

Bulletin BSA/VBB n° 7 / août 2003

1. Rapport annuel de la présidente	1
2. Activités des groupes chargés de projets	4
2.1. «Information et sensibilisation»	4
2.2. «Microbiologie»	5
2.3. «Mycorhizes»	5
2.4. «Faune»	5
2.5. «Observation de longue durée»	5
3. Projets choisis du BSA.....	7
3.1. Effets à court et à long termes de deux séries de traitements de cultures de pommes de terre sur des paramètres biologiques de la fertilité du sol.....	7
4. Forum	11
4.1. Sol Monde vivant.....	11
4.2. Capacité de régénération rapide des microorganismes du sol dans des dépôts de terre.....	13

1. Rapport annuel de la présidente

Gaby von Rohr, Amt für Umwelt, Fachstelle Bodenschutz, Soleure

Les groupes de projet ont une nouvelle fois accompli un travail très diversifié au cours de l'année 2002. Ils ont concentré l'essentiel de leurs activités sur la poursuite des travaux entamés et l'approfondissement des bases existantes. Les membres du groupe de travail BSA ne disposent que de moyens relativement

réduits sur le plan financier et du personnel. La forme d'organisation du BSA, axée sur des travaux concrets menés par les groupes de projet et sur des échanges réguliers au sein du groupe de travail, a fait ses preuves : huit années de travail constant dans le domaine de l'application de la biologie du sol en témoignent.

Le groupe de travail BSA s'est à nouveau réuni à deux reprises en 2002. Outre la discussion des travaux en cours des groupes de projet et l'information générale, ces séances furent l'occasion de présenter et d'examiner de nouveaux thèmes. On s'est notamment penché sur le concept «Sol» de l'Office fédéral de l'agriculture (cf. Bulletin BSA/VBB n° 6, compte rendu 4.4), et plus particulièrement sur la place de la biologie du sol au sein de cette stratégie. La poursuite du projet visant à déterminer les effets des pesticides sur les micro-organismes du sol - projet soutenu par l'OFEFP et réalisé par l'IRAB - a fait l'objet d'un examen approfondi. Au terme de la première phase d'essais pilotes (cf. compte rendu 3.1), un essai de terrain d'une durée de trois ans a débuté au printemps 2002. Par ailleurs, les membres du groupe de travail se sont penchés sur une intéressante étude présentée par Fritz Oehl, de l'Université de Bâle, ayant pour thème l'influence de différents systèmes d'exploitation agricole sur la diversité des mycorhizes.

Comme signalé plus haut, les groupes de projets ont poursuivi ou approfondi des travaux en cours.

Ainsi, le groupe «Information et sensibilisation» a établi des bases pour la création d'une plateforme de connaissances (projet Knowledge Management soil) destinée à faciliter et à renforcer la collaboration des services de la

protection des sols de la Confédération et des cantons ; cette plate-forme devrait entrer en service en 2003. Ce nouvel instrument fait manifestement œuvre de pionnier au sein de l'administration publique, car il a été retenu comme projet pilote par l'OFEFP. Le dossier pédagogique «Le sol» , l'équivalent de la brochure «Boden 2000» , a été publié en français (voir compte rendu 4.1).

Le groupe «Microbiologie» a poursuivi ses discussions et ses études préliminaires dans le domaine de la détermination de la structure des populations de communautés microbiennes. Les résultats des essais comparatifs entre l'agriculture biologique et conventionnelle et leur impact sur la microbiologie du sol ont été présentés lors de nombreuses rencontres en Suisse et à l'étranger.

Le groupe «Mycorhizes» s'est surtout concentré sur l'essai interlaboratoires complexe destiné à vérifier la méthode de détermination du potentiel infectieux des mycorhizes, publiée dans le recueil des méthodes de référence.

Après avoir clarifié les questions d'ordre méthodologique, le groupe «Faune» s'est attelé quant à lui à la recherche d'une solution pour l'archivage des données sur les populations de lombrics.

Enfin, le groupe «Observation de longue durée» s'est de nouveau intéressé à des aspects spécifiques de l'observation à long terme tels que l'échantillonnage, l'archivage, la variabilité temporelle et spatiale dans le cadre du projet pilote LAZBO de la FAL. Parallèlement, les cantons ont procédé à de premiers éclaircissements en perspective d'une collaboration des différents réseaux cantonaux d'observation des sols (KABO) et de l'exploitation de synergies potentielles, notamment en ce qui concerne l'intégration de la biologie du sol.

Plusieurs nouveaux projets lancés l'année passée attestent que le groupe de travail BSA et ses groupes de projet auront encore du pain sur la planche à l'avenir. Le BSA dépend de la collaboration de toutes les personnes qui s'engagent pour l'application pratique de la biologie du sol ; les groupes de projets sont

toujours prêts à accueillir de nouveaux membres.

Suivant le principe du tournus, j'ai cédé la présidence du BSA au début de 2003 à Guido Schmid, du service de la protection des sols du canton de Saint-Gall. Je saisis cette occasion pour remercier tous les membres du groupe de travail «Biologie du sol – application» de leur engagement dans ce domaine encore trop souvent négligé.

Nom du groupe et thèmes abordés	Membres	Interlocuteur
Information et sensibilisation		
<ul style="list-style-type: none"> - Informer et sensibiliser le public aux questions se rapportant à la biologie du sol - Échanges d'expériences et de connaissances 	R. Bono (BL) J. Burri (LU) C. Maurer-Troxler (BE) F. Okopnik (AG) B. Pokorni (NE) R. von Arx (OFEFP) G. von Rohr (SO) T. Wegelin (ZH)	Dr. Roland von Arx OFEFP CH-3003 Berne Tél. 031 322 93 37 roland.vonarx@buwal.admin.ch
Microbiologie		
<ul style="list-style-type: none"> - Élaborer et valider des stratégies de prélèvement d'échantillons (prairies, champs, forêts) - Choisir, standardiser et valider des méthodes - Documenter la variabilité dans le temps et dans l'espace - Mener des études pilotes sur la détermination d'atteintes concrètes 	W. Heller (FAW) E. Laczko (Solvit) P. Mäder (IRAB) H.-R. Oberholzer (FAL)	Dr. Hans-Rudolf Oberholzer Reckenholzstrasse 191/211 CH-8046 Zürich Tél. 01 377 72 97 hansrudolf.oberholzer@fal.admin.ch
Mycorhizes		
<ul style="list-style-type: none"> - Élaborer et valider des méthodes standard pour la description de l'état d'un sol sur le plan des mycorhizes 	S. Egli (WSL) U. Galli (Grenchen) J. Jansa (ETH) C. Maurer-Troxler (BE) P. Mäder (IRAB) B. Senn (WSL) V. Wiemken (Uni BS)	Dr. Simon Egli WSL Zürcherstrasse 111 CH-8903 Birmensdorf Tél. 01 739 22 71 simon.egli@wsl.ch
Faune		
<ul style="list-style-type: none"> - Évaluer et standardiser des méthodes de recensement des animaux du sol et les tester par des études de cas 	S. Keller (FAL) C. Maurer-Troxler (BE) L. Pfiffner (IRAB)	Dr. Claudia Maurer-Troxler Service de l'environnement et de l'agriculture, Rütli CH-3052 Zollikofen Tél. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch
Observation de longue durée		
<ul style="list-style-type: none"> - Coordonner des essais de biologie du sol dans le cadre du réseau cantonal d'observation des sols - Réaliser des essais pilotes d'observation de longue durée (en collaboration avec le projet FAL) 	H. Brunner (FAL) J. Burri (LU) A. Fehlmann (SO) U. Gasser (ZH) C. Maurer-Troxler (BE) H.-R. Oberholzer (FAL) F. Okopnik (AG) G. Schmid (SG) P. Schwab (FAL)	Françoise Okopnik Abteilung für Umwelt Sektion Grundwasser und Boden Entfelderstrasse 22 5001 Aarau Tél. 062 838 34 08 francoise.okopnik@ag.ch

