

Bulletin BSA-VBB n° 13 / avril 2011

1. Rapport du président	1
2. Activités des groupes de projets	4
2.1. Groupe de projet Echange de connaissances et sensibilisation du public.	4
2.2. Groupe de projet Microbiologie	4
2.3. Groupe de projet Mycorhizes	4
2.4. Groupe de projet Faune	4
2.5. Groupe de projet Observation de longue durée	5
3. Projets choisis du BSA	6
3.1. Evaluation de compactations du point de vue de la biologie du sol	6
3.2. Objectif sol – un projet éducatif	8
4. Forum	11
4.1. Acidification et teneurs en métaux lourds des sols forestiers du canton de Berne	11
4.2. Etudes sur la biologie du sol aux Grisons	15
4.3. Procédure moléculaire pour la détermination de la diversité des mycorhizes arbusculaires dans les racines et les sols	19

1. Rapport du président

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

Le 20 juin 1995, le groupe de travail « Biologie du sol – application » BSA voyait le jour à l'initiative de 5 services cantonaux chargés de la protection du sol, des stations de recherche agronomique de l'époque, de l'Institut de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL ainsi que de l'Office fédéral de l'environnement OFEV. Ce groupe s'était fixé les objectifs suivants :

- assurer les contacts et la coordination entre les différentes personnes actives dans le domaine de la protection des sols au niveau de la biologie du sol,
- garantir un échange d'informations complet,
- fixer des priorités communes,

- proposer des méthodes utilisables en biologie du sol,
- sensibiliser la population et les exploitants du sol à la biologie du sol en rapport à la fertilité de ce dernier,
- éviter des efforts inutiles et, ainsi, utiliser de façon optimale les moyens disponibles

Après 15 ans d'activité les objectifs fixés sont bien remplis, comme le montrent toutes les publications de ces dernières années ainsi que les articles de ce treizième bulletin.

Les contacts sont forts entre les différents acteurs et les cantons alémaniques, mais à part le canton de Fribourg, la Suisse romande s'est peu impliquée dans ce groupe. En tant que seul représentant des cantons romands, je souhaiterais une présence accrue de mes collègues romands.

L'échange d'informations se fait au travers du présent bulletin, publié pour la treizième fois en allemand et en français. Le BSA entretient également des contacts étroits avec la Société suisse de pédologie (SSP), le groupe a présenté ses activités lors de la journée annuelle de février 2009 à Wädenswil.

Les priorités communes sont fixées dans les différents groupes de projets qui comprennent les thèmes suivants: Echange de connaissances et sensibilisation du public, Microbiologie, Mycorhizes, Faune, et Observation de longue durée. Les objectifs ainsi que les membres de ces groupes sont énumérés en page 3. Après 15 ans d'activité, les objectifs de ces groupes doivent être redéfinis.

Plusieurs méthodes utilisables en biologie du sol sont maintenant décrites et référencées dans les « Méthodes de référence des stations de recherche Agroscope ». Afin de pouvoir interpréter différents résultats d'analyses, nous

avons publié dans le dernier bulletin une aide à la mise en œuvre avec des schémas d'interprétation. Vous lirez en page 19 que la recherche continue avec de nouveaux procédés issus de la génétique moléculaire.

La population est régulièrement informée, vous trouverez la dernière nouveauté en la matière en page 8, il s'agit d'un voyage virtuel dans le sol, ludique et disponible sur le net sous www.objectif-sol.ch. Les exploitants ne sont pas en reste ; ils disposent maintenant de plusieurs petites vidéos relatant des techniques de travail particulièrement respectueuses du sol, dans le cadre du projet « De paysans à paysans ».

Le BSA a réussi à collaborer avec tous les principaux acteurs de la protection des sols. Ces dernières années, nous avons particulièrement profité des connaissances du WSL sur les mycorhizes. Un projet supra cantonal est en cours (page 4) et permettra à tous les acteurs d'approfondir leurs connaissances.

Le dernier point de la structure organisationnelle du BSA demandait à ce que la présidence soit tournante et assurée alternativement par des représentants des cantons et des institutions. Après deux ans de présidence, j'ai le plaisir de passer le flambeau à une romande, Sophie Campiche, qui représente le centre Ecotox EAWAG/EPFL. Je lui souhaite de fructueuses et passionnantes années à la tête du BSA.

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

avril 2011

Nom du groupe et thèmes abordés	Membres	Personne de contact
Echange de connaissances et sensibilisation du public		
<ul style="list-style-type: none"> - Informer et sensibiliser le public aux questions se rapportant à la biologie du sol - Echanger des expériences et des connaissances 	E. Havlicek (BAFU) 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)	Dr. Roland von Arx OFEV CH-3003 Bern Tel. 031 322 93 37 roland.vonarx@bafu.admin.ch
Microbiologie		
<ul style="list-style-type: none"> - Elaborer et valider des stratégies d'échantillonnage (prairies, terres ouvertes, forêts) - Choisir, standardiser et valider des méthodes - Documenter la variabilité dans le temps et dans l'espace - Elaborer des bases d'interprétation (modèles de valeurs de référence) 	A. Fliessbach (FiBL) W. Heller (ACW) P. Mäder (FiBL) H.-R. Oberholzer (ART)	Dr. Hans-Rudolf Oberholzer Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Reckenholzstrasse 191 CH-8046 Zürich Tel. 044 377 72 97 hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch
Mycorhizes		
<ul style="list-style-type: none"> - Elaborer et valider des méthodes standard pour décrire l'état d'un sol sur le plan des mycorhizes 	S. Egli (WSL) H. Gamper (Univ. Basel) J. Jansa (ETH) C. Maurer-Troxler (BE) P. Mäder (FiBL) H.-R. Oberholzer (ART) F. Oehl (ART)	Dr. Simon Egli WSL Zürcherstrasse 111 CH-8903 Birmensdorf Tel. 044 739 22 71 simon.egli@wsl.ch
Faune		
<ul style="list-style-type: none"> - Evaluer et standardiser des méthodes de détermination de la pédofaune et les tester par des études de cas - Développer des tests écotoxicologiques 	S. Campiche (Centre Ecotox EAWAG/EPFL) E. Havlicek (BAFU) C. Maurer-Troxler (BE) L. Pfiffner (FiBL)	Dr. Claudia Maurer-Troxler Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne 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 recherches sur la biologie du sol dans le cadre du réseau cantonal d'observation des sols - Réaliser des études pilotes d'observation à long terme (en collaboration avec le projet ART) 	U. Gasser (ZH) C. Maurer-Troxler (BE) D. Mösch (AG) H.-R. Oberholzer (ART) D. Schlupe (SG) G. Schmid (SG) P. Schwab (ART)	Dr. Claudia Maurer-Troxler Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne CH-3052 Zollikofen Tel. 031 910 53 33 claudia.maurer@vol.be.ch

2. Activités des groupes de projets

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

Roland von Arx, OFEV

Le groupe de projet ne s'est pas réuni en 2010. Le projet « De paysans – à paysans », dont l'objectif est de faire partager à l'aide de vidéos des expériences de paysannes et de paysans en matière de conservation ou de restauration de la fertilité des sols, a été achevé. Le module supplémentaire sur les cultures fourragères (zones de collines et de montagne), ainsi que les adaptations et compléments pour la Suisse romande avec des séquences vidéo sur l'enherbement de la vigne et le semis direct en cultures assolées, sont désormais prêts. Au total, neuf films sont disponibles en suisse allemand et en français avec sous-titres en français, en allemand ou en anglais. Les informations utiles se trouvent sur le site www.vonbauernfuerbauern.ch.

L'Office fédéral de l'environnement, en collaboration avec la société LerNetz AG, a développé un nouvel outil d'enseignement intitulé « Objectif-sol.ch – une excursion sous terre ». Le programme est disponible en ligne sur le site www.objectif-sol.ch où il remplace et complète l'ancien site www.regenwurm.ch. Les élèves de la 3e à la 6e année scolaire peuvent y découvrir les propriétés et fonctions du sol de manière ludique, en partant à l'aventure avec un ascenseur souterrain, qui leur permet de naviguer de façon autonome et interactive à travers les différentes couches pédologiques jusque dans les profondeurs du sol. Le voyage comprend sept stations constituées de séquences didactiques et de textes audio où les enfants apprennent à connaître l'importance vitale du sol et à mieux comprendre les interactions écologiques (cf. Projets choisis 3.2). L'offre en ligne, proposée en français et en allemand, est complétée par un dépliant consacré à la pédologie qui renferme des suggestions et des instructions sur les expériences décrites sur le site en ligne.

