaires que les méthodes utilisées diffèrent le plus.

Une série d'objectifs prioritaires de la recherche s'appliquant aussi bien à la zoologie qu'à la microbiologie du sol ont été fixés :

- Améliorer et valider des méthodes de détermination qualitative de la diversité microbienne
- Développer une procédure standardisée pour déterminer les mycorhizes
- Clarifier l'influence des propriétés naturelles du sol sur les différents paramètres de mesure, afin d'éviter des résultats faussement positifs
- Etablir des critères pour le passage à des méthodes obligatoires ou facultatives, en particulier lors du choix des différents tests enzymatiques
- Poursuivre l'amélioration des principes de base concernant les différents critères d'évaluation utilisés lors du calcul de valeurs de référence microbiennes et de la fixation de seuils, en tenant compte à chaque fois des facteurs du site (surtout des propriétés du sol)
- Etablir une banque de données en relation avec ce dernier point
- Définir les principes pour le choix des critères d'évaluation les mieux adaptés

En outre, on a considéré qu'il était nécessaire d'une part de poursuivre le développement d'une stratégie aussi complète que possible, faisant intervenir des paramètres à la fois microbiologiques, zoologiques et intégratifs, d'autre part de mener des projets pilotes pour évaluer les potentialités et les limites de la stratégie choisie, et finalement de s'efforcer d'appliquer les résultats à la protection des sols aux niveaux national et international.

Les participants de l'atelier de Kiel ont tiré des conclusions assez semblables en fixant comme priorité le calcul de valeurs de référence à l'aide de recensements à large échelle et de monitoring à long terme.

En résumé, on constate que les recherches fondamentales menées par les groupes de travail dans le cadre du BSA/VBB sont

pertinentes au plan international et qu'elles représentent une importante contribution dans le domaine de l'application de méthodes biologiques pour l'évaluation de la fertilité des sols. Les buts fixés pour la suite des travaux répondent également aux besoins définis lors de ces symposiums. Les travaux réalisés jusqu'ici dans le cadre d'unités restreintes (projets) permettent de tirer des conclusions ayant valeur d'exemple ou susceptibles d'être plus ou moins généralisées ; mais il faudra mener des travaux beaucoup plus importants pour que ces connaissances fondamentales puissent être appliquées de façon représentative et à grande échelle au niveau de la pratique.

Impressum Bulletin BSA/VBB n° 5/2001

Editeur

BSA/VBB (Groupe de travail «Biologie du sol – application»)

Présidente en 2000

Claudia Maurer-Troxler
Division Environnement et agriculture
Berne, Rütli
CH - 3052 Zollikofen
tél. 031 910 53 34
E-Mail: claudia.maurer@vol.be.ch

Présidente en 2001

Gaby von Rohr
Amt für Umwelt, Fachstelle Bodenschutz
Werkhofstrasse 5
CH-4509 Soleure
Tél. 032 627 28 05
E-Mail: gaby.vonrohr@bd.so.ch

Secrétariat et distribution

Paul Mäder
Institut de recherches de l'agriculture biologique
(IRAB)
Ackerstrasse
Case postale
CH - 5070 Frick
tél. 062 865 72 32
fax 062 865 72 73
E-Mail: paul.maeder@fibl.ch

Nouveau: le bulletin est désormais disponible sur Internet à l'adresse suivante:
<http://www.buwal.ch/stobobio/sol/f/>