

Les installations d'irrigation, causes de l'intensification de l'exploitation en Engadine

Roman Graf, Pius Korner et Simon Birrer
 Station ornithologique suisse, 6204 Sempach
 Renseignements: Roman Graf, e-mail: roman.graf@vogelwarte.ch



Irrigation des prairies à Susch, Basse-Engadine. (Photo: Roman Graf)

Introduction

L'Engadine est un haut lieu de la biodiversité (Schmid *et al.* 2000). Environ la moitié des surfaces agricoles situées sous la limite de la forêt font encore l'objet d'une exploitation extensive à peu intensive sous forme d'herbages (Graf *et al.* 2014). Dans beaucoup d'exploitations, les parcelles propices à la biodiversité représentent 40 à 70 % de la surface totale. De nombreuses espèces animales aujourd'hui rares sur le Plateau et dans d'autres régions de montagne y présentent encore des effectifs considérables. L'exemple le plus connu est celui du tarier des prés, un oiseau qui nidifie au sol et qui n'atteint nulle part ailleurs en Suisse des densités de population analogues à celle de la Basse-Engadine (Müller 1996).

Pourtant, l'intensification de la culture fourragère, qui affecte de vastes régions de l'arc alpin, n'a pas épargné l'Engadine, où, depuis 1987–88, 22 % des herbages extensifs situés sous la limite de la forêt ont disparu. Des pertes considérables d'herbages extensifs ont été constatées dans des secteurs où des projets d'amélioration foncière avaient été réalisés (Graf *et al.* 2014). Sur

des sites intra-alpins peu arrosés, l'installation de systèmes d'aspersion modernes constitue un élément essentiel des projets d'amélioration foncière. En même temps, selon Walter *et al.* (2013), les mesures liées à l'«opérationnalisation des objectifs environnementaux pour l'agriculture» (espèces et milieux naturels) accordent, en Engadine, la priorité à la sauvegarde et à la promotion des terres cultivées traditionnelles, avec leurs multiples microstructures et prairies sèches.

En raison de son importance capitale pour la biodiversité, l'Engadine est une région privilégiée pour l'étude des thèmes liés à l'écologie paysagère. La Station ornithologique de Sempach y effectue un vaste monitoring à long terme des paysages et des oiseaux nicheurs. Les conclusions de ce projet permettent d'apprécier les incidences des installations d'irrigation sur la végétation et l'intensité d'exploitation.

Matériel et méthode

Zone d'étude et irrigation

La zone d'étude englobe 24 parcelles représentant une surface totale de 1253 ha (fig. 1). Elles s'étendent entre Martina et Silvaplana, et se répartissent équitablement entre les divers étages altitudinaux affectés à l'exploitation de prairies de fauche. Il s'agit donc d'une sélection représentative des zones prairiales de l'Engadine. La répartition des surfaces en fonction de leur altitude, de leur déclivité et de leur distance par rapport à l'exploitation agricole ou au village le plus proche est présentée à la figure 2. Des personnes familières des sites ont dessiné sur des cartes les surfaces irriguées à l'aide d'installations d'aspersion. En cas de doute, la taille des parcelles irriguées était directement clarifiée auprès des exploitants. Il fallait également savoir depuis quand l'installation était en service.

La présente analyse a exclu de la zone d'étude toutes les parcelles plus élevées (> 1680 m d'altitude), plus raides (> 32 %) ou plus éloignées des zones habitées (> 1200 m) que les zones irriguées les plus extrêmes à cet égard (fig. 2). Cette restriction a entraîné l'exclusion de quatre parcelles, ramenant la superficie totale de l'étude à 870 ha.