2.2. Groupe de projet « Microbiologie »

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

Le groupe de travail « Microbiologie » a participé à des projets du groupe « Mycorhizes » (potentiel infectieux mycorhizogène) ainsi qu'à l'Observation de longue durée (NaBo-Bio).

2.3. Groupe de projet « Mycorhizes »

Simon Egli, WSL Birmensdorf

Sur mandat de l'OFEV, le groupe « Mycorhizes » a lancé à l'automne 2009 un projet visant à fournir une vue d'ensemble du potentiel infectieux mycorhizogène (PIM) des sols agricoles suisses. Plus de 100 sols des réseaux de mesure actuels du KABO et du NABO ont été évalués et des échantillons ont été prélevés au printemps 2010. Les relevés du PIM ont été complétés par des analyses chimiques, physiques et microbiologiques effectuées sur des sols et des plantes tests. L'objectif principal est de vérifier, à partir d'un échantillon représentatif des sols agricoles suisses, si la mesure du PIM peut être un paramètre intégrateur pour évaluer la qualité des sols et d'étudier les principaux facteurs qui l'influencent.

2.4. Groupe de projet « Faune »

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

Le groupe « Faune » a repris son activité et s'est réuni pour une première séance. Les objectifs et contenus ont été discutés sur la base d'un document et d'un tableau présentant les principaux domaines d'activité et les intérêts des participants. Pour la prochaine séance, il est prévu de préparer différents documents récapitulatifs: une liste des cantons utilisant des paramètres de biologie du sol (qui fait quoi); l'ancienne liste de travail du BSA (1999) actualisée (projets achevés, en cours, nouveaux); une synthèse des écotests possibles avec le travail, les coûts, la pertinence, etc.; un document de base sur les objectifs, les paramètres possibles, les centres de recherche (qui fait quoi) avec bibliographie, recherches sur l'application, etc.

2.5. Groupe de projet « Observation de longue durée »

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

Peter Schwab, Direction du projet LAZBO, FB14.2 (NABO) ART (AG, BE, SG, ZH)

Forêt: Lors de leur dernier échange d'expériences à Saint-Gall, les cantons associés à ce groupe de travail ont fait une brève synthèse des résultats sur les sols forestiers et présenté des faits et des problèmes liés à leur acidification. Ils ont proposé que l'OFEV reprenne la direction des activités dans ce domaine. Ils ont notamment suggéré que le manuel « Evaluation de la menace » soit complété par un chapitre sur l'évaluation de l'acidification des sols forestiers et des instructions sur la marche à suivre. Les cantons présents ont approuvé ces propositions. L'OFEV a pris note de cette demande et en discutera avec les cantons. Le groupe de travail se demande comment poursuivre son activité. Le canton de Zurich propose qu'il s'occupe de la coordination du KABO (réseau cantonal d'observation des sols).

3. Projets choisis du BSA

3.1. Evaluation de compactions du point de vue de la biologie du sol

Hans-Rudolf Oberholzer, Anneke Beylich, Stefan Schrader, Heinrich Höper und Berndt-Michael Wilke

*Hans-Rudolf Oberholzer
Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
Reckenholzstrasse 191
CH-8046 Zürich
hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch*

La compaction du sol est un problème qui prend de plus en plus d'importance dans le monde entier, tant en agriculture qu'en sylviculture. Les compactions, au sens d'atteintes à la structure, peuvent être provoquées aussi bien par une mécanisation lourde que par le piétinement d'animaux. Elles affectent en premier lieu les propriétés physiques du sol: la densité effective augmente, entraînant une réduction du volume et de la connexion des pores.

Jusqu'ici, les études dans ce domaine ont été essentiellement consacrées à l'impact sur les propriétés physiques du sol et le rendement végétal. Des valeurs limites ont été proposées pour les propriétés physiques dans le but d'éviter des effets défavorables sur la croissance des plantes, le rendement, et la teneur en air et en eau des sols. En revanche, il n'existe pas encore de valeurs limites pour les conséquences négatives que ces atteintes structurales peuvent avoir sur les organismes du sol et les processus biologiques. L'objectif du présent travail est de vérifier si les valeurs limites proposées pour des paramètres de physique des sols coïncident avec les seuils au-delà desquels se manifestent des atteintes sur les organismes et sur les processus biologiques du sol.

Le lien entre atteintes physiques et modifications de paramètres biologiques a été analysé sur la base de résultats publiés. A ce propos, 240 publications scientifiques parues entre 1963 et 2007 ont été dépouillées pour recueillir des informations sur les effets de compaction sur les organismes et sur les processus biologiques dans les sols. Les résultats ont été réunis dans une banque de données qui comprend au total 640 séries de données sur les microorganismes ou l'activité microbienne, et 332 sur la pédofaune. L'étude des rapports entre les paramètres pédophysiques (densité apparente et

volume des pores grossiers) et les différents paramètres biologiques s'appuie sur des analyses de régression.

Sur les 240 publications scientifiques, seules 54 contenaient des résultats exploitables pour notre recherche. En l'occurrence, les conditions suivantes devaient être remplies:

- présence au minimum de résultats sur les paramètres de la densité apparente et du volume des pores grossiers, ou possibilité de les déduire;
- indication des données originales et brutes;
- possibilité de distinguer les effets de compaction des autres effets (p. ex. influences des systèmes de travail du sol).

Pédofaune

Dans le domaine de la zoologie du sol, la plupart des essais sur le terrain consistaient à mesurer l'abondance et la biomasse des vers de terre, alors que les essais en laboratoire portaient principalement sur leur activité de forage et la production de déjections dans des méso-et microcosmes tassés artificiellement. Nous n'avons pas pu établir de relation claire entre les paramètres zoologiques et l'augmentation de la densité apparente, autant sur l'ensemble des résultats (fig. 3.1.1) que séparément sur les études sur le terrain et en laboratoire. Si la production de déjections augmente avec les densités apparentes atteintes suite à la compaction, on observe néanmoins un effet négatif avec des valeurs décroissantes parallèlement à l'augmentation de la densité apparente. Notre analyse des données publiées sur la pédofaune n'a permis ni de confirmer ni d'infirmer la valeur limite proposée pour la densité apparente par des spécialistes de la physique des sols. Outre la grande variabilité des propriétés physico-chimiques fondamentales comme des propriétés physiques spécifiques des sols, les causes suivantes pourraient expliquer ce résultat: (1) les différents paramètres pédozoologiques ne réagissent pas de la même façon à la compaction du sol; (2) les conséquences d'une compaction varient selon ses causes (p. ex. piétinement par des animaux de pâture, circulation), de sorte que les modifications des paramètres physiques de sols en place, par exemple sous l'effet du malaxage et du cisaillement, ne sont pas les mêmes que celles observées avec un tassement artificiel dans des colonnes de sol.

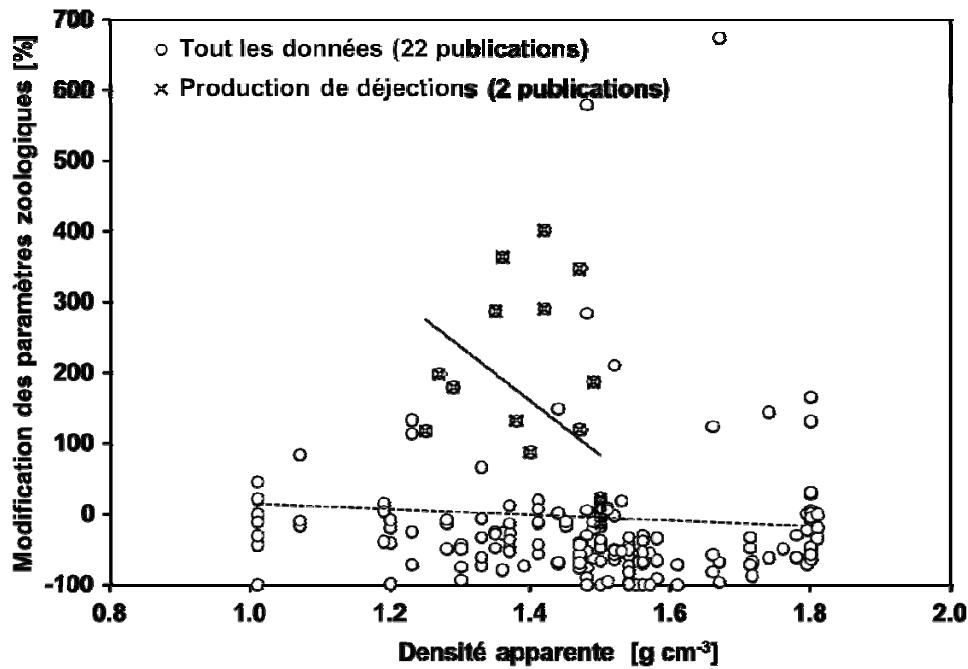


Figure 3.1.1 Relation entre la modification des paramètres zoologiques (en % du témoin non compacté) et la densité apparente. Les résultats de la production de déjections sont marqués et calculés séparément en raison des effets majoritairement positifs. $r^2 = 0.005$, n.s. (toutes les données, ligne pointillée; $y = -40.45x + 56.489$) et $r^2 = 0.222$, $p < 0.05$ (production de déjections, ligne continue; $y = -763.67x + 1229.3$).

