

## Bulletin BSA-VBB n° 11 / avril 2008

<b>1. Rapport annuel de la présidente et du président .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Activités des groupes de projets.....</b>	<b>3</b>
2.1. Groupe de projet « Échange 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 » .....	4
2.5. Groupe de projet « Observation de longue durée » .....	4
<b>3. Projets choisis du BSA.....</b>	<b>5</b>
3.1. NABO-Bio .....	5
<b>4. Forum .....</b>	<b>8</b>
4.1. Un nouvel essai de longue durée sur le travail du sol, la fumure et les préparations biodynamiques .....	8
4.2. Le projet « De paysan – à paysan » dans une optique transdisciplinaire.....	12
4.3. Vigne: une monoculture extraordinaire et réussie grâce à des bactéries spécifiques colonisatrices des racines .....	15
4.4. Evolution des mesures biologiques du FRIBO ces 20 dernières années.....	16

### 1. Rapport annuel de la présidente et du président

*Françoise Okopnik, Abt. für Umwelt, Sektion Boden und Wasser, Aarau*

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

#### La biologie des sols progresse à tous les niveaux

Petit à petit les connaissances et les expériences sur la biologie des sols en Suisse progressent. A preuve, le contenu de ce 11<sup>e</sup> bulletin qui contient 8 communications relatant différents travaux de recherche, résultats d'essais, observation des sols et vulgarisation pratique.

*La recherche fondamentale* est indispensable à l'acquisition des connaissances de base, elle est bien représentée dans ce bulletin avec des articles et comptes rendus sur la microbiologie des

sols, et sur les bactéries protectrices pouvant lutter biologiquement contre différents pathogènes.

*L'observation des sols* est une obligation légale issue de l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol), qui vise à garantir à long terme la fertilité du sol. Intégrer les mesures biologiques dans un réseau d'observation des sols est un défi relevé dans le canton de Fribourg depuis 20 ans (20 ans FRIBO). Le travail de calibration, validation et interprétation des mesures biologiques effectué par ART Reckenholz (NABO-Bio) est une étape importante qui permettra à d'autres cantons d'intégrer la biologie des sols dans leur réseau.

*Les essais pratiques* sont nécessaires à l'intégration des connaissances fondamentales dans la pratique. En cela l'essai de longue durée du FiBL est exemplaire, il étudie les influences du travail du sol, de la fumure et des préparations biodynamiques sur la biologie des sols sur une exploitation biologique.

*La vulgarisation*, dernier maillon de la chaîne est primordiale, car elle permet de fournir aux utilisateurs paysans les résultats de tout le travail de recherche effectué en amont. Le projet « De paysan – à paysan » est dans ce sens un excellent outil qui connaît un grand succès en Suisse allemande et qui mérite d'être étendu à tout le pays.

La biologie des sols étant un peu le parent pauvre de la pédologie, le travail patient et continu du BSA est d'autant plus méritoire. Le soutien des projets de recherche et de vulgarisation dans le secteur de la biologie et la protection des sols est primordial et mérite d'être soutenu par tous.

**Groupes de projets rattachés au groupe de travail  
« Biologie du sol – application »**

**état avril 2008**

Nom du groupe et thèmes abordés	Membres	Personne de contact
<b>Échange de connaissances et sensibilisation du public</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informer et sensibiliser le public aux questions se rapportant à la biologie du sol</li> <li>- Échanges d'expériences et de connaissances</li> </ul>	J. Burri (LU) C. Kündig (BE) C. Maurer-Troxler (BE) F. Okopnik (AG) D. Schmutz (BL) R. von Arx (OFEV) G. von Rohr (SO) T. Wegelin (ZH)	Roland von Arx OFEV CH-3003 Berne Tél. 031 322 93 37 roland.vonarx@bafu.admin.ch
<b>Microbiologie</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Élaborer et valider des stratégies d'échantillonnage (prairies, terres ouvertes, forêts)</li> <li>- Choisir, standardiser et valider des méthodes</li> <li>- Documenter la variabilité dans le temps et dans l'espace</li> <li>- Effectuer des études pilotes sur la détermination d'atteintes concrètes</li> </ul>	A. Fließbach (FiBL) W. Heller (ACW) P. Mäder (FiBL) H.-R. Oberholzer (ART)	Hans-Rudolf Oberholzer Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Reckenholzstrasse 191 CH-8046 Zürich Tél. 01 377 72 97 hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch
<b>Mycorhizes</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Élaborer et valider des méthodes standard pour décrire l'état d'un sol sur le plan des mycorhizes</li> </ul>	S. Egli (WSL) J. Jansa (ETH) C. Maurer-Troxler (BE) P. Mäder (FiBL) H.R. Oberholzer	Simon Egli WSL Zürcherstrasse 111 CH-8903 Birmensdorf Tél. 01 739 22 71 simon.egli@wsl.ch
<b>Faune</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Évaluer et standardiser des méthodes de recensement des animaux du sol et les tester par des études de cas</li> </ul> <p>Le groupe est suspendu</p>	C. Maurer-Troxler (BE) L. Pfiffner (FiBL)	Claudia Maurer-Troxler Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne, Rütli CH-3052 Zollikofen Tél. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch
<b>Observation de longue durée</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coordonner des essais de biologie du sol dans le cadre du réseau cantonal d'observation des sols</li> <li>- Réaliser des essais pilotes d'observation à long terme (en collaboration avec le projet ART)</li> </ul>	U. Gasser (ZH) C. Maurer-Troxler (BE) H.-R. Oberholzer (ART) F. Okopnik (AG) G. Schmid (SG) P. Schwab (ART)	Claudia Maurer-Troxler Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne, Rütli CH-3052 Zollikofen Tél. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch

## **2. Activités des groupes de projets**

### **2.1. Groupe de projet « Échange de connaissances et sensibilisation du public »**

*Roland von Arx, OFEV*

Le groupe de travail « Échange de connaissances et sensibilisation du public » du BSA accompagne depuis plus de 10 ans des projets de relations publiques touchant à la biologie et à la protection des sols. Bien que des progrès aient été réalisés, l'information doit encore être considérablement améliorée dans le secteur de la construction. La protection du sol est bien acceptée et appliquée dans les grands projets (soumis à l'EIE ou à une mise à l'enquête), tant au niveau de la planification que de la construction. Mais dans les projets de petite et moyenne importance, elle est encore très souvent négligée. Étant donné l'intense activité qui règne dans ce secteur, un grand nombre de sols est touché. D'importantes lacunes de connaissances subsistent chez les architectes et les planificateurs, raison pour laquelle le groupe de travail a engagé une campagne d'information à leur intention.

L'objectif de cette action est de faire en sorte que les planificateurs et les architectes de projets de construction de moyenne importance (immeubles d'habitation, halles d'entreposage) se sentent aussi responsables de la protection des sols et connaissent la constitution et les fonctions de ces derniers de même que les bases légales et les directives relatives à la mise en œuvre de leur protection. Il est important que celle-ci soit prise en considération dès la phase de planification d'un projet. Les architectes et les planificateurs seront sensibilisés par l'intermédiaire de leurs associations professionnelles (SIA et éventuellement UTS). La campagne d'information s'articulera autour de brèves présentations qui seront proposées par les services de protection des sols dans le cadre d'apéritifs des sections de la SIA ou en d'autres occasions appropriées. L'action et le matériel nécessaire (exposés PowerPoint, prospectus avec adresses de commande et liens internet, articles et communiqués pour la presse spécialisée, site internet) sont en cours de préparation avec le concours d'architectes et de spécialistes des RP. Le lancement est prévu pour l'hiver 2007/2008.

La première partie de la phase principale du projet « De paysan – à paysan » s'est achevée avec succès en 2006 par un vernissage lors de l'assemblée des délégués de l'Association suisse pour l'équipement technique de l'agriculture (ASETA). Ce projet vise à faire partager à l'aide de vidéos les expériences que des paysans ont faites dans le domaine de la conservation et de la restauration de la fertilité des sols. La deuxième partie de la phase a débuté en été 2006 avec la diffusion de modules vidéo dans les réseaux paysans. Un soutien et un accompagnement sont assurés pour l'utilisation des vidéos au sein des organisations et lors de manifestations agricoles. Par ailleurs, un nouveau module consacré à la culture fourragère ainsi que l'adaptation et un complément des vidéos pour la Suisse romande sont en préparation et devraient être réalisés d'ici à 2009.

Le projet est soutenu par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG), l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), les services de l'agriculture et de la protection des sols des cantons et de la Principauté du Lichtenstein, la Fondation Sophie und Karl Binding, IP Suisse et Bio Suisse, l'Union suisse des paysans (USP), l'Association suisse pour l'équipement technique de l'agriculture et AGRIDEA.

Le site internet [www.regenwurm.ch](http://www.regenwurm.ch) a été remanié, actualisé et complété par un jeu test.

### **2.2. Groupe de projet « Microbiologie »**

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

Au cours des dix dernières années, le groupe « Microbiologie » a développé de nombreuses méthodes qui sont utilisées aujourd'hui notamment dans l'observation de longue durée. Il collabore également avec le groupe « Mycorhizes ». L'ART et le FIBL étudient en outre conjointement la question des effets des organismes génétiquement modifiés et d'autres atteintes biologiques sur les processus biologiques du sol.

### **2.3. Groupe de projet « Mycorhizes »**

*Simon Egli, WSL Birmensdorf*

Le groupe de projet a poursuivi ses travaux sur la méthode standard de détermination du potentiel infectieux des mycorhizes dans les sols agricoles. Les valeurs de référence faisant encore largement défaut, il est toujours très difficile

d'interpréter les résultats pour ce paramètre. Des recherches ciblées devront permettre d'établir des corrélations entre le potentiel infectieux des mycorhizes et d'importants paramètres pédologiques. À cet effet, de nombreuses données chimiques et physiques ont été relevées dans 20 sols dont le potentiel infectieux des mycorhizes avait été analysé dans le cadre d'un essai pilote. L'analyse de ces données contribuera à mieux comprendre la façon dont il faut interpréter les résultats de cette méthode.

