

Bulletin BSA/VBB n° 6 / juillet 2002

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. Mycorrhize.....	5
2.4. Faune.....	5
2.5. Observation de longue durée	6
3. Projets choisis du BSA/VBB	6
3.1. Effets de produits phytosanitaires sur les micro-organismes du sol.....	6
3.2. «Knowledge Management» pour les services cantonaux et fédéraux de protection des sols	8
4. Forum.....	10
4.1. Indicateurs de risques concernant l'effet de produits phytosanitaires sur les systèmes terrestres	10
4.2. Recensement de lombrics par le service d'observation des sols du canton de Berne	12
4.3. Utilisation de bactéries du sol pour la protection des végétaux	15
4.4. Concept «Sol» de l'Office fédéral de l'agriculture – résumé	18

1. Rapport annuel de la présidente

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

Depuis 1995, des spécialistes issus de la recherche et de la pratique collaborent au sein du groupe de travail BSA «Biologie du sol – application» afin de créer des bases communes

pour intégrer la biologie du sol dans la protection des sols et leur observation à long terme. Ils se consacrent en particulier à l'élaboration de stratégies d'échantillonnage et de méthodes d'analyse pour différentes propriétés biologiques du sol. La publication de procédures analytiques standardisées dans les méthodes de référence des Stations fédérales de recherche agronomique doit permettre un relevé uniforme et comparable des données biologiques.

Ce travail soutenu porte ses fruits! Ainsi, le catalogue des méthodes de biologie du sol continue de s'étoffer (Recueil des méthodes de référence, vol. 2, chap. A, B et E). En 2001/2002, trois nouvelles méthodes – détermination de l'activité déshydrogénase, détermination du potentiel infectieux des mycorrhizes dans des sols agricoles, extraction et détermination des populations de lombrics – ont pu y être ajoutées. On dispose désormais d'un bon choix de méthodes biologiques standardisées, portant sur des aspects pédologiques et agronomiques très divers. Les comptes-rendus 3.1 et 4.2 publiés dans ce bulletin présentent quelques exemples d'application pratique de méthodes de biologie du sol, dans le but d'encourager une utilisation plus large de ces paramètres.

Les cinq groupes de projet du BSA se sont réunis lors de deux séances d'une journée. Celles-ci ont servi de plate-forme pour des échanges d'informations et de points de vue. Elles ont en outre offert l'occasion de présenter et d'examiner des projets planifiés, en cours ou achevés. C'est ainsi que l'on a notamment discuté des possibilités d'analyse de la diversité microbienne dans les sols: bien que plusieurs méthodes basées sur des approches différentes aient été présentées, aucune n'est encore

suffisamment standardisée pour être utilisée à grande échelle. Autre thème important abordé: les effets des pesticides sur la fertilité des sols. Dans le cadre du projet ÖG «Stratégie de développement d'indicateurs de risques terrestres liés aux produits phytosanitaires», mis en œuvre par le Working Group on Pesticides de l'OCDE et coordonné par l'OFEFP, on est en train de développer des instruments permettant d'évaluer le risque présenté par les pesticides pour la vie du sol (voir compte-rendu 4.1). D'autre part, l'IRAB a été chargé par l'OFEFP d'étudier les effets de pesticides sur les micro-organismes (voir compte-rendu 3.1). Ces recherches s'inscrivent dans le prolongement des travaux consacrés aux effets des métaux lourds (comptes-rendus dans les bulletins n° 4 et 5). Par ailleurs, les études «Effets des antibiotiques utilisés en agriculture sur les populations microbiennes du sol» de l'IRAB, et «Influence de différentes méthodes de travail du sol sur la composition de l'atmosphère du sol» de la FAL, ont été présentées lors de ces séances.

Diverses questions ont également été traitées au sein des groupes de projet en 2001. Parallèlement à des projets plus limités, le groupe «Information et sensibilisation» s'est surtout concentré sur le «Knowledge Management» (compte-rendu 3.2). La coordination du groupe «Microbiologie» s'est déroulée essentiellement de façon bilatérale entre la FAL et l'IRAB, car aucune autre station de recherche ne mène en ce moment des travaux sur la biologie du sol. Les recherches ont porté aussi bien sur des questions de méthodologie que sur des projets (compte-rendu 3.1). Le groupe «Mycorhize» a étudié intensivement la méthode de détermination du potentiel infectieux des mycorhizes dans les sols agricoles. Celle-ci a pu être publiée après avoir été testée dans un essai interlaboratoires et remaniée. Le groupe «faune» s'est concentré sur l'adaptation et la publication de méthodes d'extraction et de détermination des lombrics. Enfin, le groupe «Observation de longue durée» a poursuivi ses travaux dans le cadre du projet du NABO «Observation de longue durée des propriétés physiques et biologiques du sol». Il a mené d'autre part une enquête auprès des services cantonaux de la protection des sols.

Le groupe de travail BSA a connu une nouvelle année couronnée de succès. La diversité des thèmes abordés démontre à quel point il est essentiel de poursuivre la collaboration et la coordination au sein du groupe. Deux aspects revêtent à cet égard une importance particulière: l'utilisation accrue de la biologie du sol dans la mise en œuvre de la protection des sols, ainsi que l'observation de longue durée.

Groupes chargés de projets spécifiques rattachés au groupe de travail juillet 2002
«Biologie du sol – application»

Nom du groupe et thèmes abordés	Memres	Personne de contact
Information et sensibilisation		
<ul style="list-style-type: none"> - Informer et sensibiliser le public aux questions se rapportant à la biologie du sol - Échanges d'expérience et de connaissances 	R. Bono (BL) J. Burri (LU) C. Maurer-Troxler (BE) F. Okopnik (AG) B. Pokorni (NE) G. Schmid (SG) R. von Arx (OFEFP) G. von Rohr (SO) T. Wegelin (ZH)	Dr. Roland von Arx OFEFP CH-3003 Bern Tel. 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, terres ouvertes, forêts) - Choisir, standardiser et valider des méthodes - Documenter la variabilité dans le temps et dans l'espace - Effectuer des études pilotes sur la détermination d'atteintes concrètes 	W. Heller (FAW) E. Laczko (Solvit) P. Mäder (FiBL) H.-R. Oberholzer (FAL)	Dr. Hans-Rudolf Oberholzer Reckenholzstrasse 191/211 CH-8046 Zürich Tel. 01 377 72 97 hansrudolf.oberholzer@fal.admin.ch
Mycorhize		
<ul style="list-style-type: none"> - Élaborer et valider des méthodes standard pour la description de l'état d'un sol en ce qui concerne les mycorhizes 	S. Egli (WSL) U. Galli (Granges) 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 Tel. 01 739 22 71 simon.egli@wsl.ch
Faune		
<ul style="list-style-type: none"> - Évaluer, standardiser et tester dans le cadre d'études concrètes des méthodes de recensement des animaux du sol 	S. Keller (FAL) C. Maurer-Troxler (BE) L. Pfiffner (IRAB)	Dr. Claudia Maurer-Troxler Abteilung Umwelt und Landwirtschaft, Rütli CH-3052 Zollikofen Tel. 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) U. Gasser (ZH) C. Maurer-Troxler (BE) H.-R. Oberholzer (FAL) F. Okopnik (AG) G. Schmid (SG) P. Schwab (FAL)	Guido Schmid Amt für Umweltschutz Lämmlisbrunnenstrasse 54 CH-9001 St.Gallen Tel. 071 229 24 10 guido.schmid@bd-afu.sg.ch

2. Activités des groupes chargés de projets

2.1. Groupe de projet «Information et sensibilisation»

Roland von Arx, OFEFP

L'action «La nature au service du jardin» a été lancée il y a dix ans. On peut toujours commander les différents documents qui s'y rapportent auprès du service de documentation de l'OFEFP (www.umwelt-schweiz.ch/buwal/shop/shop.p), et les quatre aide-mémoire auprès de l'«Aktion Gsundi Gärte – Gsundi Umwält», case postale, 8036 Zurich (tél. 01 463 55 77). Cette campagne a été complétée ultérieurement par le parcours éducatif, que différents cantons tiennent encore à la disposition des intéressés. Pour toute information sur le parcours éducatif, on peut s'adresser soit aux services cantonaux de la protection des sols, soit au Centre Pro Natura Champ-Pittet, Action «La Nature au service du jardin», Yverdon (tél. 024 426 93 41, fax 024 426 93 40) ou, pour la Suisse allemande, au Büro Naturnah à Thoun (tél. 033 222 87 25, Fax 033 222 87 27).