2. Activités des groupes chargés de projets

2.1. Groupe de projet «Information et sensibilisation»

Roland von Arx, OFEFP

Le groupe de projet a étudié de façon intensive les possibilités d'améliorer les échanges d'informations («Knowledge Management») entre les services de la protection des sols des cantons et de la Confédération (voir projets choisis 3.2, Bulletin BSA/VBB n°6). Ces réflexions ont abouti à la création d'une plateforme de connaissances sur Internet proposant une infothèque, une liste d'experts, un calendrier des manifestations, un forum de discussion, des ateliers et une série de liens. Celle-ci est à la disposition des services de la protection des sols depuis le printemps 2003. Dans un premier temps, les cantons et l'OFEFP vont expérimenter et optimiser ce nouveau support. Ensuite, le forum sera mis à la disposition d'instituts de recherche et d'autres services de la protection de l'environnement.

Plusieurs services cantonaux de la protection des sols ainsi que l'OFEFP et l'OFAG ont financé en 2003 une phase pilote du projet «Von Bauern – für Bauern» de Patricia Fry. Ce projet se base sur les expériences de paysannes et de paysans gérant leur exploitation selon les règles des «bonnes pratiques agricoles» (GAP). Il vise à promouvoir les GAP dans les milieux agricoles au moyen d'aides à la décision et de stratégies appropriées, en se concentrant plus particulièrement sur la conservation ou la reconstitution d'une structure pédologique stable. La mise en oeuvre tient compte des différentes organisations de vulgarisation agricole dans les cantons, et se fait en étroite collaboration avec les services compétents. Les décisions concernant les prochaines phases du projet seront prises en automne 2003 sur la base d'un rapport intermédiaire. La poursuite du projet est subordonnée à un soutien substantiel du secteur agricole.

La Centrale des moyens d'enseignement agricole (LmZ) a entièrement remanié le manuel

«Ökologie» des écoles d'agriculture, qui a été réédité dans un premier temps en allemand (la version française suivra) avec le soutien de l'OFEFP. Editeur : LmZ, Zollikofen (fax: 031 911 49 52, e-mail: lmz@pop.agri.ch, <http://surf.agri.ch/lmz>).

La Fédération suisse des jardins familiaux (www.familiengaertner.ch) a publié une nouvelle brochure afin d'encourager ses membres à pratiquer un jardinage proche de la nature. Cette brochure, qui remplace l'ancien «Gartentip», a reçu une aide financière de l'OFEFP.

Le site Internet (www.regenwurm.ch) sur le lombric connaît un franc succès: 50 à 60 visiteurs par jour. Il devrait être bientôt complété par deux modules d'enseignement élaborés par Tamara Zimmermann et que des enseignants sont en train d'évaluer en pratique. On envisage la possibilité d'étoffer le site avec d'autres modules d'enseignement, des questions fréquemment posées (FAQ), etc. afin d'en augmenter l'attractivité.

Outre les nombreuses activités des services cantonaux de la protection des sols (www.boden-schweiz.ch), il faut signaler la campagne d'information sur les sols menée par les services de l'environnement de Suisse centrale (UR, SZ, NW, OW, LU, ZG). Elle sera réalisée sur deux ans, 2003 et 2004, sous la direction des cantons de Lucerne et de Zoug. Son élément central est l'exposition «Découvrir le sol», qui sera complétée selon les manifestations avec d'autres éléments. Les services cantonaux de la protection des sols se concentreront en priorité sur les manifestations et les foires dans le secteur agricole et la construction. Quant aux actions de sensibilisation du grand public, elles seront encadrées par «ökomobil» (service de l'environnement de Lucerne). La campagne a démarré le 6 mars 2003 avec l'exposition spéciale «Bodenschutz beim Bauen», présentée à l'occasion de la foire des machines de chantier à Lucerne.

Rappelons par ailleurs que le classeur pédagogique en allemand «Boden - erleben - erforschen – entdecken» (www.comenius-verlag.ch), la brochure «Le sol» et ses fiches de travail (www.cip-tramelan.ch), l'exposition «Découvrir

le sol» (www.erlebnisboden.ch), le parcours éducatif «La nature au service des jardins» et les aide-mémoire de l'action «Jardiner sainement pour un environnement de qualité» (www.environnement-suisse.ch, voir aussi Bulletin BSA/VBB n° 6) sont toujours d'actualité et à la disposition des personnes intéressées.

2.2. Groupe de projet «Microbiologie»

Hans-Rudolf Oberholzer, FAL

Un grand nombre de projets de recherche ont été coordonnés par le groupe. Il s'est intéressé plus particulièrement aux méthodes de détermination de la diversité microbienne dans les sols.

2.3. Groupe de projet «Mycorhizes»

Simon Egli, WSL

Le groupe s'est à nouveau longuement penché, en collaboration avec tous les participants à l'essai interlaboratoires, sur la méthode de référence pour la détermination du potentiel infectieux des mycorhizes dans les sols agricoles. Les expériences acquises ont été évaluées en vue d'une simplification de la méthode. Notre objectif est de faciliter son utilisation afin d'inciter à l'utiliser plus couramment. Nous sommes convaincus que cette méthode donne des indications importantes, pertinentes et utiles pour l'évaluation biologique d'un sol.