#### **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 2006/07. 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)*

Dans le domaine des sols forestiers, les quatre cantons poursuivent l'analyse de leurs données. Dans les cantons d'AG, de BE et de ZH, ce travail se fait en étroite collaboration avec le WSL et l'IAP. À SG, des échantillons ont à nouveau été prélevés sur huit sites forestiers dans le cadre de la quatrième campagne d'échantillonnage du KABO. Pour présenter les résultats des quatre cantons participants, une fiche d'information est en cours d'élaboration. Il est également prévu d'y discuter de la coordination de la suite de la procédure d'observation de longue durée des forêts.

Le principal objectif du projet pilote « Observation à long terme de propriétés physiques et biologiques du sol » (LAZBO), réalisé à la Station de recherche Agroscope ART, est de développer et valider des bases méthodologiques pour l'observation à long terme de propriétés physiques et biologiques des sols. Les études se concentrent notamment sur l'appréciation des fluctuations temporelles de certaines propriétés pédologiques du point de vue de la stabilité des mesures (échantillonnage et méthodes d'analyse), de manière à pouvoir faire une distinction entre variations apparentes (p. ex. d'origine

méthodologique) et variations effectives. On dispose actuellement de mesures de paramètres sur six ans (2001-2006). Les résultats des trois premières années ont été publiés en 2006 (cf. [www.nabo.admin.ch](http://www.nabo.admin.ch)), et le rapport final pour l'ensemble de la période de relevés est prévu pour le printemps 2008.

Indépendamment des résultats de mesure spécifiques du projet LAZBO, ces recherches ont déjà permis de tirer des enseignements importants pour l'observation à long terme des propriétés physiques et biologiques des sols sur le plan de l'archivage et de l'assurance qualité des données. La reproductibilité à long terme des valeurs de mesure (calibrées) d'une série temporelle ne peut être garantie que si la stabilité des méthodes de mesure est attestée par un référencement approprié. Dans le projet LAZBO, on essaie de l'évaluer pour les propriétés biologiques à l'aide d'analyses répétées d'échantillons de référence ainsi que par l'analyse de paramètres complémentaires de l'échantillonnage et des échantillons de sol. Pour l'archivage et l'assurance qualité des données, cela signifie que trois composantes doivent pouvoir être documentées de façon absolument transparente et claire:

- (1) les valeurs de mesure originales des échantillons de sol;
- (2) les valeurs de mesure des échantillons de référence, et
- (3) la fonction de calibrage qui doit permettre de convertir les valeurs de mesure originales en une série temporelle homogène.

Si l'archivage des données des trois composantes est assuré, on peut tenir compte rétroactivement des fluctuations dans la stabilité des mesures lors d'analyses temporelles et les éliminer autant que possible. Dès 2008, les bases méthodologiques élaborées devraient être appliquées dans des sites choisis du réseau de référence NABO lors du lancement progressif prévu de l'observation à long terme de propriétés physiques et biologiques des sols.

### 3. Projets choisis du BSA

#### 3.1. NABO-Bio

Hans-Rudolf Oberholzer, Susanne Scheid  
 Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-  
 Tänikon ART  
 Reckenholzstrasse 191  
 CH – 8046 Zürich  
 Tél. 044 377 72 97  
 hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch

Dans le cadre du projet NABO-Bio, les paramètres microbiologiques de la biomasse microbienne BM (SIR), de la biomasse microbienne BM-C/N (FE) et de la respiration du sol (respiration basale) ont été analysés dans la plupart des sites agricoles du réseau de mesure NABO. L'objectif était de déterminer l'état actuel de sols suisses sous l'angle des propriétés biologiques. Il s'agissait par ailleurs de vérifier la validité des modèles de valeurs de référence actuellement disponibles pour l'évaluation du paramètre microbiologique de la biomasse microbienne BM (SIR) dans les prairies et les terres assolées.

Le projet s'est également penché sur la question de savoir d'une part si les charges en polluants anorganiques ont un effet décelable sur les paramètres microbiologiques, d'autre part s'il serait possible de changer la profondeur de prélèvement actuelle de 0 à 20 cm pour les cultures assolées à 0 à 10 cm, afin d'avoir une profondeur uniforme pour tous les sites quelle que soit leur utilisation.

En 2004 et 2005, des échantillons ont été prélevés au printemps sur une surface de 10 x 10 m selon les procédures du NABO dans 32 sites de terres assolées (A), 16 sites d'herbage, neuf sites de cultures spéciales (3 de cultures maraîchères, 3 de cultures fruitières et 3 de vigne) et deux parcs. Dans les sites de cultures assolées et de cultures maraîchères, les échantillons ont été prélevés à une profondeur de 0 à 20 cm. Dans les herbages, les cultures fruitières et les vignes de même que dans les parcs, la profondeur d'échantillonnage a été de 0 à 10 cm.

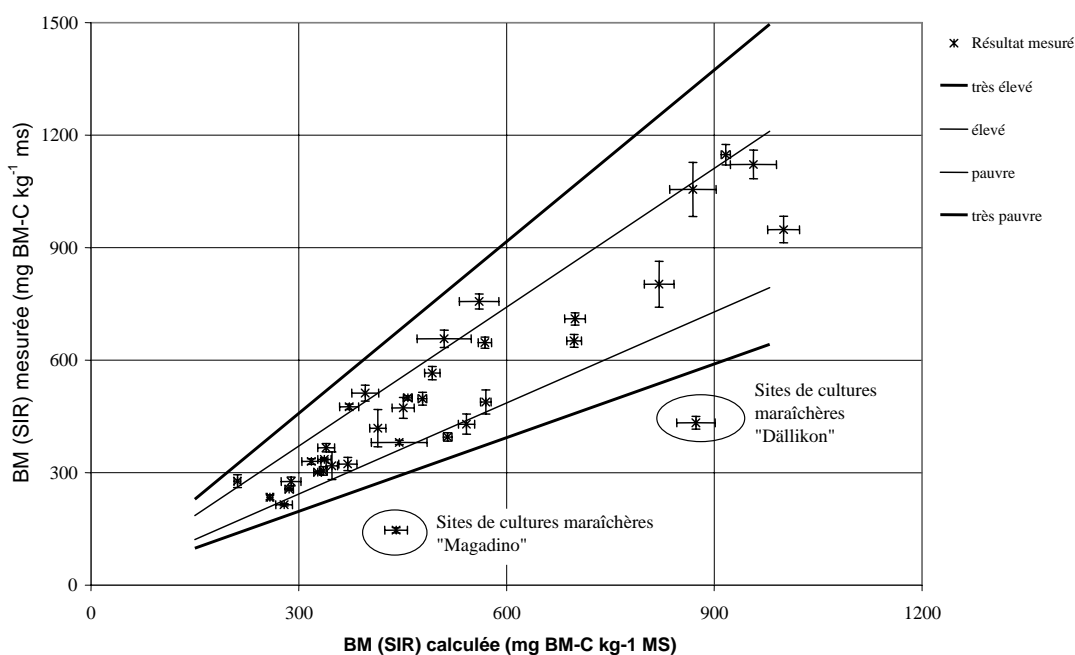


Fig. 1: Corrélation entre les teneurs mesurées et calculées de la biomasse microbienne BM (SIR) dans les sols des sites NABO-Bio de cultures assolées et de cultures maraîchères; profondeur de 0–20 cm, présentation de la valeur moyenne par site et de l'écart type, évaluation des résultats: « très élevé » = limite supérieure des 95 % du domaine de valeurs attendues, « élevé » = limite supérieure des 67 % du domaine de valeurs attendues, « pauvre » = limite inférieure des 67 % du domaine de valeurs attendues, « très pauvre » = limite inférieure des 95 % du domaine de valeurs attendues, nombre de sites n = 35.

Les résultats montrent que les valeurs mesurées dans les sites de cultures assolées étaient plus faibles que dans les sites d'herbages, et cela pour tous les paramètres microbiologiques étudiés. Les sites de cultures maraîchères ont présenté des valeurs inférieures à celles des sites de cultures assolées. C'est également le cas pour la comparaison entre les sites de vigne et les herbages: on constate là aussi que les valeurs mesurées dans les sols de vigne étaient inférieures aux résultats des herbages. Dans les cultures maraîchères et les vignes, les valeurs élevées du quotient métabolique pourraient être un signe de stress ou d'une activité plus intense dans ces sites. Selon les recherches réalisées jusqu'ici, pour les sites de cultures assolées, les corrélations entre les paramètres microbiologiques et les propriétés physiques et chimiques

du pH, du C<sub>org</sub> et de la teneur en argile sont très élevées et statistiquement significatives. Dans les sites d'herbages, les coefficients de corrélations étaient en général plus bas et souvent non significatifs. Dans certains cas, on n'a pas pu établir de lien ni entre les différents paramètres microbiologiques, ni avec les propriétés physiques et chimiques. C'est vrai en particulier pour les deux paramètres d'évaluation de la biomasse microbienne. Le postulat selon lequel la détermination de ce paramètre microbiologique par les méthodes « respiration induite par le substrat » (SIR) et « extraction par fumigation au chloroforme » (FE) donnerait des résultats identiques se trouve donc remis en question, du moins pour les sites d'herbages.