Le site Internet www.regenwurm.ch a été développé et actualisé par F. Vetter, de Schattweid, avec le soutien de différents cantons et de l'OFEFP. Dans le cadre de sa formation didactique à l'Université de Berne, une biologiste diplômée, Tamara Zimmermann, élabore en ce moment deux leçons de deux heures sur le thème «sols et vers de terre». Après avoir été testées dans la pratique, celles-ci seront mises à disposition sur le site Internet, d'où elles pourront être téléchargées. La plupart des éléments de l'exposition sur les lombrics peuvent encore être loués auprès du Centre d'écologie appliquée à Schattweid (F. Vetter, tél. 041 490 17 93, fax 041 490 40 75, E-Mail: zentrum@schattweid.ch).

Depuis le printemps 2001, l'exposition «Découvrir le sol» a été présentée dans plus de 40 lieux de Suisse romande et alémanique, notamment dans le cadre de campagnes d'information au niveau communal, avec des activités d'accompagnement, ou sous forme d'exposition spéciale lors de foires et dans des

centres commerciaux; elle a également servi à des présentations de courte durée lors de séminaires, dans des entreprises, et même dans des paroisses, en relation avec le thème de la création (campagne «Mit gutem Grund»). L'exposition s'adresse aussi bien aux utilisateurs du sol (paysans, jardiniers et spécialistes de la construction) qu'aux consommatrices et aux citoyens, et souligne ainsi que la protection du sol est une tâche qui concerne toute la société. Elle explique l'importance et la nécessité de disposer de sols sains, et incite à préserver les sols lors de nos activités. Cette exposition, qui est complétée par différents objets de démonstration, peut être louée en version allemande (7 exemplaires disponibles) et française (2 exemplaires). Pour plus d'informations, on peut s'adresser aux services cantonaux de la protection des sols ou directement au tél. 033 222 87 25 ou 052 214 04 80 – site Internet www.erlebnisboden.ch.

Sortie de presse en automne 2001, la brochure en français «Le sol» est à la disposition des enseignants, et peut également servir de manuel pédagogique pour les élèves à partir de 12 ans. On peut la commander aux CIP Editions, Tramelan, au prix de 18 francs (www.cip-tramelan.ch, rubrique «Services et prestations»; tél. 032 486 06 70; fax 032 486 06 07). La Fondation suisse d'Education pour l'Environnement, Neuchâtel (FEE; www.educ-envir.ch/fr/web/index.asp, rubrique «Actuel») va compléter prochainement cette offre par une mallette pédagogique sur le sol. Le classeur pédagogique en allemand «Boden – erleben – erforschen – entdecken» est disponible auprès des éditions Comenius Verlag, Hitzkirch (www.comenius-verlag.ch) au prix de 49 francs 50. Le dossier comprend une quarantaine de fiches d'activité pour l'enseignement, une brochure et un CD-ROM. La brochure quadrichrome (32 pages, 4.50 CHF) richement illustrée peut également servir de manuel pédagogique pour les élèves.

En ce moment, le groupe «Information et sensibilisation» se concentre en priorité sur le projet «Knowledge Management», dont le but est d'améliorer les échanges d'informations et d'expériences entre les services cantonaux de protection des sols et l'OFEFP (voir compte-

rendu 3.2 sous les projets choisis). Ce projet est suivi par Ernst & Young. Une plate-forme sur Internet, accompagnée d'une série de mesures, servira de base pour les échanges de connaissance.

2.2. Groupe de projet «Microbiologie»

Hans-Rudolf Oberholzer, FAL

L'année dernière, les membres du groupe de projet «Microbiologie» ont participé activement aux travaux d'autres groupes chargés de projets. Ils ont ainsi collaboré à l'essai interlaboratoire concernant la détermination du potentiel infectieux des mycorhizes, et soutenu le projet pilote «observation de longue durée des propriétés physiques et biologiques du sol». La coordination et l'organisation des projets de microbiologie en cours ont été réglées de manière bilatérale entre les institutions concernées.

2.3. Groupe de projet «Mycorrhize»

Simon Egli, WSL

L'année dernière, le groupe de projet «Mycorrhize» s'est à nouveau concentré sur la méthode de référence pour la détermination du potentiel infectieux des mycorhizes dans les sols agricoles. Un essai interlaboratoire a été mené afin de vérifier cette méthode. Cinq instituts ont répondu à un appel lancé au printemps et accepté de participer à l'essai: trois stations de recherche, une université et un laboratoire privé. Cinq sols provenant d'une installation de tir du canton de SG et plus ou moins pollués par des métaux lourds ont été comparés. Le prélèvement et l'envoi des échantillons de sol, de même que l'analyse des résultats de l'essai interlaboratoire par l'Institut de botanique de l'Université de Bâle (V. Wiemken und T. Boller), ont été financés grâce à une subvention de l'OFEFP. Les enseignements tirés de cet essai interlaboratoire ont permis de procéder aux dernières adaptations méthodologiques. L'analyse des résultats a montré qu'il s'agissait d'une méthode relativement exigeante, notamment pour l'appréciation au microscope des structures de mycorhizes. Malgré des différences entre les

laboratoires, les cinq sols ont été classés dans le même ordre par tous les participants à l'essai.

La procédure est désormais publiée avec les méthodes de référence Suisses des Stations fédérales de recherche agronomique, où elle complète les méthodes de biologie du sol existantes. Nous espérons qu'elle sera désormais utilisée activement dans la pratique. Le groupe de projet «Mycorrhize» du BSA se tient à disposition pour toute question relative à l'application de la méthode.

2.4. Groupe de projet «Faune»

Claudia Maurer-Troxler, division Environnement et agriculture, canton de Berne

Suite aux propositions de différents experts, la description de la méthode d'extraction des lombrics a été remaniée et complétée, avant d'être soumise au «Groupe de travail méthodes de référence» de la FAL. Celui-ci a procédé à des adaptations rédactionnelles du descriptif et demandé que l'on se limite à la méthode à la formaline, en soulignant que l'on pouvait obtenir des données comparables avec une solution de poudre de moutarde. Depuis le mois de février, les descriptifs suivants sont disponibles dans le volume 2 du recueil des méthodes de référence:

- RM-ERL: Complément aux explications, chap. 3: Recherches sur la zoologie du sol
- B-RW-E: Extraction de lombrics (Lumbricidae) avec une solution de formaline
- B-RW-H: Extraction manuelle de lombrics (Lumbricidae)
- B-RW-B: Détermination de la population de lombrics (biomasse, abondance).

Le groupe de projet «Faune» va désormais s'occuper du classement des données dans une banque de données commune.

2.5. Groupe de projet «Observation de longue durée»

Guido Schmid, Amt für Umweltschutz, Abteilung Umweltressourcen, St. Gall

État du projet FAL «Observation de longue durée des propriétés physiques et biologiques du sol»

Durant l'année écoulée, la FAL Reckenholz a poursuivi ses recherches sur l'observation à long terme des propriétés biologiques du sol. Le nombre d'emplacements d'échantillonnage a été réduit de 37 prairies en 2000 à 6 sites en 2001 (3 champs et 3 prairies). Les échantillons ont été prélevés aux profondeurs de 0-10 cm, 10-20 cm (seulement pour les prairies) et 0-20 cm. On a étudié les mêmes paramètres qu'en 2000, à savoir respiration du sol, biomasse microbienne, granulométrie et pH. La limitation à 6 sites a permis de procéder à un échantillonnage plus intensif, conforme à la stratégie du NABO (surfaces d'échantillonnage de 10 x 10 m, 25 prélèvements, quatre répétitions). Ce changement devrait permettre une meilleure validation des méthodes d'essai.

Enquête sur la situation des réseaux cantonaux d'observation des sols

A fin 2000, une enquête a été menée auprès des services cantonaux de la protection des sols pour faire le point sur les réseaux cantonaux d'observation de longue durée des sols et l'utilisation de paramètres biologiques et physiques. Sur les 19 cantons ayant répondu, seuls neuf disposent d'un réseau d'observation. Comme on pouvait s'y attendre, ce sont surtout les petits cantons qui ne possèdent pas de réseau, soit par manque de moyens financiers, soit parce qu'ils s'appuient sur le réseau national d'observation du sol (NABO).

Pour l'instant, seuls les réseaux d'observation des cantons de Berne et de Fribourg effectuent des mesures de paramètres biologiques, Berne étant le seul canton à relever des paramètres physiques. Cinq autres cantons ont planifié, ou envisagent éventuellement d'introduire des paramètres biologiques et physiques dans leur réseau d'observation des sols, à condition de

disposer pour cela de procédures représentatives, faciles à mettre en œuvre et bon marché.

