



## Champ stratégique de recherche (CSR)

# Sol



# Maintien des fonctions du sol et utilisation des sols dans le respect du site

## Titre abrégé: Sol

<b>Responsable du CSR</b>	<b>Lutz Merbold</b>
Research Peer	Marcel van der Heijden

## Résumé succinct

Le sol joue un rôle clé sur terre. Plus de sept milliards de personnes se nourrissent de produits qui proviennent du sol. Le sol ne joue pas seulement un rôle dans la production agricole, mais il a de nombreuses autres fonctions. Il stocke l'eau, le CO<sub>2</sub> et les nutriments, filtre l'eau potable, protège contre l'érosion et abrite une énorme variété et une multitude d'organismes, ce qui en fait l'un des habitats les plus diversifiés de la planète. L'importance politique des sols et des questions liées aux sols s'est récemment accrue à nouveau (produits phytosanitaires dans le sol, le sol comme puits de CO<sub>2</sub>, imperméabilisation du sol suisse, perte de la biodiversité du sol, utilisation durable et adaptée au site), ce qui souligne l'importance des activités de recherche sur le thème du sol. Ce champ de recherche se concentre sur les mesures

- 1) visant à renforcer les fonctions de l'écosystème du sol par une utilisation durable et adaptée au site,
- 2) visant à améliorer la structure du sol et
- 3) visant à accumuler de la matière organique.

La recherche sur l'importance de la biodiversité des sols et l'influence des résidus de produits phytosanitaires et d'autres polluants sur les organismes et les fonctions du sol est également liée aux thématiques du champ de recherche. Pour la Confédération et les cantons, il est essentiel de disposer d'informations sur l'état de contamination et sur le degré de fonctionnement des sols suisses afin de pouvoir évaluer à l'avance les risques et la sensibilité des sols et, le cas échéant, de prendre des mesures. À cette fin, le monitoring national des sols fournit des informations sous la forme de séries de données sur plusieurs années et d'analyses de données concernant les questions actuelles de protection des sols.

## Situation initiale et contexte

Le sol est une ressource indispensable à la production agricole ainsi qu'à la fourniture de prestations écosystémiques liées au sol. Par conséquent, des questions telles que l'utilisation durable des sols en tant que ressource et la préservation de la fertilité des sols sont très importantes et tiennent une grande place dans la société. Les sols agricoles en Suisse sont actuellement soumis à des pollutions et à des risques qui réduisent leur fertilité et leur productivité et entraînent également une perte quantitative de surfaces. La recherche doit donc se concentrer sur une meilleure compréhension des processus dans le sol, l'enregistrement de l'état actuel de pollution et de biodiversité des sols suisses et l'élaboration de recommandations pour une exploitation des sols durable et adaptée au site et pour la protection des fonctions pédologiques. Les effets de l'utilisation des sols sur le bilan des gaz à effet de serre de l'agriculture suisse et les relations entre les processus pédologiques et l'efficacité de l'utilisation des éléments nutritifs par les cultures doivent également être pris en compte.

## Priorités dans le champ de recherche

Les thématiques prioritaires de ce champ de recherche sont les suivantes:

- Les interactions entre la structure et l'utilisation du sol et les conséquences qui en découlent pour la qualité et les fonctions du sol, en tenant compte des conditions locales.
- Les microbiomes du sol et leur rôle dans l'activité microbologique du sol et les processus et interactions associés.
- Les processus microbologiques comme base de la fertilité des sols, essentielle à la production agricole.

- Les possibilités culturelles et techniques pour améliorer les fonctions des écosystèmes du sol.
- L'influence des résidus de polluants, en particulier de produits phytosanitaires, dans le sol sur la vie du sol, sa fertilité et ses fonctions.

Divers essais longue durée fournissent également des informations importantes sur la régénération des sols compactés et dégradés, l'importance des engrais organiques pour le sol et les prestations écologiques liées au sol des différents systèmes culturaux.