Relevés de végétation et d'intensité d'exploitation

Sur l'ensemble des surfaces, la végétation et l'intensité d'exploitation ont été cartographiées en 1987–88 et en 2009–10. Les surfaces ont été intégralement inspectées et les limites de végétation et d'exploitation observées, inscrites sur des cartes. Le terme de «parcelle» désigne les surfaces présentant une végétation et une intensité d'exploitation homogènes. Le nombre de parcelles identifiées par surface varie de 60 à 277. Selon une version de la clé de Dietl *et al.* (1981) adaptée à nos besoins, 14 types de végétation ont été distingués (Station ornithologique de Sempach 2008). Lors de la cartographie de 2009–10, l'intensité d'exploitation a été évaluée selon une version plus détaillée de la clé utilisée en 1987–88, et répartie entre cinq catégories dans le présent travail (tabl. 1): «surexploitée», «intensive à moyennement intensive», «peu intensive», «extensive» et «abandonnée». Dans les deux cartographies, les états de transition entre une exploitation peu et moyennement intensive ont été affectés à la catégorie «peu intensive». De tels états de transition étaient encore assez fréquents lors de la première cartographie, par exemple en aval de Sent. Les botanistes chargés de leur cartographie dans les années 1980 ont parfois évalué leur intensité d'exploitation différemment (M. Schneider, ART Reckenholz, communication personnelle).

Les dénominations des différents degrés d'intensité ne correspondent pas complètement à ceux utilisés par Dietl pour l'Engadine (Dietl *et al.* 1992), ni à la terminologie employée à l'art. 44 de l'ordonnance sur les paiements directs (OPD) (Caillet-Bois *et al.* 2014). Les divergences s'expliquent par le fait que, pour Dietl, la valeur fourragère et les perspectives d'utilisation prévalent. En outre, l'OPD définit l'intensité d'exploitation directement, c'est-à-dire sur la base des mesures adoptées par l'exploitant, tandis que cette étude se fonde sur une intensité d'exploitation suggérée par la végétation observée, et que la valeur naturelle y est au premier plan.

Les pelouses extensives et peu intensives sont connues pour leur forte diversité spécifique et la présence d'espèces menacées. Les pelouses intensives s'avèrent plus pauvres en espèces et en général moins importantes du point de vue de la protection de la nature (Baur *et al.* 1996, Studer 1971). Les autres unités de végétation cartographiées (pâturages, pelouses sèches, bosquets et champs, par exemple) ne sont pas pertinentes dans le cadre du présent travail, car elles ne sont que rarement irriguées en Engadine.

Présentation de la situation d'irrigation

Une grille de points distants de 25 m a été établie sur l'ensemble des surfaces étudiées. Sur la base de nos recherches, nous connaissons, pour chaque point, le type

Résumé ■ Dans le cadre d'un projet de longue durée, l'évolution de la végétation et de l'intensité d'exploitation dans les régions irriguées et non irriguées a été comparée sur vingt parcelles de l'Engadine, représentant une superficie totale de 870 ha. L'accent a été mis sur l'évolution des proportions de prairies de fauche exploitées de manière extensive à peu intensive (incluant les états de transition vers une exploitation moyennement intensive). A cet effet, des cartographies correspondantes provenant des années 1987–88 et 2009–10 étaient à notre disposition. Des installations d'aspersion anciennes, mais aussi les équipements les plus récents, ont été aménagés dans des secteurs présentant une part substantielle de prairies extensives et précieuses du point de vue de la protection de la nature. Concernant les installations datant des années 1980, la part des pelouses extensives était de 40 % avant le début de l'arrosage; pour les installations de 2009–10, cette proportion était de 56 %. Sous l'influence des installations des années 1980, la part des pelouses extensives a depuis lors subi une forte baisse jusqu'à 13,5 %. Cet effet n'a pas encore été constaté avec les installations récentes. Sur les surfaces dotées de systèmes d'arrosage, une intensification de l'exploitation a aussi été constatée au-dehors de la zone irriguée. A l'inverse, la part des pelouses extensives s'est accrue sur toutes les parcelles non équipées. L'argument souvent avancé selon lequel les nouvelles installations d'aspersion ne serviraient qu'à garantir le rendement en période de sécheresse et n'entraîneraient aucune intensification de l'exploitation ne s'applique pas à notre zone d'étude.