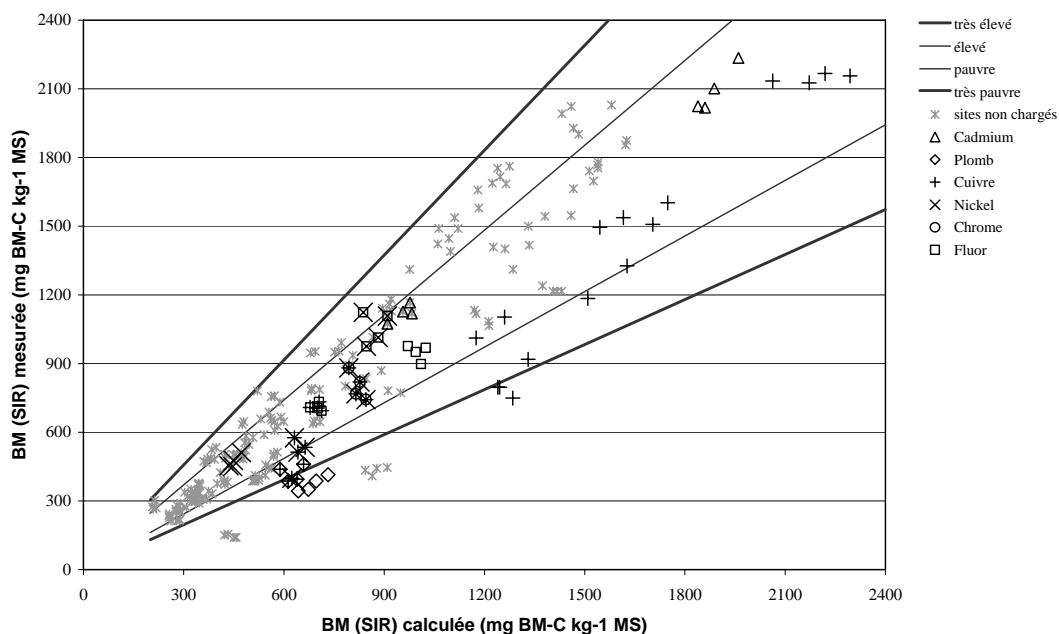


Fig. 2: Influence des teneurs en métaux lourds sur les teneurs en biomasse microbienne BM (SIR) dans les sols des sites analysés du NABO-Bio. Présentation de toutes les valeurs particulières (échantillons mélangés), évaluation: « très élevé » = limite supérieure des 95 % du domaine de valeurs attendues, « élevé » = limite supérieure des 67 % du domaine de valeurs attendues, « pauvre » = limite inférieure des 67 % du domaine de valeurs attendues, « très pauvre » = limite inférieure des 95 % du domaine de valeurs attendues, nombre de sites n = 379.

Dans certains sites de cultures assolées, la détermination du paramètre microbiologique de la biomasse microbienne BM (SIR) a révélé des différences marquées entre les profondeurs 0 à 10 cm et 0 à 20 cm. L'interprétation des données avec le modèle des plages de référence pour « terres assolées » peut aboutir à des évaluations différentes du site. Par conséquent, si l'on veut garder la possibilité de faire des comparaisons avec les travaux de microbiologie

déjà réalisés et d'interpréter les données au moyen des plages de référence, la profondeur de prélèvement de 0 à 20 cm préconisée par les méthodes de référence des stations fédérales de recherche agricole doit être conservée pour l'observation à long terme des propriétés biologiques des sols.

L'évaluation des résultats du paramètre microbiologique de la biomasse microbienne BM (SIR) à l'aide des modèles de valeurs de référé-

rence montre que les teneurs de la plupart des sites de cultures assolées et d'herbages se situent dans la norme. Une teneur en biomasse microbienne BM (SIR) jugée « très pauvre » a été relevée dans deux sites de cultures maraîchères qui, compte tenu de la préparation du sol, ont été interprétés sur la base du modèle des « terres assolées ». Les teneurs en BM (SIR) mesurées dans les sites de vigne et de cultures fruitières ainsi que dans les parcs ont été interprétées en conséquence avec le modèle de valeurs de référence pour « sols d'herbages ». Il en ressort que les deux parcs et deux sites de vigne devraient aussi être considérés comme « très pauvres ». La question se pose de savoir si ces modèles d'évaluation sont appropriés pour ces sites, ou s'il faudrait développer des modèles spécifiques pour les catégories d'utilisation correspondantes. Mais dans ce cas il serait nécessaire d'étudier davantage de sites de ces catégories. On peut très bien s'appuyer sur les résultats des sites du NABO-Bio pour élargir la base des modèles de valeurs de référence existants. S'agissant des sites en cultures assolées, la base de données devrait même être suffisante pour calculer une première version de modèles de valeurs de référence pour les paramètres de la biomasse microbienne BM-C/N (FE) et de la respiration du sol. Pour les sites d'herbages en revanche, qui ne sont qu'au nombre de 16, elle se révèle insuffisante. Pour l'élaboration de bases d'évaluation de paramètres microbiologiques, il sera indispensable à l'avenir d'étudier d'autres sites dans les différentes catégories d'utilisation afin de compléter les modèles de valeurs de référence existants.

En ce qui concerne l'évaluation à l'aide du modèle de valeurs de référence des effets d'une charge en métaux lourds sur les paramètres microbiologiques en cas de dépassement des valeurs indicatives en vigueur, on n'a observé aucune incidence négative sur la teneur en biomasse microbienne BM (SIR) dans les sites de terres assolées et d'herbages. Quant aux parcs et aux sites de cultures maraîchères et de vigne présentant des dépassements des valeurs indicatives ou des seuils d'investigation en vigueur, ces effets ne peuvent pas être évalués, car les données nécessaires pour procéder à une comparaison sont insuffisantes, inadéquates ou n'existent pas. En outre, il n'est pas certain que les modèles de valeurs de référence existants soient applicables à cette catégorie d'utilisation.

Les résultats du projet NABO-Bio peuvent servir de base pour une observation à long terme de paramètres de microbiologie du sol, à condition toutefois que l'objectif soit défini au préalable. Car le choix des sites tout comme celui des paramètres microbiologiques, en particulier des paramètres secondaires ainsi que d'autres paramètres chimiques et physiques qu'il serait judicieux d'étudier, variera suivant le but fixé.

### **Bibliographie**

Hans-Rudolf Oberholzer, Susanne Scheid, 2007: Bodenmikrobiologische Kennwerte. Erfassung des Zustands landwirtschaftlicher Böden im NABO-Referenzmessnetz anhand biologischer Parameter (NABO-Bio). *Connaissance de l'environnement n°07/23*. Office fédéral de l'environnement, Berne. 78 p.

### **Editeur**

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Télécharger le PDF

[www.environnement-suisse.ch/uw-0723-d](http://www.environnement-suisse.ch/uw-0723-d)  
(seulement en allemand - pas de version imprimée)

Code: UW-0723-D

## 4. Forum

### 4.1. Un nouvel essai de longue durée sur le travail du sol, la fumure et les préparations biodynamiques

*Paul Mäder, Alfred Berner*  
*FiBL*

*Fachgruppe Bodenwissenschaften*  
*Ackerstrasse*  
*CH – 5070 Frick*  
*Tel. 062 865 72 32*  
*paul.maeder@fibl.org; alfred.berner@fibl.org*

Un sol grumeleux, bien structuré et vivant, voilà le centre même de l'agriculture biologique. Le travail du sol réduit ou sans labour, comme on l'appelle aussi, est censé ménager la structure naturelle du sol et favoriser sa fertilité. Un essai de longue durée démarré en 2002 au FiBL à Frick compare la culture avec et sans labour et étudie en même temps l'influence du compost de fumier et des préparations biodynamiques. Les premiers résultats, en partie surprenants, sont maintenant disponibles.

Le travail du sol réduit consiste à remplacer les coûteux labours par le chiselage ou d'autres procédés qui ne retournent pas le sol, ce qui permet de conserver en grande partie telle quelle la stratification naturelle du sol. La terre finement grumeleuse reste en surface, tandis que les plantes peuvent mieux s'enraciner dans le sol non bouleversé en profitant des pores grossiers du sol, ce qui leur permet, pendant les périodes sèches, d'absorber l'eau qui se trouve dans les couches profondes du sol. – Tels sont les arguments invoqués en faveur de leurs méthodes par les partisans du travail du sol réduit ou du semis direct.

Très bien, mais est-ce que ça fonctionne aussi en agriculture biologique? N'y a-t-il pas de risques de manque d'azote dans les sols lourds s'ils ne sont pas ameublés par le labour? Si on ne laboure pas, les mauvaises herbes à racines profondes comme le chardon et le liseron ne vont-elles pas se transformer en fléaux impossibles à maîtriser? Il n'y a pour l'instant que peu d'essais sur le travail minimal du sol en agriculture biologique et les expériences des praticiens sont peu nombreuses.

L'agriculture biologique subit, elle aussi, fortement la pression de rationalisation du travail et d'économie d'énergie pour mettre en place de grandes cultures. Inspiré par les pionniers, un groupe de paysans bio a demandé au FiBL de reprendre le développement de procédés de travail minimal du sol.

Les systèmes de polyculture - élevage de la plupart des fermes suisses de grandes cultures offrent à ce titre des conditions favorables: les prairies artificielles de la rotation étouffent les mauvaises herbes à racines profondes tout en stabilisant le sol, et les épandages ciblés des engrais de ferme renforcent la capacité concurrentielle des plantes cultivées.

Certains agriculteurs rapportent que le travail minimal du sol est plus facile à maîtriser quand on utilise des préparations biodynamiques et du compost de fumier.

L'essai DOC de comparaison des systèmes agricoles biodynamique, organo-biologique et conventionnel avait déjà montré que les sols cultivés en biodynamie sont plus actifs et ont des teneurs en humus plus élevées, mais l'essai DOC ne permettait pas de séparer l'influence des préparations biodynamiques de celles du compost de fumier.

Le FiBL a donc démarré en 2002 un nouvel essai de longue durée qui permet d'étudier séparément l'influence des préparations biodynamiques sur chaque procédé de travail du sol et de fumure.

La séparation des facteurs d'influence rend l'essai intéressant même pour les agriculteurs qui ne pratiquent pas la biodynamie: les questions de fumure ont toujours préoccupé les agriculteurs bio, et les cultures sans labour suscitent actuellement de vifs débats dans tous les systèmes de production.

