

# VBB♦BSA

ARBEITSGRUPPE «VOLLZUG BODENBIOLOGIE»  
GROUPE DE TRAVAIL «BIOLOGIE DU SOL - APPLICATION»

---

## VBB-Bulletin n° 14 / Avril 2012

<b>1. Rapport de la présidente .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Activités des groupes de projet.....</b>	<b>4</b>
2.1. Groupe de projet <i>Echange de connaissances et sensibilisation du public</i> .....	4
2.2. Groupe de projet <i>Microbiologie</i> .....	4
2.3. Groupe de projet <i>Mycorhizes</i> .....	4
2.4. Groupe de projet <i>Faune</i> .....	4
2.5. Groupe de projet <i>Observation de longue durée</i> .....	5
<b>3. Projets choisis du BSA.....</b>	<b>6</b>
3.1. Problèmes d'exploitation dus à la densité et à l'activité excessives du ver de terre <i>Nicodrilus nocturnus</i> .....	6
3.2. Suivi de la fertilité du sol après conversion du domaine de Rheinau à l'agriculture biodynamique .....	9
<b>4. Forum .....</b>	<b>12</b>
4.1. Les propriétés suppressives d'un sol sont-elles transférables? .....	12

---

### 1. Rapport de la présidente

*Sophie Campiche, Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée, Eawag-EPFL, Lausanne*

Le sol, système vivant, est un lieu de vie pour un grand nombre d'espèces animales et végétales ainsi que pour une large diversité de microorganismes. C'est une ressource rare, non renouvelable et indispensable à la vie, qu'il est nécessaire de préserver. En effet, diverses atteintes, qu'elles soient d'origine chimique, physique ou biologique, peuvent porter préjudice au sol et peuvent, entre autre, perturber son activité biologique et donc son fonctionnement et sa fertilité. Souvent encore négligée, la ressource sol semble néanmoins un peu mieux prise en considération depuis quelques années. A titre d'exemple, on peut citer la mise au concours par le Fond national suisse, sur mandat du Conseil fédéral, du Programme national de recherche 68

(PNR 68) *Utilisation durable de la ressource sol* en ce début d'année 2012. Ce PNR aura pour mission « d'améliorer le savoir sur les sols en tant que systèmes, de développer les instruments pour l'évaluation de la ressource sol et d'élaborer des stratégies en vue de l'utilisation durable du sol ». Il se concentrera, entre autre, sur la recherche d'outils d'évaluation des sols afin, par exemple, d'identifier des indicateurs permettant de déterminer la fertilité et la qualité d'un sol ainsi que les changements au niveau de ses fonctions.

Le groupe de travail *Biologie du sol - Application* (BSA) est déjà actif dans ce domaine et œuvre dans ce sens depuis maintenant plus de 15 ans, se consacrant à la protection et l'observation des sols d'un point de vue biologique. Se réunissant deux fois par année en séances d'une journée afin de discuter, d'échanger des informations et d'élaborer de nouvelles stratégies à ce sujet, le groupe BSA vous fait part des dernières avancées en la matière dans cette 14<sup>e</sup> édition du présent bulletin d'information.

Les membres du BSA se sont intéressés et ont abordé différentes thématiques au cours de l'année écoulée. Ainsi, l'ART nous fait part dans son article (page 6) d'une problématique plutôt inhabituelle, celle de la colonisation des prairies alpines de Suisse orientale par une espèce de vers de terre engendrant des désagréments pour la gestion des pâturages, alors que les vers de terre sont généralement reconnus pour leur activité bénéfique quant à la fertilité du sol. Le FIBL nous informe sur le potentiel que représentent les paramètres biologiques pour l'évaluation de la fertilité du sol lors d'une reconversion des domaines agricoles vers la biodynamie (page 9). Il s'est également penché sur les sols suppressifs et leur capacité de reconstitution en cas de perturbation (page 12).

La plupart des groupes de projets ont repris ou poursuivis les différents travaux entrepris. Ainsi le groupe de projet *Echange de connaissances et sensibilisation du public* a repris ses activités

et s'est réuni afin de faire évoluer et d'améliorer la convivialité de la plateforme KMSOIL servant à l'échange d'information et permettant la collaboration des services de protection du sol de la Confédération (compte rendu 2.1). Le groupe de projet *Faune* s'est quant à lui réuni à plusieurs reprises afin de discuter et de réaliser un état des lieux des données sur la faune du sol suisse et d'identifier les lacunes (compte rendu 2.2).

Je souhaite que ces collaborations et l'engagement des membres du groupe de travail *Biologie du sol – Application* pour la protection des sols se poursuivent à l'avenir et espère que les échanges et nouveaux développements à venir permettront d'accroître l'intérêt pour ce domaine, encore souvent trop peu considéré. Bonne lecture!

## Impressum Bulletin BSA-VBB n° 14/2012

### *Editeur*

Groupe de travail *Biologie du sol – application*

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

### *Présidence depuis 2010*

Sophie Campiche

Centre ecotox

EPFL ENAC IIE-GE

GR B0 391

Station 2

CH-1015 Lausanne

Tel. 021 693 6258

E-mail: [sophie.campiche@oekotoxzentrum.ch](mailto:sophie.campiche@oekotoxzentrum.ch)

### *Secrétariat et commandes*

Dr. Paul Mäder

Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL)

Ackerstrasse

CH-5070 Frick

Tél. 062 865 72 32

Fax. 062 865 72 73

E-Mail: [paul.maeder@fibl.org](mailto:paul.maeder@fibl.org)

Le Bulletin est également disponible sur Internet:

<http://www.bafu.admin.ch/bodenschutz> >

Thèmes principaux> Biologie du sol

**Groupes de projet rattachés au groupe de travail  
Biologie du sol – application**

**Avril 2012**

Nom du groupe et thèmes abordés	Membres	Personne de contact
<b>Echange de connaissances et sensibilisation du public</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informer et sensibiliser le public aux questions se rapportant à la biologie du sol</li> <li>- Echanger des expériences et des connaissances</li> </ul>	E. Havlicek (OFEV) C. Maurer-Troxler (BE) D. Mösch (AG) D. Schlupe (SG) D. Schmutz (BL) R. von Arx (BAFU) G. von Rohr (SO) T. Wegelin (ZH) D. Widmer (LU)	Daniela Schlupe Baudepartement, Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen Lämmli brunnenstrasse 54 CH-9001 Sankt Gallen Tél. 058 229 43 41 daniela.schlupe@sg.ch
<b>Microbiologie</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborer et valider des stratégies d'échantillonnage (prairies, terres ouvertes, forêts)</li> <li>- Choisir, standardiser et valider des méthodes</li> <li>- Documenter la variabilité dans le temps et dans l'espace</li> <li>- Elaborer des bases d'interprétation (modèles de valeurs de référence)</li> </ul>	W. Heller (ACW) A. Fliessbach (FiBL) P. Mäder (FiBL) H.-R. Oberholzer (ART)	Dr. Hans-Rudolf Oberholzer Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) Reckenholzstrasse 191 CH-8046 Zurich Tél. 01 377 72 97 hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch
<b>Mycorhizes</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborer et valider des méthodes standard pour décrire l'état d'un sol sur le plan des mycorhizes</li> </ul>	S. Egli (WSL) H. Gamper (ETH) C. Maurer-Troxler (BE) P. Mäder (FiBL) H.R. Oberholzer (ART) F. Oehl (ART)	Dr. Simon Egli WSL Zürcherstrasse 111 CH-8903 Birmensdorf Tél. 01 739 22 71 simon.egli@wsl.ch
<b>Faune</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluer et standardiser des méthodes de détermination de la pédofaune et les tester par des études de cas</li> <li>- Développer des tests écotoxicologiques</li> </ul>	S. Campiche (Centre Ecotox) E. Havlicek (OFEV) C. Maurer-Troxler (BE) L. Pfiffner (FiBL)	Dr. Claudia Maurer-Troxler Amt für Landwirtschaft und Natur Rütli CH-3052 Zollikofen Tél. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch
<b>Observation de longue durée (activités suspendues)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coordonner des recherches sur la biologie du sol dans le cadre du réseau cantonal d'observation des sols</li> <li>- Réaliser des études pilotes d'observation à long terme (en collaboration avec le projet ART)</li> </ul>	U. Gasser (ZH) C. Maurer-Troxler (BE) H.-R. Oberholzer (ART) D. Mösch (AG) D. Schlupe (SG) G. Schmid (SG) P. Schwab (ART)	Dr. Claudia Maurer-Troxler Amt für Landwirtschaft und Natur Rütli CH-3052 Zollikofen Tél. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch

## 2. Activités des groupes de projet

### 2.1. Groupe de projet *Echange de connaissances et sensibilisation du public*

*Daniela Schluemp, Département des travaux publics, Office de l'environnement et de l'énergie du canton de St.-Gall*

Après une longue pause, ce groupe de projet a repris ses activités. Le premier thème qu'il est prévu d'aborder est le remaniement de KMSOIL. Une enquête auprès des services cantonaux en charge des sols a montré que la plate-forme est certes appréciée comme moyen d'échange, mais qu'elle manque de convivialité, en particulier s'agissant de la connexion (supprimer la nécessité du certificat) et des fonctions de recherche. En outre, il faut procéder à une nouvelle répartition des responsabilités et trier les documents dans l'infobase. L'aide doit devenir interactive, par une mise en ligne ad hoc du manuel actuel de KMSOIL, et la circulation dans les menus être repensée et modernisée, pour la rendre plus intuitive, par exemple en créant des boutons « Déconnexion » et « Retour ». Enfin, il faut examiner l'opportunité de confier la gestion de KMSOIL à un mandataire externe.

Après quelques séances avec l'OFEV, les conclusions sont les suivantes: KMSOIL est une application basée sur le système informatique GEVER, que l'OFEV utilise depuis une dizaine d'années. Depuis deux ans, les pannes sont devenues plus fréquentes et se répercutent également sur le fonctionnement de KMSOIL. En raison de ces problèmes, l'OFEV travaille actuellement à une refonte de GEVER. Suite aux discussions avec les informaticiens de l'OFEV, il a été décidé de procéder à l'amélioration de KMSOIL en deux phases et de coordonner l'opération avec la refonte de GEVER.

**Première phase:** Un certain nombre de modifications mineures seront apportées immédiatement à la version actuelle de KMSOIL, afin d'en améliorer la performance (rapidité), de simplifier la connexion (y compris l'installation du certificat) et d'optimiser la recherche. Tous les utilisateurs qui rencontrent des problèmes avec KMSOIL sont priés de contacter le centre de service de l'OFEV ([servicepoint@bafu.admin.ch](mailto:servicepoint@bafu.admin.ch)). L'OFEV nous a assuré que ses collaborateurs s'efforceront de résoudre au plus vite tout problème lié à l'application.

**Deuxième phase:** l'OFEV prépare la refonte de KMSOIL dans le cadre de celle de GEVER. Une variante possible est de rendre KMSOIL indépendant de GEVER. Cette décision de principe sera prise par la direction de l'OFEV en été 2012. Elle conditionnera le développement ultérieur de la plateforme. Aussi le groupe de projet n'a-t-il pas prévu de nouvelle séance avant cette date.

### 2.2. Groupe de projet *Microbiologie*

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

Le groupe *Microbiologie* a participé intensément au projet *Potentiel infectieux mycorrhizogène* du groupe *Mycorrhizes*, sous la forme d'analyses microbiologiques du sol. De nombreux cantons étaient également associés à ce projet.

### 2.3. Groupe de projet *Mycorrhizes*

*Simon Egli, WSL Birmensdorf*

Le groupe *Mycorrhizes* a terminé la collecte des données pour le projet de l'OFEV *Potentiel infectieux mycorrhizogène* (PIM), lancé en 2009. Ce travail a consisté à soumettre à un test biologique quelque 153 sols agricoles, prélevés sur des sites appartenant aux réseaux d'observation KABO et NABO de six cantons (AG, BE, FR, GR, SG, ZH), afin de déterminer le potentiel infectieux des champignons mycorrhiziens à arbuscules. Les relevés du PIM ont été complétés par des analyses chimiques, physiques et microbiologiques effectuées sur des sols et des plantes tests. Ces compléments vont enrichir la discussion des résultats. Les objectifs principaux sont de vérifier si la mesure du PIM peut être un paramètre intégrateur pour évaluer la qualité des sols et d'étudier quels facteurs propres aux sites et quelles formes d'exploitation influencent la communauté des champignons mycorrhiziens à arbuscules et leur potentiel infectieux.

### 2.4. Groupe de projet *Faune*

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

Les premières séances après la reprise des activités ont été mises à profit pour échanger des informations et élaborer des documents de fond qui serviront à la formulation des objectifs

du groupe. Ainsi, le groupe a d'une part présenté les travaux du BSA à l'occasion du séminaire *Aussprache zum Bodenschutz in der Schweiz* (Débat sur la protection des sols en Suisse) organisé par l'OFEV. D'autre part, dans le domaine de l'écotoxicologie, il a continué d'accumuler des expériences avec le test Bait Lamina (appâts disposés sur des bandes perforées).

Le groupe s'est fixé comme premier objectif de rassembler toutes les données biologiques, en particulier faunistiques, collectées jusqu'ici en Suisse et d'identifier ainsi les lacunes. Diverses typologies de l'environnement naturel peuvent servir de canevas à ce travail. Par ailleurs, il est prévu d'élargir les données collectées par le Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF) à la faune du sol. Un tableau synoptique de l'état des données faunistiques est actuellement en cours d'élaboration.

## **2.5. Groupe de projet *Observation de longue durée***

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

*Peter Schwab, Direction des projets LAZBO, FB14.2 (NABO) ART (AG, BE, SG, ZH)*

Ce groupe de projet a momentanément suspendu ses activités.