Comme le montre le présent bulletin, les travaux de standardisation de diverses méthodes d'analyse de propriétés biologiques du sol vont bon train. De même, les essais sur les possibilités d'application de la biologie du sol dans le cadre de l'observation de longue durée sont très avancés – les paramètres biologiques seront bientôt intégrés dans l'observation à long terme. Il ne reste plus qu'à espérer que le plus grand nombre possible de cantons collaborent!

3. Projets choisis du BSA/VBB

3.1. Effets de produits phytosanitaires sur les micro-organismes du sol

Paul Mäder, Stefan Peng et Andreas Fliessbach, IRAB, Ackerstrasse, CH-5070 Frick

L'utilisation intensive de produits phytosanitaires au cours des dernières décennies suscite des inquiétudes parmi la population quant à de possibles effets négatifs sur la fertilité des sols. Afin de mettre en évidence l'impact écologique des pesticides et de leurs métabolites au niveau du sol, on fait appel à des micro-organismes comme indicateurs de la fertilité. Si de nombreuses recherches ont déjà été menées en vue de déterminer les effets de différents pesticides sur les micro-organismes, les résultats obtenus sont contradictoires: on observe une action tantôt inhibitrice, tantôt stimulante. Une synthèse de la littérature existante permet de conclure que la plupart des pesticides utilisés aux concentrations usuelles n'ont aucun effet significatif à long terme sur l'activité microbienne. Mais on connaît encore mal les effets combinés de pesticides, tels qu'ils sont appliqués au champ pendant la période de végétation ou sur une rotation. Les mélanges et les séquences de pesticides peuvent entraîner une accumulation de substances toxiques et éventuellement la formation chimique de nouvelles substances risquant d'avoir des effets synergiques sur les micro-organismes du sol. L'objectif de ce projet est de déterminer l'influence de séries de traitements phytosanitaires en agri-

culture sur la biomasse, l'activité et la diversité microbiennes du sol.

Un essai pilote mené dans des conditions contrôlées a permis d'étudier l'impact d'un programme de traitements de cultures de pommes de terre sur les micro-organismes du sol. Les pommes de terre ont été plantées dans un sol (sL) reconstitué dans des containers et traitées aux doses habituelles. Partant d'un scénario le plus défavorable, on a pulvérisé la quantité totale de bouillie sur le sol, à l'exception du défanant, qui a été appliqué pour moitié sur les feuilles et pour moitié sur le sol. Le programme de traitements a été établi avec l'aide de collaborateurs de l'OFEFP et de la FAL, sur la base d'enquêtes effectuées par le Centre de vulgarisation agricole de Lindau dans l'aire d'alimentation des lacs du Plateau. Les pommes de terre ont été traitées à 11 reprises au total, à raison de deux traitements herbicides, huit traitements fongicides et un traitement insecticide. Pour le défanage, on a comparé deux variantes, l'une avec du dinoseb (Super Kabrol), l'autre avec du glufosinate (Basta). La variante de contrôle a été traitée à chaque fois avec de l'eau. Chaque procédure a été répétée cinq fois - les 15 containers étant disposés au hasard dans un local climatisé. Les échantillons de sol ont été prélevés à deux profondeurs (0-10 cm et 10-20 cm). Les paramètres microbiologiques suivants sont mesurés 21 jours et 100 jours après le dernier traitement: biomasse microbienne (CFE), respiration du sol, activité déshydrogénase, spectre de dégradation du substrat (Biolog®), nombre de germes de bactéries, d'algues et de cyanobactéries.

On ne dispose pour l'instant que des résultats des mesures à court terme (21 jours). Dans les conditions décrites ci-dessus, un plan de traitement typique de PI entraîne une réduction marquée, de 20 à 50 %, de la biomasse microbienne (fig. 1). Comme on pouvait s'y attendre, la réduction s'est révélée plus importante dans la couche supérieure de sol qu'en profondeur. Les traitements au Super Kabrol, un produit encore très couramment utilisé en Suisse, ont eu un effet beaucoup plus négatif sur la biomasse que le Basta (les deux plans de traitements ne diffèrent que par ce produit.) L'activité déshydrogénase a réagi de façon très

similaire à la biomasse. La respiration du sol s'est montrée un peu moins sensible. Quant au développement des algues, il a été réduit à peu près d'un facteur de 20 par les deux produits de traitement. L'analyse des principaux composants à partir des données sur l'utilisation du substrat a mis en évidence, dans la couche supérieure, une différence aussi bien entre les deux séries de traitements pesticides qu'avec les témoins traités à l'eau.

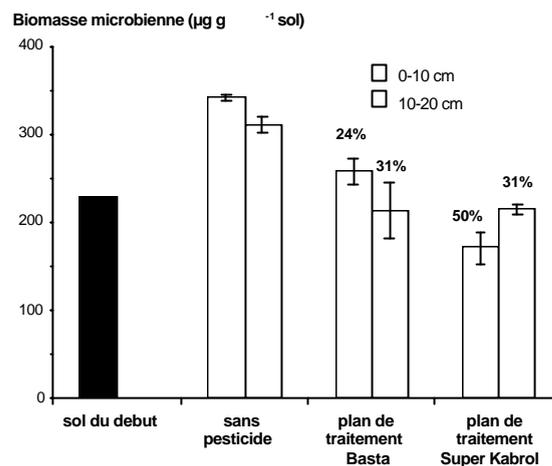


Fig. 1: Biomasse microbienne aux deux différentes profondeurs 21 jours après le dernier traitement. Programme de traitements pour des pommes de terre, avec utilisation de Basta ou de Super Kabrol comme défanant.

En résumé, dans les conditions du projet pilote, on constate que les programmes de traitements PI produisent à court terme un effet beaucoup plus négatif sur les micro-organismes. Mais une évaluation plus approfondie ne sera possible que lorsqu'on connaîtra les résultats des effets à long terme.

À partir de 2002, les essais seront poursuivis pendant trois ans en plein champ. La rotation débutera par des cultures de pommes de terre, suivies en 2003 par du blé d'hiver et en 2004 par du colza.

3.2. «Knowledge Management» pour les services cantonaux et fédéraux de protection des sols

R. von Arx, BUWAL, OFEFP, section Sol et biologie générale, CH-3003 Berne

A. Bodenmann, Ernst & Young AG, Bleicherweg 21, CH-8022 Zürich

Situation initiale

Depuis l'entrée en vigueur de la LPE en 1983 et de l'OSol en 1986, la Confédération et les cantons ont acquis de nombreuses connaissances dans le domaine de la protection des sols. Mais les échanges ciblés et l'application de ces connaissances toujours plus vastes posent de plus en plus de problèmes et d'exigences. Si une partie de ces informations est à la disposition de tous les services spécialisés, une autre n'est conservée que par certaines personnes, et il est donc difficile d'y avoir accès. Ainsi, il peut arriver que les mêmes problèmes soient étudiés plusieurs fois de manière différente, souvent involontairement. Etant donné leurs ressources limitées et l'accroissement de leurs tâches, les services de protection des sols doivent et souhaitent absolument éviter de tels doublons à l'avenir. C'est pourquoi neuf services spécialisés de la Confédération et des cantons représentés au sein du groupe de travail BSA/VBB ont décidé d'évaluer les possibilités offertes par le «Knowledge Management». Finalement, l'OFEFP a chargé l'entreprise Ernst & Young d'ébaucher une stratégie pour encourager les échanges de connaissances entre les services cantonaux et fédéraux de la protection des sols par la méthode du «Knowledge Management».

La stratégie générale doit s'appuyer sur les résultats d'une enquête. Celle-ci a montré que les rencontres régulières lors des séminaires spécialisés offraient une bonne base pour les échanges personnels d'expérience. Les possibilités d'amélioration concernent notamment les échanges et l'utilisation commune de bases, de documents et d'informations sous forme électronique.

Buts

Le principal objectif du projet est d'améliorer les échanges de connaissances entre les services de la protection des sols, la Confédération et les

cantons, et de permettre une application encore plus ciblée des données existantes. C'est le seul moyen d'éviter des doublons et d'assurer une utilisation optimale des ressources limitées. Les connaissances techniques doivent être mises à la disposition des intéressés au moyen d'une plate-forme électronique facile à utiliser. Il faudra clairement définir le contenu, les procédures et les responsabilités. De cette manière, il devrait être possible de resserrer encore le réseau des services de la protection des sols, et d'optimiser la collaboration. Ce qui permettra de poursuivre l'uniformisation des méthodes d'analyse, des interprétations et des mesures.

