

Bulletin BSA-VBB n° 12 / août 2009

1. Rapport du président	1
2. Activités des groupes de projets	3
2.1. Groupe de projet « Echange de connaissances et sensibilisation du public »	3
2.2. Groupe de projet « Microbiologie »	3
2.3. Groupe de projet « Mycorhizes »	3
2.4. Groupe de projet « Faune »	3
2.5. Groupe de projet « Observation de longue durée »	3
3. Projets choisis du BSA	4
3.1. Atteintes portées à l'écosystème du sol par des organismes naturels et génétiquement modifiés – effets, méthodes et définition des dommages comme contribution à l'évaluation du risque.....	4
3.2. Influence des facteurs liés au site sur le potentiel infectieux mycorrhizogène (PIM) de sols agricoles suisses : étude préliminaire.	7
3.3. Utilisation et interprétation des analyses biologiques des sols	10
4. Forum	11
4.1. Aperçu des mesures de microbiologie du sol effectuées dans le canton d'Argovie...	11

1. Rapport du président

Nicolas Rossier, Institut agricole de l'État de Fribourg, Posieux

Que fait la science pour la santé des sols et des consommateurs?

Peu avant Pâques, un journaliste de Radio Fribourg m'appelait pour me demander si j'avais connaissance du produit « Vitalsel » (produit naturel pour le bien-être des sols et des plantes) et de ses effets quasi miraculeux sur la croissance et la santé des cultures. Je dus malheureusement répondre par la négative et lui expliquer les difficultés que la science rencontre lors de tests de produits naturels à effets renforçateurs de la santé des plantes et du sol. Je dus

également lui avouer qu'un nombre considérable de ces produits existent et que les moyens et la volonté manquent pour effectuer ces investigations. Le journaliste fut très étonné.

Sa réaction me laissa perplexe et c'est en lisant l'article du FiBL et de ART en page 4 de ce bulletin que je pris conscience de la difficulté de mettre au point des méthodes suffisamment sensibles pour détecter des effets positifs ou négatifs sur l'écosystème sol, mais aussi des efforts déployés ces dernières années. Grâce à ces deux institutions qui travaillent depuis de nombreuses années à la mise au point de méthodes d'analyses physiques, chimiques et biologiques des sols, des tests donnant des résultats fiables sont maintenant disponibles et permettent d'œuvrer à la protection des sols et des consommateurs. L'article du WSL en page 7 nous montre que l'analyse du potentiel infectieux mycorrhizien est également une méthode prometteuse, même si elle demande encore à être affinée. En dernier lieu, le document de travail décrit à la page 10 « Utilisation et interprétation des analyses biologiques du sol » développé par le groupe BSA, annexé à ce bulletin, est également un outil très utile qui permettra à chacun de choisir et d'interpréter différentes mesures biologiques des sols pour le plateau Suisse. Les méthodes existent, il reste encore à les améliorer et surtout à les utiliser. Bonne lecture.

Groupes de projets rattachés au groupe de travail «Biologie du sol – application»		août 2009
Nom du groupe et thèmes abordés	Membres	Personne de contact
Echange de connaissances et sensibilisation du public		
- Informer et sensibiliser le public aux questions se rapportant à la biologie du sol - Echanger des expériences et des connaissances	C. Maurer-Troxler (BE) F. Okopnik (AG) D. Schluemp (SG) D. Schmutz (BL) R. von Arx (BAFU) G. von Rohr (SO) T. Wegelin (ZH) D. Widmer (LU)	Roland von Arx OFEV CH-3003 Berne Tél. 031 322 93 37 roland.vonarx@bafu.admin.ch
Microbiologie		
- Elaborer et valider des stratégies d'échantillonnage (prairies, terres ouvertes, forêts) - Choisir, standardiser et valider des méthodes - Documenter la variabilité dans le temps et dans l'espace - Elaborer des bases d'interprétation (modèles de valeurs de référence)	W. Heller (ACW) A. Fliessbach (FiBL) P. Mäder (FiBL) H.-R. Oberholzer (ART)	Hans-Rudolf Oberholzer Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Reckenholzstrasse 191 CH-8046 Zurich Tél. 01 377 72 97 hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch
Mycorhizes		
- Elaborer et valider des méthodes standard pour décrire l'état d'un sol sur le plan des mycorhizes	S. Egli (WSL) H. Gamper (Univ. Basel) J. Jansa (ETH) C. Maurer-Troxler (BE) P. Mäder (FiBL) H.R. Oberholzer F. Oehl (ART)	Simon Egli WSL Zürcherstrasse 111 CH-8903 Birmensdorf Tél. 01 739 22 71 simon.egli@wsl.ch
Faune		
- Evaluer et standardiser des méthodes de détermination de la pédofaune et les tester par des études de cas - Développer des tests écotoxicologiques	S. Campiche (EPFL) E. Havlicek (BAFU) C. Maurer-Troxler (BE) L. Pfiffner (FiBL)	Claudia Maurer-Troxler Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne Rütti CH-3052 Zollikofen Tél. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch
Observation de longue durée		
- Coordonner des recherches sur la biologie du sol dans le cadre du réseau cantonal d'observation des sols - Réaliser des études pilotes d'observation à long terme (en collaboration avec le projet ART)	U. Gasser (ZH) C. Maurer-Troxler (BE) H.-R. Oberholzer (ART) F. Okopnik (AG) D. Schluemp (SG) G. Schmid (SG) P. Schwab (ART)	Claudia Maurer-Troxler Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne Rütti CH-3052 Zollikofen Tél. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch

2. Activités des groupes de projets

2.1. Groupe de projet « Echange de connaissances et sensibilisation du public »

Roland von Arx, OFEV

Le groupe de projet a mené une campagne d'information sur le thème : « La protection des sols – utile à tous : Respectons notre sol ». S'adressant aux planificateurs et aux architectes de projets de construction de moyenne importance (immeubles d'habitation, halles d'entrepôt), elle vise à responsabiliser ces derniers aux aspects de la protection des sols et à améliorer leurs connaissances sur la constitution et les fonctions du sol ainsi que sur les bases légales et les directives régissant la mise en œuvre de la protection des sols. Les services cantonaux ont informé les intéressés lors d'apéritifs de travail ou en d'autres occasions appropriées. Ils ont pu recourir aux outils tenus à disposition dans le cadre de l'action (présentation PowerPoint, dépliant, site internet). Ces documents et des informations de base sont disponibles sur le site internet de la campagne: <http://www.bodenschutz-lohnt-sich.ch/>

