

Changements climatiques et utilisation durable du sol en montagne

Robert Huber¹, Peter Bebi², Simon Briner³, Harald Bugmann⁴, Alexandre Buttler^{5,6,10}, Adrienne Grêt-Regamey⁷, Christian Hirschi⁸, Roland Scholz⁹, Willi Zimmermann⁸ et Andreas Rigling¹

¹Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf

²WSL- Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF, 7260 Davos

³Agri-food and Agri-Environmental Economics Group, IED, ETH-Zentrum, 8092 Zurich

⁴Waldökologie, ITES, ETH-Zentrum, 8092 Zurich

⁵Ecole polytechnique fédérale de Lausanne EPFL, School of Architecture, Civil and Environmental Engineering ENAC, Laboratory of ecological systems ECOS, Station 2, 1015 Lausanne

⁶Swiss Federal Research Institute WSL, Site Lausanne, Station 2, 1015 Lausanne

⁷Planung von Landschaften und Urbanen Systemen, IRL, ETH Campus Science City, Wolfgang-Pauli-Str. 15, 8093 Zurich

⁸Umweltpolitik und Umweltökonomie, IED, ETH-Zentrum, 8092 Zurich

⁹Natural and Social Science Interface, IED, ETH-Zentrum, 8092 Zurich

¹⁰Université de Franche-Comté – CNRS, UMR 6249 Chrono-environnement, 25030 Besançon cedex, France

Renseignements: Robert Huber, e-mail: robert.huber@wsl.ch, tél. +41 44 739 23 38



La région de Viège, l'une des trois régions de montagne étudiées dans le projet Mountland.

(Photo: Andreas Rigling, WSL)

Introduction

L'agriculture de montagne, au sens large, a occupé une place importante dans de nombreux projets de recherche multidisciplinaire ces dernières années en Suisse. Ces projets sont entre autres le polyprojet Primalp (Gotsch *et al.* 2004), le Programme national de recherche 48 «Paysages et habitats de l'arc alpin» (Lehmann et Messerli 2007), le programme de recherche AgriMontana (Flury

2010) ou le projet intégré en cours AlpFUTUR (Lauber *et al.* 2008). MOUNTLAND¹ (Rigling *et al.* 2012) s'inscrit dans le contexte de cette recherche diversifiée en raison des deux aspects complémentaires suivants:

- Une prise en considération explicite des effets des futurs changements climatiques sur des services écosystémiques;

¹Description détaillée et toutes les publications du projet sous: www.cces.ethz.ch/projects/sulu/MOUNTLAND

- Une combinaison méthodique de diverses disciplines de recherche à l'aide de modèles et d'études de cas. Cela permet une analyse comparée des relations homme – environnement.

Cet article présente le projet de recherche, résume les principaux résultats de la première étape (2008–2012) et livre des informations sur les autres articles consacrés à MOUNTLAND publiés dans cette édition de Recherche Agronomique Suisse.

De la multifonctionnalité aux prestations écosystémiques

La multifonctionnalité de l'agriculture est fermement ancrée dans la société et dans la politique agricole suisse. En ce qui concerne l'interaction entre l'environnement et la production agricole, la Constitution indique notamment que la conservation des ressources naturelles et l'entretien du paysage rural font partie intégrante d'une agriculture multifonctionnelle (Cst. Art. 104).

Dans le domaine scientifique, les aspects écologiques d'une agriculture multifonctionnelle ont toutefois été dépassés par une nouvelle notion; depuis l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (MEA 2005), on parle de plus en plus de prestations écosystémiques. Ce terme implique que les prestations supplémentaires de l'agriculture, qui reposent sur l'interaction de l'agriculture avec l'environnement, ne sont pas seulement considérées comme une externalité ou un bien public, mais comme un système intégral et réciproque dans lequel les facteurs naturels et socio-économiques influent sur la fourniture de biens et de prestations – ce qui garantit en retour la base nécessaire au bien-être humain (Plieninger *et al.* 2010). Le terme de multifonctionnalité de l'agriculture, tel qu'il est employé dans la politique agricole suisse, peut ainsi s'étendre aux aspects suivants:

Prestations complémentaires. Les prestations écosystémiques sont classifiées en prestations d'approvisionnement (denrées alimentaires, eau potable, etc.), prestations régulatrices (régulation du climat, débit des cours d'eaux, etc.) et prestations culturelles (esthétique, détente, etc.) qui sont supportées par les prestations de base (chaîne trophique, formation du sol, etc.) et les contributions à la biodiversité (MEA 2005; Plieninger *et al.* 2010). Ce concept complète ainsi systématiquement les prestations multifonctionnelles inscrites dans la Constitution en matière d'utilisation agricole des ressources naturelles.