### 3. Projets choisis du BSA

#### 3.1. Problèmes d'exploitation dus à la densité et à l'activité excessives du ver de terre *Nicodrilus nocturnus*

Hans-Rudolf Oberholzer  
Station de recherche Agroscope Reckenholz-  
Tänikon (ART)  
Reckenholzstrasse 191  
CH-8046 Zurich  
Tél. 044 377 72 97  
hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch

Lydia Frei  
Amt für Umwelt und Energie (AFU),  
Lämmli brunnenstrasse 54, 9001 St.-Gall

Anita Philipp  
Landw. Zentrum SG, Fachstelle Pflanzenbau;  
9230 Flawil, Anita.Phillipp@lzsg.ch

La première observation d'un nombre particulièrement élevé de turricules de ver de terre sur une prairie de la commune de Nesslau-Krummenau date de 50 ans. Les surfaces affectées ont été examinées par des collaborateurs de la station de recherche de Reckenholz. Ceux-ci ont pu attribuer ces turricules à un ver de terre étranger à la région, l'espèce *Nicodrilus nocturnus* (Jäggi et Högger 1993). Celui-ci a probablement été introduit depuis le Plateau suisse, via les mottes racinaires d'arbustes plantés près d'une maison de vacances. Sur les surfaces touchées, il représente jusqu'à 75 % de la population de vers de terre. Le climat et l'offre de nourriture optimaux favorisent une multiplication extraordinaire de cette espèce et entraînent une activité supérieure à la norme.



**Figure 3.1.1** Les turricules hauts de 6 à 8 cm témoignent de l'activité supérieure à la norme du ver de terre.

#### ***Nicodrilus nocturnus*: Description et dégâts**

Signes distinctifs du ver de terre: long et mince, il se caractérise par une coloration brun-noir de la partie antérieure du dos. Le reste du corps est gris-brun.



**Figure 3.1.2** *Nicodrilus nocturnus*.

*N. nocturnus* est un ver de terre anécique qui, en conditions normales, creuse des galeries verticales en profondeur. Sur les surfaces à problèmes, il montre en revanche un comportement atypique. Il se tient principalement dans les premiers 10 cm du sol, là où les racines sont les plus denses, et se déplace à l'horizontale (Jäggi et al. 1993). Les juvéniles montrent également la même propension à adopter le comportement des espèces dites endogées (Stähli et al. 1997).

En Suisse romande, l'espèce est dominante dans les communautés de lombrics des sols forestiers, et souvent aussi dans celles des prairies (Cuendet 1991 et 2009). Elle est aussi très fréquente sur le Plateau suisse, où elle est l'espèce prédominante dans les forêts de feuillus (Cuendet 1994). En revanche, elle n'est pas toujours présente dans les surfaces herbagères, où elle n'est en tous cas jamais dominante. En Suisse orientale, l'espèce est rare, voire totalement absente. Lorsque l'espèce est présente, elle résulte toujours d'une introduction d'origine humaine. Elle peut alors se multiplier de façon astronomique et déployer une activité anormalement élevée, en particulier au printemps et en automne.

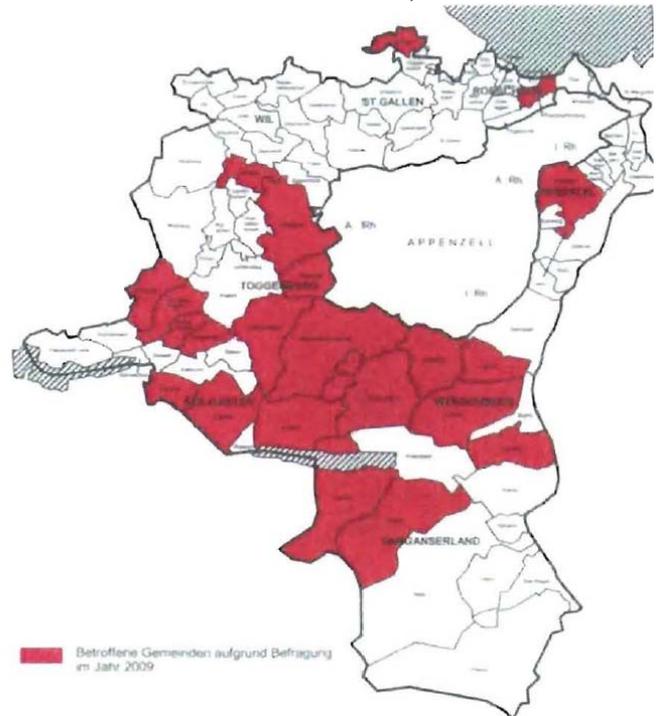
Les lombrics déposent alors de nombreux turricules de grande taille en surface. Ceux-ci rendent le travail du sol difficile, l'empêchent même en cas conditions humides. Le sol devient mou et glissant, ce qui rend dangereuse la circulation des véhicules sur les pentes. Quant au fourrage contaminé par les déjections des vers, il n'est pratiquement pas consommé par les animaux.

Les déjections des lombrics forment une couche de un à plusieurs centimètres en surface du sol. Il en résulte des problèmes considérables d'exploitation sur les pentes dont l'inclinaison se situe entre 10 et 35 %, avec une hauteur de précipitations de près de 2000 mm par an. La production des déjections en fonction de la charge en vers de terre a été étudiée le long d'un gradient partant du site d'introduction supposé, dans le cadre d'un travail de master (Kohli 1993) et d'une thèse de doctorat (Daniel et al. 1996). Une autre étude (Cuendet et Lorenz 2001) a dressé l'inventaire des régions affectées dans les Préalpes de Suisse romande et les Grisons, puis en a examiné les effets sur l'exploitation. Alors que les effets de la colonisation des prairies par *N. nocturnus* sont pratiquement négligeables en Suisse romande, dans les Grisons, on observe tout d'abord une production anormalement élevée de déjections sur les surfaces affectées, puis une normalisation de l'activité du ver. La solution préconisée est une adaptation de l'exploitation agricole. Cependant, pour les agriculteurs du Toggenburg, la situation reste insatisfaisante, en dépit des changements entrepris. Le lombric envahissant continue de s'étendre dans toutes les directions, au rythme de cinq à dix mètres par an. A l'heure actuelle, tout autour de la première prairie affectée, des domaines entiers sont touchés, totalisant quelque 40 hectares de surfaces herbagères.

### Etat des lieux actuel

Des agriculteurs du Toggenburg affectés par ce phénomène se sont tournés à nouveau vers le centre de conseil agricole de St.-Gall (Landw. Zentrum SG; LZSG) pour lui demander son soutien. Le LZSG a commencé par déterminer l'étendue actuelle du problème. Quelque 65 agriculteurs ont répondu aux deux appels lancés dans le journal agricole *St. Galler Bauer*, en automne 2008 puis au printemps 2009. Les signalements reçus ont fait l'objet d'un suivi: des visites sur les exploitations ont permis d'interroger les agriculteurs et de vérifier sur place la présence de *N. nocturnus*. Cette phase a duré jusqu'en octobre 2009 et s'est conclue par un rapport sur la présence de ce lombric dans le canton de St.-Gall, rédigé à l'intention des offices cantonaux responsables. Il en ressort que, dans le canton, le nombre d'exploitations affectées dépasse la centaine, pour une surface de quelque 400 hectares, dans les régions du haut Toggenburg, du Neckertal, du Gamserberg et du Grabserberg ainsi que de See-Gaster. Dans la majorité de ces régions

également, le lombric a vraisemblablement été introduit via des mottes racinaires d'arbustes ou lors de transports de terre (travaux de construction, remblais, remises en culture).