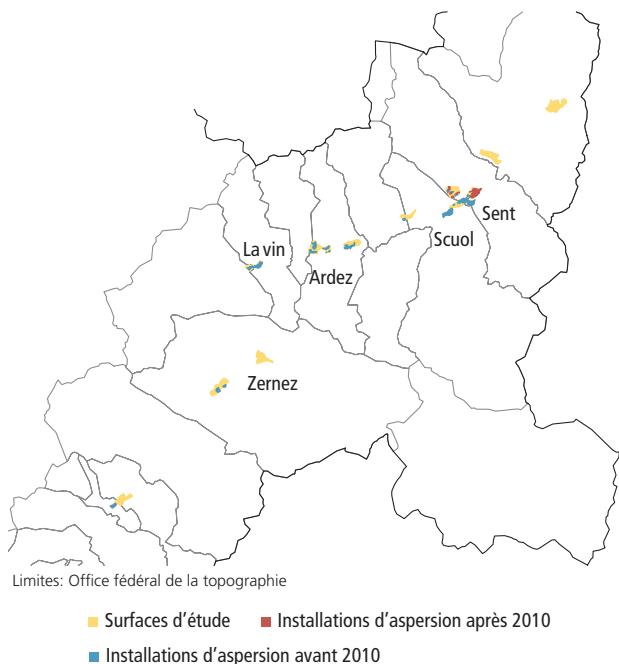


Figure 1 | Situation des surfaces étudiées en Basse-Engadine ainsi que des parcelles irriguées.

de végétation, l'intensité d'exploitation ainsi que l'éventualité et la durée de l'arrosage. Les paramètres locaux (altitude, déclivité du terrain et distance au milieu bâti) ont été calculés à l'aide d'un SIG. Les points irrigués et non irrigués ont été comparés par rapport aux deux unités de végétation agrégées, «pelouses extensives à peu intensives» et «pelouses intensives».

Pour la présentation des données, le nombre de points présentant une situation d'irrigation et une végétation identiques (c'est-à-dire pelouses extensives

à peu intensives ou pelouses intensives) a été additionné et multiplié pour la conversion en surfaces de 625 m² (25 m × 25 m).

Résultats

Irrigation

A la date de la seconde cartographie, 160 ha étaient dotés d'équipements d'aspersion, soit 18,3% du territoire étudié (870 ha). Sur les 20 surfaces examinées, 9 ne présentaient aucune installation d'arrosage; les 11 parcelles restantes étaient irriguées à raison de 7 à 59% de leur superficie. Quatre périodes ont été distinguées durant lesquelles les équipements d'irrigation étaient en service (fig. 3).

- a) 1950–1976, c'est-à-dire au moins dix ans avant la première cartographie (1987–88): 53,3 ha
- b) 1980–1989, c'est-à-dire moins de dix ans avant la première cartographie: 91,9 ha
- c) 2002–2007, c'est-à-dire entre les deux cartographies (1987–88 et 2009–10): 14,8 ha
- d) depuis 2010, c'est-à-dire après la seconde cartographie (2009–10): 34 ha

Influence de l'irrigation sur les pelouses extensives

L'évolution de la part des pelouses extensives a fortement varié en fonction de l'arrosage effectif et de sa durée. Les parcelles équipées d'arroseurs depuis longtemps (plus de dix ans avant la première cartographie de 1987–88) ne présentaient déjà que très peu de pelouses extensives à peu intensives en 1987–88 (tabl. 2; fig. 4 en haut, ligne bleu clair). Sur les surfaces où l'irrigation artificielle n'avait été installée que peu de temps avant la première cartographie – surface concernée de 91,7 ha –

Tableau 1 | Degrés d'intensité et mode d'exploitation des prairies de montagne en Engadine