Dans un réseau de surfaces de référence, l'Observatoire national des sols relève des données sur l'état et la contamination des sols ainsi que sur les facteurs qui affectent le sol, tels que l'utilisation agricole et le mode d'exploitation. Il modélise les relations et crée ainsi une base pour l'identification précoce des risques et des dangers pour le sol suisse.

## Principaux partenaires de recherche

- Au plan national:  
ETH Zurich, Université de Zurich, HAFL Zollikofen, HEPIA Lullier
- Au plan international:  
Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala (SWE), INRA (F), Centre Helmholtz Munich (D)

## Questions de recherche

- 15.1. Comment la biodiversité du sol influence-t-elle l'écosystème terrestre et les fonctions du sol?
  - 15.1.1. Quelles sont les principales interactions entre la biologie, la physique et la chimie des sols?
- 15.2. Quel effet les différents modes d'exploitation agricoles (bio, PER, semis direct, etc.) ont-ils sur les fonctions essentielles du sol telles que le rendement, le recyclage des éléments nutritifs, le stockage du carbone et la résistance aux perturbations et au stress?
- 15.3. Comment les polluants et les substances étrangères au sol (pesticides, antibiotiques, hormones stéroïdiennes, nanoparticules, microplastiques, etc.) se comportent-ils dans les sols et quel effet ont-ils sur les fonctions essentielles du sol?
- 15.4. Quel est l'impact de l'utilisation de machines agricoles (lourdes), d'outils de travail du sol, d'organismes utiles (par exemple, les mycorhizes) et de substances auxiliaires (par ex. produits phytosanitaires, cuivre, antibiotiques, charbon végétal, lisier, microplastiques) sur les sols et leurs fonctions, en particulier sur la fertilité des sols ainsi que sur les fonctions de régulation et de stockage?
- 15.5. Comment accroître l'efficacité des ressources (utilisation de l'azote et du phosphore, disponibilité de l'eau) et quelles mesures (fertilisation, travail du sol, système de culture) sont disponibles pour améliorer l'efficacité des ressources?
  - 15.5.1. Quelles mesures d'exploitation et d'utilisation peuvent être mises à profit pour maintenir ou améliorer la capacité de rendement et la fonctionnalité écologique des sols cultivés?
  - 15.5.2. Quelles aides à la décision spécifiques au site et à la situation et quels instruments d'incitation politiques peuvent être proposés?
- 15.6. Quelle est la situation en termes de pollution de nos sols (y compris les PPh)?
  - 15.6.1. Quels sont les résultats issus de la surveillance et du dépistage précoce dans le cadre de l'Observatoire national des sols NABO et du monitoring agro-environnemental MAE?

## Tâches d'exécution

Les aides à l'exécution suivantes font partie de ce champ de recherche:

- Méthodes de référence pour les analyses de sols, pour l'évaluation des polluants et des laboratoires
  - Soutien aux réseaux cantonaux de surveillance des sols d'un point de vue méthodologique
  - Observatoire des sols (NABO): enregistrement et évaluation des atteintes au sol
- Aides à la décision pour une utilisation respectueuse des sols

## Projets du CSR 15

### Maintien des fonctions du sol et utilisation des sols dans le respect du site

<b>PLANDWIRTSCHAFT</b> 22.15.13.09.01	<b>Chancen und Risiken von PLAstik in der LaNDWIRTSCHAFT</b>
<b>Pflanzenkohle</b> 22.15.13.09.02	<b>Kaskadennutzung der Pflanzenkohle: Chancen und Risiken der multiplen Nutzung</b>
<b>ADAPT</b> 22.15.19.02.03	<b>Agroscope dynamische Agrarökosystem-Forschungsplattform ADAPT</b>
<b>Soil structure</b> 22.15.19.03.01	<b>Bodenstruktur und Bodenfunktionen</b>
<b>Soil Management</b> 22.15.19.03.02	<b>Wirkung standortangepasster Bodenbewirtschaftung auf Bodenfunktionen</b>
<b>NABO</b> 22.15.19.04.01	<b>Bodendauerbeobachtung der Nationalen Bodenbeobachtung NABO</b>
<b>Agrarökologisches Boden-Engineering</b> 22.15.19.05.01	<b>Nachhaltige Agrarökosysteme durch Nutzung des Bodenlebens</b>
<b>PSM-Bodenbiologie</b> 22.15.19.05.02	<b>Wie beeinflussen Pflanzenschutzmittel das Bodenleben und wichtige Bodenfunktionen?</b>