**Figure 3.1.3** Communes touchées dans le canton de St.-Gall (état 2009).

### Pas de solution toute faite

Durant l'hiver 2009-2010, sous l'impulsion de l'office saint-gallois de l'agriculture, la problématique ainsi que de possibles solutions ont été discutées avec la station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART).

Il n'y a pas de recette tout faite pour réguler les populations de *N. nocturnus* dans les régions affectées. Par le passé, diverses méthodes ont été testées sur certaines exploitations. Ni la lutte chimique, ni l'épandage de grandes quantités de lisier concentré n'ont eu l'effet durable souhaité. La première méthode n'est plus admissible aujourd'hui et toutes les deux techniques ont par ailleurs des effets négatifs marqués sur la fertilité générale du sol, comme cela a pu être constaté lors des essais réalisés.

Les parties affectées ont souhaité que le lombric soit combattu directement, comme c'est le cas p. ex. pour les vers blancs, contre lesquels le champignon *Beauveria* est utilisé avec succès en Suisse. Bien que possible en théorie, une telle solution serait cependant excessivement coûteuse et risquée. Il faudrait trouver un organisme indigène, agissant spécifiquement contre *N. nocturnus* et épargnant les espèces voisines, comme p. ex. *Nicodrilus longus*, un lombric indigène aux surfaces affectées. Bref, il faudrait s'assurer que l'emploi d'un tel agent biologique

ne crée pas de nouveaux problèmes. Or le risque de voir l'agent biologique gagner le Plateau, où *N. nocturnus* est indigène et inoffensif, serait trop important pour qu'une homologation soit défendable. Ainsi, il ne sera très vraisemblablement pas possible de combattre ce ver de terre par des mesures directes et spécifiquement ciblées.



**Figure 3.1.4** La masse des turricules contamine le fourrage et rend l'exploitation très difficile.

### Approches

Tout d'abord, il faut empêcher que *N. nocturnus* ne colonise de nouveaux territoires suite à des activités humaines. Le LZSG a rédigé une notice à cet effet, qui illustre le problème et émet des recommandations. Celle-ci peut être téléchargée sous [www.lzsg.ch](http://www.lzsg.ch). Les communes et agriculteurs concernés ont été informés directement.

En outre, comme cela a déjà été préconisé, il convient d'adapter l'exploitation des surfaces touchées afin de réduire la contamination du fourrage et garantir la sécurité au travail, une mesure que les agriculteurs appliquent déjà, bon gré mal gré. Un projet triennal (2011-2013) doit soutenir leurs efforts. Il vise à perturber *N. nocturnus* dans les zones affectées afin de freiner sa propagation et réduire la production exagérée de déjections. Des surfaces tests ont donc été délimitées en automne 2010, en cinq lieux situés sur des exploitations affectées dans le canton de St.-Gall. Il s'agit d'y tester différentes méthodes d'exploitation pouvant potentiellement influencer *N. nocturnus*. Les effets sur le sol, les vers de terre et la végétation seront recensés et analysés. L'objectif du projet est d'identifier quelles conditions sont à l'origine du comportement anormal du ver de terre et quelles méthodes d'exploitation permettent de limiter, autant que possible, l'activité et la propagation de l'espèce.

Le projet est placé sous la direction de la station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon et

réalisé en collaboration avec le centre de conseil agricole de St.-Gall, un spécialiste des lombrics et les exploitations où se déroulent les essais.

### Bibliographie

- (1) Cuendet G. (1991). Peuplements lombriciens. Rapport complémentaire. KaBo-Zürich: Etude pilote 1990. ABG-SA. 1–21.
- (2) Cuendet G. (1994). Peuplements lombriciens dans les sols forestiers du Jorat. Bulletin BGS/SSP 18: 51–56.
- (3) Cuendet G. (2009). Identification des lombriciens de Suisse. Vauderens.
- (4) Cuendet G., Lorez F., 2001. Effet secondaire néfaste des vers de terre sur les prairies alpines. Rev. Suisse Agric. 33, 253–259.
- (5) Daniel O., Kohli L., Schuler B., Zeyer J., 1996. Surface cast production by the earthworm *Aporrectodea nocturna* in a pre-alpine meadow in Switzerland. Biol Fertil Soils 22, 171–178
- (6) Jäggi W., Högger C., Cuendet G., 1993. Eine Regenwurmart erschwert die Bewirtschaftung von Wiesen im Toggenburg. Landwirtschaft Schweiz 6, 169–176.
- (7) Kohli L., 1993. Regenwürmer als « Schädlinge » in einer Wieslandparzelle im Toggenburg. Travail de diplôme, Institut für terrestrische Ökologie, ETH Zürich.
- (8) Stähli R., Suter E. und G. Cuendet (1997). Die Regenwurmfauuna von Dauergrünland des Schweizer Mittellandes. Cahier de l'environnement, n° 291, OFEFP, Berne. 91 p.

### 3.2. Suivi de la fertilité du sol après conversion du domaine de Rheinau à l'agriculture biodynamique

Andreas Fliessbach, Lukas Pfiffner, Paul Mäder  
Institut de recherche de l'agriculture biologique  
(FiBL)

Ackerstrasse

5070 Frick

Tél. 062 865 72 25

andreas.fliessbach@fibl.org

Au moment de la conversion du domaine de Rheinau de la production intégrée conventionnelle à l'exploitation biodynamique en 1998, un suivi de la fertilité du sol a été lancé afin de documenter l'évolution de la biologie du sol durant le processus. Les échantillonnages du sol ont été réalisés en 1999 sur trois champs et une prairie permanente, puis répétés en 2002, 2005 et 2010.

**Tableau 3.2.1** Succession des cultures sur les surfaces de monitoring entre 1998 et 2010 (PN = prairie naturelle; PA = prairie artificielle; BA = blé d'automne; PT = pommes-de-terre; OP: orge de printemps; Légumes: diverses cultures maraîchères).