Défini dans le présent travail comme	Cartographié en 2009–10 comme	Cartographié en 1987–88 comme	Exploitation
intensif	surexploité ou intensif – moyennement intensif	intensif	2–3 exploitations par année (fauches ou pâturage) <i>Fertilisation</i> : pas de limitation quantitative légale; surtout avec du purin
peu intensif, extensif¹	peu intensif ou extensif	peu intensif ou extensif	1–2 fauches et év. pâturage en automne <i>Fertilisation, pour l'exploitation peu intensive (recommandée par Dietl pour l'Engadine)</i> : 10 t de fumier bien décomposé tous les 3–4 ans ou même aucun engrais sur les pentes raides. L'OPD autorise environ le triple du volume recommandé par Dietl. <i>Fertilisation, pour l'exploitation extensive</i> : aucune
déprise	inutilisé, déprise	déprise	pas d'exploitation

¹Les pelouses en état de transition « peu intensif / moyennement intensif » sont classées ici.

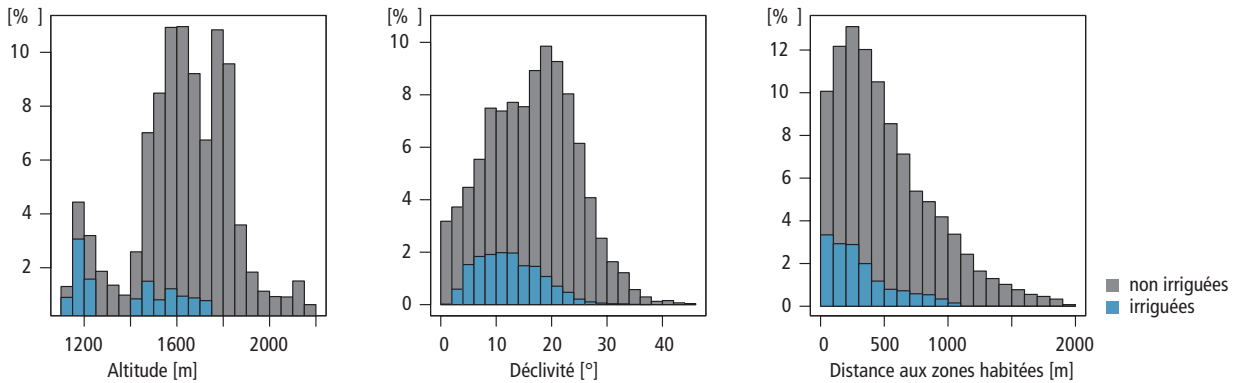


Figure 2 | Répartition des surfaces étudiées par rapport aux trois paramètres paysagers: altitude, déclivité et distance aux zones habitées. Bleu: surfaces irriguées; gris: surfaces non irriguées. Total: 1235 ha.

la part de pelouses extensives à peu intensives se situait encore à près de 40 % à l'époque, mais elle s'est abaissée ensuite à 14 % (12,9 ha restants) jusqu'à la seconde cartographie de 2009–10 (fig. 4, ligne bleu foncé), ce qui correspond à une perte de 24,6 ha. Les pelouses intensives ont augmenté en conséquence dans les secteurs équipés d'arroseur (fig. 4, en bas). En revanche, les installations récentes n'ont pas (encore) eu d'impact visible sur la part des pelouses extensives et peu intensives (ligne rouge, fig. 4, tabl. 2). Dans les zones non irriguées, les pelouses extensives à peu intensives et les pelouses intensives ont légèrement diminué entre 1987–88 et 2009–10 (ligne orange, fig. 4); elles ont été en partie converties en pâturages.

Sur les surfaces dotées d'installations d'aspersion, le secteur situé à proximité des zones irriguées a fait l'objet d'une intensification de l'exploitation, mais dans une

moindre mesure que les zones irriguées elles-mêmes (fig. 5 a-h). En revanche, les pelouses extensives ont partout augmenté sur les neuf surfaces n'ayant été équipées d'aucune installation d'arrosage (fig. 5 i).