Démarches entreprises jusqu'ici

En mars 2001, sur demande de l'OFEFP, Ernst & Young a fait une première présentation des possibilités offertes par le «Knowledge Management» aux services de la protection des sols, en s'appuyant sur ses nombreuses années d'expérience dans ce domaine. Un premier atelier animé par des conseillers d'Ernst & Young a été organisé au début septembre. L'équipe de projet, constituée de neuf représentantes et représentants des services de la protection des sols et de conseillers d'Ernst & Young, a discuté à cette occasion des principales tâches et des problèmes prioritaires en matière de protection des sols. Sur la base des résultats de cette séance de travail, Ernst & Young a établi un catalogue de propositions de mesures, qui a ensuite été remanié par l'équipe de projet lors d'un deuxième atelier (fig. 2).
Mesures

Les 13 mesures proposées visent à soutenir de nombreuses tâches spécifiques des services de protection des sols. Elles recouvrent des sujets très divers, comme «apprendre des clients», «infothèque», «calendrier des manifestations», etc. La plupart des propositions se basent sur une plate-forme électronique. Parmi les procédures soutenues figurent notamment les consultations, les tâches de mise en œuvre et les contrôles d'efficacité. Dans un premier temps, la plate-forme devrait être uniquement mise à la disposition des services cantonaux de protection des sols et de l'OFEFP. Dans une étape ultérieure, on peut envisager de l'ouvrir à d'autres services de protection de l'environnement ou à des instituts de recherche (fig. 3).

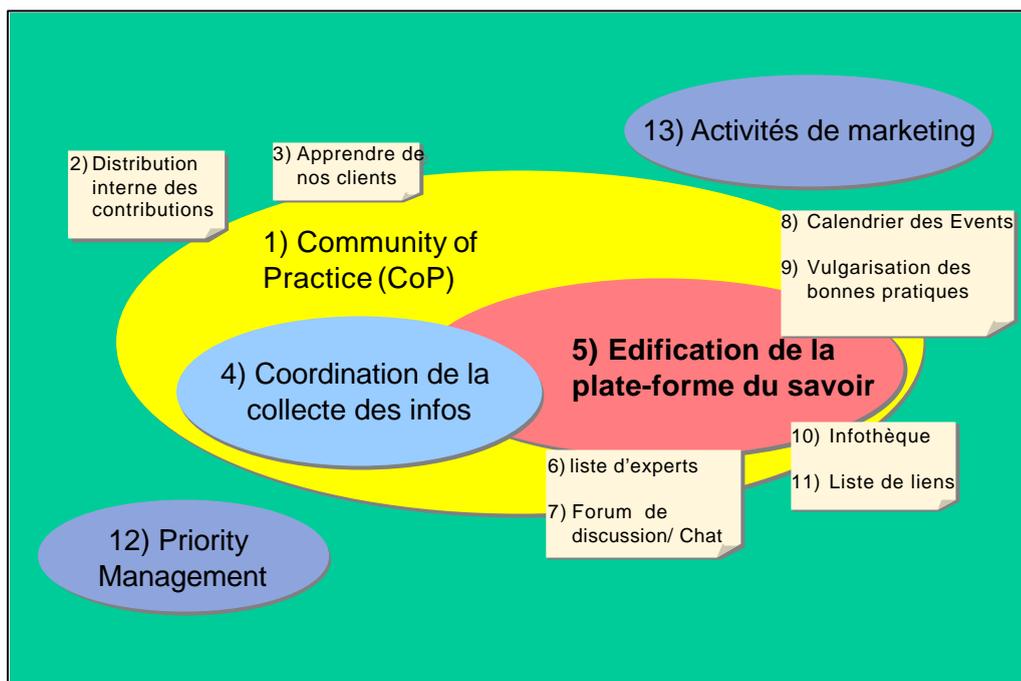


Fig. 2: Aperçu des différentes mesures proposées

Domaine / Niveau	Agriculture	Protection des sols	Amé. du territoire
Confédération	CoP interdisciplinaire (3)		
Cantons	CoP des FaBo (1)		
Privés	CoP élargie (2)		

Fig. 3: La plate-forme de la Community of Practice (CoP) vise à encourager dans un premier temps les échanges d'informations entre les services de protection des sols des cantons et de la Confédération (1). Elle pourra être élargie dans une étape ultérieure à un autre cercle de participants (2 et/ou 3).

Prochaines étapes

Les services de la protection des sols se sont déclarés en principe intéressés par une telle plate-forme commune. En ce moment, l'équipe de projet définit les mesures à prévoir dans une première étape. Des questions se posent par rapport aux aspects suivants:

- Dimension du projet, quelles mesures faut-il mettre en œuvre dans un premier temps?
- Où installer physiquement cette plate-forme, c'est-à-dire sur quel serveur – OFEFP – Conférence des chefs des services et offices de la protection de l'environnement (KVU) – autres?

- Coûts et frais de personnel?
- Participation des services cantonaux de protection des sols; répartition des coûts?

Le projet prévoit qu'une première version de la plate-forme sera mise à la disposition des services cantonaux de protection des sols en 2003. Sur la base des expériences acquises dans la mise en œuvre des mesures lors de cette étape initiale, on pourra envisager ensuite un développement modulaire de la plate-forme.

4. Forum

4.1. Indicateurs de risques concernant l'effet de produits phytosanitaires sur les systèmes terrestres

Gabriela S. Wyss, IRAB, Ackerstrasse, CH-5070 Frick

Pourquoi a-t-on besoin d'indicateurs?

L'utilisation de produits phytosanitaires (PPS) en agriculture peut présenter une menace pour l'environnement. C'est pourquoi divers pays européens s'efforcent de réduire l'usage de pesticides et par conséquent de leurs risques. L'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) offre à ses États membres, dont la Suisse fait également partie, une plate-forme permettant de discuter ce genre de questions et de lancer des projets au sein des pays (les projets doivent être financés par les pays).

Les risques liés à l'utilisation de pesticides dépendent de la quantité et de la période d'application des PPS, de leur comportement dans l'environnement, ainsi que de leur toxicité sur les organismes qui ne sont pas visés par le traitement. Les indicateurs de risques peuvent être utilisés en tant qu'instrument politique pour

- évaluer les risques découlant de l'utilisation de PPS et fixer des mesures ciblées,
- identifier des points faibles (comparaison entre différents groupes de pesticides, par exemple organo-phosphorés *versus* pyrèthrinoïdes),
- analyser des tendances,
- évaluer les effets de mesures d'incitation,
- comparer des systèmes de production quant aux risques qu'ils présentent pour l'environnement.

Les indicateurs se basent sur des propriétés des pesticides, sur des données concernant l'utilisation (consommation actuelle, si ces données sont disponibles, sinon chiffres des ventes de PPS), sur des informations relatives à l'application et sur des paramètres environnementaux, et comprennent aussi le calcul d'indices de

risques. Les valeurs de risques relatives sont évaluées en calculant le rapport entre exposition et toxicité.

Premières expériences avec les indicateurs de risques OCDE pour les eaux courantes (ARI's)

En 1998, un projet visant à développer des indicateurs de risques pour le compartiment eaux courantes (ARI's) a été lancé dans le cadre du programme de l'OCDE sur la réduction des pesticides. Trois indicateurs, REXTOX, ADSCOR et SYSCOR, ont été développés afin d'évaluer le risque relatif de PPS utilisés en agriculture pour les organismes des eaux courantes.

Si tous les indicateurs portent en l'occurrence sur la toxicité envers les algues, les daphnies et les poissons, ils se distinguent cependant par le mode de calcul du risque (modèles mécaniques *versus* attribution de points). La Suisse a fait de premières expériences avec ces indicateurs à travers un projet pilote mené avec d'autres pays. Dans le cadre d'un mandat de l'OFEFP et de l'OFAG, l'IFAEPE et la FAW ont évalué l'adéquation, la validité et l'acceptation de ces indicateurs en tant qu'«instrument politique», en se basant sur des données d'utilisation dans les régions des lacs de Greifen, Morat et Baldegger. Les résultats de ce processus de validation figurent dans le rapport final du projet (Swiss Final Report on the Validation of OECD Pesticide Aquatic Risk Indicators (2001). Marianne E. Balmer, FAW und Silvia Frey, EAWAG). Celui-ci peut être obtenu auprès de Roland von Arx, OFEFP.

Élargissement à de nouveaux compartiments environnementaux: indicateurs de risques terrestres

Étant donné l'intérêt suscité par le travail sur les indicateurs de risques, un groupe de discussions «Indicateurs de risques terrestres» de l'OCDE a été constitué en novembre 2000 sous la direction de la Suisse. Dans le cas des indicateurs terrestres, on calcule soit la toxicité sur des organismes terrestres tels que vers de terre, mammifères, oiseaux, etc., soit des atteintes générales portées au système terrestre, en

tenant compte d'autres paramètres ayant une incidence sur ce compartiment.