Les trois facteurs étudiés dans l'essai sont complètement combinés de manière croisée, ce qui donne huit procédés avec quatre répétitions chacun, donc au total 32 parcelles. Les parcelles, qui mesurent 12 x 12 mètres, sont disposées en deux rangées en fonction des procédés de travail du sol. Le sol argilo-limoneux de Frick contient en moyenne 2,2 % de matière organique ( $C_{org}$ ) correspondant à 3,8 % d'humus, ainsi que 45 % d'argile et 33 % de silt, et a un pH ( $H_2O$ ) de 7,1. La pluviométrie est de 1000 mm en moyenne à Frick. La rotation des cultures, qui est adaptée au sol argileux, comprend du maïs d'ensilage (2002, avant le début de l'essai), du blé d'automne (2002/2003, variété Titlis), un mélange d'avoine et de trèfle d'Alexandrie (2003, culture intercalaire), du tournesol (2004, variété Sanluca), de l'épeautre (2005, variété Ostro), et enfin une prairie artificielle (2006-2007), puis la rotation redémarrera avec le maïs d'ensilage. L'essai doit normalement se terminer en 2011.



## La réduction du travail du sol favorise la formation de l'humus et la vie du sol

Cet essai sur argile limoneuse a déjà montré en première année que, lorsqu'il est humide, le sol travaillé au chisèle colle moins aux bottes et à la bêche que le sol labouré. Le sol moins travaillé avait des grumeaux plus arrondis, tandis que ceux du sol labouré étaient plus anguleux. La décomposition des résidus de récolte était nettement ralentie dans le sol labouré, ce qui s'est manifesté pour la culture suivante, l'épeautre, par un « tapis de paille » retrouvé à la profondeur du labour, ce qui peut indiquer que le sol moins travaillé est plus vivant.

Les analyses de sol approfondies effectuées en 2005 ont permis de prouver que, par rapport au sol labouré, l'augmentation de la teneur en humus de 7 % en seulement deux ans dans la couche de 0 à 10 cm de profondeur (+ 0,16 %  $C_{org}$ ) du sol travaillé au chisèle est statistiquement significative (fig. 4). Toujours dans le sol non labouré, la biomasse microbienne était supérieure de 28 %. Cela montre que la fertilité du sol s'améliore dans les parcelles non labourées. Aucune modification n'a été mesurée dans la couche de 10 à 20 cm de profondeur, et, dans le sol toujours, aucun effet des préparations biodynamiques n'a pu être constaté.



Fig. 3: Test à la bêche (0-30 cm) dans le sol limono-argileux de Frick. Dans le procédé sans labour (à gauche), la paille de tournesol n'est pas enterrée et se décompose plus rapidement.

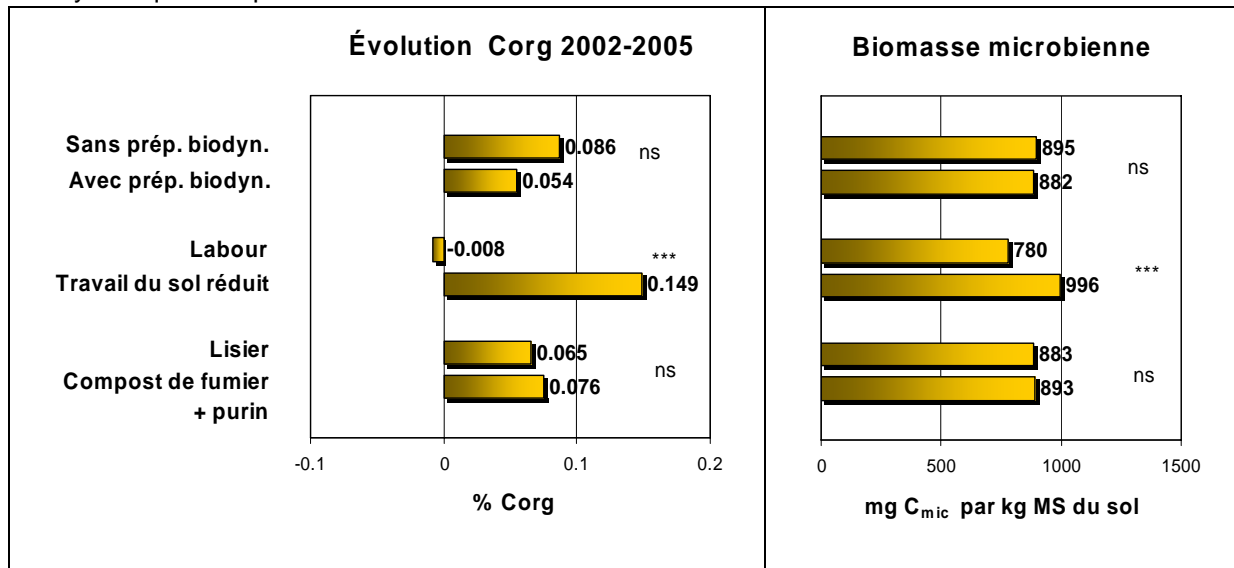


Fig. 4: Essai de longue durée à Frick: Évolution de la teneur en humus, mesurée sous forme de carbone organique ( $C_{org}$ ), entre l'automne 2002 et le printemps 2005, et biomasse microbienne au printemps 2005 dans le sol à une profondeur de 0 à 10 cm (ns = non significatif; \*\*\* = hautement significatif).

## Enracinement plus superficiel et davantage de champignons mycorhiziens dans le sol non labouré

En 2005, dans le cadre du travail de diplôme d'Isabell Hildermann (université de Hohenheim),

nous avons aussi étudié le développement des racines de l'épeautre. Au printemps, au moment de la montaison, les racines étaient nettement plus développées à la profondeur de 0 à 5 cm dans le sol non labouré que dans les parcelles labourées. Par contre, dans la couche de 5 à 20

cm de profondeur, les racines étaient plus longues dans les parcelles labourées que dans les non labourées. Jusqu'à la montaison de l'épeautre, le développement des racines était identique dans les différents systèmes de travail du sol. Ici non plus, aucune différence due aux préparations biodynamiques n'a pu être constatée.

Nous voulions aussi savoir à quel point les racines étaient colonisées par des champignons symbiotiques, les mycorhizes, parce qu'ils améliorent l'absorption des éléments nutritifs par les plantes et qu'ils stabilisent la structure du sol. La colonisation des racines par les champignons mycorhiziens a tendance à être plus importante dans les parcelles non labourées. Cela s'explique par le fait que les filaments mycéliens sont moins dérangés dans ces sols-là. Contrairement aux attentes, les vers de terre n'ont pas réagi de manière différente aux différents procédés de travail du sol. Toutefois, on a dénombré davantage de vers endogés dans les parcelles non labourées, mais la biomasse de ce groupe écologique était légèrement supérieure dans les parcelles labourées.

### **Bons rendements aussi dans les procédés non labourés**

Dans les deux sortes de procédés de travail du sol, les rendements dépendaient fortement de la culture mise en place. La première année, le rendement du blé était inférieur de 16 % dans les sols non labourés que dans les parcelles labourées (5,1 t grain/ha à 15 % d'humidité). La culture intercalaire qui suivait, le mélange d'avoine et de trèfle d'Alexandrie, n'a par contre pas montré de différences notables. Pour le tournesol, le rendement était même de 5 % supérieur dans les parcelles non labourées (3,6 t grain/ha à 8 % d'humidité). L'épeautre, qui est une culture qui a besoin assez tôt de beaucoup d'azote, a aussi produit un rendement inférieur de 8 % dans les sols non labourés (2,56 t grain/ha à 15 % d'humidité).

Ces résultats sont probablement dus à une minéralisation plus tardive de l'azote du sol et des engrais de ferme dans les procédés sans labour. La culture intercalaire et le tournesol ont été capables d'utiliser cette fourniture tardive d'azote et ont donc produit de bons rendements. Par rapport au compost de fumier avec une faible quantité de purin, le lisier complet n'a fait augmenter les rendements que pour le blé, et seulement de 5 %. Les préparations biodyna-

miques n'ont exercé aucune influence sur les rendements.

### **Adventices maîtrisées?**

Alors que les populations d'adventices étaient encore très semblables dans les deux procédés de travail du sol pendant la première année de l'essai, de nettes différences sont apparues la troisième année dans l'épeautre. Au stade de la floraison de l'épeautre, la couverture du sol par les mauvaises herbes était deux fois plus importante dans les sols non labourés que dans les parcelles labourées. Le liseron des champs, une mauvaise herbe dont les racines sont particulièrement profondes, est un problème là où l'essai est implanté, et il est bien connu qu'il est difficile de le maîtriser en agriculture biologique. Dans cet essai, les liserons sont affaiblis non seulement par le sarclage du tournesol, mais aussi par la prairie artificielle incluse dans la rotation. Dans le tournesol, les liserons ont en plus été sarclés à la main sur les lignes: 15,2 MOh/ha dans les parcelles labourées et 27,7 MOh/ha dans les parcelles non labourées. Plus tard, cette main-d'œuvre devrait être ramenée à une valeur de 10 MOh/ha, plus habituelle dans la pratique. L'avenir dira si cela suffit pour maîtriser les liserons au cours des prochaines années.

### **La qualité du blé et de l'épeautre**

Un travail de diplôme fait à l'université de Jena nous a permis d'étudier la qualité du blé et de l'épeautre. Pour les teneurs (protéines brutes, P, K, Ca, Mg), pour le poids à l'hectolitre et pour le poids de mille grains, il n'y avait dans l'ensemble que peu de différences entre les procédés.

Il semble cependant que la réduction du travail du sol influence favorablement l'absorption des minéraux par les plantes à condition que la fumure soit faite avec du compost de fumier et non du lisier complet. Il est possible que cela s'explique par l'augmentation de l'activité biologique du sol et la plus forte colonisation des racines par des champignons mycorhiziens, qui mettent à disposition des plantes les éléments nutritifs fixés par le compost.