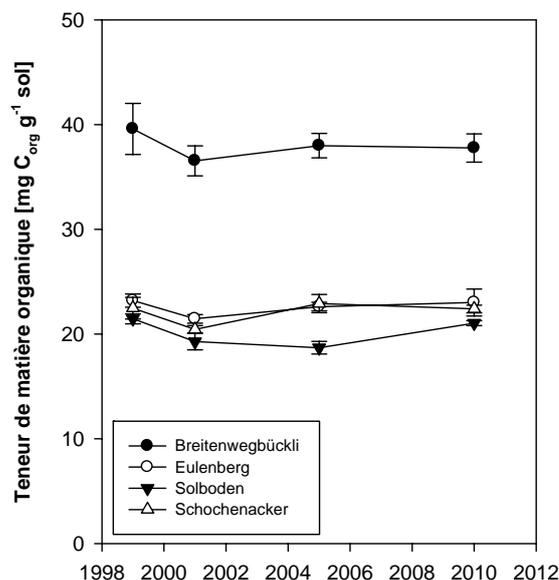
Année	Breitenwegbückli	Eulenberg	Solboden	Schochenacker
1998	PN	PA	BA	Légumes
1999	PN	PA	Seigle	BA
2000	PN	BA	PA	OP
2001	PN	PT	BA	PA
2002	PN	Seigle	PT	PA
2003	PN	PA	Avoine	BA
2004	PN	Epeautre	Légumes	PT
2005	PN	PT	BA	Seigle
2006	PN	Avoine	Orge	PA
2007	PN	Légumes	PA	Engrain/ amidonniér
2008	PN	BA	PA	Légumes
2009	PN	Trèfle violet	BA	Pâturage
2010	PN	Trèfle violet, fraiche- ment labouré	Légumes	Pâturage

Les paramètres microbiologiques des échantillons de sol ont été analysés (biomasse microbienne, respiration basale, activité de la déshydrogénase), de même que leurs populations de ver de terre, certains paramètres physiques et les fractions solubles et disponibles des éléments nutritifs importants.

Par rapport au mode d'exploitation précédent, qui a également recouru à l'épandage de boues d'épuration, la production animale a été quelque peu intensifiée et la part de prairies, aussi bien

naturelles qu'artificielles, augmentée. En outre, plus de cultures dérobées et d'engrais verts ont été intégrées à l'assolement élargi.

#### Dynamique de l'humus



**Figure 3.2.1** Teneur moyenne du sol en carbone organique ( $C_{org}$ ) ( $n=4$ ; les lettres majuscules différentes signalent une différence significative entre les parcelles et les lettres minuscules les différences significatives d'une année à l'autre, avec  $p=0,05$ ).

Par rapport aux échantillons de 1999, considérés comme valeurs de référence, le taux d'humus a légèrement augmenté dans toutes les cultures en 2002, tendance qui s'est poursuivie les années suivantes (Tableau 3.2.2; Figure 3.2.1). Il était le plus élevé dans la prairie naturelle. Le pH et le taux d'éléments nutritifs, non présentés ici, ont également connu une évolution, plus ou moins accentuée selon les cultures.

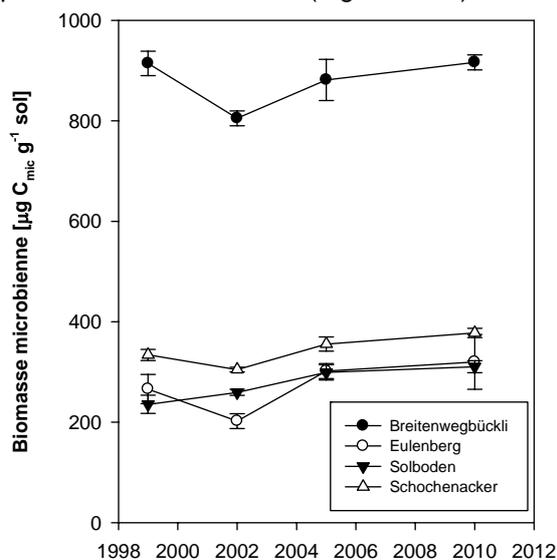
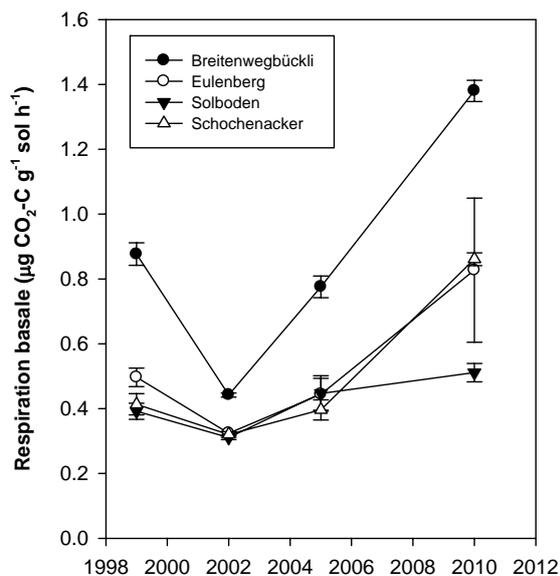
#### Changements de la microbiologie du sol

La biomasse microbienne du sol a chuté brutalement la deuxième année d'échantillonnage, dans toutes les cultures sauf à Solboden, puis est remontée lentement. Les valeurs étaient trois à quatre fois plus élevées dans la prairie naturelle (Breitenwegbückli) que dans les champs cultivés (tab. Parmi les surfaces cultivées, le site de Schochenacker affichait un taux de  $C_{mic}$  significativement plus élevé que celui de Solboden (Tableau 3.2.2). En moyenne, la biomasse microbienne a cru d'environ 10 % par rapport à la première année d'échantillonnage et ce pour toutes les surfaces (Figure 3.2.2).

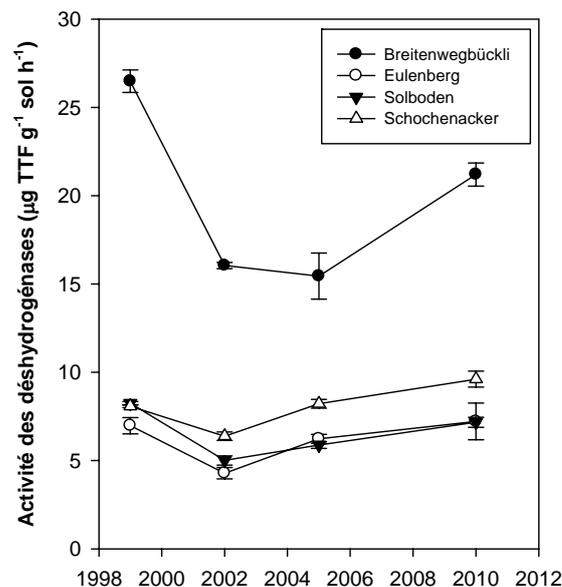
**Tableau 3.2.2** Importance des différents paramètres biologiques sur la base d'une analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs.

	C <sub>org</sub>	C <sub>mic</sub>	RB	DHA	Biomasse de lombrics
Année	0,0248	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0234
Culture	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0007
Année*culture	0,8764	0,29	0,0002	<0,0001	0,1013

Au cours du suivi, on a d'abord observé une chute de la respiration basale (RB) en 2002, puis une reprise marquée. La hausse s'est poursuivie et le niveau de 1999 a été dépassé de près de 60 % en 2010. La respiration basale de la prairie naturelle était deux fois plus élevée que celle des sols cultivés (Figure 3.2.3).

**Figure 3.2.2** Teneur en carbone microbien (C<sub>mic</sub>) des sols des quatre parcelles au cours des années de suivi: moyenne et écart-type (n=4).**Figure 3.2.3** Respiration basale dans le sol des quatre parcelles au cours des années de suivi: moyenne et écart-type (n=4).