Le projet « de paysan – à paysan » vise à faire partager à l'aide de vidéos les expériences de paysans en matière de conservation ou de restauration de la fertilité des sols. Dans une deuxième étape, il est prévu d'élaborer un module supplémentaire pour les cultures fourragères (zones de collines et de montagne). Le matériel sera en outre adapté pour la Suisse romande en étant complété par des séquences vidéo sur l'enherbement de la vigne et le semis direct en cultures assolées. Les vidéos devraient être prêtes pour fin 2009. On trouvera des informations complémentaires à propos du projet sur le site: <http://www.vonbauernfuerbauern.ch/>

2.2. Groupe de projet « Microbiologie »

Hans-Rudolf Oberholzer, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Le groupe de projet « Microbiologie » n'a pas mené de travaux spécifiques, car ses membres ont participé l'an passé à différentes activités du BSA, et notamment aux actions suivantes:

- collaboration à l'élaboration d'outils de base pour l'application et l'interprétation de para-

mètres de biologie du sol dans le but d'évaluer la fertilité des sols

- publication des résultats du groupe de projet « Mycorhizes »
- élaboration d'outils de base pour l'observation à long terme des sols à l'aide de paramètres microbiologiques dans le cadre du projet LAZBO et en collaboration avec les services de la protection des sols des cantons d'AG, BE et GR

2.3. Groupe de projet « Mycorhizes »

Simon Egli, WSL Birmensdorf

L'étude préliminaire sur le potentiel infectieux mycorrhizogène (PIM) menée dans 20 sols agricoles du Plateau suisse a été évaluée (cf. compte rendu 3.2. dans le présent bulletin) et transmise pour publication. Elle fournit de premières données empiriques et révèle une corrélation très étroite de certains facteurs liés au site avec le PIM. Une étude élargie qui portera sur une centaine de sols est en préparation. Elle vise à décrire plus précisément la fourchette de valeurs PIM pour les sols suisses et à créer des bases qui devraient permettre une meilleure interprétation des valeurs PIM.

2.4. Groupe de projet « Faune »

Claudia Maurer-Troxler, Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne

Ce groupe n'a pas mené de nouvelles activités en 2008/09. Il est suspendu jusqu'à nouvel avis par manque de capacités.

2.5. Groupe de projet « Observation de longue durée »

Claudia Maurer-Troxler, Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne
Peter Schwab, Direction du projet LAZBO, FB14.2 (NABO) ART (AG, BE, SG, ZH)

L'élaboration en commun de la fiche d'information sur les sols forestiers n'a pas pu être poursuivie, car l'analyse des données cantonales et les comptes rendus y relatifs ne sont pas encore achevés.

3. Projets choisis du BSA

3.1. Atteintes portées à l'écosystème du sol par des organismes naturels et génétiquement modifiés – effets, méthodes et définition des dommages comme contribution à l'évaluation du risque

S. Scheid, J. Mayer, F. Widmer,
H.-R. Oberholzer
Station de recherche Agroscope Reckenholz-
Tänikon ART
Reckenholzstrasse 191
CH-8046 Zurich
Tél. 044 377 72 97

P. Mäder, A. Fliessbach, K. Nowack, B. Oehen
Institut de recherche de l'agriculture biologique
(FiBL)
Ackerstrasse, case postale
CH-5070 Frick

La version intégrale du compte rendu de ce projet peut être obtenue auprès d'H.-R. Oberholzer, directeur du projet, ART, hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch.

Dans l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol1998), les organismes génétiquement modifiés (OGM) sont regroupés avec les organismes pathogènes et exotiques sous la catégorie des « atteintes biologiques aux sols ». Leur utilisation est régie par l'ordonnance sur la dissémination dans l'environnement et par la loi sur le génie génétique. En principe, tous les organismes vivants disséminés dans l'environnement peuvent se multiplier, se disséminer et se modifier de façon évolutive, ce qui pose des exigences supplémentaires par rapport à l'autorisation de dissémination d'organismes génétiquement modifiés ou non. Le présent projet de la Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART et de l'Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL) s'inscrit dans le cadre du programme de recherche: « La bio-sécurité dans le génie génétique appliqué au domaine non humain - Risques encourus par l'écosystème du sol » de l'Office fédéral de l'environnement. Son objectif était d'apporter une contribution à l'évaluation des risques que les atteintes biologiques présentent pour l'écosystème du sol. Il était subdivisé en quatre modules: le **module 1** comprend les bases théoriques du projet de recherche. Le **module 2** et le **module 3** portent sur l'application pratique de ces bases en prenant l'exemple d'un essai sur

modèle avec l'organisme *Pseudomonas fluorescens*, souche CHA0, et d'un essai de plein champ avec la préparation « Microorganismes effectifs » (ME). Le **module 4** présente une synthèse des résultats des modules 1 à 3.

Module 1 – Bases théoriques (ART et FiBL)

Les travaux de la première partie du module 1 ont reposé sur l'analyse de stratégies internationales d'évaluation de la qualité du sol et de détermination des effets d'atteintes biologiques à l'aide d'indicateurs physiques, chimiques et biologiques du sol. Ils ont été complétés par une synthèse de la littérature consacrée aux plantes génétiquement modifiées, aux organismes modifiés ou non par le génie génétique introduits sous contrôle dans le sol, et aux organismes exotiques envahissants. Ces éléments ont permis de répertorier les indicateurs recommandés dans le monde pour l'appréciation de la qualité des sols, et d'inventorier les effets des atteintes biologiques actuellement en discussion et les indicateurs qui permettent de les déterminer. Par ailleurs, nous avons esquissé un aperçu des approches adoptées pour définir un dommage pour l'environnement en général, et le sol en particulier.

La deuxième partie a consisté à définir les effets potentiels des atteintes biologiques sur l'écosystème du sol. Dix-sept effets pouvant être classés dans les domaines de la physique, de la chimie, de la biologie et des fonctions du sol ont été étudiés. On entend par effet la modification d'une propriété ou d'une fonction du sol. La liste des méthodes de détermination de ces effets que nous avons établie comprend 90 procédés et peut être complétée à tout moment. Chaque méthode a été évaluée à l'aide de 16 critères pour savoir dans quelle mesure elle se prête à la détermination de l'effet postulé. Ces critères comprennent notamment la standardisation, la reproductibilité et la sensibilité. Le coût de la méthode a également été pris en compte. Par rapport aux aspects touchant à la biosécurité, nous avons tenté de savoir si les effets mesurés par une méthode peuvent être interprétés et si les résultats permettent de tirer des conclusions quant à la présence d'une atteinte à l'écosystème du sol. Nous avons également élaboré une définition des atteintes afin de pouvoir apprécier la signification des modifications observées au niveau des propriétés et des fonctions du sol.