Une version remaniée doit être préparée pour début 2004, date du prochain envoi des modifications concernant les méthodes de référence. Par ailleurs, une documentation complémentaire sera élaborée au cours de l'année pour permettre l'utilisation de la méthode par des personnes n'ayant pas de connaissances particulières des mycorhizes'. Elle comprendra un aperçu photographique de structures mycorhiziennes typiques et «fausses» ainsi qu'un objet de référence déjà évalué, à partir duquel le futur utilisateur pourra «étalonner» ses évaluations.

2.4. Groupe de projet «Faune»

Claudia Maurer-Troxler, Service de l'environnement et de l'agriculture, Canton de Berne

Le descriptif de la méthode de détermination des populations de lombrics a été publié dans le recueil des méthodes de référence des Stations fédérales de recherche agronomique. On sera ainsi en mesure de collecter des données comparables - condition essentielle pour une évaluation globale.

La prochaine priorité ira à l'archivage centralisé de ce genre d'informations. Le Centre Suisse de Cartographie de la Faune (CSCF) à Neuchâtel s'intéresse à ces données. Cette solution permettrait certainement de procéder à des analyses zoogéographiques classiques (cartes de distribution).

Il s'agira dans un premier temps de réunir les données des différents sites de relevés, de les contrôler, puis de les archiver de façon appropriée. Ensuite, on pourra procéder à des analyses générales et spécifiques.

2.5. Groupe de projet «Observation de longue durée»

Guido Schmid, Amt für Umweltschutz, Fachbereich Bodenschutz, Saint-Gall
Peter Schwab, direction du projet LAZBO, TP14.2 (NABO) FAL

La Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture de Reckenholz (FAL) a poursuivi ses essais pilotes sur les possibilités d'utilisation, dans le cadre de l'observation à long terme, de méthodes de détermination des propriétés physiques et biologiques des sols. Les relevés et les analyses seront achevés en 2003 et les résultats publiés dans un rapport final à mi-2004. Dans son programme de travail 2004 – 2007, la direction du projet LAZBO de la FAL a prévu une poursuite des essais sur l'«observation de longue durée des propriétés biologiques et physiques des sols». L'objectif est de confirmer les résultats des essais pilotes dans le cadre d'une phase test (allongement des séries temporelles – validation dans le temps).

Biologie du sol

Des échantillons de sol ont à nouveau été prélevés en 2002 sur 6 sites (3 champs, 3 prairies) conformément à la stratégie LAZBO. Ils ont été soumis à des analyses de la biomasse microbienne, de la respiration du sol et de la minéralisation de l'azote. Les derniers échantillonnages dans le cadre de ce projet ont eu lieu au printemps 2003.

Les premiers résultats des relevés de 2001 confirment la bonne précision au sein du site : le coefficient de variation des quatre répétitions est en règle générale inférieur à 10 %. D'autres conditions importantes pour l'utilisation des méthodes dans l'observation à long terme (stabilité référentielle des échantillons et des systèmes de mesure, sensibilité des méthodes, résolution temporelle et effectivité) ont été étudiées au cours de la phase des essais pilotes (2001 - 2003). Il faudra attendre la fin de ces essais pour pouvoir tirer de premières conclusions sur à l'adéquation des méthodes pour l'observation à long terme. Le rapport final sera publié à mi-2004. C'est sur la base des résultats des essais pilotes et de la phase test que l'on décidera et planifiera, le cas échéant, l'intégration de la biologie du sol dans le programme NABO.

Physique des sols

Parallèlement aux relevés annuels, nous avons procédé au cours de l'année 2002 à des tests répétés de deux méthodes dans deux sites de grandes cultures. Quatre analyses paramétriques complexes et coûteuses (désorption, perméabilité à l'air, densité apparente et pré-consolidation) et deux méthodes apparemment plus économiques (appréciation de la structure et résistance à la percussion dynamique) sont étudiées actuellement afin de déterminer leur adéquation à l'observation de longue durée. Pour les méthodes de physique des sols, il est encore nécessaire de clarifier les critères de validation «incertitudes d'échantillonnage liées à la variabilité spatiale» (plan d'échantillonnage). Selon les résultats du premier échantillonnage, les coefficients de variation entre les répétitions paraissent généralement satisfaisants.

Groupe de projet observation à long terme NABO-KABO

Outre des collaborateurs de la FAL, le groupe de projet «Observation de longue durée» du BSA réunit des représentantes et représentants des cantons d'AG, BE, GR, SG, SO et ZH. L'une de ses priorités est l'introduction de méthodes de biologie et de physique des sols dans le réseau cantonal KABO. Pour que les cantons adoptent avec succès de nouvelles méthodes au sein du KABO, le NABO doit montrer la voie.

Mais ce n'est qu'au terme des essais pilotes et de la phase test que l'on pourra prendre une décision quant à l'intégration dans le programme de recherches du NABO de mesures de la variabilité temporelle de propriétés physiques et biologiques sur les sites de référence.

Le groupe de projet envisage désormais une collaboration globale avec les KABO (sites communs, fixation des priorités des différents KABO, etc.). Ce rapprochement s'impose notamment pour exploiter des synergies potentielles et des possibilités de réduction des coûts.

3. Projets choisis du BSA

3.1. Effets à court et à long termes de deux séries de traitements de cultures de pommes de terre sur des paramètres biologiques de la fertilité du sol

Andreas Fliessbach, Sascha Buchleither, Stefan Peng, Paul Mäder
Institut de recherche de l'agriculture biologique,
Ackerstrasse, 5070 Frick

Introduction

La toxicité d'un produit phytosanitaire (PPS) est déterminée à partir de recherches effectuées par le fabricant. Elle ne tient compte, en règle générale, que de l'effet d'une seule substance active ou d'un seul produit sur un organisme indicateur défini. Mais dans la pratique agricole, les substances actives sont souvent appliquées en combinaison avec d'autres produits ou sous la forme de traitements régulièrement répétés. Jusqu'à présent, seules quelques recherches ponctuelles ont été consacrées aux effets cumulés de pesticides tels qu'ils sont appliqués dans une culture (Bromilov et al. 1996; Moorman, 1989; Nicholson et Hirsch, 1998; Schuster et Schröder, 1990).

L'utilisation de PPS en agriculture est soumise à des restrictions dans de nombreux pays, et des subventions encouragent à réduire le recours aux pesticides. En agriculture intégrée, les traitements sont limités à l'aide de modèles de prévision et du choix des produits. Il n'en demeure pas moins que dans certaines cultures, l'intensité des applications de PPS reste relativement élevée. Parmi les grandes cultures, la pomme de terre nécessite une protection phytosanitaire particulièrement intensive, car elle est régulièrement attaquée par de nombreux parasites et maladies - dont en particulier le mildiou (*Phytophthora infestans*) - risquent d'engendrer d'importantes pertes économiques. En effet, seules les pommes de terre de bonne qualité sont commercialisables, ce qui justifie aux yeux des paysans un recours intensif à de tels moyens de production.