Le groupe a effectué une synthèse des applications existantes d'indicateurs terrestres, en faisant ressortir les différences entre ces indicateurs ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients. D'après ce «Report of the OECD Discussion Group on Terrestrial Risk Indicators of the Working Group on Pesticides» (disponible auprès de Gabriela Wyss, IRAB), 13 indicateurs terrestres sont en phase de développement ou déjà utilisés dans des États membres de l'OCDE. Neuf d'entre eux servent à calculer des tendances de risques à une échelle nationale (tab. 1). Les autres sont utilisés au niveau d'exploitations ou à des fins scientifiques.

	Indicateur	OCDE États membres	Référence
1	Threshold Approach	Grande-Bretagne (UK)	Hart, 1998
2	Frequency of Application	Danemark (DK)	Clausen, 1998
3	Index of Load	Danemark (DK)	Clausen, 1998
4	Norwegian Environ. Risk Indicator	Norvège (N)	NAIS, 2000
5	Indicator Soil	Hollande (NL)	Luttik & Kalf, 1998.
6	Indicator Terrestrial Compartment	Hollande (NL)	Luttik & Kalf, 1998.
7	SYNOPS_2	Allemagne (D)	Gutsche & Rossberg, 1997a,b und 1998
8	Pesticide Risk Index for Hypogean* Soil Systems	Italie (IT I.)	Finizio <i>et al.</i> , 2001
9	Pesticide Risk Index for Epygean** Soil Systems	Italie (IT II.)	Finizio <i>et al.</i> , 2001

* concerne la partie du sol située juste sous la surface

** concerne la partie du sol située juste à la surface

Un groupe d'experts de l'OCDE a récemment accepté une proposition du groupe de discussions concernant un projet de deux ans sur l'application d'indicateurs terrestres. Ce projet vise à

- sélectionner et tester 3 à 4 indicateurs terrestres du tableau 1 au sein d'un groupe restreint d'États membres de l'OCDE,

- réunir et utiliser des données d'entrée appropriées,
- améliorer la visualisation des tendances de risques, et
- adapter un logiciel déjà disponible en tenant compte des connaissances les plus récentes.

Il va de soi que les connaissances acquises lors du précédent projet sur les indicateurs pour les eaux courantes seront utilisées activement et intégrées dans ce projet.

Exemple d'un indicateur simple:

„Index of Load“ (Danemark; Clausen, 1998)

$$\text{Index of Load} = \frac{\sum (\text{kg a.i.}_i / \text{TOX})_i \times 1000}{\text{ha}_i}$$

[kg a.i.]: quantité totale des achats annuels d'une matière active, déterminée sur la base d'informations sur les ventes de produits fournies par l'industrie chimique;

TOX: indication sur la toxicité;

[ha]: surface totale traitée avec la matière active au Danemark;

i= matière active spécifique d'un pesticide;

j= année spécifique;

pour simplifier le calcul, l'indicateur est multiplié par 1000.

Exemple d'un indicateur environnemental complexe et global:

„Environmental Risk Index“ (Norvège; NAIS, 2000)

$$\text{Environmental risk index} = (T + A + L + 2P + B + 1)^2$$

T= points pour des effets terrestres indésirables

A= points pour des effets aquatiques indésirables

L= points pour le Leaching Potential

P= points pour la persistance

B= points pour la bioaccumulation; calculés à partir de la persistance de la matière active dans le sol et de sa durée de demi-vie pour un assainissement correspondant dans le sol.

Le chiffre 1 est ajouté à la somme afin que l'utilisation de pesticides n'ayant obtenu aucun point soit, comme jusqu'ici, aussi prise en considération par rapport au risque environnemental.

Tous les indicateurs mentionnés sont destinés au calcul des tendances de risques à l'échelle nationale.

Clausen, H. (1998): "Ændringer i bekæmpelsesmidlernes egenskaber fra 1981-1985 frem til 1996," Rep. No. 223. Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser, Copenhagen.

Finizio, A., Calliera, M. et Vighi, M. (2001): Rating system for pesticide risk classification on different Ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 49, 262-274.

Gutsche, V. et Rossberg, D. (1997a): Die Anwendung des Modells SYNOPSIS 1.2 zur synoptischen Bewertung des Risikopotentials von Pflanzenschutzmittelwirkstoffgruppen für den Naturhaushalt. *Nachrichtendienst des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 49, 273-285.

Gutsche, V. et Rossberg, D. (1997b): Synops 1.1: a model to assess and to compare the environmental risk potential of active ingredients in plant protection products. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 64, 181-188.

Gutsche, V. et Rossberg, D. (1998): SYNOPSIS_2. In "Integrated Pest Management Measurement Systems Workshop" (E. Day, ed.), pp. 99-113. American Farmland Trust, Chicago, Illinois.

Hart, A., Wilkinson, D., Thomas, M. et Smith, G. (2000): "DETR Aquatic Risk Indicators Project: Report on evaluation of threshold and profile approaches," Central Science Lab, York.

Luttik, R. et Kalf, D. F. (1998): "Acite aquatic risk indicator for pesticides," Rep. No. No.607504006. National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands.

NAIS (2000): "Pesticide risk indicators for health and environment - Norway," Rep. No. Version 3. Norwegian Agricultural Inspection Service, Ås, Norway.

4.2. Recensement de lombrics par le service d'observation des sols du canton de Berne

Analyse des biomasses lombriciennes durant la première phase d'essai 1994-2000

Claudia Maurer-Troxler, Division Environnement et Agriculture, Rütli, CH-3052 Zollikofen

La Division Environnement et agriculture du canton de Berne gère un réseau cantonal d'observation des sols qui mène des études très variées, en priorité sur des sols agricoles. Différents paramètres chimiques, physiques et biologiques sont relevés sur 19 sites du Plateau bernois, constitués à chaque fois d'une prairie

naturelle et d'une parcelle assolée. Les résultats des dix premiers sites ont été publiés en 1997 (BSF 1997) et décrits dans le bulletin BSA/VBB n° 3 (Bulletin BSA/VBB 3/1999).

On trouvera ci-dessous une présentation et une discussion des biomasses des populations lombriciennes relevées sur l'ensemble des 19 sites durant la première phase d'essai.

Les espèces de vers de terre vivant dans les terres assolées et les prairies permanentes peuvent être classées en trois groupes écologiques, qui se distinguent fondamentalement par leur mode de vie, leurs exigences et leurs effets sur la structure du sol :

- **Espèces épigées:** petits vers fortement pigmentés, vivant dans la litière ou dans les premiers centimètres du sol et se nourrissant de matériel organique peu décomposé.
- **Espèces endogènes:** espèces de petite à moyenne grandeur, pas ou pratiquement pas pigmentées, vivant dans la zone d'enracinement du sol. Ces vers se nourrissent de substances organiques présentes dans le sol, qui sont absorbées en même temps que des composants minéraux. Leur activité provoque l'apparition d'un système de gale-

ries non permanentes, surtout horizontales, et partiellement remplies de solutions.

- **Espèces anéciques:** vers de grande taille et à forte pigmentation, creusant des galeries profondes et verticales plongeant jusqu'au sous-sol. Ils peuvent vivre plusieurs années dans ces galeries dont ils tapissent les parois avec des solutions. Ces vers se nourrissent de litière qu'ils recherchent à la surface du sol et ramènent dans les galeries; leurs excréments sont déposés dans des galeries et à la surface du sol.

Lors de l'évaluation du recensement des lombrics, on a tenu compte à la fois de la biomasse totale et des biomasses des différents groupes écologiques. Parmi les espèces anéciques, les *Lumbricus terrestris* ont été traités séparément, car ceux-ci, contrairement au genre *Nicodrilus*, ne s'enroulent pas en cas de gel ou de sécheresse, mais se retirent dans les couches profondes du sol.