Par ailleurs, une procédure de sélection de méthodes basée sur les effets a été développée pour l'évaluation des risques. La première étape consiste à identifier les effets d'atteintes biologiques prévisibles selon l'avis de spécialistes et de les classer dans les 17 effets évoqués précédemment. Il est alors possible de choisir les méthodes appropriées et d'évaluer leurs avantages et leurs inconvénients à l'aide des critères proposés.

Module 2 – Essai sur modèle avec l'organisme *Pseudomonas fluorescens* souche CHA0 (FiBL)

Pseudomonas fluorescens est utilisé en agriculture pour stimuler la croissance des plantes et les protéger contre des maladies du sol. A ces effets souhaités s'opposent d'éventuels effets sur des organismes non-cibles qu'il convient de contrôler avant une dissémination massive de ce genre d'organismes. Les effets souhaités ou indésirables d'un organisme disséminé dépendent de l'endroit où ce dernier est utilisé. Les concepts théoriques de l'écologie partent du principe que les communautés d'une grande diversité sont moins sensibles aux modifications entraînées par l'arrivée d'espèces étrangères. Cette théorie a constitué le point de départ d'un essai sur modèle réalisé sous serre avec des sols cultivés provenant de terrains de loess (essai DOK), dont la biomasse microbienne et l'activité se sont développés différemment en raison de l'exploitation du sol.



Figure 3.1.1 Racines colonisées en surface par *P. fluorescens* CHA0 (photo: Geneviève Défago).

Au moment du semis de blé d'été en pots, le *P. fluorescens* souche CHA0 a été inoculé avec une résistance naturelle à la Rifampicine (rif^+), dont on a étudié l'établissement dans les sols testés. Le *P. fluorescens* souche CHA0 n'est pas commercialisé en Suisse mais présente des

propriétés comparables à celles du *P. fluorescens* qui se trouve dans la préparation homologuée « Biofitac PF1 ». Son action contre les maladies repose notamment sur la production d'une substance antimicrobienne, le 2,4-Diacetylphloroglucinol.

Au 18^{ème} et au 60^{ème} jour après le semis et l'utilisation de *P. fluorescens* souche CHA0, des analyses ont été effectuées pour déterminer la biomasse microbienne (C_{mic} , N_{mic}), la respiration basale, le quotient métabolique $q\text{CO}_2$, l'activité déshydrogénase (DHA), le nombre de germes bactériens, la colonisation mycorhizienne des racines, et le modèle de dégradation du substrat. Au début de l'essai, les paramètres pédobiologiques ont révélé d'importantes différences provenant des sols utilisés. Au cours de l'expérience, les modifications provoquées par la croissance des plantes et de leurs racines étaient mesurables. L'inoculum en revanche n'a eu qu'un effet minime et temporaire pour la plupart des paramètres. Dans le sol qui présentait la plus faible biomasse microbienne au début de l'essai, une modification a toutefois été mesurable tout au long des 60 jours. Les modèles de dégradation du substrat, qui mettent en évidence les changements au sein des communautés microbiennes, se sont modifiés principalement par suite de la croissance des plantes, alors que les différents sols et le moment de l'échantillonnage n'ont eu qu'une influence négligeable. La sensibilité des méthodes utilisées a dépendu des sols étudiés et diminué dans l'ordre suivant : N_{mic} , DHA, C_{mic} et $q\text{CO}_2$. Outre la détermination sélective du nombre de germes de *P. fluorescens* souche CHA0, qui n'a été trouvé que dans les sols traités, les méthodes DHA, C_{mic} et rapport $C_{\text{mic}}/N_{\text{mic}}$ se sont révélées appropriées pour déterminer l'effet de l'inoculum. Les méthodes les plus sensibles aux variations temporelles ou induites par la croissance des plantes ont été N_{mic} , DHA, C_{mic} et $q\text{CO}_2$. Les résultats obtenus viennent étayer l'hypothèse selon laquelle une microflore riche peut atténuer les effets d'espèces étrangères introduites lors d'une dissémination massive. En d'autres termes: l'inoculum bactérien s'est montré plus efficace dans les sols relativement pauvres que dans les sols plus actifs.

Module 3 – Essai de plein champ avec la préparation « microorganismes effectifs » (ART)

Les effets de la préparation « microorganismes effectifs » ont été étudiés lors d'un essai de plein

champ de culture biologique mené pendant quatre ans (2003-2006) à la station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, au site de Reckenholz. Les méthodes comprenaient (i) la pulvérisation directe de la préparation MEA, (ii) l'épandage de MEA combiné avec une préparation d'engrais ME Bokashi (son de blé fermenté), et (iii) l'apport de MEA combiné avec du Bokashi et du fumier mûr. Selon les indications du fabricant, les ME sont constitués d'une huitantaine d'espèces différentes de microorganismes (p. ex. ferments lactiques, bactéries photosynthétiquement actives). En Suisse, la préparation ME est homologuée par l'OFAG comme additif pour engrais, produit d'amendement du sol, agent de compostage, et pour l'amélioration des processus biologiques dans le sol.

Pour pouvoir distinguer les effets des microorganismes contenus dans la préparation ME de ceux de leur support organique, des cultures de contrôle ont été réalisées dans le cadre de l'essai (une procédure sans application de ME, et les trois méthodes testées mais avec des préparations autoclavées de ME).

Au printemps et en automne 2005 et au printemps 2006, la production annuelle de même que les paramètres pédobiologiques biomasse microbienne (SIR, CFE), respiration basale, activité déshydrogénase, modèle de dégradation du substrat et profil ADN ont été analysés. La dégradation de la cellulose, le potentiel de minéralisation de N et le rendement de minéralisation de N ont été déterminés dans des essais d'incubation en laboratoire. Les traitements réalisés uniquement avec la préparation de MEA n'ont révélé aucune différence significative entre la procédure ME et les contrôles non traités, et cela pas plus au niveau des paramètres biologiques étudiés qu'à celui des rendements. Le Bokashi et le fumier mûr ont eu des effets sur les rendements et les paramètres pédobiologiques, mais ces effets n'ont pas été observés chez tous les paramètres étudiés ni à toutes les époques d'analyse. Les différences mesurées étaient uniquement attribuables au matériel organique ajouté (Bokashi) et à l'apport d'éléments nutritifs dans le sol qui en est résulté. L'époque d'analyse a eu une influence sur la teneur en biomasse microbienne, la respiration du sol et le modèle de dégradation du substrat.

Les résultats de l'essai permettent de conclure que l'apport de « Microorganismes effectifs » n'a

pas augmenté les rendements végétaux et qu'il n'a eu aucune influence à moyen terme (quatre ans) sur la qualité des sols de cultures assolées.