Microorganismes

A partir de notre banque de données, nous avons pu analyser 29 séries de résultats de 6 publications scientifiques étudiant l'influence de compactations sur la minéralisation du C dans des essais sur le terrain. Si les compactations ont eu des effets significatifs sur les propriétés pédophysiques de la densité apparente et du volume des pores grossiers, leur impact sur la minéralisation du C a montré une grande variabilité, avec des écarts de -47 % à +51 %. Des effets défavorables ont été observés dans une moitié des cas environ. Une corrélation positive a été relevée entre la densité apparente et les modifications de la minéralisation du C suite à une compaction, la minéralisation ayant été plutôt favorisée par l'augmentation de la densité apparente.

Pour l'évaluation des effets de la compaction sur la minéralisation du C dans des essais de laboratoire, nous disposons de 68 séries de données provenant de 9 publications (fig. 3.1.2). Suite à la compaction induite, les valeurs limites proposées pour la densité apparente effective ($1,7 \text{ g cm}^{-3}$) ont été dépassées dans 7 cas et celles du volume des pores grossiers (5 à 7 vol. %) dans 7 cas également. La corrélation (r^2) entre la modification de la minéralisation du C

(en % de la procédure témoin) et la densité apparente effective, plus précisément la densité apparente, a été de 0,32 et 0,17. Toutes les méthodes de compaction ayant conduit à une densité apparente effective de plus de $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ ont montré un effet défavorable sur la production de CO_2 .

La biomasse microbienne et la minéralisation du C ont réagi de façon similaire aux compactations. Lors des essais sur le terrain, celles-ci ont plutôt occasionné une légère hausse des paramètres biologiques, alors qu'en laboratoire, elles ont au contraire entraîné une forte diminution. Avec une compaction supérieure à $1,7 \text{ g cm}^{-3}$ de densité apparente, les effets sur la biomasse microbienne ont toujours été défavorables.

Conclusions

Les compactations aussi bien légères que très importantes ont eu des effets tantôt positifs, tantôt négatifs sur les paramètres biologiques du sol. Outre la compaction proprement dite, la modification de la teneur en eau et en air a joué un rôle essentiel par rapport aux effets négatifs observés en particulier sur les paramètres microbiologiques. On ne peut donc pas se fonder sur l'influence sur les paramètres biologiques pour confirmer les valeurs limites proposées.

Afin d'obtenir une base de données scientifiquement étayée pour évaluer les effets de compaction sur les organismes, les fonctions et les processus biologiques du sol, nous recommandons de toujours déterminer les paramètres suivants lors d'essais appropriés:

- Propriétés du site (utilisation du terrain, climat, exposition)
- Propriétés du sol (type de sol, texture (teneur en argile, silt, sable), densité apparente (effective), teneur en humus, pH)
- Humidité du sol (teneur en eau volumétrique, potentiel matriciel)
- Porosité totale, volume des pores grossiers
- Conductivité de l'air, conductivité hydraulique

Remerciements

Les résultats publiés dans le présent texte ont été élaborés au sein du groupe de travail « Biologische Bewertung von Böden » du Bundesverband Boden. Les auteurs remercient G. Broll, H. Brauckmann, H.-C. Fründ, Th. Gärtig, U. Graefe, K. Rahtkens et A. Ruf pour leur contribution à ce travail. Nos remerciements s'adressent également au Bundesanstalt für Materialforschung ainsi qu'au Umweltbundesamt für die finanzielle Unterstützung (FKZ 36013009).

Publication intégrale:

Beylich, A., H.-R. Oberholzer, S. Schrader, H. Höper & B.-M. Wilke (2010): Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. *Soil and Tillage Research* 109, 133-143.

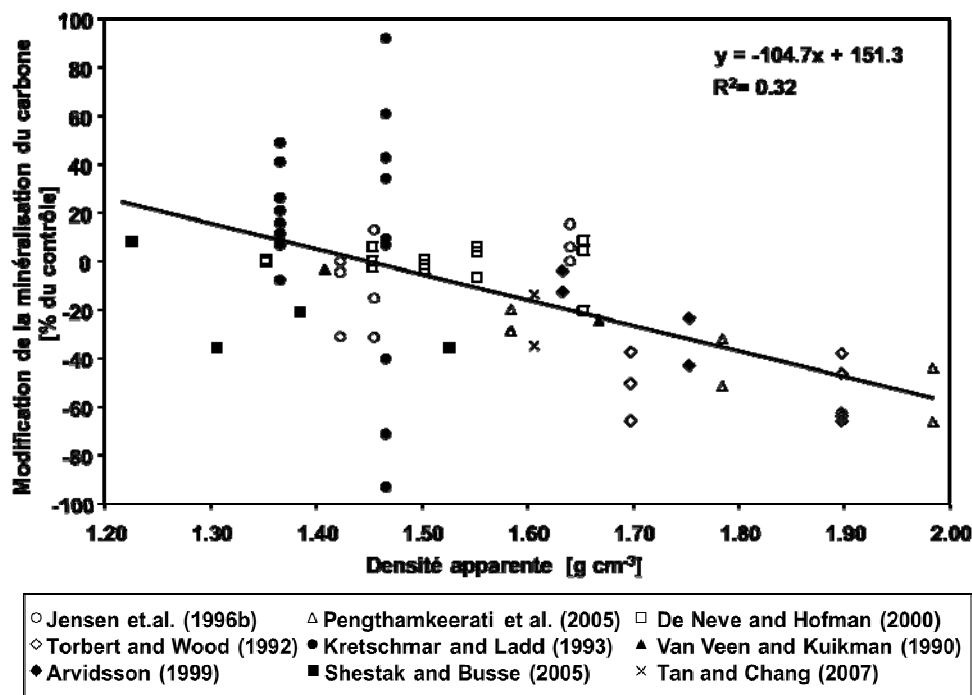


Figure 3.1.2 Modification de la minéralisation du C (en % de la valeur sans compaction) par rapport à la densité apparente après compaction dans les expériences de laboratoire. $r^2 = 0.316$, $p < 0.001$.

3.2. Objectif sol – un projet éducatif (E-learning)

Elena Havlicek
 OFEV
 CH-3003 Berne
 elena.havlicek@bafu.admin.ch

Un voyage virtuel dans le sol :
www.objectif-sol.ch / www.bodenreise.ch

La protection des sols se distingue de la protection des autres ressources environnementales par différents aspects, entre autres liés à sa

composante biologique: non seulement une multitude d'êtres vivants utilise le sol comme milieu exclusif de vie, mais ces mêmes organismes contribuent à la formation de leur milieu de vie, du sol. En outre, le sol, en tant qu'élément des écosystèmes naturels, ruraux et urbains, n'est pas « vu » par le public. Invisible, sauf en surface, il est souvent considéré uniquement comme un support inerte pour la production alimentaire ou ornementale (parcs urbains par exemple). Tant la population que les décideurs ignorent le fonctionnement complexe

du sol, particulièrement sa composante biologique.

Il en découle, que face à la méconnaissance générale des sols, leur protection doit impérativement passer par une information préalable sur leurs qualités et leur importance dans le fonctionnement des écosystèmes. Grâce au logiciel www.objectif-sol.ch / www.bodenreise.ch, l'OFEV répond partiellement à la nécessité d'information, en ciblant préférentiellement un jeune public, d'âge scolaire.