Vu que le blé est cultivé après le maïs comme c'est d'habitude le cas dans la pratique, l'Agroscope FAL Reckenholz a recherché si les grains et la paille contenaient des mycotoxines de fusarioses. On sait en effet que les fusarioses se transmettent au blé par les résidus de récolte du maïs. Comme on s'y attendait, la

diminution du travail du sol a été à l'origine de teneurs en toxines de fusarioses (Deoxynivalone, DON) un peu plus élevées dans les grains et la paille de blé, mais, à cause des conditions météorologiques et de la variété, ces teneurs étaient basses dans tous les procédés.

Un fait mérite d'être signalé: les teneurs en DON étaient nettement plus basses après l'utilisation des préparations biodynamiques. La diminution était du même ordre de grandeur qu'après le labour. Il est évident cependant que ces résultats basés sur une seule année devront être confirmés les années suivantes. Les échantillons de blé de la première année de l'essai ont aussi été analysés avec des méthodes d'imagerie. Uwe Geier, de l'institut de recherche du Goetheanum, a attribué correctement à chaque procédé deux séries de trois échantillons collectifs de blé respectivement avec et sans préparations biodynamiques. Les plantes étaient donc différenciables dès la première année d'utilisation des préparations biodynamiques par les cristallisations au chlorure de cuivre et les morphochromatogrammes, mais non par leurs teneurs en protéine brute et en minéraux.

### Résumé et perspectives

Au cours de ces trois premières années, l'essai de longue durée de Frick a déjà livré de nombreux résultats passionnants. Ce qui était inattendu, c'est que les échantillons du blé qui avait poussé dans les parcelles traitées cette année-là avec des préparations biodynamiques contenaient moins de toxines de fusarioses et ont pu être clairement différenciés de ceux qui n'avaient pas été traités de cette manière.

Les résultats concernant la fertilité du sol sont aussi très significatifs: déjà après très peu de temps, les sols non labourés étaient plus vivants et contenaient un peu plus d'humus, et les champignons symbiotiques s'y sentaient mieux que dans les sols labourés. Selon les cultures, les rendements réagissent soit positivement soit négativement à la diminution du travail du sol. Cependant, les mauvaises herbes à racines profondes pourraient poser de sérieux problèmes avec ce type de travail du sol. Les prochaines années montreront comment se développeront les rendements et les problèmes de mauvaises herbes.



Fig. 5: L'essai de longue durée de Frick utilise un chisel de la marque Wenz, de Schwanau en Allemagne.

Nous nous attendons à une augmentation des différences entre les procédés au cours de la prochaine période d'essai. L'essai doit normalement se terminer en 2011.

### Facteurs étudiés dans l'essai de longue durée de Frick

**Facteur « préparations biodynamiques »** Les champs sont traités avec les préparations à pulvériser sur les champs bouse de corne et silice de corne, les composts de fumier le sont avec les préparations pour les composts achillée, camomille, ortie, écorce de chêne, pissenlit et valériane. Les surfaces des contrôles et les composts qu'elles reçoivent ne sont pas traités avec les préparations biodynamiques. Les préparations biodynamiques viennent de chez Rainer Sax à Gelterkinden.

**Facteur « travail du sol »** Le travail de base du sol se fait soit comme d'habitude à la ferme du FiBL par un labour à 15 cm de profondeur, soit avec un chisel à 15 à 20 cm de profondeur. Pour préparer le semis, nous travaillons partout à 5 cm de profondeur avec une herse rotative à axe horizontal.

**Facteur « fumure »** Deux stratégies de fumure sont testées dans cet essai de longue durée installé à Frick: l'une consiste à améliorer la fertilité naturelle du sol par des apports de compost de fumier, et donc à nourrir indirectement les plantes par la minéralisation de la substance organique du sol, tandis que l'autre, qui correspond davantage à la pratique courante, consiste plutôt à fournir aux plantes l'azote dont elles ont besoin directement sous forme de lisier complet. L'intensité de la fumure est uniformément fixée à 1,4 unité de gros bétail

fumure (UGBF) par hectare et par an. Dans les deux procédés, l'épandage des engrais de ferme a été effectué peu avant la préparation du lit de semis, donc seulement après le labour ou le chiselage.

#### 4.2. Le projet « De paysan – à paysan » dans une optique transdisciplinaire

*Flurina Schneider, Silvano Allenbach,  
Stephan Rist  
Centre for Development and Environment (cde)  
Geographisches Institut, Universität Bern  
Steigerhubelstrasse 3  
CH-3008 Berne  
Tél. 031 631 50 89  
flurina.schneider@cde.unibe.ch*

*Patricia Fry  
Knowledge Management Environment  
Idaplatz 3  
8003 Zürich  
Tél. 044 461 33 28  
contact@patriciafry.ch*

Pendant longtemps, et bien qu'elle constitue une ressource essentielle pour toutes les exploitations, la conservation de la fertilité des sols n'a pas représenté un thème prioritaire dans les milieux agricoles. Vers 1990, le programme national de recherche « utilisation du sol en Suisse » a été à l'origine d'un vaste débat de société sur les menaces qui pèsent sur nos sols, et cette discussion, qui tenait compte pour la première fois des atteintes physiques, a eu des répercussions sur la législation nationale. Dans le cadre de la réorientation de la politique agricole suisse (1993) et de la révision de l'ordonnance sur la protection des sols (1998), les paysans ont été directement chargés par le législateur de prévenir l'érosion et la compaction de leurs sols. Cependant, la mise en œuvre de ces dispositions et la diffusion de méthodes culturales ménageant le sol s'avèrent difficiles. Plusieurs services de la protection des sols, offices fédéraux, organisations agricoles et écoles s'efforcent d'encourager la protection des sols agricoles par une approche nouvelle et alternative intitulée: « Von Bauern – für Bauern » (« De paysan – à paysan »). Conçue et développée par Patricia Fry (Wissensmanagement Umwelt), elle repose sur le constat que paysans, experts et scientifiques ont différentes façons de concevoir le sol et l'érosion et

#### Remerciements

Ce travail été rendu possible par l'Office fédéral de l'agriculture et par la Stiftung Dutch BD-Vereniging, la Stiftung zur Pflege von Mensch, Mitwelt und Erde, le Sampo Verein für Anthroposophische Forschung und Kunst et la Software AG Stiftung et l'Evidenzgesellschaft.

qu'ils travaillent donc avec des méthodes différentes et n'utilisent pas le même langage pour en parler (cf. Bulletin BSA n° 5/2001). C'est ainsi que le projet « De paysan – à paysan » part du principe que les paysans apprendront mieux à travers les expériences de leurs collègues. Pour appliquer ce constat à la protection des sols, on a cherché des paysans qui avaient déjà de l'expérience avec des méthodes culturales ménageant le sol. Leur savoir, acquis en collaboration avec des spécialistes du sol et développé pendant plusieurs années de pratique, a été étudié et enregistré sur vidéo.



Fig. 6: Tournage d'un film pendant le projet « De paysan - à paysan ».

La réalisation des films a été encadrée par un groupe d'accompagnement constitué de représentants d'organisations agricoles, de l'administration et des milieux scientifiques. Son rôle est d'assurer l'intégration du projet dans le système de connaissances de l'agriculture, et de permettre à tous les participants de collaborer activement au projet et à la réalisation des films en faisant valoir leur savoir spécifique. Cette démarche a abouti à la création de cinq courts métrages ayant pour thèmes le semis direct, le semis en bande fraisée, le semis sous litière, et l'entretien du sol avec du compost ou des engrais verts ([www.vonbauernfuerbauern.ch](http://www.vonbauernfuerbauern.ch)). Ces vidéos sont diffusées dans les milieux

paysans de manière à atteindre le plus large public possible. L'objectif est de transmettre un savoir pertinent dans la langue de tous les jours, mais aussi et surtout d'encourager les discussions et les échanges d'expériences entre paysans. Les films ont déjà été présentés dans diverses écoles (formation agricole de base), lors de manifestations (congrès annuels, assemblées générales, cercles de discussions, séries d'exposés, etc.) de l'ASETA, de PI Suisse, de Bio Suisse et de l'Union suisse des paysans, et lors de rencontres pour chercheurs et experts. Dans la phase actuelle, les participants aident le groupe d'accompagnement à élargir la diffusion, dans leurs réseaux respectifs, des nouvelles connaissances acquises.

Le projet « De paysan – à paysan » peut donc être considéré comme un bon exemple de création de savoir transdisciplinaire. La transdisciplinarité cherche à établir un lien entre savoir scientifique et non académique en vue de résoudre des problèmes environnementaux concrets. Ce qui suppose 1) que le problème à résoudre soit défini en veillant à une interaction équilibrée entre recherche et société, 2) que l'on adopte une approche interdisciplinaire (sciences sociales et sciences naturelles), 3) que le savoir non académique soit systématiquement pris en considération, et 4) que le projet soit spécifiquement axé sur l'encouragement de processus d'apprentissage sociaux.

Dans cet esprit, un projet de recherche de COST Action 634 (On- & Off-site Environmental Impacts of Runoff and Erosion) – une coopération de recherche entre le Centre pour le développement et l'environnement de l'Université de Berne, la Station fédérale de recherche de Reckenholz-Tänikon, et le bureau Wissensmanagement Umwelt – tente de mettre en évidence les conditions favorables ou défavorables à ce genre de création de savoir. L'objectif des travaux présentés ici est d'étudier les répercussions du projet « De paysan – à paysan » au niveau (A) de la pratique agricole et (B) de la collaboration entre acteurs de la protection des sols et de l'agriculture ainsi que de l'administration, de la science et de la pratique. On trouvera ci-dessous la présentation de premiers résultats du travail de diplôme de Silvano Allenbach et de la thèse de Flurina Schneider.