Projet	<b>PLANDWIRTSCHAFT / 22.15.13.09.01</b>
Titre	<b>Chancen und Risiken von PLAstik in der LaNDWIRTSCHAFT</b>
Titre anglais	<b>Opportunities and Risks of Plastics in Agriculture</b>
Responsable	Thomas Bucheli
Résumé	<p>In fünf Teilprojekten werden Anwendungen und Auswirkungen von (Mikro-)Plastik auf Landwirtschaftsböden befocht. Bioabbaubare Mulchfolien werden im Treibhaus und im Feld über mehrere Jahre inkubiert, die Rückstände quantifiziert und mittels molekulargenetischer Methoden im Boden nach Abbau-Spezialisten gesucht. Damit wird sichergestellt, dass zur Produkte-Deklaration verwendete laborbasierte Abbaubersuche auch die Realität widerspiegeln. Zur Bestimmung von (Mikro-)Plastik in Böden werden sodann analytische Methoden entwickelt, validiert und in einem ersten systematischen Screening von Landwirtschaftsböden zur Anwendung gebracht. Die Bestimmung der Auswirkungen von Mikroplastik sowohl auf die physikalische Bodenstruktur, als auch auf relevante Bodenorganismen erlauben schliesslich eine erste Risikobetrachtung dieser Fremdstoffe in der landwirtschaftlichen Umwelt. Damit werden wichtige Grundlagen für Wissenschaft, Behörden und die Praxis bereitgestellt.</p>

Projet	<b>Pflanzenkohle / 22.15.13.09.02</b>
Titre	<b>Kaskadennutzung der Pflanzenkohle: Chancen und Risiken der multiplen Nutzung</b>
Titre anglais	<b>Cascade Use of Biochar: Opportunities and Risks of Multiple Use</b>
Responsable	Nikolas Hagemann
Résumé	<p>Der Einsatz von Pflanzenkohle ist eine uralte Kulturtechnik, die hier in der Kaskadennutzung von der Tierfütterung bis zur Anwendung im Boden auf ihre Chancen für die Tiergesundheit und Nährstoffnutzung, ihre Risiken hinsichtlich Schadstoffakkumulation und ihre Klimawirkung untersucht wird.</p> <p>Pflanzenkohle kann vielfältig in der Landwirtschaft angewendet werden. Sie unterstützt die Tiergesundheit, den Aufbau organischer Bodensubstanz, kann Nährstoffverluste sowie Emissionen im Stall und bei der Düngung reduzieren. Die sogenannte Kaskadennutzung zielt auf eine ökologisch wie ökonomisch optimierte Nutzung von Pflanzenkohle, in dem sie innerhalb eines Lebenszyklus mehrere Funktionen erfüllt. Im vorliegenden Projekt werden die Herstellung und Klimabilanz von Pflanzenkohle und ihr Einsatz in der Schweinemast von der Fütterung bis zur Anwendung der Gülle im Feld eingehender untersucht und mittels eines Lebenszyklus-Analyse ausgewertet. Auch wird untersucht, wie Agroscope selbst durch den Einsatz von Pflanzenkohle Klimaneutralität erreichen kann.</p>