Un moyen de diffusion accessible à tous

Il n'est pas nécessaire de rappeler les avantages de la diffusion informatique. L'accès au web est devenu, en peu de temps, un standard pour pratiquement toutes les couches de la population, et certainement pour les jeunes générations. L'éducation scolaire également utilise de plus en plus fréquemment les méthodes d'enseignement à distance. Toutefois, il ne suffit pas de mettre en ligne des images et/ou des textes pour obtenir un site de qualité. L'information doit être formatée selon le public auquel elle s'adresse, en particulier dans le cadre de l'enseignement. Les concepts didactiques et le message scientifique doivent être préparés par des spécialistes de chaque domaine et une coordination interdisciplinaire est nécessaire pour créer un cours à distance attractif, adapté au niveau scolaire ciblé. Pour cet objectif, l'Office fédéral de l'environnement a collaboré avec LerNetz, une entreprise spécialisée dans la création d'outils d'enseignement en ligne, et des enseignants. Le site est donc le fruit d'une collaboration intensive entre les spécialistes des sols qui ont fourni le contenu scientifique, les développeurs d'outils informatiques éducatifs et les didacticiens praticiens qui ont assuré l'adaptation du message au jeune public. Il est à noter qu'une part importante de l'attractivité du site provient de l'aspect visuel:

un artiste a créé les dessins originaux qui apportent une valeur ajoutée esthétique indispensable à la transmission de l'information.

Le site d'enseignement www.objectif-sol.ch / www.bodenreise.ch s'adresse prioritairement à des élèves fréquentant le niveau de scolarité obligatoire: il est conçu pour les niveaux scolaires 3e – 4e années et 5e – 6e années. En raison du jeune âge des « clients », il est d'autant plus nécessaire d'inclure dans l'enseignement on-line une composante positive et ludique. Effet collatéral réjouissant, de tels sites, conçus de manière simple et attractive, attirent aussi un plus large public, adulte, ravi de pouvoir aborder avec facilité des sujets complexes.



Le sol est l'usine de la vie

Les élèves, accompagnés de leur enseignant, ou les visiteurs du site indépendants, sont invités à se rendre dans les profondeurs du sol (a priori peu attractives et sombres...) au moyen d'un ascenseur; ils sont guidés dans leur voyage par un lombric souriant et doué de parole.

Au gré de sept stations, les élèves découvrent les différents aspects du sol et de son fonctionnement. Une part prépondérante du site a été consacrée à la biologie du sol; pas moins de cinq stations sur les sept développées sont explicitement dévolues au rôle des organismes vivants dans la formation et la vie du sol. Le contenu didactique est présenté de manière diversifiée: sous forme de courts textes informatifs ou de parties interactives (exercice, jeu, ...). Des outils d'aide permettent de confirmer à quelle profondeur du sol se trouve l'élève ou de passer à un niveau de connaissances approfondies (bouton « plus »). A la fin de leur voyage souterrain, les élèves pourront répondre aux questions fondamentales: Quels sont les animaux qui vivent dans le sol ? Quel est le rôle du

sol pour les plantes ? Que devient l'eau dans le sol ? De quelles couches est-il constitué ? En fin de compte, quel est le rôle du sol pour la nature et l'homme ?



Lancé en 2010, année de la biodiversité, le site www.objectif-sol.ch / www.bodenreise.ch est largement consacré aux organismes souterrains. Même si leur nombre et leur identité ne sont de loin pas connus, ils sont les ouvriers innombrables et actifs de la grande usine de la vie. Sans les lombrics et leurs compagnons, la vie sous terre et sur terre ne serait tout simplement pas possible.

Uniquement des connaissances théoriques ?

Comme de nombreuses autres sciences, la botanique par exemple, celle du sol est difficile à acquérir uniquement en théorie, dans une salle. Un moyen didactique supplémentaire a été développé afin de faciliter l'approche concrète du sol et de ses propriétés.

Un « leporello », dépliant qu'il est possible d'emporter sur le terrain ou en laboratoire, présente diverses activités éducatives, et néanmoins ludiques, que l'enseignant peut proposer à ses élèves. Le recto présente un profil de sol. Il comporte des indications relatives aux sept stations didactiques que l'ascenseur souterrain permet de visiter, aidant les élèves à utiliser le logiciel d'éducation à distance. Le verso contient des instructions et des illustrations détaillées sur les sept expériences présentées dans le logiciel. Ces expériences simples peuvent aussi être réalisées à la maison par tout le monde, sans matériel spécialisé.

Un accès gratuit

L'accès au logiciel www.objectif-sol.ch / www.bodenreise.ch est gratuit; le cours est présenté en deux langues, français et allemand, et le dépliant peut être commandé gratuitement s'il s'agit d'un exemplaire unique, ou pour la somme de CHF 1,5 par exemplaire lorsque la commande concerne un set pour une classe. Actuellement, le site est en phase de test; les utilisateurs du logiciel sont invités à faire part de toutes leurs remarques qui seront prises en compte afin de l'adapter et de l'améliorer.

Prêts à embarquer pour découvrir les mystères et la biodiversité du sol?

4. Forum

4.1. Acidification et teneurs en métaux lourds des sols forestiers du canton de Berne

Claudia Maurer-Troxler
Service de la protection des sols du canton de Berne, Rütli
CH-3052 Zollikofen
claudia.maurer@vol.be.ch

Stephan Zimmermann
Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
stefan.zimmermann@wsl.ch

Une majorité des sols forestiers bernois étudiés sur 238 sites sont acides voire très acides. Beaucoup sont déjà fortement décarbonatés de façon naturelle. Seuls 27 % des sites étudiés ont pu être identifiés comme ne posant pas de problème d'acidification accrue, 44 % présentent un certain risque, et 29 % sont considérés comme critiques.

La mobilité d'éventuels métaux lourds est d'autant plus élevée que les sols sont acides. Un bon quart des 108 sols forestiers étudiés présentent des taux accrus ou des dépassements de la valeur indicative pour au moins un métal lourd. Dans deux tiers des cas ces valeurs élevées s'expliquent par des processus géogènes et pédogènes, et dans un tiers des cas elles sont dues à des émissions atmosphériques (causées par l'homme et transportées par l'air), en particulier de plomb.

Les dépôts accrus d'azote, enregistré depuis des années, sont la principale cause de l'acidification accélérée des sols forestiers. Une stratégie ciblée à plusieurs niveaux basée sur des mesures dans le domaine de la protection de l'air et des systèmes d'épandage d'engrais réduisant les émissions d'ammoniac, devrait permettre d'abaisser les émissions d'azote.

Acidification du sol

Le WSL a dressé un bilan de l'acidité actuelle des sols forestiers bernois et de la dynamique vers une nouvelle baisse du pH (Zimmermann 2009). Sur 238 sites choisis en fonction de leur végétation, des profils de sol ont été ouverts, décrits et analysés par horizon (pH, cations

acides et basiques échangeables, et divers paramètres du sol).

L'évaluation globale s'est effectuée sur la base de trois critères d'état (pH, saturation en bases S/T, capacité d'échange cationique CEC), de deux critères dynamiques (sensibilité à une baisse du pH et de la S/T), ainsi que du risque de toxicité par l'aluminium.

Sur les 238 sols étudiés, seuls quelques-uns pourront neutraliser une grande partie des futurs apports d'acides. Un peu moins de la moitié sont déjà très acides, et sur un cinquième des sites, le pH diminuera rapidement si les dépôts acides se poursuivent.

Deux tiers des sols étudiés présentent une S/T élevée à très élevée, un tiers une CEC élevée à très élevée. Un quart des sites réagiront de manière sensible si les dépôts acides se poursuivent et que la capacité de stockage des éléments nutritifs se dégrade. Si la disponibilité de cations basiques continue de diminuer, celle de l'aluminium augmentera, ce qui affectera en particulier la croissance des racines. A l'heure actuelle, le risque d'atteintes causées par l'aluminium existe déjà sur près d'un quart des sites étudiés.

Evaluation globale de l'acidification des sols

Les six critères d'évaluation des sols forestiers, qui ont été analysés en plusieurs étapes, sont présentés sous forme de synthèse dans la fig. 4.1.1.

Une majorité des surfaces réagit de manière sensible à de nouveaux apports acides et à leurs conséquences. Dans le canton de Berne, de nombreuses stations forestières se trouvent sur une roche-mère fortement décarbonatée (notamment sables de molasse et moraines de roches mixtes pauvres en calcaire). Lorsque la formation du sol est avancée, elles ont déjà naturellement tendance à avoir des pH bas. Seuls 27 % des sites ne présentent aucun risque pour les six critères étudiés. Tous les autres ont au moins un critère jugé non optimal. 44 % des sites risquent de voir baisser leur pH ou leur S/T, et 29 % sont déjà tellement acidifiés ou ont une S/T si faible qu'ils n'offrent plus des conditions de croissance optimales à la végétation. Il faut s'attendre à ce qu'une majorité de ces stations développent un risque de phytotoxicité due à l'aluminium, et si l'acidité reste élevée, il est probable que la fertilité du sol, et

par conséquent le rajeunissement naturel, en soient affectés.