Module 4 - synthèse des modules 1-3 (ART et FiBL)

La procédure en plusieurs étapes élaborée et mise en pratique avec succès dans le cadre de ce projet permet d'opérer une sélection systématique, basée sur des critères factuels, de méthodes axées sur les effets pour déterminer l'influence d'atteintes biologiques sur l'écosystème du sol. Comme l'ont montré les essais réalisés avec *P. fluorescens* souche CHA0 et les « Microorganismes effectifs », les effets possibles sur la qualité du sol peuvent être étudiés de façon d'autant plus détaillée que nos connaissances sur les organismes ou les communautés d'organismes à contrôler sont approfondies.

Les résultats des essais ont servi de base de discussion sur la sensibilité des méthodes utilisées. Dans l'essai sur modèle, celles-ci se sont révélées sensibles aux modifications induites par l'inoculation de sols avec *P. fluorescens* souche CHA0. Dans l'essai de plein champ en revanche, elles n'ont pas permis de détecter les changements liés aux apports de « Microorganismes effectifs ». Mais elles ont réagi en principe aux modifications dues aux apports de matières organiques lors des applications de ME. Par conséquent, les changements provoqués par les applications d'EM pourraient être déterminés à l'aide de ces méthodes s'ils atteignaient l'intensité de ceux liés aux apports de matières organiques. Les méthodes utilisées dans l'essai sur modèle comme dans celui de plein champ se sont montrées plus ou moins sensibles pour l'analyse des effets. Il convient donc d'adapter le choix de la méthode en fonction du type d'essai.

Les changements mesurés ont été interprétés à l'aide des critères de définition des dégâts pour déterminer la présence d'une atteinte. Dans les deux essais, la comparaison entre les procédures avec apports de *P. fluorescens* souche CHA0 et de ME et les contrôles respectifs n'a permis d'observer que des influences minimales, voire nulles sur les paramètres pédobiologiques étudiés.

Les méthodes de physique, de chimie et de biologie du sol utilisées pour détecter les effets d'atteintes biologiques doivent encore être développées dans les deux domaines suivants:

- *Méthodes standardisées*, utilisées d'une manière générale pour l'évaluation de la qualité des sols et pour l'observation à long terme: les bases méthodologiques existent et ces méthodes sont donc applicables en pratique. Mais il reste à élaborer des bases d'interprétation.
- *Méthodes non standardisées*: il s'agit principalement de méthodes de biologie moléculaire qui nécessitent le développement de procédures standardisées pour pouvoir les intégrer dans les analyses de routine et élaborer des bases d'interprétation.

L'évaluation du point à partir duquel un changement représente une atteinte à la qualité des sols revêt une importance capitale pour la recherche sur les risques. Il est donc nécessaire de combler les lacunes existantes en matière d'interprétation des données, tout en poursuivant les travaux de développement méthodologique et la détermination des « fluctuations normales » des paramètres pédobiologiques dans le cadre de l'observation à long terme de la qualité du sol.

Publications

Fließbach, A., Winkler, M., Lutz, M.P., Oberholzer, H.R., Mäder, P. (2009). Soil amendment with *Pseudomonas fluorescens* CHA0: lasting effects on soil biological properties in soils low in microbial biomass and activity. *Microbial Ecology* **57**, 611-623.

Mayer, J., Scheid, S., Widmer, F., Fließbach, A., Oberholzer, H.-R. (2007). Wirkungen von 'Effektiven Mikroorganismen EM' auf pflanzliche und bodenmikrobiologische Parameter im Feldversuch. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau: Zwischen Tradition und Globalisierung. Universität Hohenheim, Stuttgart, Mar. 20-23, 2007. 41-44. http://orgprints.org/9691/01/9691_Mayer_Vortrag.pdf

Mayer, J., Scheid, S., Oberholzer, H.-R. (2008). How effective are 'Effective Microorganisms'? Results from an organic farming field experiment. 16th IFOAM Organic World Congress, Cultivating the Future based on Science, Modena, Italy, June 16-20, 2008. 168-171. http://orgprints.org/14838/01/Mayer_-14838_ed.doc

Mayer, J., Scheid, S., Widmer, F., Fließbach, A., Oberholzer, H.-R. (In Vorbereitung). Effects of 'Effective Microorganisms (EM)' on crop yields and soil microbial parameters in a field experiment in temperate climate.

3.2. Influence des facteurs liés au site sur le potentiel infectieux mycorrhizogène (PIM) de sols agricoles suisses : étude préliminaire

S. Egli
Station fédérale de recherche WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
Tel. 044 739 22 71
simon.egli@wsl.ch

H.-R. Oberholzer
Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
Reckenholzstrasse 191
CH-8046 Zürich

J. Jansa
Institut für Pflanzenwissenschaften EPFZ
Eschikon 33
CH-8315 Lindau

Introduction

Les champignons mycorrhiziens à arbuscules sont répandus dans le monde entier. Depuis la nuit des temps, les mycorrhizes ont accompagné les plantes dans leur colonisation du système terrestre, et leur rôle fonctionnel est aujourd'hui reconnu de tous. Elles sont une composante importante de nos sols et ont une influence sur leur fertilité. Pour ces raisons, les méthodes de référence des stations fédérales de recherche (FAL, 1996) ont été complétées par une nouvelle méthode de biologie du sol qui permet de déterminer l'activité mycorrhizogène dans un échantillon de sol (potentiel infectieux mycorrhizogène, PIM) à l'aide d'un biotest (B-MIP). Comme il n'existe pas encore beaucoup de valeurs de comparaison pour cette méthode, le groupe de projet « Mycorrhizes », en collaboration avec les cantons d'AG, BE, BL, FR, SG et SO, a mené une étude pilote sur 20 sols agricoles du Plateau suisse. Les valeurs de mesure PIM ont été mises en relation avec une soixantaine de paramètres chimiques, biologiques et physiques du sol et de données sur les plantes. L'étude vise à donner un aperçu des fourchettes de valeurs des sols agricoles suisses et des corrélations entre le PIM et les facteurs liés au site.

Méthodologie

Des échantillons ont été prélevés selon les méthodes standardisées B-M-PN et B-PAL (FAL, 1996) dans 20 terrains agricoles sélectionnés.

tionnés du plateau Suisse. 13 échantillonnages ont eu lieu au printemps 2005 et 7 en automne 2005. Les échantillons tamisés ont été placés dans des pots en plastique de 250 ml (10 répétitions) et semés avec du poireau (*Allium porrum*). Après 60 jours de croissance en conditions standardisées, les racines ont été lavées et leur taux de mycorhization déterminé au microscope (pour les détails de la méthode, cf. B-MIP, FAL 1996). On a également déterminé le poids sec des pousses ainsi que leur teneur en éléments et leur rapport C/N.