Prestations d'autres écosystèmes. Les prestations de l'agriculture méritent d'être analysées dans un contexte élargi, car d'autres écosystèmes fournissent aussi des >

Résumé ■ Le projet de recherche inter- et transdisciplinaire MOUNTLAND étudie les impacts à venir des changements climatiques et de l'utilisation des terres sur les prestations écosystémiques en région de montagne. Ce projet intégré associe des expérimentations scientifiques avec des modèles de simulation écologique, un modèle agro-économique de l'utilisation des terres et une analyse du contexte (agro)politique et des processus de décision. Cette démarche conceptuelle permet d'étudier les effets de rétroaction entre des processus écologiques et des processus de décisions dans trois régions de montagne.

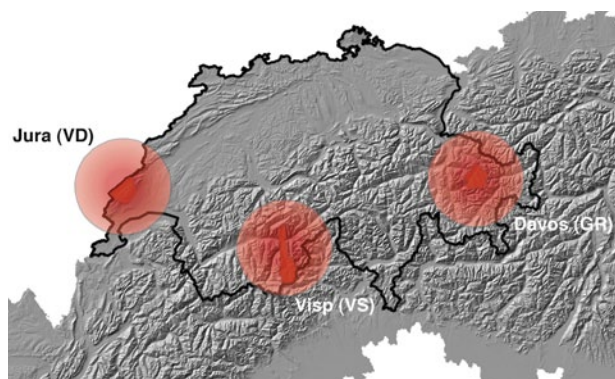


Figure 1 | Régions des études de cas dans le projet de recherche MOUNTLAND. En rouge: noyau; en rouge clair: influences régionales. (Figure: A. Psomoas, WSL)

prestations spécifiques. Le bilan des échanges entre la prestation de production et d'autres prestations de divers écosystèmes doit être établi systématiquement et quantitativement si possible. Le résultat permettra également de demander aux acteurs politiques d'examiner plus en profondeur les questions et approches intersectorielles. L'accent est mis sur l'adaptation de l'offre et de la demande de prestations écosystémiques (Grêt-Regamey *et al.* 2012).

Effets de rétroaction homme-environnement. La démarche systémique englobe explicitement les effets de rétroaction dans les interactions entre l'homme et l'environnement. Par exemple, les modifications des processus écologiques auxquelles il faut s'attendre sous l'effet des changements climatiques feront aussi changer l'attitude des agriculteurs en matière d'utilisation des terres. Les éventuelles mesures de politique agricole influenceront également sur cette attitude, ce qui se répercutera à nouveau sur les processus écologiques originels. Ces aspects complémentaires des prestations écosystémiques sont donc essentiels, car les savoirs spécialisés et spécifiquement sectoriels ne suffisent pas, à eux seuls, pour relever les défis climatiques et socio-économiques de demain (Heal et Small 2002). Les connaissances interdisciplinaires sont un complément important de la recherche disciplinaire et un prérequis à la formulation de recommandations fondées à propos des mesures politiques ou de gestion en matière de prestations écosystémiques (Carpenter *et al.* 2009). Ceci vaut surtout en région de montagne où les effets cumulés des changements climatiques et du développement économique vont s'accroître (Huber *et al.* 2005). C'est sur cette toile de fond que le projet de recherche MOUNTLAND étudie les prestations écosystémiques de l'agriculture et de la foresterie en montagne.

Ce sont les:

Prestations d'approvisionnement: production de denrées alimentaires et de bois;

Prestations régulatrices: régulation du climat, fondée sur le bilan carbone, et protection contre les dangers naturels;

Prestations culturelles: valeurs esthétiques fondées sur la diversité des paysages.