Ce compte rendu présente les résultats d'un essai pilote visant à déterminer les effets à court et à long termes de PPS sur les micro-organismes du sol dans des cultures de pommes de terre.

Matériel et méthodes

De la terre arable d'une exploitation pratiquant la culture biologique depuis 1994 a été homogénéisée et répartie dans 15 conteneurs en plastique (longueur 35 cm, largeur 25 cm, hauteur 26 cm), de manière à obtenir après un léger tassage une couche de 20 cm d'épaisseur sur la natte de drainage couvrant le fond du récipient. Une pomme de terre prégermée de la variété Appel a été plantée dans chacun des conteneurs. Ceux-ci ont ensuite été entreposés dans un local climatisé à une température de 20 °C, par une intensité lumineuse de 35 mol photons s⁻¹ m⁻² et une alternance jour/nuit de 16/8 h. Ils ont été arrosés à intervalles réguliers. Les adventices ont été enlevées manuellement dès leur apparition. Les traitements ont été réalisés de telle sorte que la quantité totale de la substance active aboutisse sur le sol, à l'exception du défanant, qui a été appliqué pour moitié sur les feuilles et pour moitié sur le sol. Suivant la pratique habituelle en agriculture, les deux variantes avec PPS ont reçu un herbicide de prélevée, huit traitements fongiques et un traitement final au défanant, en l'occurrence le Basta (substance active: glufosinate) dans un cas, et dans l'autre, le Super Kabrol (substance active: dinosèbe, qui a été retiré depuis lors du marché suisse). Quant aux témoins, ils ont été traités chaque fois avec de l'eau, et les fanes ôtées à la main. Des échantillons de sol ont été prélevés dans les conteneurs à une profondeur de 0 à 10 et de 10 à 20 cm, 21 et 135 jours après le dernier traitement. Les paramètres biologiques suivants ont été analysés: biomasse microbienne (CFE), respiration du sol, activité déshydrogénase, spectre de dégradation du substrat (Biolog®), nombre de germes de bactéries, d'algues et de cyanobactéries.

Résultats et discussion

Les paramètres microbiologiques du sol ont réagi avec une extrême sensibilité aux produits phytosanitaires (PPS) cumulés, comme le montre la comparaison des différents paramètres entre les variantes PPS et le témoin non traité (Fig. 1).

Ainsi, 21 jours après le dernier traitement, la biomasse microbienne de la couche supérieure du sol (0 - 10 cm) avait diminué de 50 % par rapport au témoin dans la variante traitée au Super Kabrol, et de 24 % dans celle traitée au Basta. Dans cette dernière variante, la biomasse microbienne présentait encore une baisse significative de 14% 135 jours après le dernier traitement. La respiration du sol n'a pratiquement pas réagi aux pesticides, mais la réduction de la biomasse a eu d'importantes répercussions sur le quotient métabolique (qCO_2). Les traitements répétés ont également entraîné une forte diminution de l'activité déshydrogénase, 40% dans la variante Super Kabrol et 11 % dans la variante Basta (Fig. 1).

Le changement du rapport C_{mic}/N_{mic} est un signal d'une modification dans la composition de la communauté microbienne. L'indice de diversité du test de dégradation du substrat a permis de confirmer ce résultat. L'index Shannon comme l'indice de diversité ont présenté des modifications significatives. En l'occurrence, ce sont les variantes traitées aux PPS qui ont développé la plus grande diversité (Tab. 1).

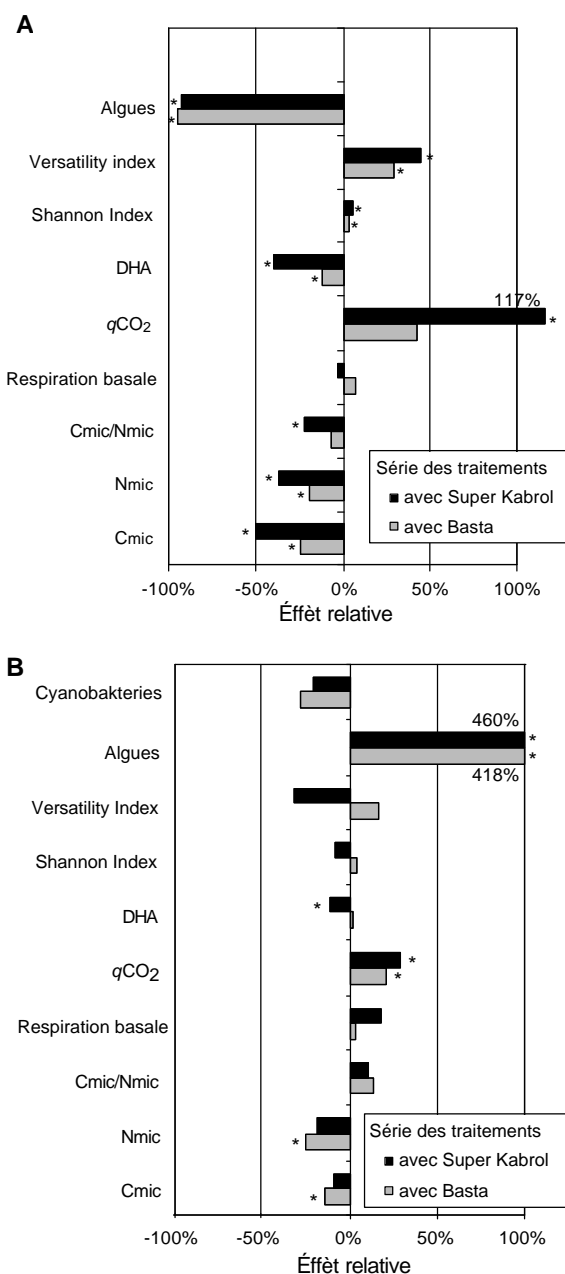


Figure 1: Effets à court (A) et à long termes (B) des séries de traitements sur les paramètres microbiologiques dans la couche supérieure du sol. Les valeurs négatives indiquent une réduction par rapport au témoin non traité (* significatif $p < 0.05$)

Tableau 1: Niveau de signification (probabilité $> F$) pour les différents effets considérés dans l'analyse multifactorielle de la variance. Les valeurs F en gras indiquent les effets significatifs ($p < 0.05$).