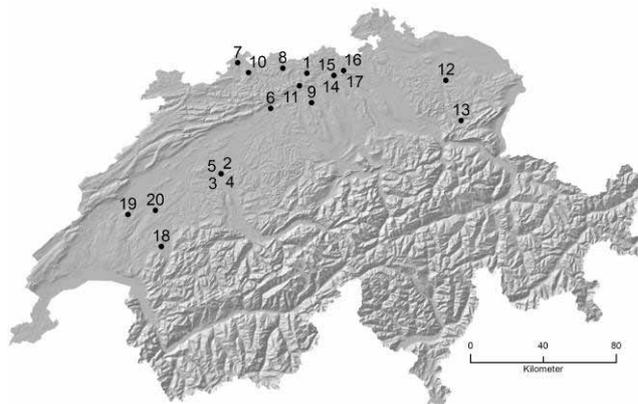


Fig. 3.2.1 Sites d'échantillonnage.

Les sols ont subi les analyses suivantes: respiration basale (B-BA-IS) et biomasse microbienne (B-B-HM) (FAL 1996), granulométrie, pH, teneur en calcaire, saturation en cations métalliques, et teneur en éléments (teneur totale et teneur en éléments assimilables par les plantes avec extraction à l'EDTA.)

Résultats

Taux de mycorhization et croissance des plantes

La colonisation des racines des plantes-tests par les mycorhizes arbusculaires a montré des différences significatives selon les sols. Le degré de colonisation s'est situé entre 35 % et 90 %, ce qui signifie que les sols étudiés présentent de fortes différences quant à leur potentiel infectieux mycorhizogène. Cependant, aucune corrélation significative n'a pu être établie entre la croissance des plantes et le potentiel infectieux mycorhizogène (PIM) (fig. 3.2.2).

On trouve des sols dans lesquels les plantes poussent très bien mais dont la valeur PIM est basse (p. ex. sol 13), et d'autres au contraire où les plantes poussent très mal mais dont la valeur PIM est élevée (p. ex. sol 14).

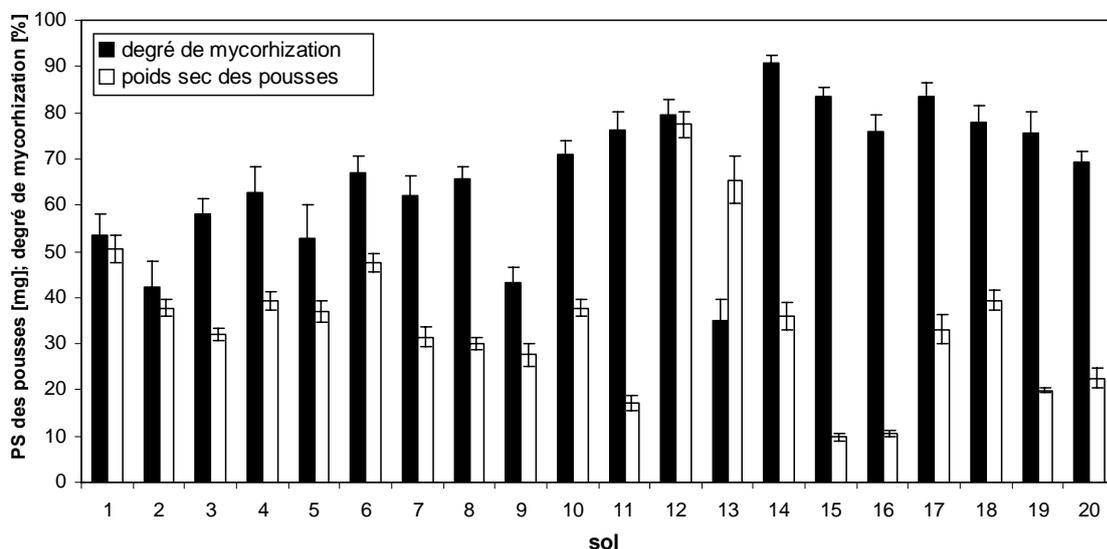


Fig. 3.2.2 Biomasse des pousses de poireaux et valeur PIM (proportion de longueur de racine colonisée par les MA en pour cent). Moyenne de 10 répétitions avec erreur type.

Degré de mycorhization, croissance des plantes et teneur en éléments des pousses

Une corrélation significativement positive a été relevée entre la biomasse des pousses et les

teneurs en P et en N, et une corrélation négative entre biomasse et teneur en C. Les concentrations de C, Na et Zn dans les pousses présentaient une corrélation positive avec le degré de

colonisation des mycorhizes, celles de P et Ba une corrélation négative (cf. fig. 3.2.3).

Taux de mycorhization et propriétés du sol

Sur l'ensemble des propriétés pédologiques mesurées, la teneur en phosphore totale et assimilable par les plantes a présenté une corrélation hautement significative ($p < 0.001$) avec le degré de mycorhization: plus la concentration de P dans le sol était élevée, plus le degré de mycorhization était bas. Les teneurs en Al et Cu ont aussi corrélié négativement mais de façon tout juste significative. Par contre, la respiration basale et la biomasse microbienne n'ont montré aucune corrélation avec le degré de mycorhization.

Discussion

Les 20 sols testés ont révélé de grandes marges de fluctuation et des différences parfois hautement significatives entre les sols pour le PIM. Le potentiel infectieux des mycorhizes semble ainsi être un paramètre biologique très sensible et en principe approprié pour déceler des différences dans les associations mycorhiziennes du sol. Il convient toutefois de noter qu'à l'heure actuelle, les bases dont nous disposons pour interpréter la signification fonctionnelle des différentes valeurs PIM sont encore relativement limitées. Ainsi, on ne sait pas encore dans quelles fourchettes de valeurs PIM les fonctions de la symbiose peuvent encore être remplies, et à partir de quand elles ne peuvent plus l'être. L'analyse des données de l'essai montre que les plantes peuvent encore présenter une bonne croissance même avec des valeurs PIM relativement basses.

Certains paramètres du sol semblent avoir une influence sur le potentiel infectieux des mycorhizes. C'est le cas en particulier de la disponibilité du phosphore. Il ne s'agit pas d'une nouvelle découverte, mais la causalité de ce rapport n'est pas forcément banale: on ne sait pas encore très bien si une concentration élevée de phosphore inhibe directement le développement des champignons à mycorhizes, ou si les associations de mycorhizes présentes dans le sol diffèrent en fonction des teneurs en phosphore et seraient ainsi responsables des différents taux de colonisation.