Pour l'évaluation des populations lombriciennes des prairies naturelles, on a pris comme valeur de référence l'étude «Peuplements lombriciens des prairies permanentes du Plateau suisse» (Ökonsult-Cuendet 1997). La moitié des 91 sites

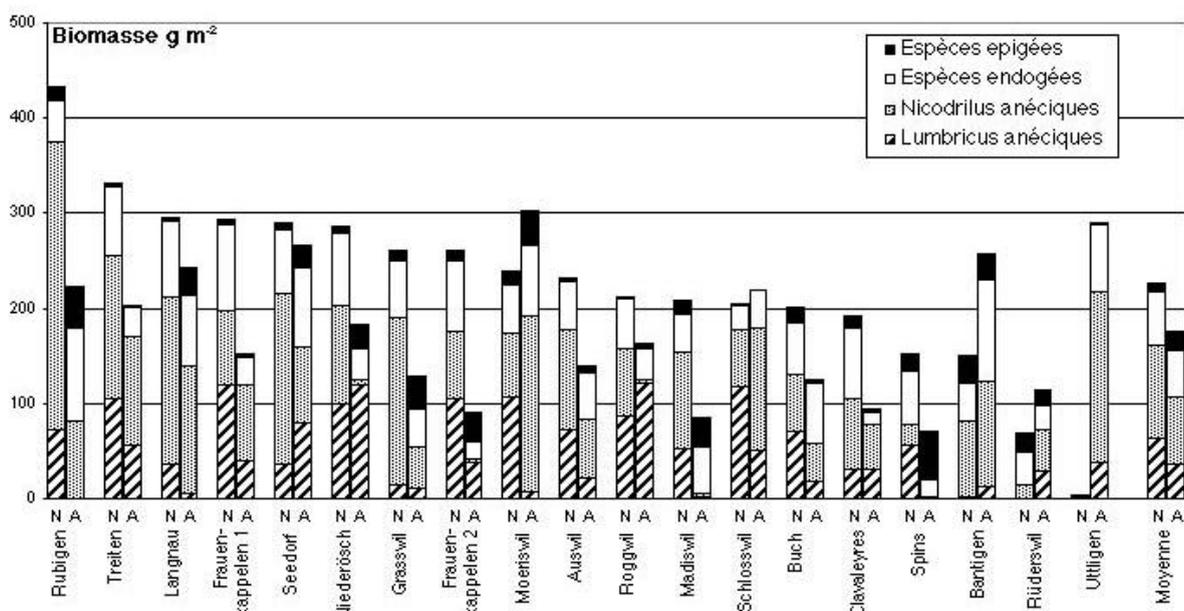


Fig. 4: Biomasses lombriciennes des 19 prairies naturelles (N) et des terres assolées (A). Première série d'échantillonnages effectuée entre 1994 et 2000 dans le cadre du réseau d'observation des sols du canton de Berne.

qui y sont étudiés présentent une biomasse lombricienne totale de 250 à 400 g/m², la médiane se situant à 301 g/m². Neuf prairies naturelles suivies dans le cadre du réseau cantonal d'observation des sols présentent des valeurs similaires; dans neuf autres sites, on a trouvé des valeurs inférieures, et dans un site, des valeurs supérieures (fig. 4). Les biomasses moyennes des quatre groupes écologiques se situent également dans la fourchette des valeurs de référence.

En revanche, il n'existe aucune valeur de référence pour les terres assolées. Dans ces parcelles, les recensements de lombrics ont toujours été effectués au cours de la première année d'utilisation principale en prairie artificielle. On sait que la population de lombrics peut se régénérer de façon marquée pendant la période de prairie artificielle (Jossi et al. 2001). Il est donc probable que les valeurs relevées sont plus élevées que celles auxquelles on pourrait s'attendre pour des terres assolées ouvertes.

Si l'on compare la biomasse totale entre prairies naturelles et terres assolées, on constate que, dans 9 sites sur 19, les prairies naturelles présentent des valeurs significativement supérieures à celles des terres assolées. Le contraire ne s'observe que dans un seul site (Uettligen), un résultat qui reste encore inexplicable (fig. 4).

La répartition par groupes écologiques est variable : dans les terres assolées, les espèces creusant en profondeur, en particulier les *Lumbricus*, se révèlent moins nombreuses que dans les prairies. Les espèces anéciques sont en effet décimées par le travail du sol. Les animaux peuvent être directement tués par la charrue ou d'autres outils de travail du sol. Mais ils souffrent encore plus de la destruction répétée de leurs galeries dans la couche supérieure sous l'effet du travail du sol et de la pression des machines lourdes. Les galeries stables du sous-sol restent intactes pendant plusieurs années, mais leur liaison avec la couche supérieure du sol est coupée. Les animaux n'ont donc plus la possibilité de se replier, et l'eau ainsi que l'air ne parviennent plus à pénétrer en profondeur. Ce qui fait qu'une grande partie de l'eau de pluie s'écoule en surface (érosion). Quelques galeries intactes de

lombrics par mètre carré suffisent pourtant à assurer l'écoulement de quantités considérables d'eau de ruissellement en profondeur (Bäumer 1995). Il existe donc un lien direct entre les galeries verticales stables et intactes et le régime hydrique du sol. Cependant, comme la biomasse des espèces anéciques n'est pas directement comparable avec le nombre de galeries fonctionnelles - ces dernières persistent quelques années après la mort des animaux (Edwards 1996) - , on n'a pas pu trouver de corrélation directe entre les biomasses lombriciennes et le taux d'infiltration.

Contrairement aux espèces anéciques, la biomasse des épigées s'est révélée significativement supérieure dans les terres assolées par rapport aux prairies naturelles, cela dans 10 sites sur les 19 étudiés. Ces habitants de la litière profitent de la réduction du nombre d'espèces creusant en profondeur, qui sont leurs concurrentes pour la nourriture. En cas de production importante de litière - les prairies artificielles sont plus souvent fauchées que les prairies naturelles - les espèces épigées se multiplient très rapidement.

En ce qui concerne les espèces endogènes, on n'a observé aucune différence entre les prairies naturelles et les terres assolées.

La présentation et la discussion de l'ensemble des données physiques et biologiques seront publiées courant 2002 dans le 2^{ème} rapport «Observation du sol dans le canton de Berne: résultat de la première phase d'essai».

Bäumer, K. (1995): Ökologische Aspekte der Bodenbearbeitung. In: Zeitgemässe Bodenbearbeitungssysteme - verfahrenstechnisch effizient, ökologisch präzise. Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Bauwesen Hessen, Bericht Nr. 62.

Service de la protection des sols du canton de Berne (1997): Bodenbeobachtung im Kanton Bern. Ein physikalisch-biologisch-chemischer Ansatz.

Edwards C. A. und Bohlen P. J. (1996): Biology and Ecology of Earthworms. 3. Auflage. Chapman and Hall, London.

Jossi W., Valenta A., Zihlmann U., Dubois D. (2001): Burgrain: Einfluss unterschiedlicher Anbausysteme auf die Regenwurmfauna. Agrarforschung 8 (2), 60 - 65.

Ökonsult-Cuendet, G. (1997): Peuplements lombriciens des prairies permanentes du Plateau suisse.

OFEFP, Cahier de l'environnement, n° 291, Berne 1997.

BSA/VBB Biologie du sol - application (1999): Bulletin n° 3. Commande: IRAB, CH-5070 Frick.

4.3. Utilisation de bactéries du sol pour la protection des végétaux

Christoph Keel, Laboratoire de Biologie microbienne, Université de Lausanne, CH-1015 Lausanne; christoph.keel@lbm.unil.ch

Les racines de nos plantes cultivées sont souvent attaquées par des champignons pathogènes responsables de fontes des semis, de pourritures et de flétrissements qui entraînent des baisses de rendement considérables. La lutte contre ces maladies fongiques du sol se révèle très difficile. Une mesure consiste à respecter des rotations adaptées, mais elle ne suffit souvent pas à elle seule. Quant aux méthodes conventionnelles de lutte mécanique et chimique, elles ne sont souvent pas assez efficaces, sans compter que les pesticides utilisés présentent un risque sérieux pour l'environnement et la santé publique. Il existe donc un véritable besoin en méthodes alternatives, écologiquement acceptables, de lutte contre les maladies fongiques du sol. À cet égard, la lutte biologique au moyen de bactéries du sol utiles ouvre de fascinantes perspectives d'avenir. Différentes équipes de chercheurs se sont intéressées plus particulièrement aux *Pseudomonas fluorescens*, un groupe de bactéries très répandues et diversifiées qui colonisent de nombreuses niches écologiques dans l'environnement.

En collaboration avec le groupe de Mme Défago, professeur au Laboratoire de phytopathologie de l'EPF Zurich, le Laboratoire de Biologie microbienne étudie depuis plusieurs années une bactérie particulièrement efficace du genre *Pseudomonas fluorescens*. Le sol de Suisse romande d'où la bactérie a été isolée s'était fait remarquer par sa résistance durable et naturelle à une pourriture des racines du tabac. On a constaté que les bactéries vivant dans ce sol contribuaient à protéger les plantes contre la maladie fongique. Mais là où la découverte est devenue vraiment intéressante, c'est lorsqu'on a pu reproduire l'effet antifongique

dans d'autres sols contaminés. Des essais sous serre et en plein champ ont en effet montré que la bactérie, une fois introduite dans le sol, colonisait rapidement les racines de plantes cultivées très diverses, comme le blé, le maïs, le tabac, la tomate et le concombre, et les protégeait efficacement contre toute une série de champignons phytopathogènes.