Prestations de base: émissions de nitrate dans la production agricole.

En fin de compte, MOUNTLAND étudie une autre prestation fondamentale des écosystèmes, à savoir les indicateurs de l'évolution de la biodiversité (au niveau des espèces et du paysage).

De Davos au Valais et au Jura

Le projet MOUNTLAND concentre ses études dans trois régions de montagne; celles du Jura, de Viège et de Davos (fig. 1). Elles se différencient nettement dans leur sensibilité face aux changements climatiques et à leurs caractéristiques socio-économiques. L'écosystème sylvo-pastoral, sous le climat océanique du Jura (canton de Vaud), est sensible aux changements d'utilisation des terres agricoles. L'écosystème de la région de **Viège**, situé dans les Alpes centrales valaisannes, est particulièrement exposé à la sécheresse. L'écosystème de la région proche de **Davos**, lieu touristique par excellence, réagit fortement aux changements de température.

Des recherches disciplinaires à la synthèse

L'approche conceptuelle dans MOUNTLAND prévoit, depuis le début, d'assurer le lien entre les projets disciplinaires partiels afin d'éviter une cascade de projets individuels qu'il faudrait coordonner ultérieurement. La collaboration repose sur quatre piliers:

- 1) Une **question de recherche univoque**, qui lie tous les projets partiels. Cela évite une dispersion des activités de recherche. Les questions fondamentales du projet étaient les suivantes:
 - Comment les changements climatiques agissent-ils sur tel ou tel processus écologique et quelles interactions spatiales influencent les différentes prestations écosystémiques?
 - Comment les changements d'utilisation des terres, dus aux facteurs climatiques, socio-économiques et politiques dans l'agriculture et la foresterie, agissent-ils sur la fourniture de prestations écosystémiques?
 - Quelles politiques sectorielles et intersectorielles agissent sur la fourniture de prestations écosystémiques et de quelle façon? En quoi consisteraient des options d'actions et de politiques qui garantiraient une utilisation durable des terres compte tenu des modifications du climat et des changements d'affectation des sols?

Tableau 1 | Sous-projets et groupes de recherche actifs dans MOUNTLAND

Domaine de recherche	Régions étudiées	Contenu	Institution
Ecologie	Jura	Expérimentations sur l'effet du réchauffement sur la végétation et les processus du sol. Modélisation du développement de la végétation dans les paysages sylvo-pastoraux.	Laboratoire des systèmes écologiques ECOS, EPFL-WSL; Lausanne
	Visp	Expérimentations sur l'établissement, la croissance et la mortalité des espèces d'arbres sous l'effet de la sécheresse (fig. 2).	Dynamique forestière, WSL, Birmensdorf
		Simulation dynamique de la gestion des forêts et des effets du climat dans les modèles de forêt.	Ecologie forestière, ITES, ETH Zurich
	Davos	Expérimentations et analyses portant sur l'établissement des arbres à la limite forestière et sur la fonction protectrice de la forêt de montagne à cette limite.	Mountain ecosystems, WSL-SLF, Davos/Forest Soils and Biogeochemistry, WSL, Birmensdorf
		Modélisation des interactions de la forêt et des avalanches.	Dynamique du paysage, WSL, Birmensdorf
Socio-économie	Toutes régions	Développement de scénarios a) dans le contexte de toutes les régions étudiées b) en collaboration avec les acteurs locaux (à Viège).	Natural and social science interface, ETH Zurich
		Modélisation de l'utilisation des terres: quantification économique des échanges entre la production primaire et la fourniture de prestations écosystémiques.	Agri-food and Agri-Environmental Economics Group, ETH Zurich
	Davos	Optimisation explicite à l'échelle spatiale des prestations écosystémiques à l'aide de réseaux bayésiens.	Planning of landscape and urban systems IRL, ETH Zurich
Politique	Toutes régions	Description de la structure institutionnelle et programmatique des politiques actuelles en matière d'utilisation des terres. Identification et analyse des acteurs clés et de leurs liens à l'aide d'analyses de réseaux. Evolution des scénarios politiques et des indicateurs en rapport avec l'analyse politique et la modélisation.	Politique et économie environnementales, IED, ETH Zurich

Remarque: la sélection des résultats indiqués des domaines thématiques sur fond gris font partie de cette série d'articles consacrés à MOUNTLAND.