L'étude est basée sur des méthodes de la recherche sociale qualitative. La procédure adoptée pour l'objectif (A) comprend cinq interviews thématiques de paysans qui travaillent déjà avec des méthodes ménageant le sol, ainsi que l'analyse de six présentations de films lors

de manifestations paysannes et dans des écoles, réalisée sur la base d'une observation participative suivie d'une enquête téléphonique (manifestations paysannes) ou à l'aide d'un questionnaire (écoles). Les résultats pour l'objectif (B) reposent sur une observation participative lors de six rencontres du groupe d'accompagnement (2005-2007), sur un atelier et sur 13 interviews qualitatives de participants du groupe d'accompagnement (Agridea, USP, OFEV, Bio Suisse, OFAG, CDE Uni Berne, stations cantonales de protection des sols, écoles d'agriculture, ASETA, WSL).

### **Présentations de films lors de manifestations agricoles et dans des écoles (A)**

L'analyse des présentations montre que les films sont suivis avec intérêt et attention par les paysans, et qu'ils peuvent donner lieu à des discussions animées. Les paysans se sentent personnellement interpellés par les films et leur accordent beaucoup de crédibilité. Après la séance, ils discutent de ce qu'ils ont vu en assemblée, avec leurs voisins de table, et, les jours suivants, avec des collègues de leur entourage professionnel et privé. Ce faisant, ils rapportent le contenu du film à leurs expériences personnelles, à leur propre exploitation ainsi qu'à la situation générale de l'agriculture. Outre les aspects agronomiques et techniques (p. ex. faisabilité avec leurs propres rotations), ceux touchant au contexte social du paysan (p. ex. la situation sociale de l'exploitation présentée est-elle comparable ou non à la sienne) et à des questions de valeurs (p. ex. veiller à ce que les paysans conventionnels ne soient pas dévalorisés) s'avèrent aussi importants.

On a constaté que les discussions se déroulaient souvent selon un schéma comparable. Au début, les paysans ont plutôt une réaction de rejet et expliquent pourquoi la technologie ne serait pas applicable chez eux. Une attitude que l'on peut interpréter comme une justification de la pratique actuelle. Dans cette situation, l'animateur du débat, de même que les paysans participant à la discussion qui ont déjà expérimenté des techniques culturelles ménageant le sol, jouent un rôle essentiel. Dans plusieurs manifestations, c'est après qu'ils ont pris la parole que les autres paysans ont commencé à mener une réflexion sur leur propre pratique du point de vue de la protection des sols. Le scepticisme initial a alors cédé la place à une discussion approfondie sur des questions de fonds. Ce changement était particulièrement visible lors de

petites manifestations suivies d'une partie informelle.

Nous pouvons constater que le film crée un climat propice aux discussions et aux processus d'apprentissage, car il interpelle les paysans à des niveaux qui jouent un rôle important par rapport à une reconversion. Il convient toutefois de veiller à ce que la présentation soit intégrée dans une manifestation appropriée et qu'une personne crédible avec de l'expérience pratique soit présente, de manière à ce qu'une discussion constructive puisse s'engager à l'issue de la présentation du film.

### **Collaboration entre l'agriculture et la protection des sols, la pratique et l'administration (B)**

L'étude des interactions entre les groupes d'acteurs montre que grâce à leur collaboration au sein du projet « De paysan – à paysan », les participants du groupe d'accompagnement ont une meilleure compréhension du point de vue des autres et qu'il en est résulté une nouvelle forme de savoir. Ils ont notamment insisté sur le caractère constructif de la collaboration entre acteurs de l'agriculture et de la protection des sols, que plusieurs interrogés vivent autrement comme une pure négociation (« qui fait le plus de concessions »). De même, tous ont porté un jugement positif sur la collaboration à long terme entre praticiens, experts et scientifiques. Pour les participants des services spécialisés de la Confédération et des cantons, les rencontres et les discussions avec des paysans dans leurs champs ont par exemple revêtu une signification particulière. Elles leur ont permis de mieux connaître les techniques culturales ménageant le sol, mais aussi de mieux appréhender la complexité de la réalité paysanne.

L'analyse des échanges lors de ces rencontres montre que les différentes perspectives des paysans, des experts et des scientifiques ont été intégrées de façon assez équilibrée dans les discussions et les ont réciproquement incités à la réflexion. Les processus d'apprentissage ainsi déclenchés chez les acteurs se sont répercutés à leur tour sur la conception des films. Ces derniers peuvent donc être considérés comme le résultat d'un processus d'apprentissage collectif entre paysans, experts et scientifiques.



Fig. 7: Le groupe d'accompagnement sur le terrain.

Le projet « De paysan – à paysan » a aussi provoqué des processus similaires dans les institutions participantes. Alors qu'au début, beaucoup d'organisations se montraient plutôt sceptiques (« est-ce qu'un projet de ce genre peut marcher ? »), la présentation des films a favorisé dans quelques institutions une meilleure acceptation de la problématique du sol et des approches participatives et suscité une prise de conscience accrue. Par exemple, plusieurs acteurs ont déclaré qu'à l'OFAG, on est devenu plus compréhensif qu'auparavant pour les questions touchant au sol et que la collaboration est par conséquent plus constructive. Enfin, beaucoup d'interrogés voient un lien entre le projet « De paysan – à paysan » et le programme de protection des ressources qui vient d'être lancé par l'OFAG.

### **Résumé**

Les premiers résultats de recherche montrent que le projet « De paysan – à paysan » a permis de relancer la thématique du sol dans la pratique comme dans les institutions agricoles. La collaboration entre les secteurs de l'agriculture et de la protection des sols ainsi qu'entre paysans, experts et scientifiques a été intensifiée et a déclenché des processus d'apprentissage chez tous les acteurs. Les films réalisés touchent personnellement et, selon les déclarations des interrogés, véhiculent non seulement un contenu pratique, mais aussi un monde affectif (« les paysans parlent avec leur cœur »), créant ainsi un climat favorable aux processus d'apprentissage. Alors que les paysans établissent des liens entre les films et leurs propres expériences dans l'agriculture, les experts et les scientifiques découvrent les formes de communication et les mondes différents où vivent les paysans, et ils en sont

touchés. L'un des effets les plus bénéfiques du projet « De paysan – à paysan » est la connotation positive qu'il a conférée au thème du sol dans les milieux agricoles. Cet état d'esprit favorable nous paraît décisif pour une diffusion plus large des mesures permettant de ménager les sols.

Cela dit, les répercussions du projet « De paysan – à paysan » doivent toujours être replacées dans le contexte global de l'agriculture. La décision d'un paysan de se reconverter à une technique culturale ménageant le sol dépendra

### 4.3. Vigne: une monoculture extraordinaire et réussie grâce à des bactéries spécifiques colonisatrices des racines

Miroslav Svercel, Geneviève Défago\*  
Pflanzenpathologie  
Institut für Integrierte Biologie\*  
IBZ, ETH Zürich  
CH-8092 Zürich  
Tél. 044 632 15 72  
miroslav.svercel@agrl.ethz.ch  
genevieve.defago@agrl.ethz.ch

La vigne diffère des autres plantes modèles utilisées pour des études sur la zone racinaire: (i) elle est cultivée en monoculture, souvent au même emplacement depuis le premier millénaire, (ii) elle est greffée sur quelques rares lignées de portes-greffes. C'est pourquoi les racines de différents individus en différents lieux ne présentent qu'une faible diversité. Et pourtant elles sont saines, et la qualité du vin augmente généralement avec l'âge de la vigne.

Les Pseudomonades fluorescentes qui possèdent des gènes biosynthétiques (*phlD*, *hcnAB*) responsables de la synthèse des importantes agents de biocontrôle 2,4-diacétylphloroglucinol (*Phl*) et cyanure (HCN), représentent l'une des bactéries de biocontrôle les plus efficaces. Elles colonisent les racines de plantes et les protègent contre les maladies provoquées par les pathogènes présents dans le sol. Les Pseudomonades agissent non seulement contre des agents pathogènes, mais influencent aussi le métabolisme des plantes, qu'elles rendent plus résistantes aux maladies. Elles sont en outre mises en relation avec la suppressivité naturelle des sols dans les monocultures de plantes annuelles. Par contre, on connaît encore très mal l'influence de monocultures de plantes

de nombreux facteurs: contexte institutionnel (p. ex. contributions, sanctions), situation économique (p. ex. prix du diesel), structure concrète de l'exploitation, réseau social existant et questions identitaires. La prise en compte du monde paysan dans toute sa complexité représente donc une première étape importante vers un élargissement de la mise en œuvre traditionnelle où les problèmes à résoudre mais aussi le chemin à emprunter sont conçus comme éléments d'une collaboration participative axée sur l'apprentissage entre la pratique, la vulgarisation, la recherche et la politique.

pluriannuelles sur les microorganismes de la rhizosphère. L'objectif de ce travail était d'étudier l'influence de vieux vignobles sur la diversité des gènes importants de biocontrôle *phlD* et *hcnAB* dans *Pseudomonas* spp.

Les échantillons de sol provenant de quatre vieux vignobles (jusqu'à 1603 ans de monoculture) et de cultures voisines plus récentes (jusqu'à 53 ans), ont été plantés avec de la vigne et les populations de pseudomonades ont été étudiées. Les vieilles monocultures présentent un pourcentage plus élevé de Pseudomonades rhizosphériques *phlD*+ et *hcnAB*+ que les cultures plus récentes. La diversité des allèles *phlD* est plus faible dans les vieilles monocultures que dans les cultures plus récentes quand la vigne est utilisée comme plante piège. Mais on observe le contraire lorsqu'on plante du tabac. La réduction de la diversité *phlD* est en corrélation avec l'augmentation du pourcentage d'un allèle spécifique (allèle K). Ce qui signifie que ces monocultures extrêmement vieilles peuvent constituer un réservoir de nombreuses Pseudomonades avec divers allèles *phlD*, mais qu'un seul allèle *phlD* (K) est sélectionné par les plants de vigne.