L'effet antifongique de *Pseudomonas fluorescens* fait intervenir des interactions complexes entre différents mécanismes. L'une des conditions de base est la capacité de la bactérie à coloniser rapidement et agressivement les racines des plantes. Ce faisant, elle se nourrit d'exsudats racinaires et produit toute une série de métabolites biologiquement actifs, dont des substances ayant un effet antibiotique, des chélateurs de fer, des hormones végétales, des enzymes et des exopolysaccharides. La bactérie utilise une partie de ces métabolites pour écarter des prédateurs et des concurrents indésirables en matière de place et de nourriture, dont certainement aussi des champignons phytopathogènes. Par des méthodes complexes de biochimie et de génétique moléculaire, on est parvenu à démontrer que l'effet protecteur contre les maladies des racines provenait essentiellement de deux métabolites sécrétés par la bactérie et présentant une grande efficacité contre les champignons. La quantité produite et l'efficacité de ces substances sont influencées par de nombreuses interactions entre la bactérie, les plantes cultivées, les agents pathogènes et l'écosystème du sol. En outre, la bactérie protège les plantes non seulement à travers son action directe sur l'agent pathogène, mais elle peut aussi amener ces dernières à se défendre elles-mêmes contre des agents pathogènes, probablement à travers des molécules-sigaux spécifiques. Ce phénomène a été observé chez des plantes dont les racines étaient colonisées par la bactérie, et dont les feuilles ont aussi été protégées contre des attaques de maladie, bien que la bactérie n'ait jamais été en contact direct avec l'agent phytopathogène.

La survie et l'activité biologique de *Pseudomonas fluorescens* dans la rhizosphère et dans le sol sont influencées par un grand nombre de facteurs environnementaux biotiques et abiotiques. La recherche se concentre actuellement

sur l'étude des stratégies et des mécanismes de régulation permettant aux bactéries de relever ce défi. Une découverte particulièrement fascinante est le fait que les bactéries ont développé une sorte de « langage » leur permettant de communiquer entre elles ainsi qu'avec leur environnement. Au sein des populations de bactéries, cette communication s'effectue à travers l'échange de signaux spécifiques, qui permettent aux différentes cellules bactériennes de coordonner leur comportement et de réagir comme s'il s'agissait d'un organisme pluricellulaire. C'est ainsi que les bactéries s'organisent à la surface des racines en petites colonies, au sein desquelles les molécules-signaux s'accumulent parallèlement à l'augmentation de la densité de la population. Lorsqu'on atteint une concentration critique, cela déclenche la production de substances à effet antifongique en quantités extrêmement efficaces au niveau local. Quelques-uns de ces signaux permettent même aux bactéries de dépasser la barrière des genres et de communiquer avec d'autres bactéries colonisatrices des racines. Les échanges de signaux jouent aussi un rôle important dans les interactions bactériennes avec les champignons phytopathogènes et les plantes hôtes. C'est ainsi qu'une maladie des oëillets, la fusariose (*Fusarium oxysporum*), dans une sorte de réaction d'autodéfense, sécrète une toxine qui bloque la production de substances antifongiques par la bactérie et réduit ainsi fortement son action protectrice. Il semble qu'une série d'autres métabolites de champignons, de plantes et de bactéries produisent des effets similaires. Cela montre à quel point la compréhension des échanges de signaux entre les bactéries utiles du sol et la rhizosphère est importante, si l'on veut améliorer l'efficacité des bactéries dans l'optique d'une utilisation commerciale pour la protection phytosanitaire.

Aujourd'hui, de nombreuses préparations bactériennes sont utilisées dans le monde entier, notamment en Chine et aux USA, où elles sont déjà appliquées avec succès à une échelle commerciale. Les préparations qui sont commercialisées non pas comme pesticides biologiques, mais comme produits d'amélioration du sol ou régulateurs de croissance des plantes posent moins de problèmes d'homolo-

gation. En Europe, on ne trouve pour l'instant sur le marché qu'un seul produit à base de *Pseudomonas*. Commercialisé sous le nom de Cedemon, il est surtout utilisé jusqu'à présent en Scandinavie pour le traitement des semences de céréales contre diverses maladies fongiques.

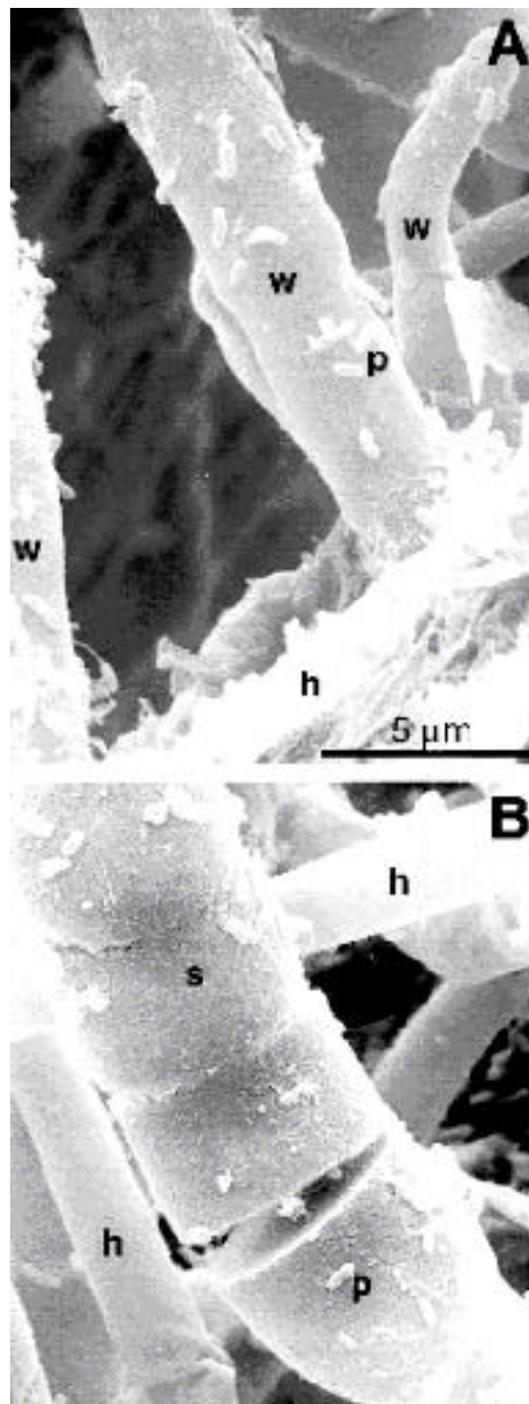


Fig. 5: La bactérie du sol *Pseudomonas fluorescens* colonise les racines de végétaux (A) et attaque des champignons nuisibles (B). p,

cellules de *Pseudomonas*; w, radicelles; h, mycélium; s, spores du champignon.

Si l'on veut utiliser de manière responsable des bactéries du sol pour la protection des végétaux, il faut procéder au préalable à un examen approfondi des problèmes de sécurité biologique liés à la dissémination de ce genre de micro-organismes. Car pour être efficaces, les bactéries doivent être appliquées à des concentrations relativement élevées, de l'ordre de 10 à 100 millions de cellules par gramme de racines ou de semences. Un chiffre relativisé par le fait que le nombre de micro-organismes déjà présents dans la rhizosphère est encore plusieurs fois plus élevé. En outre, il ne faut pas oublier que les bactéries utilisées sont une composante naturelle de nos sols. Des études menées à grande échelle ont montré que ces bactéries antifongiques ne se trouvaient pas seulement dans le sol de Suisse romande mentionné ci-dessus, mais aussi dans des terres assolées en Asie, Afrique, Australie, Amérique du Nord et du Sud.

Dans le cadre de programmes prioritaires nationaux et européens (Biotechnologie, IMPACT-ECOSAFE), on étudie depuis plusieurs années la manière dont les bactéries *Pseudomonas* disséminées se développent, où et combien de temps elles survivent dans le sol, et leur influence éventuelle sur d'autres micro-organismes ou processus biologiques. Jusqu'ici, on pensait que les bactéries ne se développaient pas au-delà des couches superficielles du sol. Mais de nouvelles études de terrain ont montré qu'en cas de fortes pluies, elles pouvaient atteindre très rapidement et en grandes quantités les couches profondes du sol à travers les fissures et les galeries de vers de terre et de racines. De plus, les bactéries disséminées dans le sol ne meurent pas après quelques semaines, comme on le pensait jusqu'ici, mais peuvent survivre pendant plusieurs mois dans un état inactif de «repos», jusqu'à ce qu'elles soient réactivées en partie par les racines des plantes. Pour évaluer les questions de sécurité, il importe de toujours comparer la survie et la diffusion de ces bactéries avec d'éventuels effets négatifs, par exemple sur la diversité des espèces de la microflore ou sur les processus biologiques du sol. C'est pourquoi on a notamment étudié d'éventuelles répercussions

sur le nombre et la diversité des mycorhizes et des bactéries fixatrices d'azote, ainsi que sur l'activité enzymatique, la respiration et les flux de carbone et d'azote dans le sol. Malgré des recherches intensives, aucun effet négatif n'a pu être mis en évidence, même après des applications multiples de variantes de bactéries sécrétant des quantités de substances antifongiques plusieurs fois supérieures à la normale. On a constaté au contraire que la diversité de la microflore naturelle et des processus biologiques dans le sol était bien plus influencée par la croissance des plantes et les mesures culturales traditionnelles (rotations, engrais organiques, travail du sol).