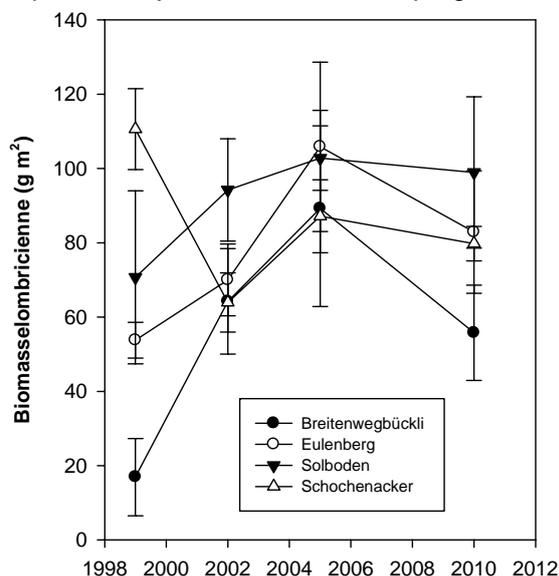
Les déshydrogénases sont des enzymes de la chaîne de transport d'électrons. Elles sont présentes dans les cellules intactes et jamais à l'extérieur de celles-ci. La différence d'intensité de l'activité de la déshydrogénase (DHA) entre la prairie naturelle et les cultures est frappante. Dans ces dernières, elle est en moyenne 70 % plus basse. Les différences entre les trois parcelles cultivées ne sont pas statistiquement significatives (Tableau 3.2.2). Au cours du suivi, on a d'abord constaté un recul de 21 % dans le sol du site de Schochenacker et de 40 % dans les autres sols. Les années suivantes, la DHA est repartie à la hausse dans les sols cultivés, jusqu'à dépasser le niveau de 1999. Dans la prairie naturelle, la hausse n'a commencé qu'en 2010 et le niveau atteint ne correspond qu'à 80 % de celui de référence (Figure 3.2.4).

**Figure 3.2.4** Activité de la déshydrogénase dans le sol des quatre parcelles au cours des années de suivi: moyenne et écart-type (n=4).

### Biomasse lombricienne

En moyenne, la biomasse de lombrics a cru de 53 % entre 1999 et 2005 dans les sols étudiés, soit une hausse significative. En 2010, elle est retombée à 126 % de la valeur de départ. On observe des variations importantes, selon le site et le type de culture. Sur le long terme, la popu-

lation de lombrics a cru de manière marquée dans trois des quatre sites (Figure 3.2.5) et la structure des zoocénoses a connu des mutations considérables, mutations reflétées par la biomasse lombricienne, un indicateur clé de la fertilité du sol. Les espèces prioritaires au plan agro-écologique (celles dites anéciques, qui creusent des galeries verticales, comme *L. terrestris* ou *Nicodrilus* sp.) tout comme les espèces endogées (qui creusent des galeries horizontales) et les juvéniles ont toutes profité de la conversion. La hausse, parfois importante, du nombre de juvéniles est le signe d'une évolution favorable des conditions environnementales. Les caractéristiques pédologiques spécifiques à chaque site, par endroits très dominantes, comme la forte structure ou la proportion plutôt élevée de sable et de limon, constituent en revanche des facteurs limitants pour la communauté lombricienne (moins d'espace vital, offre de nourriture réduite, charge mécanique élevée lors du travail du sol, sécheresse estivale). Le sol de la prairie naturelle (Breitenwegbückli), bien que formé d'une couche de sol très mince sur un sous-sol graveleux, s'est néanmoins distingué par une amélioration très nette de la population de lombrics. Les espèces anéciques s'y sont bien développées et la proportion de juvéniles a fortement progressé.



**Figure 3.2.5** Biomasse lombricienne dans le sol des quatre parcelles au cours des années de suivi: moyenne et écart-type ( $n=4$ ).

Dans le champ de Schochenacker, initialement le site avec la densité la plus élevée, la population a reculé, probablement en raison du changement d'affectation, de culture en pâturage. Dans les deux autres parcelles

cultivées, des augmentations notables, de 30 à 90 %, ont été observées.

## Conclusions

Ce suivi à long terme a montré qu'après quelques années, le sol s'adapte à un nouveau mode d'exploitation et commence à se modifier de manière spécifique au site et à l'assolement pratiqué. Ceci confirme les expériences des exploitations elles-mêmes, qui connaissent souvent des chutes de rendement dans les premières années suivant la conversion, suivies d'une phase de rétablissement de la fertilité du sol et de stabilisation des rendements. Les principaux facteurs d'influencé sont vraisemblablement la variété de l'assolement pratiqué, avec une part nettement accrue de trèfle violet (de 12 % initialement à 29 %), des cultures dérobées et des engrais vert ainsi que la densité légèrement plus élevée de gros bétail. Quant à la palette de méthodes utilisées, elle prouvé son adéquation pour évaluer les changements de l'état du sol d'une exploitation après sa conversion à l'agriculture biologique.

## Bibliographie

- (1) Denzel, C. (2006): Die Entwicklung bodenbiologischer und bodenchemischer Parameter nach Umstellung auf biologisch-dynamische Wirtschaftsweise. In: Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Universität de Kassel – Ökologische Agrarwissenschaften, Witzenhausen 69 p.
- (2) Mäder, P., Pfiffner, L., Fliessbach, A. (2011). Bodenüberwachung nach der Umstellung des Guts Rheinau auf biologische Bewirtschaftung – Berichtsperiode 1999–2010. Rapport final à l'intention de l'OFEV, FiBL Frick, 41p.

## 4. Forum

### 4.1. Les propriétés suppressives d'un sol sont-elles transférables?

Barbara Thürig, Andreas Fliessbach, Jacques Fuchs, Lucius Tamm  
 Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL)  
 Ackerstrasse  
 5070 Frick  
 Tél. 062 865 72 25  
 barbara.thuerig@fibl.org

#### Introduction

Les sols suppressifs ont piqué la curiosité des agriculteurs et des chercheurs depuis des décennies. Les plantes poussant dans de tels sols ne développent presque aucun symptôme de maladie, même en présence d'un pathogène (voir p. ex. la revue de la littérature de Weller *et al.*, 2002). Ce sont des microorganismes vivants du sol qui sont responsables du phénomène, puisque la suppressivité est détruite par un traitement thermique, fumigation ou irradiation. Ces microorganismes peuvent protéger les plantes contre les maladies telluriques au moyen de différents mécanismes: concurrence, antibiose, hyperparasitisme ou encore par induction d'une résistance dans la plante (Haas and Défago, 2005). La résistance induite par certains microorganismes du sol peut rendre la plante plus résistante aussi bien à des maladies racinaires d'origine tellurique qu'à des maladies foliaires transmises par voie aérienne. Les pratiques agricoles ont souvent pour conséquence une diminution de la fertilité du sol, qui se traduit par une perte de la substance organique, de la biomasse microbienne et par un affaiblissement de la structure du sol. Il est donc probable que la suppressivité du sol sera aussi influencée (Höper and Alabouvette, 1996; Van Bruggen and Semenov, 2000). A l'heure actuelle, on ne sait pas si, et dans quelle mesure, la suppressivité de sols perturbés peut être restaurée des communautés microbiennes introduites. Il n'est pas non plus clair si le degré de la suppressivité éventuellement retrouvée dépend du type de microorganismes introduits. Nous présentons ici un extrait d'un projet de recherche qui a pour but d'investiguer dans quelle mesure il est possible de restaurer la suppressivité de sols perturbés (Thuerig *et al.*, 2009). Voici les hypothèses principales qui seront testées:

i) La présence dans le sol de microorganismes vivants est essentielle pour la résistance des plantes, non seulement contre les maladies