Origine de la variance	C_{mic}	CO_2 0-48h	CO_2 48-120h	N_{mic}	C_{mic}/N_{mic}	qCO_2	DHA	Versa- tality	Shannon Index	SAS	MPN algues
Méthode	<.0001	0.5540	0.8858	<.0001	0.3945	0.0612	<.0001	0.0167	0.1286	0.4161	0.6514
Date	0.1489	<.0001	0.3510	<.0001	<.0001	0.4333	<.0001	<.0001	0.1480	0.0002	0.0011
Profondeur	0.0390	0.0006	0.0017	0.0768	<.0001	0.0628	0.7059	0.0019	0.8479	n.d.	<.0001
Date méthode*	<.0001	0.7596	0.8548	0.0012	0.0297	0.1222	0.0364	0.0092	0.1104	0.1539	0.0008

Les modèles de dégradation du substrat de la couche supérieure des sols ont montré de fortes différences entre les effets à court et long termes. Quant aux échantillons de la couche inférieure, ils ont donné des résultats proches de ceux de la couche supérieure du sol témoin ; c'est un indice supplémentaire attestant que les pesticides ont eu un effet direct sur la dégradation du substrat (Fig. 2).

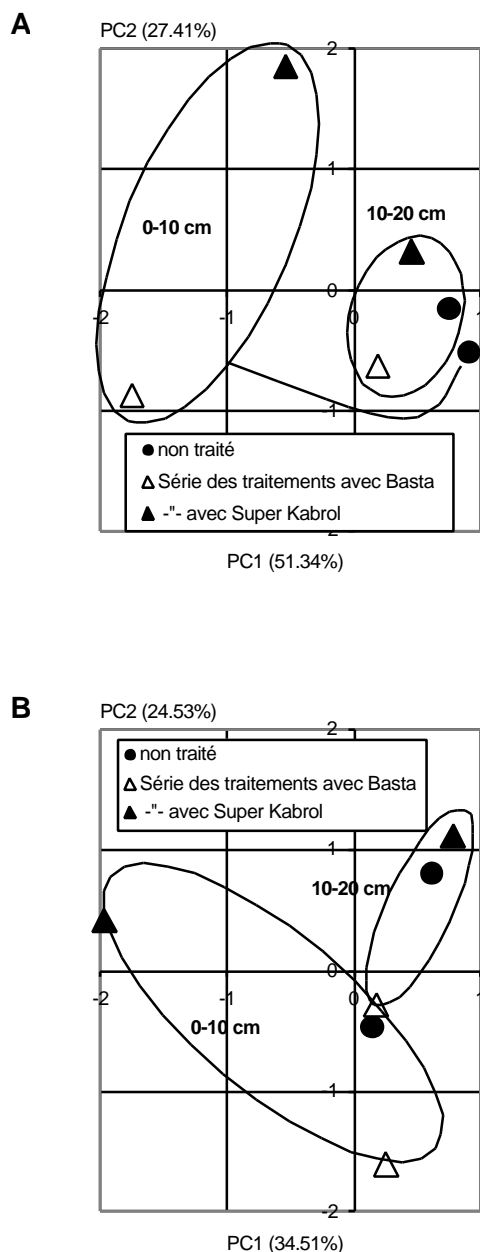


Figure 2: Effets à court (A) et à long termes (B) des séries de traitements sur les modèles de dégradation du substrat dans la couche supérieure et inférieure du sol.

Ils semblent avoir entraîné une diversification du modèle de dégradation, ce qui peut s'expliquer par un éventuel effet toxique, mais aussi par les nouvelles propriétés microbiennes responsables de la dégradation des pesticides. Les effets secondaires des PPS sur la diversité des organismes ne sont pas encore pris en considération dans les essais d'homologation ; ils permettraient pourtant, en combinaison avec d'autres paramètres, de décrire des corrélations écologiques entre diversité et fonction (Johnsen et al. 2001).

La série de traitements conclue par le Super Kabrol (substance active: dinosèbe) a provoqué des effets nettement plus marqués que celle utilisant le Basta (substance active: glufosinate). Les répercussions des PPS sur les paramètres de la fertilité ont été plus fortes dans la couche supérieure que dans la couche inférieure du sol, et se sont généralement révélées plus importantes à court terme qu'à long terme.

On a relevé des différences remarquables au niveau de la quantité d'organismes photoautotrophes. Ainsi, à court terme, le nombre de germes d'algues du sol a nettement diminué, ce qui était visible même à l'œil nu à la surface du sol. A long terme, on a mesuré au contraire une forte stimulation de ces algues.

Au même moment, la surface du sol témoin était couverte de mousses et de fougères, mais ne présentait pratiquement pas d'algues. On y remarquait par ailleurs la présence de nombreux collemboles de couleur noire. Pour analyser ce phénomène, il faut tenir compte de la succession des organismes à la surface du sol. En effet, il est probable que les algues présentes sur le sol témoin ont fourni de la nourriture aux collemboles, de sorte que d'autres organismes ont pu ensuite se développer. Par contre, les sols traités aux pesticides se trouvaient encore dans la phase de recolonisation par les algues, ce qui explique qu'au moment du deuxième prélèvement, ils contenaient probablement beaucoup plus de germes d'algues que le témoin.

Conclusions

Les séries de traitements des pommes de terre ont eu à court terme des effets significatifs sur pratiquement tous les paramètres biologiques analysés. Le dinosèbe - produit figurant jusqu'en 2001 parmi les 20 substances actives les plus utilisées en Suisse, mais qui a été retiré du marché depuis lors - a provoqué des effets secondaires nettement plus marqués sur les organismes du sol. La plupart des paramètres avaient pratiquement retrouvé leur niveau initial au second prélèvement (135 jours après le dernier traitement), excepté le modèle de dégradation du substrat ainsi que les populations d'algues, où l'on a observé des différences entre les méthodes dans le cadre d'effets en chaîne. Les résultats présentés ici reposent sur des essais pilotes. Il s'agit à présent de déterminer quels sont les effets des PPS en plein champ. Pour répondre à cette question, un essai de terrain a été réalisé en 2002 afin d'étudier les répercussions des PPS sur les organismes du sol au cours d'une rotation.

Bibliographie

- Bromilow R H, Evans A A, Nicholls P H, Todd A D and Briggs G G 1996 The effect on soil fertility of repeated applications of pesticides over 20 years. *Pesticide Science* 48, 63-72.
- European Commission 2000 Plant protection in the EU - Consumption of plant protection products in the European Union - Data 1992 - 1996. pp 232. Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg.
- Johnson K, Jacobsen C S, Torsvik V and Sørensen J 2001 Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils - a review. *Biology and Fertility of Soils* 33, 443-453.
- Moorman T B 1989 A review of pesticide effects on microorganisms and microbial processes related to soil fertility. *Journal of Production Agriculture* 2, 14-23.
- Nicholson P S and Hirsch P R 1998 The effects of pesticides on the diversity of culturable soil bacteria. *Journal of Applied Microbiology* 84, 551-558.
- Schuster E and Schröder D 1990 Side-effects of sequentially- and simultaneously-applied pesticides on non-target soil microorganisms: laboratory experiments. *Soil Biology and Biochemistry* 22, 375-383.
- Société Suisse des Industries Chimiques 2002 Pflanzenbehandlungsmittel-Markt 1988-2001. Statistik für die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein.