Conséquences de l'acidification des sols

Les résultats obtenus doivent être interprétés comme un relevé ponctuel de l'état actuel et ne se prêtent pas à une extrapolation précise dans l'espace et dans le temps. Il existe en revanche une observation à long terme de la forêt (IBA 2009) qui montre qu'une acidification des sols est déjà effectivement mesurable en l'espace de

neuf ans. Dans les couches de sol sans calcaire (0 à 40 cm), le pH a diminué de 0,11 unité en moyenne et la S/T de 5,3 %. Par ailleurs, sur 38 surfaces étudiées sous l'angle de la toxicité de l'aluminium, 23 ont révélé une baisse du rapport cations basiques/aluminium. Et pour 32 % des sols, la capacité de neutralisation de l'acidité est décrite comme restreinte. Les dépôts excessives d'azote sont la principale cause identifiée (IBA 2009).

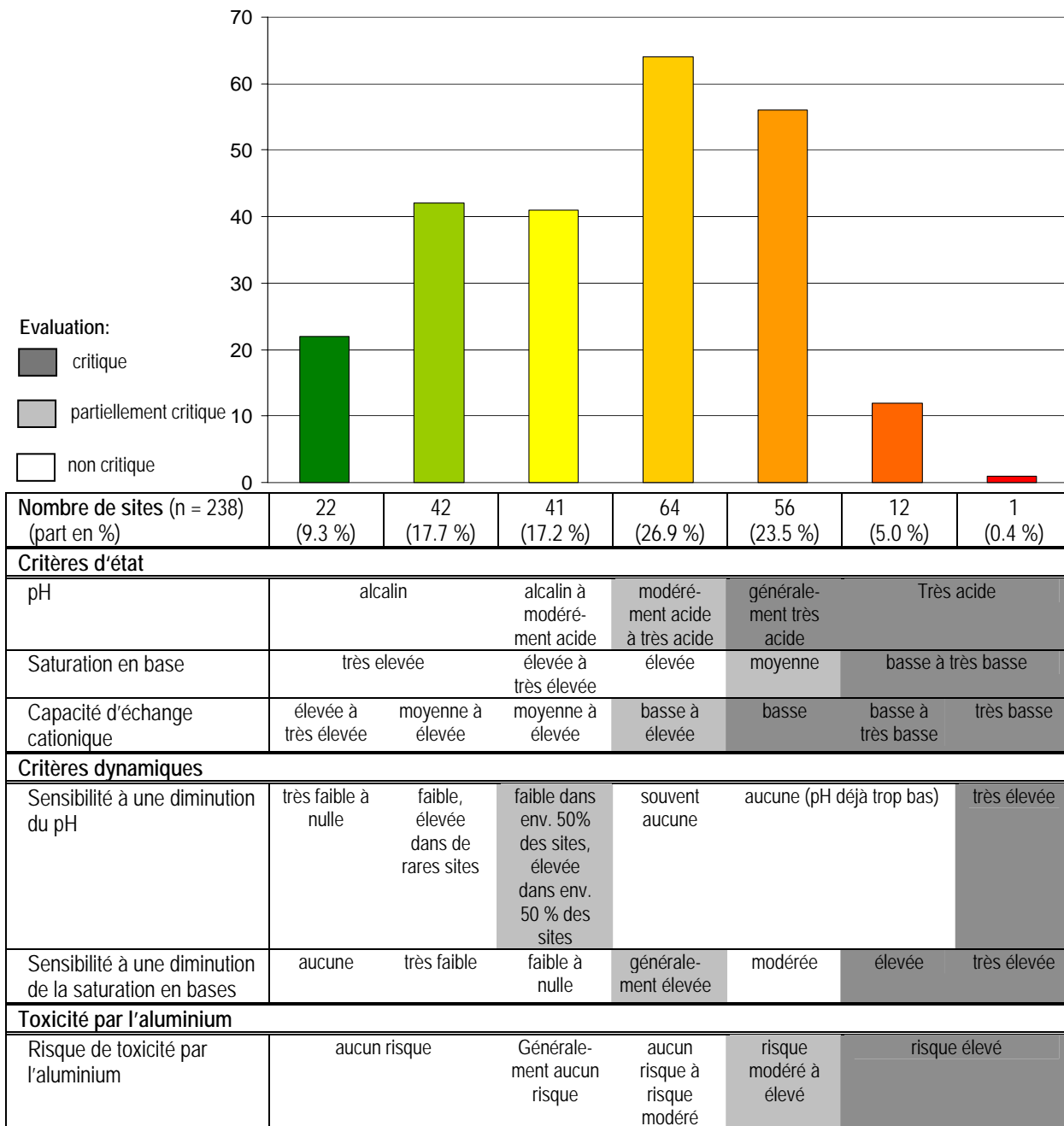


Figure 4.1.1 Synthèse de l'évaluation globale des six critères d'évaluation entreprise par Zimmermann (2009), et regroupement des 238 sites forestiers en sept classes (vert = site sans critères dans la zone critique, rouge = sites avec tous les critères dans la zone critique).

Teneurs en métaux lourds

Les métaux lourds présents dans le sol proviennent de la roche-mère et peuvent s'accumuler localement sous l'effet de différents processus. A cela s'ajoutent des dépôts atmosphériques de métaux lourds d'origine anthropique. A des concentrations élevées, les métaux lourds causent des dommages à la végétation et à la vie du sol et constituent une menace pour la fertilité. De plus, ils peuvent être lessivés et polluer l'eau potable.

Sur 108 des 238 sites étudiés, des analyses de la teneur totale en plomb (Pb), cadmium (Cd), cobalt (Co), chrome (Cr), cuivre (Cu), mercure (Hg), nickel (Ni) et zinc (Zn) selon l'ordonnance de 1998 sur les atteintes portées au sol (OSol) ont également été réalisées. Les résultats ont été évalués en collaboration avec le WSL en termes de pollution et de risques pour les eaux et le sol (Maurer et al. 2009).

Dépassement des valeurs indicatives selon l'OSol

L'OSol fixe des valeurs indicatives pour les concentrations de polluants inorganiques. En cas de dépassement, le sol est considéré comme pollué.

Au total, 30 des 108 profils de sols forestiers étudiés présentent des dépassements ou des concentrations élevées (80 à 100 % de la valeur indicative) pour un ou plusieurs métaux lourds. Ceux-ci sont dus dans près d'un tiers des cas à des activités humaines (p. ex. plomb provenant de l'essence avec plomb), et dans deux tiers des cas surtout à des processus géogènes ou pédogènes (p. ex. pour le nickel, cadmium, chrome, cuivre, zinc).

Risque de transfert

Le risque environnemental ne dépend pas seulement de la teneur totale en métaux lourds, mais aussi dans une large mesure de leur mobilité. Des facteurs aussi bien chimiques (pH, teneur en calcaire) que physiques (mauvaise perméabilité des couches) influencent le risque de transfert. Sur 102 sites étudiés, 43 ne présentaient aucun risque de mobilisation des métaux lourds, et 59 un risque possible de transfert surtout latéral de cadmium, cobalt, chrome, cuivre, nickel et zinc.

Atteintes biologiques

C'est avant tout dans la solution du sol que les plantes et les microorganismes prélèvent des substances. Des teneurs élevées en métaux lourds peuvent perturber le cycle des matières au sein de celle-ci. Le risque potentiel d'atteintes aux microorganismes peut être évalué à l'aide des valeurs limites formulées par VanMechelen et al. (1997). Dans des sols minéraux, la valeur limite pour le chrome a été dépassée à deux reprises. Trois autres sites ont présenté des valeurs plus élevées en chrome, en cuivre et en nickel.

Evaluation globale de la teneur en métaux lourds

Les critères « teneur élevée en métaux lourds » (OSol 1998), « risque de transfert » et « atteintes biologiques » ont été regroupés pour procéder à une évaluation globale.

La pollution aux métaux lourds observée sur les sites d'échantillonnage n'est pas un problème général. Sur un tiers des sites, aucun risque n'a été constaté. En revanche, 17 des 102 sites présentaient à la fois un risque plus élevé de transfert et une charge plus élevée ou élevée de métaux lourds généralement isolés. En outre, sur trois sites, les microorganismes étaient perturbés dans leur activité.