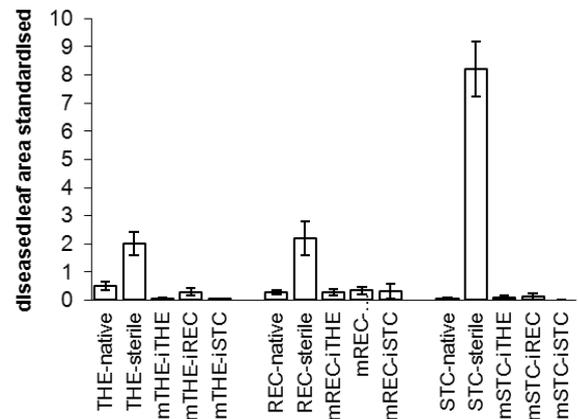
telluriques, mais aussi contre les maladies foliaires.

ii) La communauté microbienne et la suppressivité de sol stériles peut être restaurée en les inoculant avec une petite quantité de sol natif.

iii) Dans les sols réinoculés, les populations microbiennes et le degré de suppressivité atteint dépendent de l'inoculum utilisé.

#### Matériels et méthodes

Des échantillons de sol ont été prélevés au début de l'été 2006 sur trois sites (THE [CH], REC [CH], STC [UK]). Dans une étude précédente, nous avons déjà montré que le pouvoir suppressif de ces trois sols contre les maladies telluriques et foliaires n'était pas le même. Ces sols appartiennent à trois types distincts et différent par nombre de leurs caractéristiques pédologiques. Une portion de chaque sol a été emballée dans des sachets plastiques et stérilisée par rayons gamma. Les matrices de sol stérilisées ont ensuite été divisées en quatre aliquotes, dont trois ont été inoculées avec 1 % de sol natif, soit de la même origine, soit provenant d'un des deux autres sites (3 matrices stériles \* 3 inoculums = 9 sols réinoculés). Tous les sols (natifs, stériles, réinoculés) ont ensuite été transférés dans des sachets stériles, fermés avec des bouchons d'ouate et entreposés à l'obscurité à 20°C, durant 14 jours pour les tests de suppressivité, et durant 35 jours pour les tests de la microbiologie du sol.



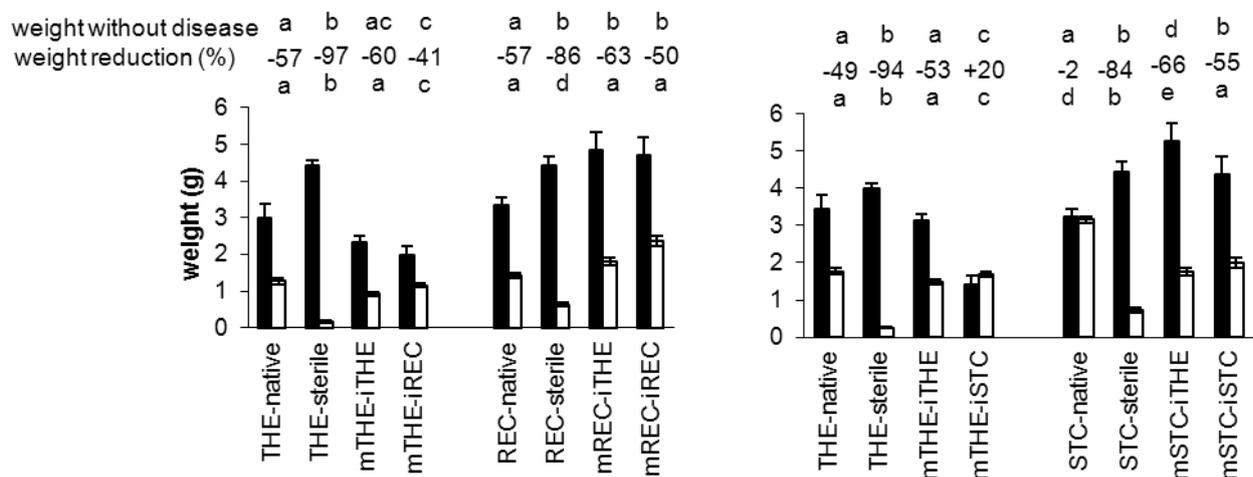
**Figure 4.1.1** Sensibilité de *A. thaliana* au pathogène foliaire *H. parasitica*, cultivée sur des sols provenant de trois sites différents, à l'état natif, stérilisés aux rayons gamma ou réinoculés. L'axe vertical montre la surface foliaire relative couverte de sporangiophores, calculée comme  $a \cdot b^{-1}$ , où  $a$  = taux de contamination d'un pot et  $b$  = taux moyen de contamination de l'expérience. La figure présente les résultats regroupés de deux expériences indépendantes. Les préfixes « m » et « i » signifient respectivement « matrice » et « inoculum ».

La biomasse microbienne ( $C_{mic}$ ,  $N_{mic}$ ), mesurée par fumigation extraction au chloroforme, l'activité de la déshydrogénase (DHA),  $N_{min}$  ainsi que le profil des acides gras phospholipidiques (PLFA) ont été déterminés après 14 jours. Le pouvoir suppressif du sol a été déterminé pour les systèmes Cresson – *Pythium ultimum* (maladies tellurique) et *Arabidopsis thaliana* – *Hyaloperonospora parasitica* (maladie foliaire). Pour le système Cresson – *P. ultimum* des quantités variables du pathogène (0, 0,25, 1, 2, 4,16, 64 g/l) ont été mélangés aux différents sols, qui ont ensuite été entreposés durant 2 jours avant d'être mis en pot et semés de cresson. Le poids des germes de cresson a été mesuré après sept jours. Pour le système *A. thaliana* – *H. parasitica*, des plants d'*A. thaliana* ont été cultivés stérilement sur agar nutritif MS durant sept jours, puis repiqués dans le sol. Après 18 jours, ils ont été arrosés avec

*H. parasitica* et remis en culture durant encore sept jours, après quoi le taux de contamination a été évalué (part de la surface foliaire couverte de sporangiophores).

### Résultats et discussion

Les trois sols ont été choisis pour la présente étude, car, à l'état natif, leur pouvoir suppressif envers *H. parasitica* et *P. ultimum* varie de façon marquée. La susceptibilité des plants de *A. thaliana* au pathogène était la plus faible sur le sol STC et la plus forte sur le sol THE (Figure 4.1.1). Le sol STC présentait également un pouvoir suppressif considérable à l'encontre de *P. ultimum*. L'inoculation du sol avec ce pathogène n'avait pas d'influence sur le poids des germes de cresson ayant poussé sur le sol STC, alors que la réduction de poids pouvait dépasser 50 % sur les sols THE et REC (Figure 4.1.2).