Des échantillons de sol ont été prélevés sur la longueur de profils pédologiques (de la surface jusqu'à 1,35 m de profondeur) dans des monocultures de vigne anciennes (1005 ans) et récentes (54 ans). Quatre allèles *hcnAB* ont permis de faire une distinction sur tout le profil pédologique entre monocultures anciennes et récentes. En outre, un allèle *hcnAB* n'a été trouvé que dans les couches de sol profondes de la monoculture ancienne. L'abondance des populations de Pseudomonades (total, *phlD*+ et *hcnAB*+) était inférieure de 2-3.5 log avec l'augmentation de la profondeur, et le nombre d'allèles *phlD* et *hcnAB* a diminué de 15 à 4. Ce

qui indique que la diversité diminue fortement avec l'augmentation de la profondeur.

De la vigne a été cultivée pendant cinq mois dans différents échantillons de sol. L'empreinte de production de composés organiques volatiles (VOC) de feuilles a permis de faire une distinction entre les monocultures anciennes de vigne et les récentes. Le photosystème II des plantes dans le sol de monocultures récentes était plus efficient que celui des plantes ayant poussé dans les sols de monocultures anciennes. L'inoculation du sol des vignes récentes avec 10 isolats de *Pseudomonades* (isolats avec allèle K *phlD* de sols de vieilles monocultures de vigne) a permis de reproduire partiellement l'effet des sols de monocultures anciennes.

La conclusion que nous tirons de ces résultats est que les monocultures extrêmement anciennes de plantes pluriannuelles influencent les populations de *Pseudomonades* colonisatrices des racines qui contiennent deux gènes importants pour le biocontrôle, ainsi que le nombre et la fréquence de leurs allèles.

L'influence des sols et des *Pseudomonades* de monocultures anciennes sur la physiologie des plantes a pu être démontrée à l'aide de méthodes non destructives.

Ce travail a été financé en grande partie par le National Centre of Competence in Research (NCCR) Plant Survival, Research Program of

the Swiss National Science Foundation. Il s'agit d'un extrait du travail de doctorat de Miroslav Svercel (2007): The influence of extremely long-term grapevine monocultures on the diversity of the key biocontrol genes *phlD* and *hcnAB* in *Pseudomonas* spp. PhD Thesis Nr. 17332, ETH Zurich, Switzerland; 167 pages

*\*en collaboration avec Danilo Christen (Agroscope Changins-Wädenswil Research Station ACW, Centre des Fougères, CH-1964 Conthey); Brion Duffy (Agroscope Changins-Wädenswil, Swiss Federal Research Station for Horticulture, Plant Protection Division, CH-8820 Wädenswil); groupe scientifique de Michel Aragno (Université de Neuchâtel Faculté des Sciences Laboratoire de Microbiologie, Institut de Botanique) et Y. Moëgne-Loccoz (Université de Lyon, Lyon, CNRS, UMR5557, Ecologie Microbienne, Villeurbanne, F-69622, France).*

#### 4.4. Evolution des mesures biologiques du FRIBO ces 20 dernières années

Nicolas Rossier  
Institut agricole de Grangeneuve  
CH – 1725 Posieux  
Tel. 026 305 58 74  
rossiern@fr.ch

Voici 20 ans que le réseau d'observation des sols fribourgeois (FRIBO) suit 250 sites agricoles répartis dans tout le canton, en y incluant les mesures de l'activité biologique.

Les résultats présentés dans cet article sont tirés du dernier rapport FRIBO (Rossier & al. 2007). Ils se concentrent sur l'évolution des deux variables les plus importantes, soit la biomasse ATP et la minéralisation du carbone organique. Le cycle 1 correspond aux années 1987-1991, le cycle 2 aux années 1992-1996, le cycle 3 aux années 1997-2001 et le cycle 4 aux années 2002-2006 (fig. 8 et 9). L'évolution des valeurs est présentée sous forme de Box Plots indiquant la médiane, les quartiles 25 % - 75 % et les valeurs adjacentes.

Il existe peu de données sur les analyses biologiques des sols en Suisse et à l'étranger et il y a encore moins d'expérience sur l'aptitude de ces mesures pour l'observation des sols à long terme. Les mesures biologiques récoltées par le FRIBO durant les 20 dernières années sont donc de grande valeur et riches d'enseignement.

#### Biomasse ATP

La mesure de l'adénosine triphosphate (ATP) permet d'estimer la masse totale des microorganismes vivants par unité de sol. Elle est fortement liée à la teneur en argile et en humus. Les terres assolées (TA) sont caractérisées par une biomasse plus faible comparativement aux sols situés dans les prairies permanentes (PP) et les alpages (ALP) (fig. 8). Comme le mentionnent Rossier & Dessureault-Rompré (2003) dans leur rapport sur les paramètres biologiques, ces différences proviennent de la mise en culture. Dans les terres assolées, les sols sont travaillés intensivement et la biomasse racinaire fluctue énormément, ce qui perturbe l'activité



naturelle des microorganismes. Les sols sous prairies sont beaucoup plus stables, car l'humus et de ce fait la biomasse microbienne y sont constamment renouvelés.

Quel que soit le mode d'utilisation, la biomasse microbienne diminue de manière significative au cours des cycles. La baisse la plus marquée apparaît dans les alpages. La biomasse ATP est fortement corrélée avec la teneur en MO, qui elle est restée stable, ces diminutions sont donc difficilement explicables.

**Evolution par site**

Sept sites ont une diminution significative de leur teneur en biomasse ATP. Il s'agit de quatre terres assolées et de trois alpages. Concernant les terres assolées, une était une prairie permanente pendant les deux premiers cycles, deux autres ont vu leur part de prairie dans la rotation diminuer avec parfois en parallèle le taux d'humus, et pour la dernière un abaissement du pH a pu influencer négativement la biomasse ATP.

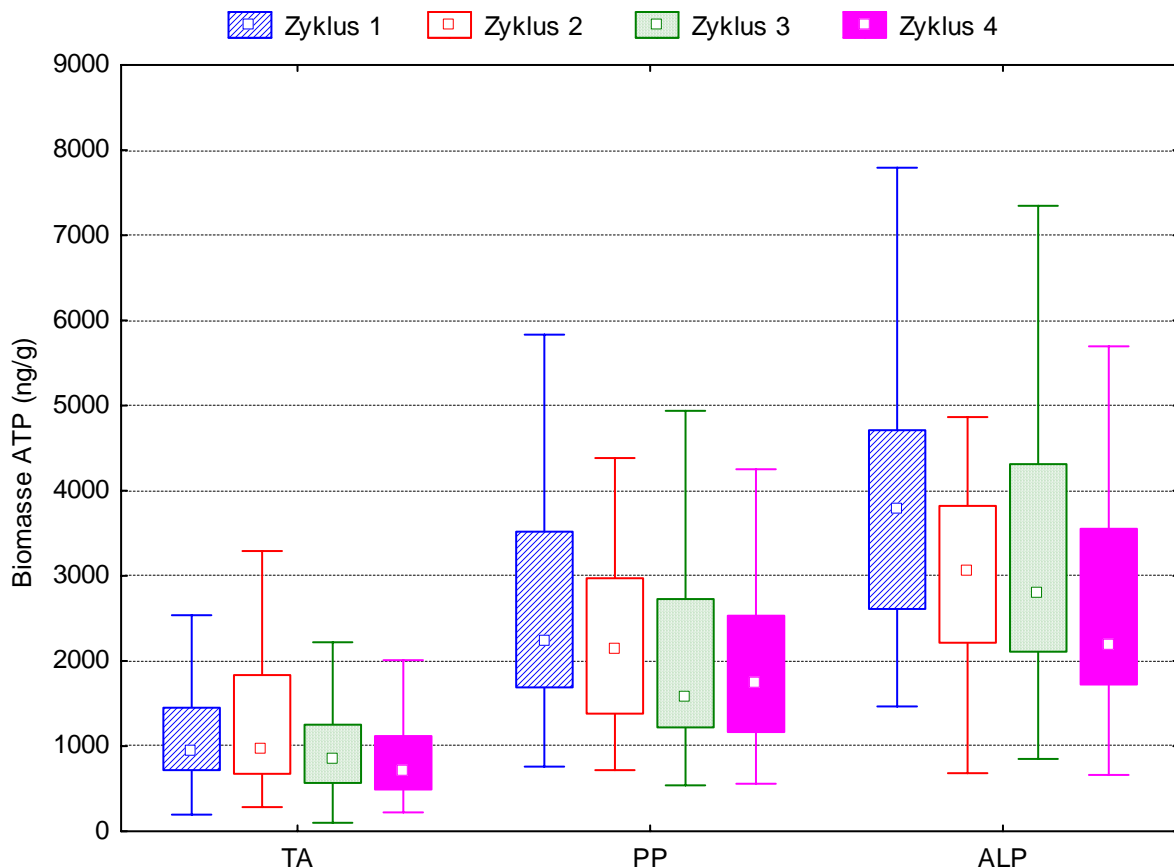
Une vigne a vu sa teneur augmenter significativement. Lorsque aucun travail du sol est effectué, la biomasse ATP augmente.

**Appréciation selon le barème fribourgeois**

Le rapport FRIBO sur les paramètres biologiques (Rossier & Dessureault-Rompré 2003), proposait des barèmes d'interprétation des mesures biologiques basés sur tous les sites du canton.

Ces barèmes sont utilisés pour les interprétations ci-dessous. Quelle que soit l'origine des sols, la part de sites dans la classe « pauvre » est en augmentation (tab. 1), et inversement pour les sols très riches.

La diminution des teneurs en biomasse ATP se confirme donc au niveau parcellaire.



<b>Moyenne</b>	1203	1267	997	867		2721	2432	2077	1950		4002	3230	3465	2762
<b>p = 5%</b>	a	a	b	B		a	ab	bc	c		a	ab	ab	b

Fig. 8: Evolution générale de la biomasse ATP.