4. Forum

4.1. Sol Monde vivant

Prof. J.M. Gobat, Laboratoire d'écologie végétale et phytosociologie. Institut de Botanique, Université de Neuchâtel, Rue Emile-Argand 11, CH-2007 Neuchâtel

«LE SOL» : outils pédagogiques

Dans le cadre du projet Sol, la FEE, mandatée par l'OFEFP section «Sol et biologie générale», a coordonné la réalisation de 3 outils pédagogiques destinés en priorité aux enseignants de l'école obligatoire.

- 1) Brochure «LE SOL», Gobat, J.-M. et al., 40 pp., CIP Editions, 2001. CHF 18.-
- 2) Classeur de fiches pédagogiques «LE SOL», Béguin, D., 100 pp., CIP Editions, 2002. CHF 62.-
- 3) Mallette pédagogique «Terre à Terre», Les Cerlatez - FEE, 2 valises, Ed. Les Cerlatez, 2002, CHF 1700.-

Brochure «LE SOL»

Pour intéresser le public à un thème aussi complexe que le sol, il faut que l'information soit attractive et vulgarisée. S'appuyant sur de nombreux dessins et photos noir-blanc et couleur, les auteurs ont réussi à expliquer de manière accessible comment naît un sol, comment il évolue, quels sont ses rôles et ses habitants, avant d'expliquer les risques et dangers qui le guettent.

Une brochure destinée aux enseignants, aux élèves et aux étudiants, mais également aux professionnels et apprentis des «métiers verts», aux communes, aux animateurs touristiques pour adultes et enfants (Fig. 3, 4, 5). Une brochure qui permet une réelle sensibilisation aux réalités du sol, qui apporte les connaissances de base et de nombreuses ressources documentaires et institutionnelles.

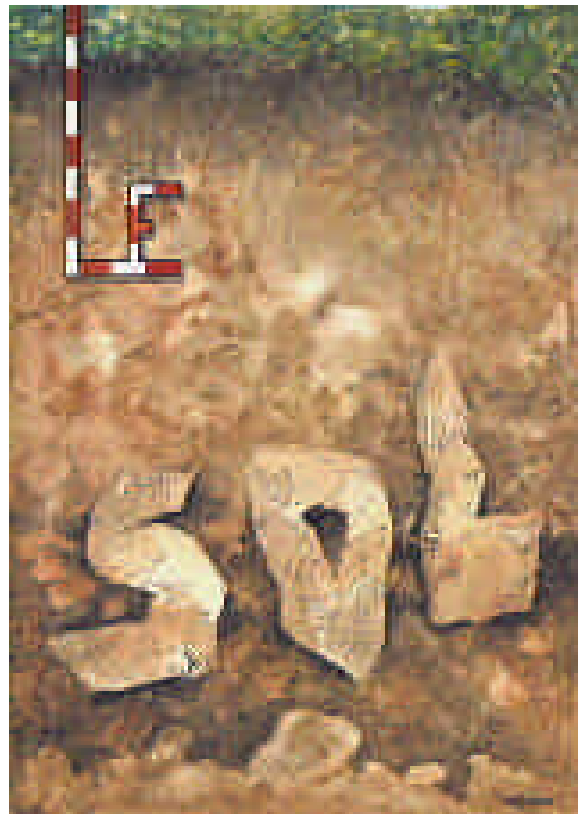


Figure 3: Brochure «LE SOL» avec classeur de fiches pédagogiques.

Classeur de fiches pédagogiques «LE SOL»

Dossier pédagogique, sous forme d'un classeur A4, sur le thème du sol. Il contient 47 fiches d'activités, une liste bibliographique et un glossaire. Il est destiné à toute personne, enseignant ou animateur, sans connaissances particulières sur le domaine. Il permet d'approcher le sol de manière simple et active, par des activités de découverte du milieu, de ses habitants, de son utilisation, de ses caractéristiques, etc. Il autorise surtout à décroquer son enseignement en passant des sciences naturelles à la géographie, de la littérature aux cinq sens, et conduit à développer le sens de l'observation.



Figure 4: Exemple d'une fiche élève.

Les activités décrites dans ce classeur nécessitent le matériel compris dans la mallette pédagogique «Terre à Terre» éditée par Les Cerlatez. De plus, elle constitue un complément idéal à la brochure «Le Sol», publiée en septembre 2001 par CIP Editions.

En cas de commande conjointe du dossier pédagogique (CHF 62.-) et de la brochure (CHF 18.-), le prix est fixé à CHF 66.- au lieu de CHF 80.-. Rabais dès 5 exemplaires: Participation aux frais de port et d'emballage.

Commande: CIP Editions, Les Lovières 13, CH-2720 Tramelan, Tél. ++41 32/486 06 06 www.educ-envir.ch/fr/sol

Mallette «Terre à Terre»

La mallette se compose en fait de deux valises. La première comprend le matériel nécessaire aux activités présentées dans le classeur pédagogique «Le Sol» édité par CIP Editions.

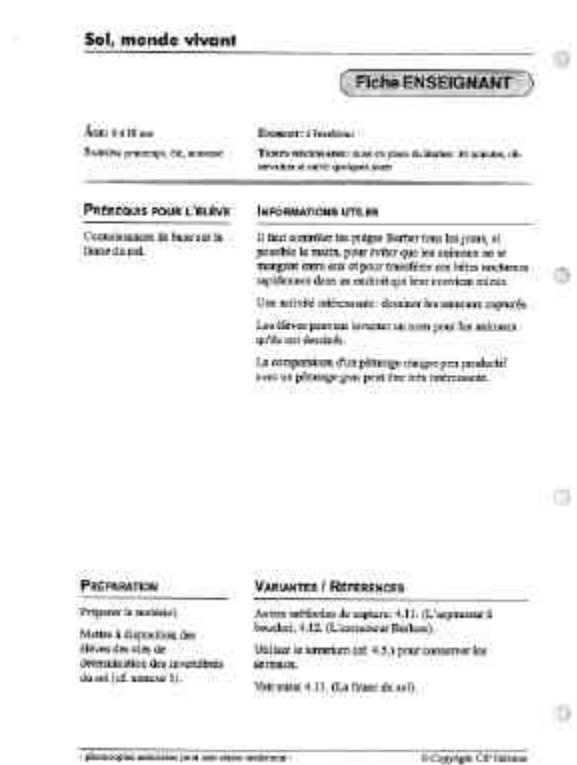


Figure 5: Exemple d'une fiche enseignant.