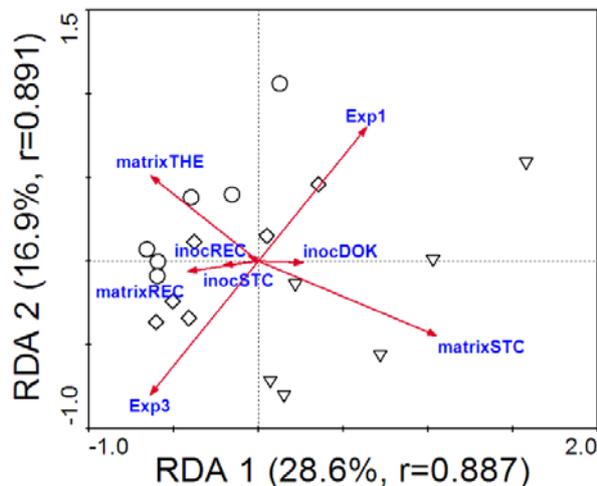


**Figure 4.1.2** Pouvoir suppressif du sol provenant de trois sites différents, à l'état natif, stérilisé aux rayons gamma ou réinoculé, pour le système Cresson – *P. ultimum*. Par manque de place, seuls deux combinaisons de sols ont été testées: THE et REC (graphique de gauche) et THE et STC (graphique de droite). L'axe vertical montre le poids frais du cresson obtenu sur le sol sans adjonction de *P. ultimum* (barres noires) et avec adjonction du pathogène (barres blanches). Les lettres différentes signalent des différences significatives entre les sols, sans le pathogène (ligne du haut) ou avec le pathogène (ligne du bas). Les préfixes « m » et « i » signifient respectivement « matrice » et « inoculum ».

Dans tous les sols et dans les deux pathosytèmes, l'irradiation aux rayons gamma a entraîné une hausse notable de la susceptibilité aux maladies. Dans les sols irradiés, les plantes d'*A. thaliana* étaient jusqu'à huit fois plus susceptibles que dans le même sol à l'état natif. L'influence considérable des organismes du sol sur le pouvoir suppressif du sol a déjà été prouvée s'agissant des maladies telluriques. Ici, nous avons pu montrer que ceux-ci sont également déterminants pour la résistance des plantes aux maladies foliaires. Dans le système Cresson – *P. ultimum*, la réduction du poids du cresson observée suite à l'ajout du pathogène

était nettement plus importante avec le sol irradié qu'avec le sol natif. Cependant, en l'absence de pathogène, la croissance du cresson était meilleure dans le sol stérile, peut-être en raison de teneurs en COD et en NOD plus élevées ou par suite de l'élimination de quelques pathogènes telluriques mineurs. La réinoculation avec du sol natif a permis de restaurer complètement le pouvoir suppressif contre les maladies foliaires dans tous les sols, quelle que soit l'origine de l'inoculum. Elle a aussi amélioré le pouvoir suppressif du sol envers *P. ultimum*, mais dans ce cas, le résultat variait fortement selon la matrice de sol utilisée

et, dans une moindre mesure, de l'inoculum. Deux observations s'imposent. Premièrement, il était impossible de restaurer le très haut pouvoir suppressif d'origine du sol STC natif, quel que soit l'inoculum employé. Deuxièmement, dans le sol THE réinoculé sans adjonction de *P. ultimum*, la croissance était plus faible que dans le sol natif, et ce légèrement avec des inoculums de THE et de REC, mais fortement (-60 %) avec un inoculum de STC. Au contraire, dans les sols REC et STC réinoculés, la croissance en l'absence de *P. ultimum* était entre 20 et 50 % plus forte. Comme pour les sols irradiés, la meilleure croissance s'explique par des teneurs en COD ou NOD plus favorables ou par l'élimination de quelques pathogènes telluriques mineurs. La mauvaise croissance du cresson dans les sols THE réinoculés (malgré des teneurs en COD et NOD plus élevées) pourrait être due à une multiplication accélérée dans cette matrice des pathogènes présents dans les inoculums de sols natifs.



**Figure 4.1.3** Ordination montrant les deux premiers axes canoniques d'une analyse de redondance des profils de PLFA des sols réinoculés. La figure présente les résultats de deux expériences indépendantes (Exp1 et Exp3), avec THE = ○, REC = ▽, et STC = ◇.

Tout comme elle n'a pas complètement pu restaurer le pouvoir suppressif, la réinoculation n'a pas non plus permis de revenir au même taux de biomasse bactérienne ( $C_{mic}$ ,  $N_{mic}$ ), ni d'activité enzymatique (DHA): les valeurs atteintes se situaient entre 20 et 75 % de celles mesurées dans les sols natifs. De même, les profils de PLFA des sols réinoculés se différenciaient nettement de ceux des sols natifs (analyse multivariée avec Canoco). Les profils des sols réinoculés variaient surtout en fonction de la matrice et seulement faiblement en

fonction de l'inoculum (Figure 4.1.3). A noter cependant que l'évolution du sol après réinoculation n'a été suivie que durant un laps de temps relativement court (35 jours pour les paramètres microbiologiques et 14 jours pour la suppressivité). En outre, l'influence éventuelle des exudats racinaires n'a pas été examinée. Si de nouvelles études sont réalisées, elles devraient impérativement tenir compte de ces deux facteurs.

La présente étude a montré que la stérilisation du sol peut nettement accroître la susceptibilité des plantes aux maladies telluriques et foliaires. Ce processus ne semble pas complètement réversible à court ou moyen terme. Aussi, convient-il d'éviter les pratiques agricoles susceptibles de provoquer une dégradation du sol, en particulier la fumigation ou le traitement thermique, méthodes fréquemment employées dans les cultures maraîchères.

**Remerciements:** Cette étude a pu être réalisée grâce à un financement du 6<sup>e</sup> programme-cadre de l'Union européenne pour la recherche et le développement technologique, sous l'égide du projet QualityLowInputFood (QLIF). Les résultats présentés ici sont extraits de la publication de Thuerig *et al.*, 2009.

#### Bibliographie

- (1) Haas, D., Défago, G., 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nature Reviews Microbiology* 3, 307–319.
- (2) Höper, H., Alabouvette, C., 1996. Importance of physical and chemical soil properties in the suppressiveness of soils to plant diseases. *European Journal of Soil Biology* 32, 41–58.
- (3) Thürig, B., Fließbach, A., Berger, N., Fuchs, J.G., Kraus, N., Mahlberg, N., Nietlisbach, B., Tamm, L., 2009. Re-establishment of suppressiveness to soil- and air-borne diseases by re-inoculation of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry* 41, 2153–2161.
- (4) Van Bruggen, A.H., Semenov, A.V., 2000. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecology* 15, 13–24.
- (5) van Loon, L.C., Bakker, P.A.H.M., Pieterse, C.M.J., 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annual Review of Phytopathology* 36, 453–483.
- (6) Weller, D.M., Raaijmakers, J.M., McSpadden Gardener, B.B., Thomashow, L.S., 2002. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 40, 309–348.