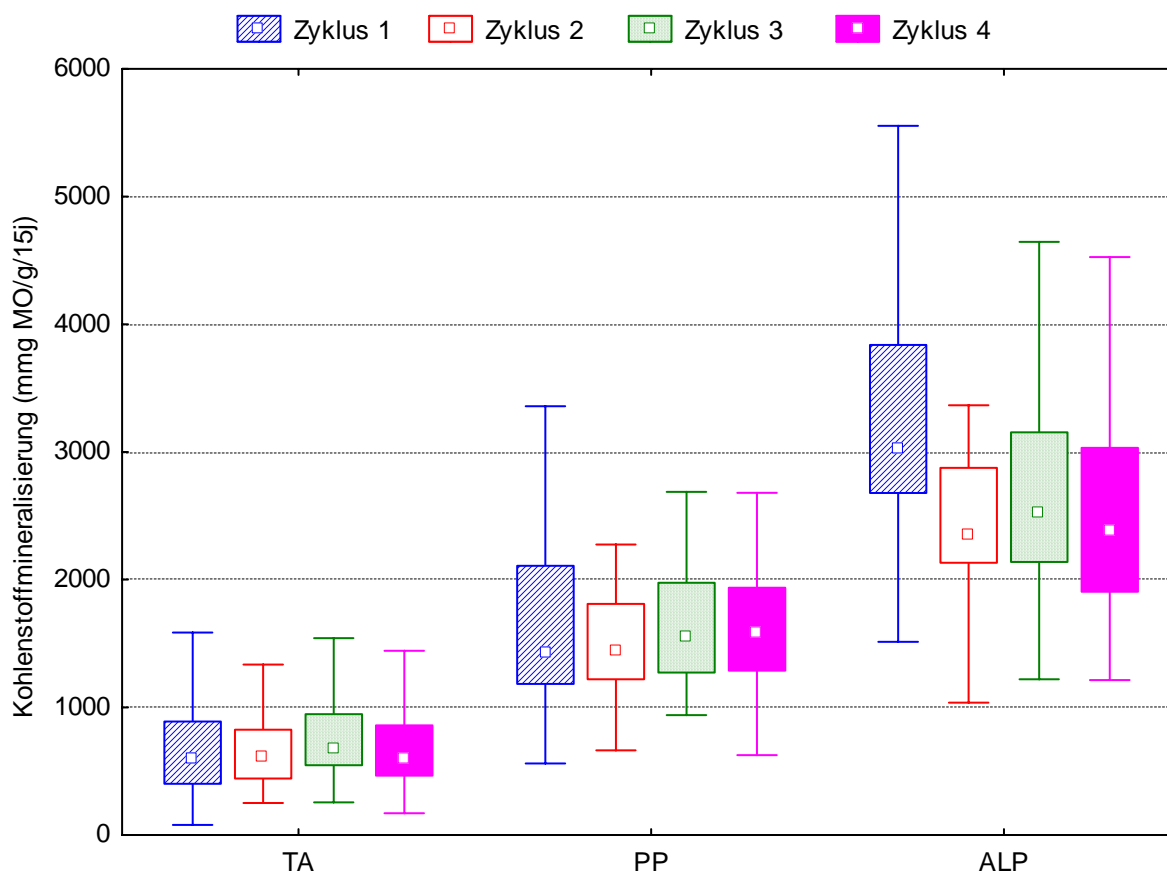
Tab 1: Répartition des sites d'après l'appréciation de la biomasse ATP selon le barème fribourgeois.

Appréciation	Terres assolées				Prairies permanentes				Alpages			
	Cycle				Cycle				Cycle			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pauvre	7%	7%	18%	27%	3%	9%	15%	15%	3%	15%	11%	24%
Médiocre	13%	16%	16%	19%	3%	12%	26%	26%	10%	13%	24%	22%
Satisfaisant	52%	50%	47%	42%	49%	45%	36%	41%	49%	48%	31%	38%
Riche	19%	10%	14%	10%	21%	21%	15%	14%	15%	15%	20%	9%
Très riche	9%	17%	5%	1%	26%	12%	8%	5%	23%	9%	13%	7%

### Minéralisation du carbone organique

La minéralisation du carbone organique donne une évaluation de la quantité de matière organique minéralisée au cours de l'incubation (travail effectué par la biomasse pendant la

durée de l'incubation). Il s'agit de la somme de CO<sub>2</sub> dégagé durant les 15 jours d'incubation converti en son équivalent de matière organique.



Moyenne p = 5%	714	693	757	673		1613	1537	1691	1617		3556	2742	2847	2731
	a	a	a	a		a	a	a	a		a	b	b	b

Figure 9: Evolution générale de la minéralisation du carbone organique (TA = terres assolées, PP = prairies permanentes, ALP = alpages).

La minéralisation du carbone organique effectuée par la biomasse microbienne est dépendante de l'utilisation du sol (fig. 9). Une bio-

masse microbienne plus importante en termes de quantité peut potentiellement minéraliser de plus grandes quantités de matière organique par

gramme de sol sur une période de 15 jours. Les sols comprenant les prairies permanentes et les alpages sont donc caractérisés par un potentiel minéralisateur plus important, du fait d'une part de plus grandes teneurs en humus et en argile dont ils sont dotés en moyenne, et d'autre part par l'effet de la présence constante de la prairie sur ces sols.

On peut constater que le travail effectué par la biomasse des sols est demeuré stable pour les terres assolées et les prairies permanentes. Les alpages ont observé une baisse significative après le premier cycle de prélèvement et sont restés stables par la suite. Cela indique que la flore microbienne des sols du canton de Fribourg possède une bonne capacité de résistance aux perturbations anthropiques et environnementales et est en mesure de maintenir, à long terme, une constance dans sa capacité de travail. Cette dernière s'avère primordiale pour la fertilité et la productivité des sols agricoles.

## Evolution par site

Une terre assolée et un alpage présentent une diminution significative de leur teneur en minéralisation du carbone organique. Ces deux sites ont également une diminution de leur teneur en matière organique. Neuf sites ont une augmentation significative. Il s'agit de quatre terres assolées, trois prairies permanentes et de deux alpages. Pour les terres assolées, deux sites ont leur part de prairie dans la rotation qui a augmenté et un site a reçu un apport de terre extérieur. Une prairie permanente était une terre assolée pendant les deux premiers cycles.

## Appréciation selon le barème fribourgeois

Les sols classés sous « satisfaisant » ont augmenté du premier au troisième cycle pour les terres assolées (tab. 2). Pour les terres assolées et les prairies permanentes, une grande partie des sites sont jugés au moins dans la catégorie « satisfaisant ». Lors du premier cycle des alpages, la plupart des sites étaient classés entre « satisfaisant » et « très riche\* », et depuis le deuxième cycle, ils sont classés sous « pauvre » à « satisfaisant ».

Tab. 2: Répartition des sites d'après l'appréciation de la minéralisation du carbone organique selon le barème fribourgeois.

Appréciation	Terres assolées				Prairies permanentes				Alpages			
	Cycle				Cycle				Cycle			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pauvre	21%	11%	3%	10%	5%	6%	3%	5%	3%	17%	13%	28%
Médiocre	16%	19%	7%	18%	10%	14%	6%	14%	3%	22%	15%	17%
Satisfaisant	43%	47%	55%	54%	46%	50%	61%	53%	50%	41%	54%	39%
Riche	10%	13%	25%	11%	28%	20%	21%	21%	25%	11%	11%	4%
Très riche	10%	10%	10%	7%	10%	11%	9%	8%	20%	9%	7%	11%

On constate une grande variabilité des résultats dans les différentes classes entre le troisième cycle d'observation en comparaison aux autres. Il n'y a toutefois pas d'appauvrissement, sauf après le premier cycle des alpages.

Une grande partie des sites du canton sont jugés entre « satisfaisant » et « très riche ». Les sites où la minéralisation est la plus faible se trouvent dans les districts du Lac et de la Broye. Ces régions sont des zones propices aux grandes cultures et aux cultures spéciales, et caractérisées par une plus faible part de prairies temporaires dans la rotation que dans les autres

régions. La corrélation entre la part de prairies temporaires dans la rotation et la minéralisation de la matière organique est significative et démontre l'importance de ces dernières dans la fertilité du sol.

## Résumé et conclusions

La diminution constatée des teneurs en biomasse ATP est difficilement explicable. Elle pourrait éventuellement anticiper une baisse des teneurs en matière organique, ou plus proba-

blement provenir de variations naturelles ou analytiques.

La capacité de minéralisation de la matière organique (travail des microorganismes) est stable dans le canton.

Les mesures biologiques dépendent fortement de la teneur en humus et de la couverture des sols; c'est pour cette raison que les prairies permanentes et les alpages ont des valeurs plus élevées.

Les terres assolées ayant peu de prairies dans la rotation ont des mesures biologiques significativement plus basses.

La mesure de la minéralisation du carbone organique est plus stable dans le temps que la biomasse ATP, elle se prête donc mieux à l'observation des sols à long terme.

### **Bibliographie**

Rossier N. & Dessureault-Rompré J., 2003. FRIBO: Evolution des paramètres biologiques des sols agricoles fribourgeois, 1987-2001. Institut Agricole de l'Etat de Fribourg, Station cantonale des productions animales et végétales, Grangeneuve. 98 pages.

Rossier N., Altermat J., Niggli Th., 2007. FRIBO: Evolution des paramètres agronomiques et biologiques ainsi que des teneurs en métaux lourds des sols fribourgeois, 1987-2006. Institut Agricole de l'Etat de Fribourg, Station cantonale des productions animales et végétales, Grangeneuve. 157 pages.

### **Impressum Bulletin BSA/VBB n° 11/2008**

#### *Editeur*

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*

Nicolas Rossier  
Institut agricole de l'État de Fribourg  
Route de Grangeneuve 31  
CH – 1725 Posieux  
Tél. 026 305 58 74  
E-mail: [nicolas.rossier@fr.ch](mailto: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](mailto:paul.maeder@fibl.org)

Le Bulletin est également disponible sur Internet:

<http://www.bafu.admin.ch/boden/00966/00967/index.html?lang=fr>