- 2) **Des scénarios intégrés**, valables pour les trois régions étudiées, et qui combinent les évolutions climatiques et socio-économiques. Ces scénarios permettent de discuter des connaissances complémentaires acquises dans les diverses régions étudiées.
- 3) Une **mise en relation explicite des modèles** dans les volets écologiques et économiques du projet. En d'autres termes, les résultats des simulations dans un modèle ont pu être utilisés dans l'autre modèle. Il est ainsi possible d'évaluer les relations d'échanges entre les diverses prestations écosystémiques ainsi que les effets de rétroaction entre l'homme et l'environnement, ou entre l'offre et la demande.
- 4) La prise en considération et **l'intégration des divers acteurs (locaux)**, comme les forestiers, les agriculteurs ou les responsables de la gestion des projets partiels (transdisciplinarité) permettent d'ancrer les résultats de la recherche dans le monde «réel».

Cette base conceptuelle a permis de mettre en relation et de réunir les différents domaines de recherche (tabl. 1).

De la recherche aux options politiques

En ce qui concerne les options politiques (troisième volet de recherche), les résultats montrent a) que les décisions stratégiques de gestion et les instruments politiques devraient être assouplis au mieux pour parvenir à faire face aux éventuels changements brusques de conditions environnementale, b) qu'un renforcement de la régionalisation des mesures politiques est à examiner, notamment dans la politique agricole, afin que l'hétérogénéité spatiale d'effets possibles soit prise en compte, c) que les mesures liées aux projets permettent d'atteindre les buts intersectoriels et facilitent l'intégration des exploitants (agriculteurs, forestiers) concernés dans les processus de développement, et d) que des méthodes et des instru- ➤



Figure 2 | Les chercheurs visitent l'installation d'essais de toits d'écoulement à la Souste.
(Photo : Andreas Rigling, WSL)

ments d'aménagement du territoire peuvent aider, dans les secteurs forestier et agricole également, à relever les défis portant sur les prestations écosystémiques de demain en région montagne (Rigling *et al.* 2012)

Contenu des articles liés au projet «MOUNTLAND»

Buttler *et al.* (2012) étudient l'influence des changements climatiques sur la végétation des pâturages boisés jurassiens. Les auteurs présentent un choix de résultats des expérimentations et des simulations. Leur analyse montre que l'écosystème très sensible des pâturages boisés ne pourra subsister à l'avenir qu'à l'aide de mesures ciblées en matière d'agriculture et de foresterie.

Huber *et al.* (2012) appliquent le modèle d'utilisation des terres multi-agent ALUAM-AB dans l'étude de cas des régions de Viège et du Jura et ils examinent les répercussions du développement du système des paiements directs sur l'intensité d'utilisation des terres. Ils montrent que même les mesures agro-politiques ont des conséquences différentes sur cette intensité en fonction de la structure agricole prédominante.

Hirschi et Huber (2012) présentent dans leur article le réseau agropolitique (PA) suisse en se fondant sur une reconstitution du processus politique de la PA 2011 et sur une évaluation des consultations en rapport avec les étapes de la réforme agricole des PA 2011 et PA 14–17. Les auteurs montrent que les réseaux agropolitiques pourraient en principe renforcer et améliorer les prestations écosystémiques, mais qu'à l'avenir des compromis seront nécessaires dans la politique agricole et le cas échéant en considérant d'autres domaines politiques. ■

Remerciements

Le projet de recherche MOUNTLAND a pu être réalisé grâce au financement du Centre de compétence environnement et durabilité (CCES) du Domaine des EPF.

Riassunto

Cambiamento climatico e uso sostenibile del territorio in ambiente montano

Il progetto di ricerca MOUNTLAND studia, con una prospettiva integrativa, gli effetti che il cambiamento climatico e l'uso del territorio hanno sulla capacità degli ecosistemi montani di fornire i loro servizi. Il progetto coniuga esperimenti in scienze naturali con simulazioni di modelli ecologici e un modello agro-economico di uso del territorio, come pure una analisi (agro-) politica delle condizioni quadro e dei processi decisionali. Il processo concettuale permette lo studio degli effetti reciproci nelle relazioni tra i processi ecologici e processi decisionali sull'esempio di tre casi studio nelle regioni montane.