Nous n'avons pas pu démontrer de corrélation entre la disponibilité en azote dans le sol et la valeur PIM, ce qui est étonnant car l'existence

d'un rapport négatif est connue. Il en va de même pour le pH, la teneur en matière organique et la texture du sol.

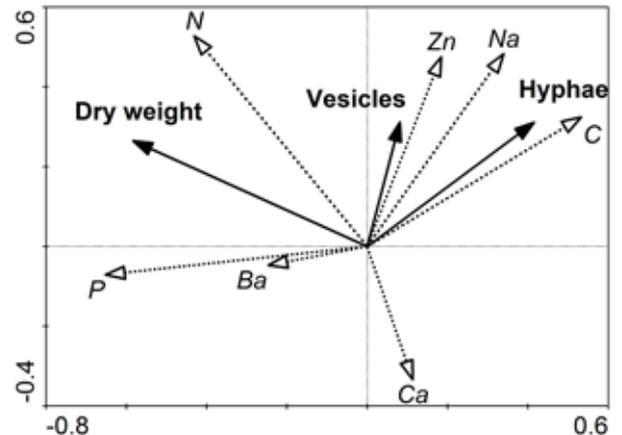


Fig. 3.2.3 Analyse de redondance de la corrélation de la biomasse des pousses avec respectivement la valeur PIM (lignes pleines et caractères gras) et la teneur en éléments des pousses (lignes pointillées, caractères en italiques).

Les résultats de cette étude préliminaire montrent de premières tendances, mais ne permettent pas encore de effectuer une appréciation définitive des corrélations. Du point de vue statistique, le nombre de sols étudiés (20) est nettement trop faible par rapport à la soixantaine de paramètres pédologiques et végétaux testés. Une étude élargie avec une centaine d'échantillons de sol est en préparation. Outre ces analyses descriptives, des recherches expérimentales seront nécessaires pour clarifier le lien de causalité des corrélations entre le PIM et les caractéristiques d'un site.

Littérature:

- FAL (1996). Méthodes de référence des stations fédérales de recherches agronomiques, vol. 2: Analyses de sols en vue de la caractérisation des sites. Stations de recherche ART et ACW.
- Jansa, J., Oberholzer, H.-R., Egli, S. (2009). Environmental determinants of the arbuscular mycorrhizal fungal infectivity of Swiss agricultural soils. Eur. J. Soil Biol. (in press).

3.3. Utilisation et interprétation des analyses biologiques des sols

Gaby von Rohr
Amt für Umwelt Kt. Solothurn
Werkhofstrasse 5
4509 Soleure,
Tél. 032 627 28 05
gaby.vonrohr@bd.so.ch

Bien que la biologie du sol revête une importance fondamentale pour la fertilité, les paramètres biologiques sont encore peu utilisés dans le cadre de la protection des sols, qu'il s'agisse de l'évaluation de cas particuliers ou de l'observation à long terme. L'une des principales raisons de cette lacune réside dans le manque d'outils de travail axés sur la pratique. Soucieux d'améliorer cette situation insatisfaisante, le BSA s'engage depuis des années pour élaborer de bases dans ce domaine.

Dans de précédentes publications, le BSA avait recommandé des paramètres pédobiologiques et des méthodes reproductibles. Aujourd'hui, il propose une base d'interprétation des paramètres recommandés. Ce document est une synthèse des résultats de diverses recherches menées dans le domaine de la biologie du sol. Deux types de valeurs d'interprétation sont introduits en tenant compte des bases de données disponibles:

Les valeurs de comparaison expriment la moyenne et la variabilité d'un paramètre sans tenir compte des caractéristiques pédologiques du site et permettent de procéder à une évaluation générale et à une classification des résultats des mesures. Les valeurs de référence permettent quant à elles d'effectuer une évaluation différenciée des valeurs mesurées en tenant compte des caractéristiques pédologiques du site.

On dispose actuellement de valeurs de comparaison pour l'évaluation du peuplement lombricien et de huit paramètres microbiens, et de valeurs de référence pour l'évaluation de quatre paramètres microbiens. Leur application est limitée pour l'instant aux terres assolées et aux herbages du Plateau suisse, mais l'outil de travail est appelé à être régulièrement complété par de nouvelles données.

Ce document est joint au Bulletin BSA n° 12/2009 et peut être téléchargé sur le site de l'OFEV: www.environnement-suisse.ch
(Thèmes>sol>thèmes>biologie du sol)

4. Forum

4.1. Aperçu des mesures de microbiologie du sol effectuées dans le canton d'Argovie

Françoise Okopnik
Abt. für Umwelt
Sektion Boden und Wasser
Entfelderstrasse 22
Buchenhof
CH-5001 Aarau
Tél. 062 835 34 08
francoise.okopnik@ag.ch

Introduction

Depuis 1991, le service de l'environnement du canton d'Argovie (*Abteilung für Umwelt, AfU AG*) surveille la charge polluante des sols argoviens dans le cadre du réseau cantonal d'observation (KABO). Ce dernier comprend aujourd'hui 20 sites en zone agricole et 53 en forêt. Quelques-uns servent à déterminer la charge polluante de base, d'autres se situent dans la zone d'influence de sources d'émissions (routes à grand trafic, anciennes surfaces d'épandage de boues d'épuration, etc.). Lors des précédentes campagnes d'échantillonnage du KABO de 1991, 1996 et 2006, les mesures s'étaient concentrées sur l'analyse des polluants au sens de l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol) du 1^{er} juillet 1998 (1, 2).

Selon le décret sur l'environnement (§ 19), le canton est chargé d'exploiter un réseau de mesures pour surveiller les atteintes aux sols, et de mener des recherches dans ce domaine dans des sites sélectionnés. A cet effet, il procède régulièrement à des relevés des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

L'objectif de l'AfU est d'introduire l'activité biologique comme un indicateur de la fertilité des sols et d'intégrer la respiration basale et la biomasse microbienne dans le programme du KABO sur la base du § 19 du décret relatif à la mise en œuvre du droit sur l'environnement (décret sur l'environnement, *Umweltschutzdekret USD*) du 27 octobre 1998.