Projet	<b>ADAPT / 22.15.19.02.03</b>
Titre	<b>Agroscope dynamische Agrarökosystem-Forschungsplattform ADAPT</b>
Titre anglais	<b>Agroscope Dynamic Agroecosystem Research Platform ADAPT</b>
Responsable	Jochen Mayer
Résumé	<p>Eine hinreichende und nachhaltige landwirtschaftliche Produktion ist eine der größten Herausforderungen der Zukunft. Dies erfordert Strategien jenseits bestehender landwirtschaftlicher Managementpraktiken, die Ernährungssicherheit bei geringem Ressourceneinsatz ermöglichen, Ökosystemdienstleistungen erbringen und gleichzeitig sowohl eine geringe Umweltwirkung als auch eine hohe Resilienz gegenüber negativen Umwelteffekten aufweisen.</p> <p>Agroscope entwickelt hierzu, orientiert an den FAO Prinzipien der Agrarökologie, einen systemorientierten Forschungsansatz, der neue Forschungsergebnisse in einer interdisziplinären dynamischen Agrarökosystem-Forschungsplattform zusammenführt. Der systemorientierte Forschungsansatz orientiert sich am Konzept der «Co-Creation of Knowledge» und untersucht explizit Synergien (Co-Benefits) und Zielkonflikte (Trade Offs) von verschiedenen Lösungsansätzen.</p>

Projet	<b>Soil structure / 22.15.19.03.01</b>
Titre	<b>Bodenstruktur und Bodenfunktionen</b>
Titre anglais	<b>Soil Structure and Soil Functions</b>
Responsable	John Koestel
Résumé	<p>Bodenstruktur bezeichnet die räumliche Anordnung von Bodenfestsubstanz und Porensystem. Der Aufbau des Porensystems bestimmt viele Bodenfunktionen, z.B. Wasser- und Nährstoffversorgung, landwirtschaftliche Produktivität. Der Mensch beeinflusst den Bodenstrukturzustand durch Bodenbewirtschaftung massiv. Dies hat neben günstigen auch einige problematische Folgen. Die FG BQBN widmet sich seit Jahren der Erforschung der Bodenstruktur und ihrem Stellenwert im System Boden. Trotz zahlreicher Studien sind die Auswirkungen aktueller Bodennutzungssysteme auf den Bodenstrukturzustand meist nur qualitativ verstanden. Moderne Messmethoden (z.B. Röntgentomographie) bieten hier Chancen, die funktionell-physiologischen Verknüpfungen zwischen physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen besser zu verstehen und deren Bedeutung für das Angebot an Bodenfunktionen richtig einzuschätzen.</p>

Projet	<b>Soil Management / 22.15.19.03.02</b>
Titre	<b>Wirkung standortangepasster Bodenbewirtschaftung auf Bodenfunktionen</b>
Titre anglais	<b>The Effects of Site-Adapted Soil Management on Soil Functions</b>
Responsable	Olivier Heller
Résumé	<p>Das Projekt ‚Soil Management‘ zielt darauf ab, den Einfluss der Bewirtschaftung und des Standorts (Boden, Gelände und Klima) auf die physikalischen aber weitere Bodeneigenschaften zu quantifizieren. Hierfür werden bestehende Daten genutzt sowie neue Untersuchungen auf Versuchsflächen und Betrieben angestellt. Die Ergebnisse erlauben eine standörtlich differenzierte Quantifizierung des Bodenzustands sowie ausgewählter Bodenfunktionen wie die Wasserspeicherung und -nachlieferung des Bodens. Zudem wird das bestehende Entscheidungshilfsmittel ‚Humusbilanz-Rechner‘ weiterentwickelt sowie Beratungs- und Expertentätigkeiten fortgeführt und weiterentwickelt. Ausserdem prüfen wir im Rahmen des AFP Indicate Bodenzustands- und Bodenbewirtschaftungsindikatoren auf ihre Praxistauglichkeit.</p>