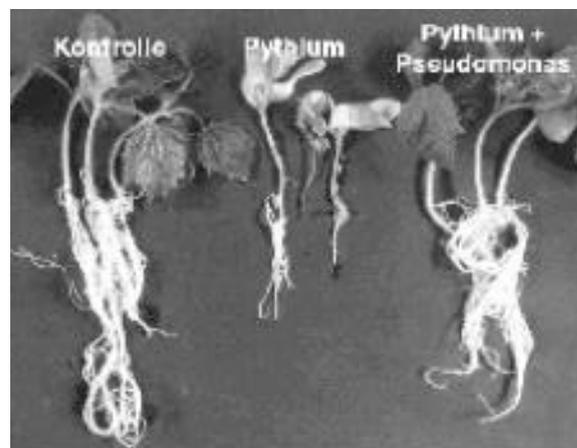


Fig. 6: Les plants de concombres traités avec *Pseudomonas fluorescens* sont protégés contre la pourriture des racines (*Pythium*).

En Suisse, on ne commercialise pas encore de bactéries du sol *Pseudomonas* pour la protection des végétaux. Des travaux de recherche sont encore nécessaires afin d'améliorer l'efficacité et la fiabilité des bactéries dans les conditions d'utilisation de la pratique, et de résoudre certains problèmes de formulation et d'entreposage. Dans un premier temps, il serait plus judicieux d'envisager une commercialisation pour les cultures sous serre. C'est en effet là que l'on a obtenu les meilleurs résultats jusqu'ici, et que l'on peut minimiser au maximum les risques éventuels d'atteintes à l'environnement.

4.4. Concept «Sol» de l'Office fédéral de l'agriculture – résumé

Hans-Rudolf Oberholzer, FAL, CH-8046 Zürich

L'opinion publique est moins sensible à la conservation de la fertilité du sol qu'au maintien de la pureté de l'air ou de l'eau - un sol contaminé par des polluants n'est pas aussi facile à reconnaître à l'aide de nos sens que de l'eau polluée ou de l'air vicié. Partant de ce constat, et en s'appuyant sur différentes dispositions légales (notamment l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols OSol et l'ordonnance sur l'évaluation de la durabilité de l'agriculture), l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) intensifie son engagement dans le domaine du sol. À travers son «concept Sol», l'OFAG poursuit différents objectifs, dont en particulier la création d'un instrument devant permettre d'étudier l'influence sur les sols de la politique et des activités agricoles, et de prendre des mesures appropriées. En collaboration avec les stations de recherche agronomique, elle a élaboré à cet effet une stratégie scientifiquement fondée, transparente et donc vérifiable, susceptible d'être développée et discutée, qui servira de base pour la recherche, le monitoring, la vulgarisation, la mise en oeuvre et la politique dans le domaine du sol.

La partie pédologique s'intéresse à l'évaluation objective de la fertilité des sols. Selon le concept présenté ici, un sol est considéré comme fertile lorsqu'il remplit ses fonctions conformément aux conditions de la station. Ce principe correspond en substance à l'ordonnance suisse sur les atteintes portées aux sols.

Dans un premier temps, il s'agit de définir et de décrire les fonctions, puis les propriétés du sol. Ensuite, on procède à une évaluation qualitative et quantitative des propriétés ayant une influence directe ou indirecte sur les fonctions du sol, en déterminant l'impact de modifications importantes de certaines de ces propriétés sur les fonctions du sol. En l'occurrence, on a constaté que les propriétés qui ont potentiellement le plus d'impact sur les fonctions pédologiques considérées ici sont la profondeur, la structure et la teneur en carbone organique. L'étape suivante consiste à évaluer les conséquences potentielles de l'exploitation agricole

sur les propriétés pédologiques. Il en ressort que, même si l'on respecte les prescriptions suisses en matière de prestations écologiques requises (PER), toutes les propriétés du sol (à l'exception de la granulométrie) sont susceptibles de subir des atteintes considérables. Cependant, une exploitation appropriée offre d'importantes possibilités de régénération des sols – autrement dit, on dispose encore d'une grande marge de manœuvre dans le cadre des PER pour élaborer des mesures agronomiques concrètes et les adapter aux conditions locales. En outre, la capacité de l'exploitant à adapter ses méthodes d'exploitation en fonction des conditions du sol devrait jouer un rôle considérable dans la prévention des atteintes portées aux sols. Cependant, certains dégâts, en particulier la perte de sol liée à l'érosion, le compactage du sous-sol et les dépôts de polluants, ont été considérés comme irréversibles à moyen terme, même en respectant les meilleures pratiques agricoles. Par ailleurs, on a évalué de façon analogue l'impact de différentes autres activités humaines (étanchéification due aux constructions, exploitation de gravier, atteintes environnementales globales par des émissions de polluants, dépôts acides) sur la qualité des sols.

Voici quelques possibilités d'application de ces principes de base:

- Dans le domaine de l'agroécologie, ces études montrent que c'est l'érosion qui représente à moyen terme le plus grand danger potentiel, suivie du compactage du sous-sol et des dépôts de polluants. Lors de la mise en oeuvre, il faut tenir compte du fait que l'érosion ne menace que les stations en pente, alors que les autres risques concernent toutes les stations. Viennent ensuite, à une certaine distance, la perte de substances organiques et, par conséquent, la diminution de la capacité d'emmagasinement du sol.
- Concernant l'évaluation de l'état actuel des qualités du sol, on trouve des stations qui présentent des «dégâts maximum» pour chacune des propriétés pédologiques, à l'exception de la capacité d'emmagasinement, sur laquelle on ne possède pas assez de données systémati-

ques, et de la granulométrie, qui ne subit pas de dégâts. Par ailleurs, on manque de données fiables sur les atteintes portées au sol à grande échelle.

- Afin de souligner les besoins en matière de politique agricole, les atteintes portées aux sols sont mises en relation avec les principales méthodes d'exploitation responsables de ces dégâts. Cela permet d'évaluer l'impact d'activités agricoles spécifiques sur les différentes atteintes portées aux sols.
- À partir de ces résultats, il est possible de fixer des priorités pour la recherche. L'élaboration de ce «concept Sol» a mis en évidence plusieurs lacunes et insuffisances. Une première série de lacunes concerne le monitoring, une autre l'évaluation.

La partie pédologique du «concept Sol» est un instrument scientifiquement fondé, transparent et évolutif, servant de base commune à la recherche, au monitoring, à la vulgarisation, à la mise en œuvre et à la politique. En s'appuyant sur les possibilités proposées par la recherche, les instances politiques peuvent définir des indicateurs appropriés pour le monitoring et l'évaluation. Et l'on peut affecter les fonds de manière ciblée aux domaines de recherche prioritaires compte tenu du contexte actuel de la politique agricole.

La recherche est en mesure de relever ce défi et d'élaborer des solutions pour les questions posées. En même temps, elle est appelée à poursuivre le développement scientifique des bases présentées dans le cadre de ce «concept Sol», en associant un cercle aussi large que possible d'intéressés au sein de la communauté des chercheurs.

* Résumé du travail: Toni Candinas, Jean-Auguste Neyroud, Hansrudolf Oberholzer et Peter Weisskopf, 2002. Ein Bodenkonzep als Basis für Politik, Forschung, Beratung und Vollzug. Zeitschrift Bodenschutz, eingereicht.

Impressum Bulletin BSA/VBB n° 6/2002

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

Présidente 2001/02
Gaby von Rohr
Amt für Umwelt, Fachstelle Bodenschutz
Werkhofstrasse 5
CH-4509 Soleure
Tél. 032 627 28 05
E-Mail: gaby.vonrohr@bd.so.ch

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

Le bulletin est également publié sur Internet à l'adresse:

http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/fr/fachgebiete/fg_boden/info/biologiesols