Les laboratoires qui réalisent des analyses de biologie du sol sont peu nombreux en Suisse, raison pour laquelle la méthode de détermination de la respiration basale a été développée au laboratoire de l'AfU. Au printemps 2005, l'AfU a décidé de lancer un projet-pilote interne dans le cadre duquel il a effectué de premières recher-

ches pédobiologiques avec ses propres mesures sur des sites du KABO. Les objectifs étaient les suivants:

- Développement de la technique d'analyse de la respiration basale au laboratoire de l'AfU, et évaluation des besoins en ressources humaines et financières
- Développement de la collaboration avec l'Agroscope ART Reckenholz
- Premières interprétations axées sur les paramètres de biologie du sol

Méthodes

La respiration basale et la biomasse SIR ont été déterminées d'après les méthodes de référence, la première au laboratoire de l'AfU et à la station de recherches Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, la seconde uniquement à la station de recherches Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.

Les échantillons ont été prélevés et préparés à la fin de l'hiver - au début du printemps conformément aux méthodes de référence. Sur les cinq années de l'essai, la période d'échantillonnage s'est étendue de fin février à début avril, car la neige est parfois tombée tardivement et a longtemps recouvert le sol. Au sein d'une même série d'échantillonnage, la durée entre le premier et le dernier prélèvement a aussi été de plusieurs semaines en raison des différentes caractéristiques climatiques des sites.

Le choix des sites était sensé refléter tous les types d'exploitation et de paysages du canton d'Argovie. En y intégrant des surfaces de cultures maraîchères et un site viticole, on a accepté la possibilité que les recherches englobent des sites potentiellement pollués ou touchés par des atteintes physiques.

Chaque échantillon a été divisé en deux sous-échantillons qui ont été analysés respectivement au laboratoire de l'AfU et à la station Agroscope ART Reckenholz. Les mesures parallèles d'Agroscope ART Reckenholz ont permis d'une part d'avoir l'assurance de disposer dès le début de données fiables pour l'interprétation, et d'autre part de contrôler la technique analytique du laboratoire de l'AfU.

Les deux laboratoires ont d'abord enregistré d'importants écarts avec les échantillons de l'automne 2005 et du printemps 2006, mais ont obtenu ensuite des résultats très similaires avec les échantillons d'automne 2006 et une partie de

ceux du printemps 2007 (fig. 4.1.1). Pour des raisons encore inexpliquées, des différences notables sont réapparues dans les mesures parallèles des dernières séries d'échantillons du printemps 2007, à l'exception du sol de référence. Le problème est en train d'être analysé de façon approfondie avec Agroscope ART Reckenholz.

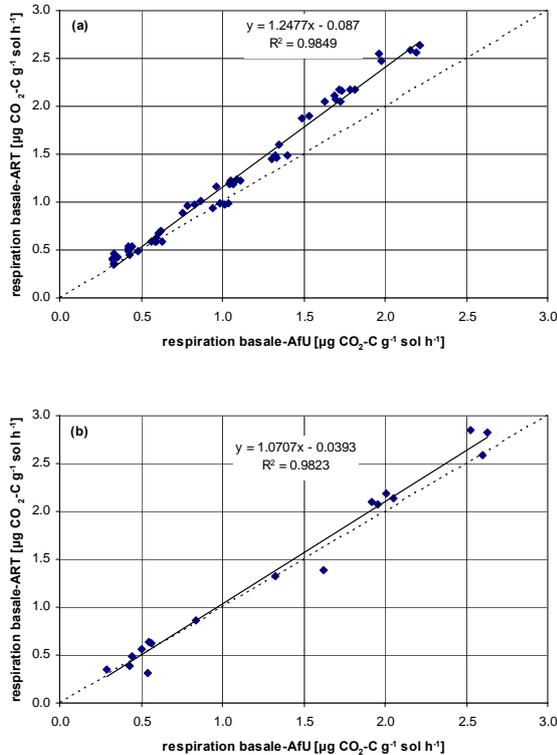


Fig. 4.1.1 Mesures comparatives entre Agroscope ART Reckenholz (BA ART) et le laboratoire de l'AfU (BA AfU). La ligne pointillée indique le déroulement théorique pour des résultats identiques. Comme le montre le graphique (a), les valeurs du laboratoire de l'AfU pour ces séries de mesures (automne 2005, printemps 2006, une partie du printemps 2008) sont typiquement inférieures de 20 % à celles du laboratoire Agroscope ART Reckenholz. Par contre, les résultats des mesures du tableau (b) (automne 2006 et une partie du printemps 2007) présentent une très bonne concordance.

Résultats

Sols étudiés

Les terrains étudiés sont des sites du KABO. Ils ont été choisis en essayant de couvrir tous les types de paysages et les différentes formes d'exploitation. La moitié environ des sites sont constitués de cultures assolées (dont deux de surfaces maraîchères), l'autre moitié d'herbages exploités de façon plus ou moins intensive.

Parmi les sites d'herbages figure également un terrain viticole.

Les sols des sites du KABO sont très bien décrits (1). Comme on pouvait s'y attendre, les terres assolées présentent une activité réduite par rapport aux surfaces d'herbages. Par contre les surfaces maraîchères (104me, 157st) ne montrent pas de résultats particulièrement négatifs par rapport aux autres terres assolées. Les causes des valeurs extrêmement basses du 153su doivent encore être analysées, car le site 121gr, dont les caractéristiques pédologiques sont comparables, présente des valeurs presque deux fois plus élevées.

Tableau 4.1.1. Forme d'exploitation des surfaces d'observation permanente du KABO

100ob	L1, cultures assolées, bio
101he*	L1, cultures assolées
104me	L2, cultures assolées, légumes
105me	L2, cultures assolées, beaucoup de prairie artificielle dans l'assolement
121gr	L3, cultures assolées, beaucoup de prairie artificielle dans l'assolement
122ku	L1, prairie permanente, prairie maigre
124ab	L3, prairie permanente, sol organique
153su	L3, terres assolées
154ro	L2, prairie permanente, pas d'engrais
156bo*	L1, pâturage
157sc	L1, vigne
159st	L2, terres assolées, légumes

Respiration basale

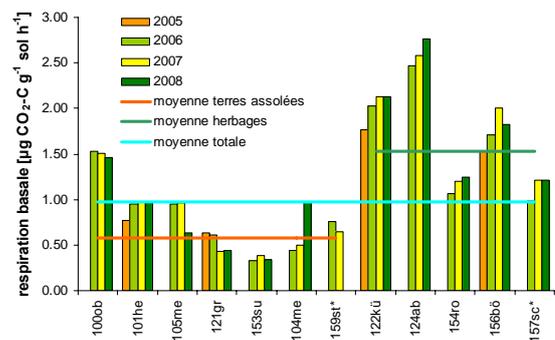


Fig. 4.1.2 Comparaison entre sites de terres assolées et d'herbages

Les valeurs très élevées du site 100ob pourraient s'expliquer par le fait qu'il est exploité de façon biologique. Les sites d'herbages (122ku, 124ab, 154ro, 156bo et 157sc (vigne)) présentent tous des valeurs supérieures à celles des terres assolées. Seuls les sites 100ob et 154ro font exception, mais ceux-ci pourraient plutôt être classés respectivement dans l'autre groupe

d'exploitation du point de vue de la respiration basale.