Projet	<b>NABO / 22.15.19.04.01</b>
Titre	<b>Bodendauerbeobachtung der Nationalen Bodenbeobachtung NABO</b>
Titre anglais	<b>Swiss Soil Monitoring Network</b>
Responsable	Reto Meuli
Résumé	<p>Basierend auf der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo, SR 814.12) beauftragen das Bundesamt für Landwirtschaft und das Bundesamt für Umwelt die FG NABO mit der nationalen Bodenbeobachtung. Je nach Fragestellung werden unterschiedliche Instrumente eingesetzt:</p> <p>Das direkte Monitoring erfasst den Bodenzustand und dessen zeitliche Entwicklung durch periodisch wiederholte Probennahmen an Monitoring-Standorten. Dadurch können unerwünschte Entwicklungen frühzeitig erkannt und Gegenmassnahmen vorgeschlagen werden. Zudem kann die Wirksamkeit bereits umgesetzter Umweltschutzmassnahmen beurteilt werden. An rund 50 Landwirtschaftsstandorten werden jährlich die Nutzungsdaten erfasst Dies erlaubt mittels Stoffbilanzen die Plausibilisierung der gemessenen zeitlichen Veränderungen. Stoffbilanzen und Prozessmodellierung ermöglichen zudem das Erstellen von Prognosen und Szenarien im Hinblick auf eine nachhaltige Bodennutzung. Für die landesweite Erfassung und Beurteilung der Bodenqualität gilt es geeignete räumliche Auswertungswerkzeuge bereitzustellen. Im schweizerischen Bodeninformationssystem NABO-DAT werden räumliche Bodendaten verwaltet. Die Daten können durch Geographische Informationssysteme (GIS) räumlich dargestellt werden. Flächenhafte Darstellungen von Bodeninformationen sind eine wichtige Voraussetzung für den Vollzug des Bodenschutzes und transparente und nachvollziehbare landschafts- und raumplanerische Aktivitäten.</p>

Projet	<b>Agrarökologisches Boden-Engineering / 22.15.19.05.01</b>
Titre	<b>Nachhaltige Agrarökosysteme durch Nutzung des Bodenlebens</b>
Titre anglais	<b>Using Soil Life for Sustainable Agro-Ecosystems</b>
Responsable	Marcel van der Heijden
Résumé	<p>Der Boden mit seiner grossen Vielfalt und Masse an Lebewesen bildet eine wichtige Grundlage für die landwirtschaftliche Produktion. Das Wissen darüber wie Bodenlebewesen wichtige Bodenökosystemfunktionen wie zum Beispiel Nährstoffaufnahme, Nährstoffverluste (Auswaschung), und Kohlenstoffspeicherung beeinflussen, ist jedoch noch lückenhaft. Dieses Projekt konzentriert sich auf der Nutzung aller kulturtechnischen Möglichkeiten (inkl. Feldimpfungen), um die Bodenfunktionen so zu verbessern, dass die Ökosystemleistungen des Bodens optimiert werden (sogenanntes ökologisches Boden-Engineering). Dabei suchen wir insbesondere nach Anbaumassnahmen, welche sich günstig auf die Bodenqualität, die Bodenbiodiversität und die Populationsdynamik von besonders nützlichen Bodenlebewesen auswirken, um Produktionssysteme bezüglich Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz zu verbessern.</p>

Projet	<b>PSM-Bodenbiologie / 22.15.19.05.02</b>
Titre	<b>Wie beeinflussen Pflanzenschutzmittel das Bodenleben und wichtige Bodenfunktionen?</b>
Titre anglais	<b>Plant Protection Products and Their Effect on Soil Life and Soil Functioning</b>
Responsable	Florian Walder
Résumé	<p>Der weit verbreitete Einsatz von PSM gibt zunehmend Anlass zu ökologischen Bedenken. Landwirtschaftliche Böden beispielsweise sind auch lange nach der Anwendung noch einer Vielzahl von PSM ausgesetzt. Es ist noch zu wenig gut untersucht, ob diese PSM-Belastung langfristig negative Auswirkungen auf das Bodenleben und wichtige Bodenfunktionen haben.</p> <p>Im ersten Teilprojekt nutzen wir nationale und internationale Betriebsnetzwerke für eine ökologische Risikobewertung, indem wir die Auswirkungen von PSM-Rückständen auf Bodenleben und Bodenfunktionen untersuchen. Im zweiten Teilprojekt simulieren wir verschiedene PSM-Belastungen unter kontrollierten Bedingungen. Diese Experimente helfen uns, die Auswirkungen auf das Bodenleben und die Bodenfunktionen (z. B. den Nährstoffkreislauf) zu validieren und zu verstehen, inwieweit PSM-Rückstände im Boden aktiv und bioverfügbar sind.</p>