Evaluation globale des sols forestiers bernois

L'acidification est un processus naturel. Depuis des années, l'azote et des polluants émis par l'agriculture, l'industrie et les ménages aboutissent toutefois de plus en plus souvent en grandes quantités dans nos sols. La situation est particulièrement problématique pour l'azote, dont les valeurs d'apport critiques (critical loads) pour la forêt sont dépassées sur la quasi-totalité du territoire, y compris dans le canton de Berne, ce qui accélère encore le processus d'acidification. Or les sols acides facilitent le lessivage des éléments nutritifs et la libération d'aluminium phytotoxique. De même, les métaux lourds, qu'ils proviennent de la roche-mère ou de l'activité humaine, sont plus facilement lixiviés dans des sols acides et peuvent éventuellement aboutir dans les eaux superficielles ou souterraines.

Les constats établis à partir des sites forestiers bernois analysés correspondent dans leur ordre

de grandeur à d'autres études ponctuelles plus vastes réalisées en Suisse. Conformément à l'OSol, les cantons sont responsables de la surveillance des atteintes portées aux sols. En prévision d'une éventuelle poursuite de l'observation, les sites de l'étude de Zimmermann (2009) classés dans les trois catégories d'atteintes les plus élevées (fig. 4.1.1) ont été superposés avec ceux de l'analyse de Maurer et al. (2009) présentant plusieurs atteintes, ce qui a permis de sélectionner onze sites. En y ajoutant les dix sols avec dépassements des valeurs indicatives de l'OSol, on obtient au total 21 sites (fig. 4.1.2) sur lesquels l'observation pourrait être poursuivie.

Bibliographie

- IBA, Institut de biologie végétale appliquée, 2009: Wie geht es unserem Wald? 25 Jahre Walddauerbeobachtung. Ergebnisse von 1984 bis 2008, Bericht 3.
- Maurer-Troxler C., Chervet A., Sturny, W.G., Zimmermann, S., 2009: Schwermetallbelastung und Versauerungszustand von Waldböden im Kanton Bern. Teil 1 Schwermetallbelastung. Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern.
- VanMechelen, L., Groenemans, R., VanRanst, E., 1997: Forest soil condition in Europe, results of a large-scale soil survey. EC, UNECE, Ministry of the Flemish Community, Brussels, Geneva. 261 S.
- OSol, ordonnance du 1er juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols. RS 814.12.
- Zimmermann, S., 2009: Säurestatus und Versauerungszustand von Waldböden im Kanton Bern. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, CH-8903 Birmensdorf, im Auftrag der Bodenschutzfachstelle Bern.

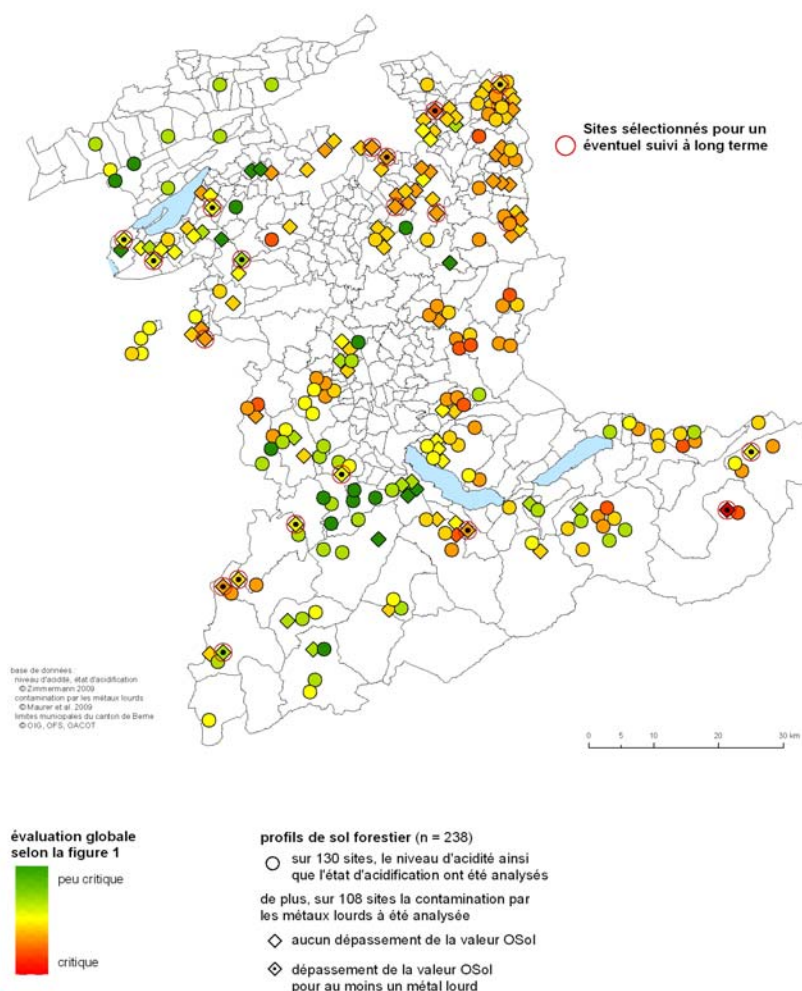


Figure 4.1.2 Vue d'ensemble des sites.

4.2. Etudes sur la biologie du sol aux Grisons

Esther Bräm
 Amt für Natur und Umwelt Graubünden
 Abteilung Natur
 Gürtelstrasse 89
 CH –7001 Chur
 esther.braem@anu.gr.ch

Situation initiale

Depuis 1990, le service de la nature et de l'environnement (Amt für Natur und Umwelt ANU) des Grisons suit le réseau d'observation à long terme des sols (langfristiges Bodenüberwachungsnetz, LBN-GR). Celui-ci comprend 45 sites de référence et d'immission faisant l'objet d'analyses approfondies, et 39 sites de variation étudiés de façon moins détaillée. Les sites de référence sont répartis régulièrement sur les 15 anciennes régions du canton et classés selon leur utilisation et leur altitude: prairie permanente en plaine, forêt dans les zones escarpées, pâturages au-dessus de la limite de la forêt. Sur les 5 sites d'immission, deux sont occupés par des cultures assolées, un par de la prairie permanente, un par de la vigne, et le dernier est un parc.

Démarche

Le monitoring est réalisé tous les cinq ans. Les trois premières séries d'analyses ont porté sur

les atteintes chimiques (métaux lourds, fluor et polluants organiques) et sur la caractérisation des sites. Pour la quatrième série, la microbiologie a été intégrée dans le programme de mesure en tant qu'indicateur de l'état de la biocénose du sol. Depuis 2006, des paramètres de microbiologie du sol sont analysés sur cinq sites par Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART). L'an passé, l'ANU a pour la première fois fait procéder à une évaluation de ces données. Les résultats sont commentés dans un rapport [1] et comparés avec des données provenant d'autres études [2].

Sites

L'activité pédobiologique est déterminée dans une large mesure par les propriétés spécifiques du site telles que microclimat, utilisation, teneur et qualité de la matière organique, type de sol, cycle de l'air et régime hydrique. Le tableau 4.2.1 présente les propriétés des cinq sites sélectionnés. Ils se situent entre 500 et 1500 m, quatre sont utilisés comme prairies permanentes et un comme champ cultivé. A l'exception de LBN n° 22, leur pH est alcalin. Parmi les sites de prairies, le n° 19 se distingue des autres par une teneur élevée en carbone organique (9,2 %). Celle-ci est nettement plus basse dans la terre assolée que dans les prairies. La teneur en argile varie entre 19 et 30 %. Les LBN n° 7 et LBN n° 19 présentent des dépassements de la valeur indicative pour deux métaux lourds.

Tableau 4.2.1 Caractérisation des sites.

Site	LBN n°7	LBN n°10	LBN n°19	LBN n°22	LBN n°46
Commune	Paspels	Donath	Klosters-Serneus	Davos	Malans
Altitude	855	1010	1005	1510	530
Utilisation	Prairie permanente	Prairie permanente	Prairie permanente	Prairie permanente	Terre assolée
Substrat	Eboulis de pente, surtout schistes lustrés	Colluvion carbonaté	Eboulis de pente carbonaté	Colluvion cristallin	Alluvion carbonaté
pH CaCl ₂	7.0	7.2	6.9	4.9	7.2
C _{org} %	4.6	5.8	9.2	4.8	1.7
Argile %	20	24	30	21	19
Silt %	37	34	29	26	40
Sable %	43	42	41	53	41
Teneurs	Ni, Cu >val. ind.	< val. ind.	Cr, Ni > val. ind.		