Summary

Climate change and sustainable land-use in mountain regions

The research project MOUNTLAND addresses the impacts of climate- and land-use changes on the provision of ecosystem services in mountain regions. The project applies an integrative approach by combining field experiments, ecological modeling, land-use modeling and the analysis societal and political decision making processes. The conceptual approach taken allows for the consideration of feedback effects in human-nature interactions in three different mountain regions in Switzerland.

Key words: climate change, land-use change, inter- and transdisciplinary research, mountain regions.

Bibliographie

- Buttler A., Gavazov K., Peringer A., Siehoff S., Mariotte P., Wettstein J.-B., Chételat J., Huber R., Gillet F. & Spiegelberger T., 2012. Conservation des pâturages boisés du Jura: défis climatiques et agro-politiques. *Recherche Agronomique Suisse* 3 (7–8): 346–353, 2012.
- Carpenter S. R., Mooney H. A., Agard J., Capistrano D., DeFries R. S., Diaz S., Dietz T., Duraipapp A. K., Oteng-Yeboah A., Pereira H. M., Perrings C., Reid W. V., Sarukhan J., Scholes R. J. & Whyte A., 2009. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106 (5), 1305–1312.
- Flury C. (2010) Agroscope Forschungsprogramm AgriMontana: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. Existe en français?
- Gotsch N., Flury C., Kreuzer M., Rieder P., Heinemann H. R., Mayer A. C. & Wettstein H.-R., 2004. Land- und Forstwirtschaft im Alpenraum – Zukunft im Wandel. Synthesebericht des Polyprojektes «PRIMALP – Nachhaltige Primärproduktion am Beispiel des Alpenraums». Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel.
- Grêt-Regamey A., Brunner S. H. & Kienast F., 2012. Mountain Ecosystems Services: Who Cares? *Mountain Research and Development* 32 (S1), 23–34.
- Heal G.M. & Small A. A., 2002. Agriculture and Ecosystem Services. In: *Handbook of Agricultural Economics: Agriculture and its external linkages* (Ed. B. L. Gardner und G. C. Rausser). Elsevier Science, Amsterdam, 1341–1369.
- Hirschi C. & Huber R., 2012. Ecologisation de l'agriculture dans le processus politique agricole. *Recherche Agronomique Suisse* 3 (7–8), 360–365.
- Huber R., Iten A. & Briner S., 2012. Développement du système des paiements directs et utilisation des terres en montagne. *Recherche Agronomique Suisse* 3 (7–8), 354–359.
- Huber U., Bugmann H. & Reasoner M., 2005. Global Change and Mountain Regions: An overview of current knowledge, *Advances in Global Change Research*. Springer-Verlag, Dordrecht, The Netherlands. 650 p.
- Lauber S., Seidl I., Böni R. & Herzog F., 2008. Sömmerungsgebiet vor vielfältigen Herausforderungen. *Agrarforschung* 15 (11–12), 548–553.
- Lehmann B. & Messerli P., 2007. The Swiss National Research Programme «Landscapes and habitats of the Alpine Arc». *Journal of Alpine Research* 4, 19–28.
- MEA, 2005. Millennium Ecosystem Assessment, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, D.C. S.
- Plieninger T., Bieling C., Gerdes H., Ohnesorge B., Schaich H., Schleyer C., Kathrin T. & Wolff F., 2010. Ökosystemleistungen in Kulturlandschaften. *Natur und Landschaft* 85 (5), 187–192.
- Rigling A., Huber R., Bebi P., Brand F., Briner S., Buttler A., Elkin C., Gillet F., Grêt-Regamey A., Hirschi C., Lischke H., Scholz R. W., Seidl R., Spiegelberger T., Walz A., Zimmermann W. & Bugmann H., 2012. Sustainable land use in mountain regions under global change: Synthesis across scales and disciplines. *Ecology and Society* (in review).