Discussion

L'irrigation par aspersion est pratiquée en Engadine depuis des siècles (Bundi 2000). Cette technique à forte intensité de travail a toutefois été pratiquement abandonnée depuis le milieu du XX^e siècle. Riedener *et al.* (2013) ont pu montrer en Valais que l'arrosage traditionnel et les installations modernes d'aspersion n'avaient pas d'impact foncièrement différent sur la végétation. Par rapport à notre surface d'étude, cela signifie que les types de prairies résistantes à la sécheresse, notamment les pelouses semi-sèches, étaient sans doute devenues plus fréquentes avec l'abandon de l'arrosage traditionnel. Les premiers arroseurs ont été installés aux environs de 1950. Il a fallu toutefois attendre environ 1980 pour que ces équipements soient installés sur une grande échelle. On pourrait en conclure que la reprise de l'irrigation a permis de rétablir tout simplement l'état des prairies tel qu'il était à l'époque de l'arrosage traditionnel il y a 100 ans. Il faut toutefois préciser que les prairies bénéficiant à l'époque d'un bon approvisionnement en eau faisaient l'objet d'une exploitation totalement différente. La mécanisation de l'agriculture était très faible et le processus de récolte, par conséquent, réparti sur une longue période. Les prairies étaient presque exclusivement fertilisées au fumier. Il en résultait des peuplements moins luxuriants et plus riches en espèces. L'ensilage et le séchage artificiel du foin étaient inconnus. Le début de la fenaison était donc en général plus tardif. Ainsi, au début des années 1950, dans une vallée voisine de l'Engadine (Sursés, fond de vallée de Marmorera, à environ 1600 m d'altitude), la récolte du foin commen-

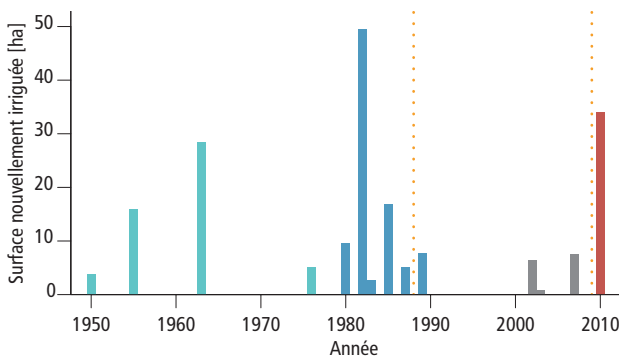


Figure 3 | Mise en service d'installations modernes d'irrigation dans la zone étudiée. Les années indiquées pour les équipements anciens sont approximatives. Les deux lignes orange pointillées indiquent la date des deux cartographies. Bleu clair: installations «anciennes»; bleu foncé: équipement installé juste avant ou après la première cartographie; bleu-gris: équipement installé peu avant la seconde cartographie; rouge: équipement installé après la seconde cartographie.

Tableau 2 | Evolution des surfaces de pelouses extensives à peu intensives (partie supérieure du tableau) et des surfaces de pelouses intensives (partie inférieure du tableau) entre 1987–88 et 2009–10, en fonction de l'irrigation (période de mise en service des installations). La diminution ou l'augmentation représente les changements par rapport aux surfaces cartographiées en 1987–88.

	total [ha]	Dont pelouses extensives et peu intensives [ha]		Diminution ou augmentation [%]
		1987/88	2009/10	
non irriguée	709,9	249,3	216,8	-13,0
irriguée depuis 1950–76	53,2	4,9	3,6	-27,8
irriguée depuis 1980–89	91,7	37,4	12,9	-65,6
irriguée depuis 2002–07	14,9	3,8	4,4	+16,4
	total [ha]	dont pelouses intensives [ha]		Diminution ou augmentation [%]
		1987/88	2009/10	
non irriguée	709,9	226,4	220,8	-2,5
irriguée depuis 1950–76	53,2	29,9	32,9	+10,0
irriguée depuis 1980–89	91,7	40,9	67,8	+65,6
irriguée depuis 2002–07	14,9	10,5	9,9	-5,4