Biomasse microbienne BM (SIR)

La biomasse n'a été mesurée qu'à Agroscope ART Reckenholz. Contrairement à la respiration basale, il existe pour ce paramètre un système de valeurs de référence qui permet d'évaluer les sites en tenant compte de leurs caractéristiques pédologiques.

Les sites étudiés se situent dans tous les degrés d'évaluation du système de valeurs de référence. Comme pour la respiration basale, le site 153su se démarque négativement. Par contre, le site 121gr, qui lui est semblable, présente une biomasse plus élevée qu'attendu. Parmi les sites d'herbages, le 124ab se distingue des autres. Il s'agit d'un sol dont la teneur en carbone organique est supérieure aux valeurs couvertes par le système de référence. Les sites 156bö et 157sc sont aussi en dehors de la norme. La forte concentration de cuivre dans la vigne 157sc laisse supposer que celui-ci a exercé un certain effet antibiotique dans le sol. En revanche aucune particularité connue du site ne permet d'expliquer la valeur « trop » élevée du 156bö.

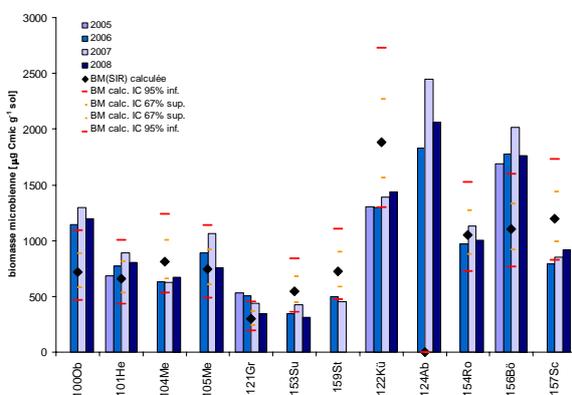


Fig. 4.1.3 Biomasse SIR comparée aux valeurs calculées

Quotient métabolique

S'il n'existe pas (encore) de système de référence ou d'autres systèmes d'évaluation pour le quotient métabolique, on dispose toutefois de relevés réalisés en 2001-03 sur 68 sites d'herbages et 220 sites de terres assolées répartis dans toute la Suisse. Les moyennes de nos sites se recouvrent presque exactement avec celles des relevés réalisés au plan suisse.

Les sites d'herbage de Küttigen, Abtwil et Bözen se distinguent par des valeurs qui s'écartent

beaucoup de la moyenne. On se rappelle que la respiration basale et la biomasse présentaient aussi des valeurs atypiques. A Küttigen, ces résultats pourraient éventuellement être imputables à un stress nutritif, contrairement à Bözen qui devrait être riche en éléments nutritifs facilement disponibles.

Les terres assolées présentent aussi de grandes différences entre les sites. La valeur la plus basse mesurée est inférieure à la valeur la plus basse relevée lors de l'enquête au niveau suisse, et il en va de même à l'autre bout de l'échelle pour la valeur la plus élevée. Les sites concernés sont les surfaces maraîchères 104me et 159st.

Rapport entre carbone microbien et carbone organique

Les données ont été comparées avec les moyennes d'un essai et l'intervalle de confiance à 90 % de 220 sols assolés et de 152 sites d'herbages.

A l'exception de la surface d'exploitation biologique, tous les sites argoviens assolés se situent hors de l'intervalle de confiance à 90 %, et l'on retrouve un image semblable avec les herbages. Une analyse plus précise de la situation s'avère donc indispensable. Il faudra notamment tenir compte des caractéristiques du sol dans l'évaluation.

Discussion et suite de la procédure

La durée de l'enquête est naturellement trop brève pour pouvoir déjà tirer des conclusions statistiques et agronomiques étayées. Les résultats atypiques des surfaces maraîchères et de la vigne peuvent sans doute être attribués au type d'exploitation. S'agissant des cultures biologiques en revanche, des enquêtes à l'échelle de l'exploitation seront nécessaires pour vérifier si les valeurs élevées sont uniquement imputables au mode d'exploitation bio, ou si d'autres facteurs d'exploitation ainsi que la technologie agricole jouent aussi un rôle. Pour améliorer l'interprétation des paramètres microbiologiques du sol, il est prévu d'analyser les exploitations concernées selon la méthode d'évaluation de l'impact de l'exploitation agricole sur la qualité des sols dans le cadre de bilans écologiques SALCA-SQ.

Littérature

- (1) Baudepartement des Kantons Aargau (1994). Bodenbeobachtung im Kanton Aargau, Belastungszustand der Böden 1991/1992.
- (2) Baudepartement des Kantons Aargau (2001). Veränderung der Bodenbelastung nach fünf Jahren (1996/1997).
- (3) Eidg. Forschungsanstalten FAL, FAW, RAC: Referenzmethoden der landwirtschaftlichen Forschungsanstalten, Band 2, Bodenuntersuchungen zur Standort-Charakterisierung, Bestimmung der Basalatmung B-BA-IS.
- (4) Oberholzer H.R. (2004). Richtwerte für bodenbiologische Parameter (Vorschlag für die Arbeitsgruppe "Vollzug Bodenbiologie VBB" zu Vergleichsbereichen für den Bodenschutz im Bereich Bodenbiologie).
- (5) Oberholzer, H.R. (2007). Bodenbiologische Kennwerte im NABO-Referenzwertsystem (NABOBio).

Impressum Bulletin BSA-VBB n° 12/2008

Éditeur

Groupe de travail «Biologie du sol – application»

Le groupe de travail BSA/VBB a été fondé en 1995 à l'initiative des services cantonaux de la protection des sols et de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Il traite essentiellement d'aspects de la biologie du sol en rapport avec la protection des sols et la conservation de leur fertilité dans le cadre de l'application de l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol).

Présidence depuis 2008

Nicolas Rossier
Institut agricole de l'État de Fribourg
Route de Grangeneuve 31
CH – 1725 Posieux
Tél. (0)26 305 58 74
E-mail: nicolas.rossier@fr.ch

Secrétariat et commandes

Paul Mäder
Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL)
Ackerstrasse
CH – 5070 Frick
Tél. 062 865 72 32
Fax. 062 865 72 73
E-Mail: paul.maeder@fibl.org

Le Bulletin est également disponible sur Internet:

<http://www.bafu.admin.ch/boden> > thèmes > Biologie du sol