Méthodes

Sur chacun des cinq sites, trois échantillons de sol ont été prélevés au printemps, avant le départ de la végétation, sous forme d'échantillons composés. La profondeur de prélèvement était de 0 à 10 cm sur la prairie permanente, et de 0 à 20 cm dans le champ. Les dates d'échantillonnage ont été fixées sur la base de critères phénologiques. Les échantillons ont été entreposés en chambre froide à une température de 3°C et préparés selon la méthode B-PAL [3]. Les paramètres pédobiologiques de la biomasse microbienne BM SIR, BM FE-C et BM FE-N ainsi que la respiration basale BA ont été analysés en laboratoire selon les méthodes de référence de la Station fédérale de recherches agronomiques FAL (aujourd'hui ART). Le quotient métabolique a ensuite été déduit par calcul.

Résultats

La figure 4.2.1 présente l'évolution temporelle de la respiration basale dans les cinq sites. Ces derniers peuvent être classés en trois groupes: les LBN n° 7, 10, et 22 avec des valeurs moyennes, le site n° 19 avec la valeur la plus élevée, et le n° 46 avec la valeur la plus basse.

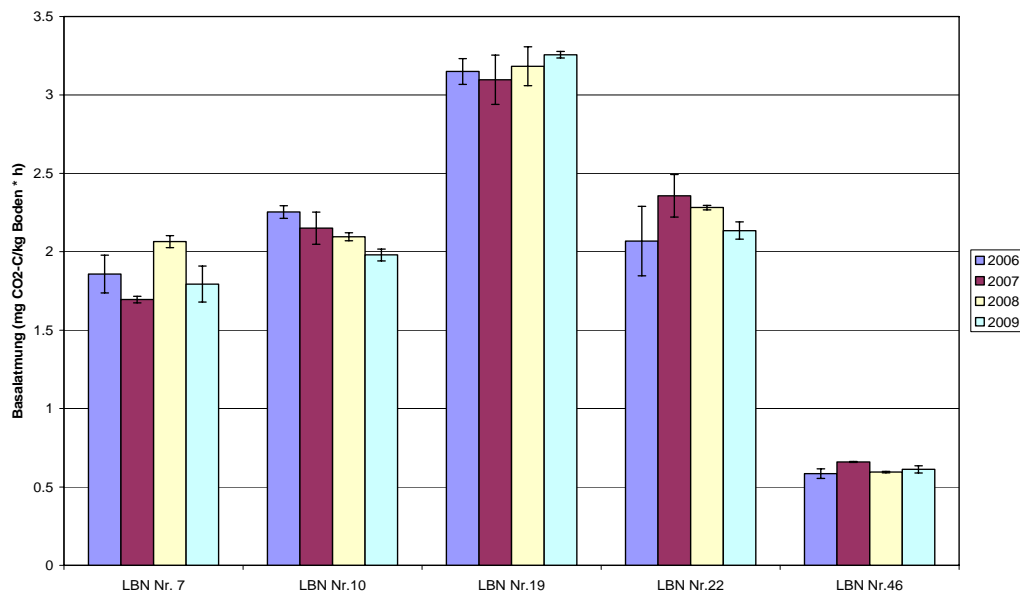


Figure 4.2.1 Respiration basale.

La figure 4.2.2 illustre l'évolution temporelle de la biomasse microbienne SIR dans les cinq sites. Les résultats font apparaître une répartition similaire à celle de la respiration basale. En ce qui concerne la biomasse microbienne SIR, le LBN n° 19 présente les teneurs les plus élevées, la terre assolée LBN n° 46 les teneurs les plus basses, et les sites LBN n° 7 et n° 22 des teneurs moyennes. LBN n° 10 se situe entre les teneurs moyennes et les teneurs les plus élevées.

Après quatre ans, les mesures répétées annuellement ne permettent pas de dégager une tendance claire dans l'évolution temporelle. En revanche les paramètres mesurés présentent un niveau spécifique au site.

Les analyses complémentaires ne permettent pas d'établir une influence de l'altitude sur l'activité biologique des sols. Par contre, on constate qu'il existe une corrélation nette entre la biomasse microbienne et la teneur en carbone organique C_{org} .

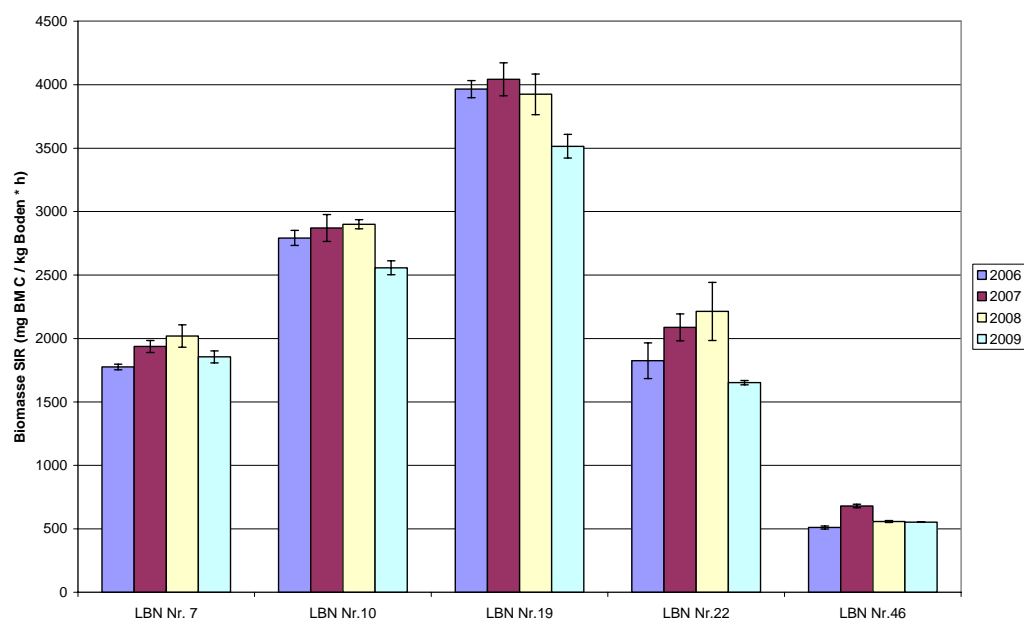


Figure 4.2.2 Biomasse microbienne BM SIR.

Les dépassements des valeurs indicatives pour les métaux lourds Ni et Cr sur le site LBN n°19 ne se manifestent pas par une activité biologique réduite. Malgré sa teneur en polluants chimiques, c'est lui qui présente la valeur la plus haute pour les paramètres biologiques. Comme le quotient métabolique n'est pas plus élevé que dans les autres sites, on peut exclure une activité biologique due au stress. Les valeurs plus élevées de Ni et de Cr sont probablement d'origine géogène, et il faut partir du principe qu'elles n'exercent pas d'action inhibitrice sur l'activité microbienne.

Les sites LBN n° 7 et 19 présentent également une pollution au Cu. Bien que le Cu soit considéré comme inhibiteur, ces sites n'ont pas montré de réduction de l'activité microbienne. Si l'activité est plus faible dans le LBN n° 7 que dans les autres sites de prairie permanente, c'est sans doute en raison de sa plus faible teneur en C_{org} .

Comparaisons avec les sols NABObio

Les résultats obtenus dans les Grisons ne sont que partiellement comparables avec les valeurs de comparaison et de référence indiquées dans l'aide à la mise en œuvre sur l'utilisation et l'interprétation des paramètres biologiques du sol [4]. En effet, les valeurs de comparaison de [4] ne sont valables que pour les sols du Plateau et des altitudes comprises entre 400 et 800 m, alors que les sites étudiés du LBN-GR se situent

entre 500 et 1500 m d'altitude. Pour évaluer les données des Grisons, on a donc utilisé comme valeur de comparaison des données pédobiologiques de sols de NABObio tirées de la recherche d'Oberholzer & Scheid [2].

Le tableau 4.2.2 permet de constater que l'activité pédobiologique de la terre assolée LBN n° 46 est supérieure à la valeur correspondante de NABObio, et cela pour tous les paramètres étudiés. En ce qui concerne la respiration basale et la biomasse microbienne, les quatre sols grisons de prairie permanente montrent là aussi des valeurs nettement supérieures aux seize sols de comparaison provenant de toute la Suisse. Les quotients métaboliques calculés des sites LBN sont comparativement bas, ce qui indique une utilisation équilibrée à très efficace du carbone par les microorganismes.

Tableau 4.2.2 Comparaison des sols LBN et NABObio (moyennes) [2].