Ce matériel est simple d'usage et permet des activités d'observation, des manipulations, en général, à portée de quiconque afin de percevoir le sol sous différents aspects : structure, habitants, fonctions et rôles, importance, ...

La seconde valise comprend une collection unique de sols enrésinés provenant du Jura, du Plateau et des Alpes suisses. Cette série de 6 sols montre à quel point le sol peut être varié dans sa structure et ses couleurs, elle illustre parfaitement la diversité de ce qui n'apparaît souvent que comme un vulgaire support aux activités humaines.

Commande: Centre Nature Les Cerlatez, cp 212, 2350 Saignelégier, ++41 32/951 11 23, centrenat.cerlatez@bluewin.ch; Prix mallette CHF 1700.-

4.2. Capacité de régénération rapide des microorganismes du sol dans des dépôts de terre

Monika Wysser, Hans-Rudolf Oberholzer et Franco Widmer, Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture (FAL), Zurich

Les matériaux terreux sont généralement entreposés provisoirement afin d'être réutilisés après les travaux de terrassement pour le réaménagement du terrain (reconstitution du sol). Pour les grands chantiers, cela représente d'importantes quantités de terre qu'il faut entreposer pour une longue durée - parfois pendant plusieurs années. La manipulation de ces matériaux terreux est réglementée par l'OSol et plusieurs directives. L'objectif est de veiller à ce que les fonctions du sol ne soient pas altérées au cours de l'entreposage. Les conditions à respecter lors de la création de dépôts de terre sont notamment précisées dans la directive «Umgang mit Boden bei Bauvorhaben» du service de la protection des sols du canton de Zurich. Selon cette directive, les dépôts de terre provenant de la couche supérieure du sol ne doivent pas dépasser 1.5 à 2 m de hauteur, afin de préserver autant que possible le régime hydrique et l'aération, et par conséquent aussi l'activité biologique. Dans le cadre d'un cours de perfectionnement organisé en avril 2002 par l'Institut d'écologie terrestre (ItÖ) de l'EPF Zurich, quatre étudiants en sciences de l'environnement ont effectué des mesures dans quelques dépôts de terre et déterminé, entre autres, la teneur en oxygène et en gaz carbonique de l'air du sol à différentes profondeurs. Ils ont été encadrés par M. Bernhard Buchter et soutenus par le groupe Biologie du sol de la FAL. Ils ont constaté qu'à deux mètres de profondeur, l'air du sol souvent ne contenait pratiquement plus d'oxygène (1-5%), alors que la concentration de gaz carbonique pouvait s'élever jusqu'à 30%.

Partant de ces résultats, le présent travail s'est fixé comme objectif d'analyser les effets de ces faibles concentrations d'oxygène et de ces teneurs élevées en gaz carbonique sur les fonctions biologiques du sol et la capacité de régénération à court terme des microorganismes du sol.

Pour cet essai, des échantillons ont été prélevés dans deux dépôts de terre (S1 et S2), à des profondeurs de 0 à 10 cm, de 80 à 100 cm et de 180 à 200 cm. Ils ont ensuite été préséchés à 4 °C de manière à pouvoir être tamisés à 2 mm pour l'homogénéisation.

La terre préparée a été versée dans des coupelles sur une épaisseur de 5 cm, puis incubée à une température de 22 °C dans des conditions aérobies. Au début de l'essai ainsi qu'après des durées d'incubation de 2, 4 et 8 semaines, les mesures suivantes ont été faites: biomasse microbienne (méthode FE), respiration du sol, capacité de nitrification, test de croissance avec des haricots Mungo, et empreintes ADN (T-RFLP).

Résultats et discussion

La terre prélevée dans la couche supérieure renferme nettement plus de biomasse-carbone et de biomasse-azote que celle provenant des couches médiane et inférieure (Fig. 6). La différence est plus marquée pour l'azote que pour le carbone; autrement dit, le rapport C/N de la biomasse entre 0 et 10 cm de profondeur est inférieur à celui relevé dans les couches plus profondes. La biomasse microbienne diminue légèrement dans tous les échantillons de sol au cours de l'incubation aérobie, mais sans aboutir à une harmonisation des propriétés microbiologiques des sols des différentes profondeurs du dépôt provisoire.

La respiration du sol est initialement plus élevée dans le sol des couches inférieures que dans celui de la couche supérieure. Elle diminue fortement à toutes les profondeurs au cours des 14 premiers jours, puis de façon moins marquée et régulière jusqu'au 56e jour. Il s'ensuit que le quotient métabolique calculé à partir de la respiration du sol et de la biomasse microbienne diminue aussi au cours de l'incubation. Au début de l'incubation, il est supérieur à 2 dans le sol des couches profondes, ce qui est le signe d'une microflore affaiblie. Après 14 jours, il est inférieur à 2 dans tous les sols, et l'écart entre les différentes couches s'amenuise.

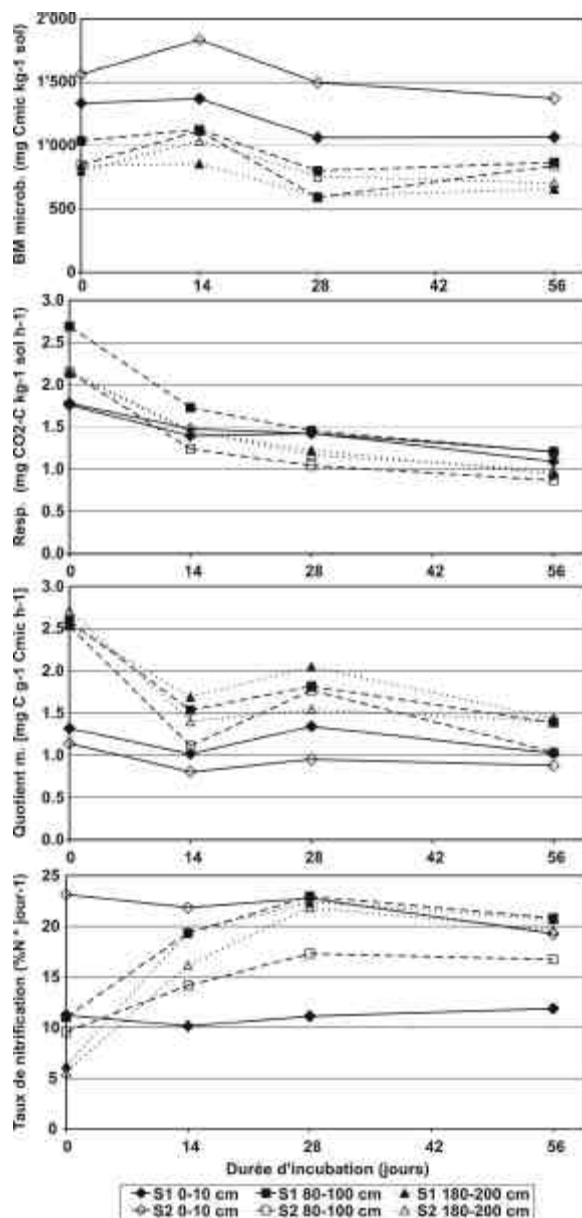


Figure 6: Biomasse microbienne, respiration du sol, quotient métabolique et taux de nitrification dans des échantillons prélevés à différentes profondeurs dans deux dépôts de terre (S1 et S2) après différentes durées d'incubation à 22 °C.

La capacité de nitrification est une mesure de la faculté des micro-organismes du sol à transformer de l'ammonium ajouté en nitrate. Dans les relevés que nous avons effectués, ce paramètre n'a pratiquement pas évolué dans le sol de la couche supérieure, alors que dans les couches inférieures, il a fortement augmenté les 14 premiers jours, puis légèrement jusqu'au 28e jour, avant de se stabiliser. Dans l'un des sites, on peut observer une égalisation complète entre

les échantillons des différentes couches ; dans l'autre, la capacité de nitrification est à la fin plus élevée dans le sol des couches inférieures que dans celui de la couche supérieure.

Le test avec les haricots Mungo est difficile à évaluer, car le pouvoir germinatif des graines s'est révélé insuffisant, y compris dans les sols témoins. Mais on n'a constaté aucun signe d'une perturbation du pouvoir germinatif ou de la croissance des haricots dans la terre des couches inférieures, quelle que soit la phase du test.

Les analyses avec la méthode T-RFLP (empreintes génétiques) de l'ADN extrait du sol permettent de déterminer les similitudes ou les différences entre les populations de micro-organismes. La figure 7 montre à titre d'exemple les résultats d'échantillons de sol provenant de la couche supérieure et de la couche la plus profonde d'un même site. La composition des populations a été déterminée une première fois lors du prélèvement des échantillons. La figure présente une arborescence avec les distances euclidiennes comme mesure de la similitude.

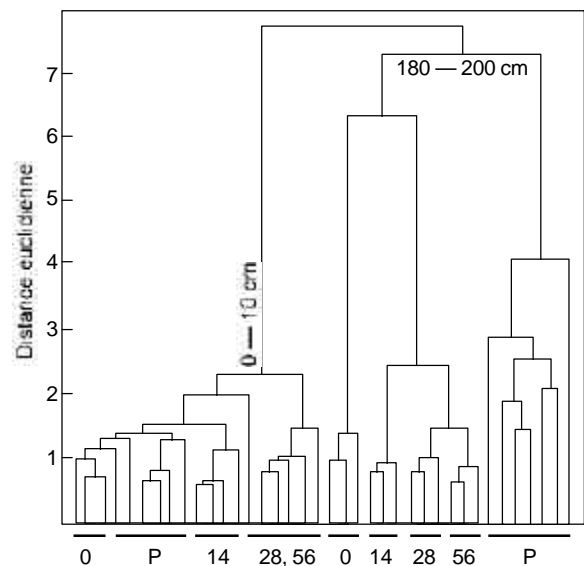


Figure 7: Différences entre les empreintes génétiques des populations de micro-organismes du sol à deux profondeurs (0-10 cm et 180-200 cm) d'un dépôt de terre au moment du prélèvement (P) des échantillons et après différentes durées d'incubation à 22 °C (0, 14, 28 et 56 jours).

C'est entre le sol de la couche supérieure et celui de la couche la plus profonde que l'on observe la plus grande distance euclidienne, donc la plus grande différence. Celle-ci est représentée par le premier écart sous la distance 7,75. Les deux autres grandes différences (distance 7,3 et 6,4) apparaissent dans la couche la plus profonde, d'une part entre les échantillons analysés le jour de l'échantillonnage et tous les autres échantillons du même sol, d'autre part entre le jour 0 et les jours 14, 28 et 56.

Dans la terre provenant de la couche supérieure, la composition de la microflore ne subit que des modifications minimales. Il en ressort que c'est surtout dans la couche la plus profonde que la microflore se modifie avec le temps. Mais on ne constate pas d'harmonisation entre les échantillons des deux couches.

L'analyse des activités des micro-organismes à l'exemple de la respiration du sol et de la capacité de nitrification permet de conclure que les matériaux terreux entreposés provisoirement retrouvent très rapidement une grande partie de leurs fonctions biologiques. En revanche, les résultats de la biomasse microbienne et des analyses ADN, en tant que paramètres de la quantité et de la composition des populations de micro-organismes, montrent que seule la fonctionnalité de la microflore du sol s'est rétablie, mais pas sa structure.

On peut déduire d'après le biotest avec les haricots Mungo que les sols reconstitués après un entreposage provisoire ne posent aucun problème même pour des cultures délicates.

Les différentes analyses ne donnent pas toujours une même idée du potentiel de régénération des sols. C'est la raison pour laquelle il était important de tester plusieurs paramètres microbiologiques. Les présents résultats sont à considérer comme provisoires et devront encore être confirmés par des essais élargis. Ils ne reposent en effet que sur les données de deux dépôts de terre, et l'évolution à long terme de la microflore des sols n'a pas été suivie. Par ailleurs, ils ne sont pas directement transposables à la régénération de

sols dans des conditions pratiques. Dans cet essai, les sols ont été préparés très précautionneusement, bien que de façon intensive, et incubés dans des conditions optimales de température et d'aération. Par conséquent, les résultats ne montrent qu'un potentiel de la faculté de régénération des fonctions biologiques des sols, et ils devront être confirmés par d'autres essais en laboratoire et sur le terrain.

Impressum Bulletin BSA/VBB n° 7/2003

Editeur

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

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

Présidente 2002

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

Vorsitzender 2003

Guido Schmid
Amt für Umweltschutz
Lämmlibrunnenstrasse 54
CH-9001 Saint-Gall
Tél. 071 229 24 10
E-Mail: guido.schmid@bd-afu.sg.ch

Sekretariat und Bezug

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

Le bulletin est également disponible sur Internet:
http://www.environnement-suisse.ch/buwal/fr/fachgebiete/fg_boden/info/biologiesols