Utilisation	Respiration basale (mg CO ₂ -C kg ⁻¹ TS*h ⁻¹)	Biomasse microbienne BM (mg BM-C kg ⁻¹ TS)		Quotient métabolique qCO ₂
		BM SIR-C	BM FE-C	
Terres assolées n = 32	0,574	525	613	1,09
Terre assolée LBN-GR n° 46	0,613	576	679	1,06
Prairie, extensive n = 8	1,529	1344	2118	1,22
Prairie, intensive n = 8	1,463	1502	2223	0,99
Prairie LBN-GR n° 7	1,853	1897	2572	0,98
Prairie LBN-GR n° 10	2,120	2780	3249	0,76
Prairie LBN-GR n° 19	3,171	3862	4246	0,79
Prairie LBN-GR n° 22	2,211	1944	2208	1,10

Perspectives

La base de données ne repose que sur cinq sites, ce qui est très mince pour donner une vue d'ensemble de l'état des communautés de microorganismes dans les sols des Grisons. Il est prévu de remplacer les emplacements actuels par d'autres. Le projet « Mycorhizes », auquel les Grisons participent avec 25 sites, devrait fournir en 2010 des informations sur de nouveaux emplacements appropriés. Le spectre des propriétés de site analysées sera élargi (texture, conditions de pH, altitude) afin d'étudier l'influence de ces paramètres sur l'activité des microorganismes.

Jusqu'à présent, les seules valeurs de référence pédobiologiques disponibles concernent les sols du Plateau. Il importe donc d'engager des efforts complémentaires afin de pouvoir déduire des valeurs de référence pour les altitudes plus élevées.

Bibliographie

- [1] Amt für Natur und Umwelt Graubünden, 2009: Langfristiges Bodenüberwachungsnetz Graubünden. Bestimmung von bodenbiologischen Parametern.
- [2] Oberholzer, H.-R. & Scheid, S., 2007: Bodenmikrobiologische Kennwerte. Erfassung des Zustands landwirtschaftlicher Böden im NABO-Referenzmessnetz anhand biologischer Parameter (NABObio). Umwelt-Wissen Nr. 0723. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [3] FAL, FAW, RAC, 1998: Schweizerische Referenzmethoden der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten, Band 2, Bodenuntersuchung zur Standortcharakterisierung.
- [4] Arbeitsgruppe Vollzug Bodenbiologie VBB/BSA, 2009: Arbeitshilfe zur Anwendung und Interpretation bodenbiologischer Parameter. Frick.

4.3. Procédure moléculaire pour la détermination de la diversité des mycorhizes arbusculaires dans les racines et les sols

Jan Jansa
ETH Zürich
Institut de Sciences Agronomiques
FMG C 23
Eschikon 33
CH – 8315 Lindau
jan.jansa@ipw.agrl.ethz.ch

Hannes Gamper
Université de Bâle
Institut Botanique
Hebelstrasse 1
CH – 4056 Basel
hannes.gamper@unibas.ch

Les champignons mycorhiziens à arbuscules sont des champignons du phylum des Gloméromycètes (« champignons à glomérules ») vivant en symbiose avec les racines de la plupart des plantes terrestres. Ils aident leurs plantes hôtes à mobiliser des éléments minéraux peu disponibles, ils améliorent la tolérance générale des plantes au stress, et ils participent à la structuration du sol et à l'agrégation des particules du sol. De plus, ils peuvent créer des liens entre des plantes de différentes espèces. Au microscope, les espèces de ce groupe de champignons sont difficilement identifiables d'après la morphologie de leurs spores, et ne le sont pas du tout sous forme de mycélium que ce soit dans le sol ou dans les racines. C'est pourquoi il est nécessaire d'utiliser des méthodes d'analyse moléculaire pour les détecter, les identifier et les quantifier. Par ailleurs et contrairement aux analyses de spores, les outils moléculaires ont pour principal avantage de pouvoir étudier directement toutes les espèces avec la même méthodologie en même temps dans le sol et les racines. L'utilisation des communautés de spores comme unité de mesure des communautés de champignons présente deux inconvénients majeurs: d'une part les spores ne permettent l'identification que d'une partie des membres de la communauté car elles ne correspondent qu'à une partie du cycle de vie, et d'autre part la détection de la présence d'une espèce dépend principalement de la quantité et de la fréquence de production des spores. Quant aux mesures de colonisation des racines au microscope, leur validité est limitée par le fait

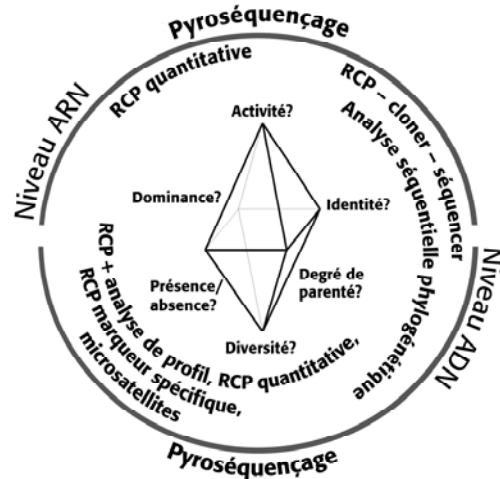


Figure 4.3.1 Approches moléculaires envisageables pour étudier les différents aspects de la diversité des mycorhizes à arbuscules. Les analyses des acides ribonucléiques (ARN) fournissent des indications sur les champignons métaboliquement actifs alors que celles des acides désoxyribonucléiques (ADN) fournissent des informations sur la présence de tous les champignons (y compris inactifs). Les recherches moléculaires traditionnelles s'appuient sur un ensemble de méthodes différentes et spécifiques (à l'intérieur du cercle); elles sont généralement basées sur le principe de la réaction de polymérisation en chaîne (PCR) permettant l'amplification de certaines régions spécifiques de l'ADN. Mais depuis peu, il est également possible d'aborder différentes questions avec une même méthode, celle du pyroséquençage (hors du cercle). La diversité est déduite en combinant présence, fréquence relative ou dominance de certains champignons. Le document annexé à ce Bulletin BSA contient des explications et informations détaillées sur les notions utilisées, texte en allemand.

que certaines espèces de champignons ne peuvent pas être distinguées les unes des autres et que par conséquent le changement des plantes partenaires de la symbiose ne peut pas non plus être constaté.

Concernant la classification des méthodes classiques d'analyse moléculaire, on distingue les méthodes qui permettent d'identifier uniquement des espèces de champignons isolés ou des groupes de champignons mycorhiziens à arbuscules, et celles qui permettent d'établir des profils de l'ensemble des champignons appartenant à un groupe ciblé. En outre, il existe des méthodes d'analyse qui révèlent soit l'abondance (niveau ADN) soit l'activité (niveau

ARN) de certains champignons (fig. 4.3.1). Récemment, le développement de nouvelles méthodes de séquençage à haut débit et simultané (appelées pyrosequencing en anglais) de multiples matrices d'ADN permet l'étude simultanée d'un échantillon composite ou d'échantillons composés d'un mélange des mycorhizes à arbuscules. Grâce à ces nouveaux outils de séquençage plus simples, plus rapides et plus informatifs, le choix de la méthode d'analyse moléculaire se trouve quelque peu relégué au second plan. Certaines méthodes traditionnelles de détection moléculaire, telles que l'analyse du profil des communautés ou des populations, pourraient bientôt devenir obsolètes. Pour pouvoir exploiter de façon optimale le flux de données généré par les nouvelles méthodes de séquençage, il faut prévoir un plan d'expérience adéquat permettant des analyses statistiques robustes. Il ne fait aucun doute que ces nouvelles possibilités analytiques ouvrent de nouveaux domaines de recherche qui constitueront un grand défi intellectuel.

Une comparaison détaillée des méthodes moléculaires courantes de détermination de la diversité des mycorhizes est jointe *en allemand* à ce Bulletin BSA.

Impressum Bulletin BSA-VBB n° 13/2011

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 de 2008 à 2010

Nicolas Rossier
Institut agricole de l'État de Fribourg
Route de Grangeneuve 31
CH – 1725 Posieux
Tel. +41 (0)26 305 58 74
E-mail: nicolas.rossier@fr.ch

Présidence depuis 2010

Dr. Sophie Campiche
Centre Ecotox
Eawag/EPFL
EPFL-ENAC-IIE-GE
Station 2 (GR B0 391)
CH – 1015 Lausanne
Tél. +41 (0)21 693 62 58
Fax +41 (0)21 693 80 35
E-mail: sophie.campiche@oekotoxzentrum.ch
<http://www.centreecotox.ch>

Traduction

André Carruzzo, Genève

Secrétariat et commandes

Dr. Paul Mäder
Institut de recherche de l'agriculture biologique
(FiBL)
Ackerstrasse
CH – 5070 Frick
Tél. +41 (0)62 865 72 32
Fax. +41 (0)62 865 72 73
E-Mail: paul.maeder@fibl.org

Le Bulletin est également disponible sur Internet:

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