çait chaque année début juillet et durait sûrement plusieurs semaines, car la fauche était effectuée à la main (notamment par des faucheurs venus spécialement de Bergame) (Ecole polytechnique fédérale de Zurich 1951). Les travaux de cette étude révèlent que la part de pelouses extensives et peu intensives en Engadine est étroitement corrélée à la durée de l'irrigation (en années depuis l'installation). A proximité des arroseurs en service depuis longtemps, la part de ces prairies était déjà faible en 1988–87 et n'a guère évolué jusqu'en 2009–10. En revanche, dans les secteurs irrigués depuis les années 1980 seulement, une nette diminution des pelouses extensives à peu intensives est observée entre 1988–87 et 2009–10. Ces écosystèmes, particulièrement précieux pour la biodiversité, y ont régressé de 60 % en l'espace

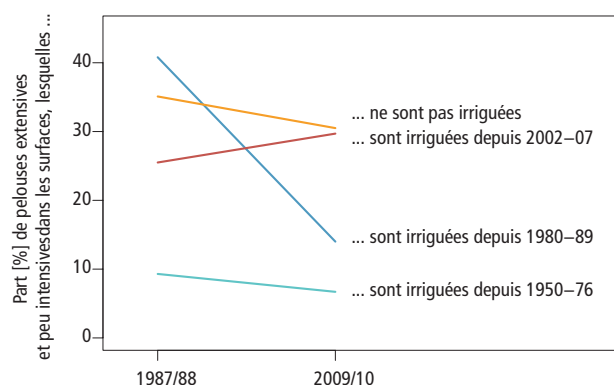


Figure 4 | Evolution de la part des pelouses extensives à peu intensives (entre 1987–88 et 2009–10), en fonction de la date de mise en service des installations d'aspersion (Les valeurs absolues des surfaces sont indiquées dans la partie supérieure du tableau 2).

de 22 ans seulement. Il est intéressant de constater à cet égard qu'un recul des pelouses extensives n'a pas seulement été observé dans le secteur effectivement irrigué, mais aussi dans les alentours immédiats.

Aujourd'hui, notre zone d'étude présente une tendance à la ségrégation: l'irrigation (et l'intensification qui en découle) s'effectue sur des surfaces productives, autrement dit peu raides et situées à basse altitude et à proximité relative des zones habitées (fig. 1). En revanche, sur les autres surfaces, où aucun arroseur n'a été installé, la part de pelouses extensives à peu intensives a légèrement progressé (fig. 5 i). Des phénomènes de déprise, que cette évolution pourrait laisser craindre, n'ont été observés dans notre zone d'étude que dans une mesure relativement modeste (Graf *et al.* 2014).

Les rapports de planification et le matériel d'information sur les projets d'irrigation (Göpfert 2007, par exemple) soulignent souvent que les systèmes d'arrosage ne sont installés que pour assurer le rendement des prairies de fauche les années particulièrement sèches. Ils n'auraient jamais pour objectif d'intensifier l'exploitation. Les conclusions de la présente étude montrent pourtant qu'en Engadine, l'irrigation a permis une intensification sensible de l'exploitation des zones herbagères (fauche précoce et multiple). Les nouveaux équipements ne sont pas seulement installés dans les zones déjà dotées de pelouses grasses productives, où la garantie de rendement est effectivement prioritaire. C'est notamment manifeste à Sent (fig. 6 et 7). De nombreuses pelouses extensives et peu intensives ont été munies d'installations. Et cette pratique, qui a débuté dans les années 1950, se poursuit encore aujourd'hui. En 2009–10, soit peu avant la mise en service des installa-

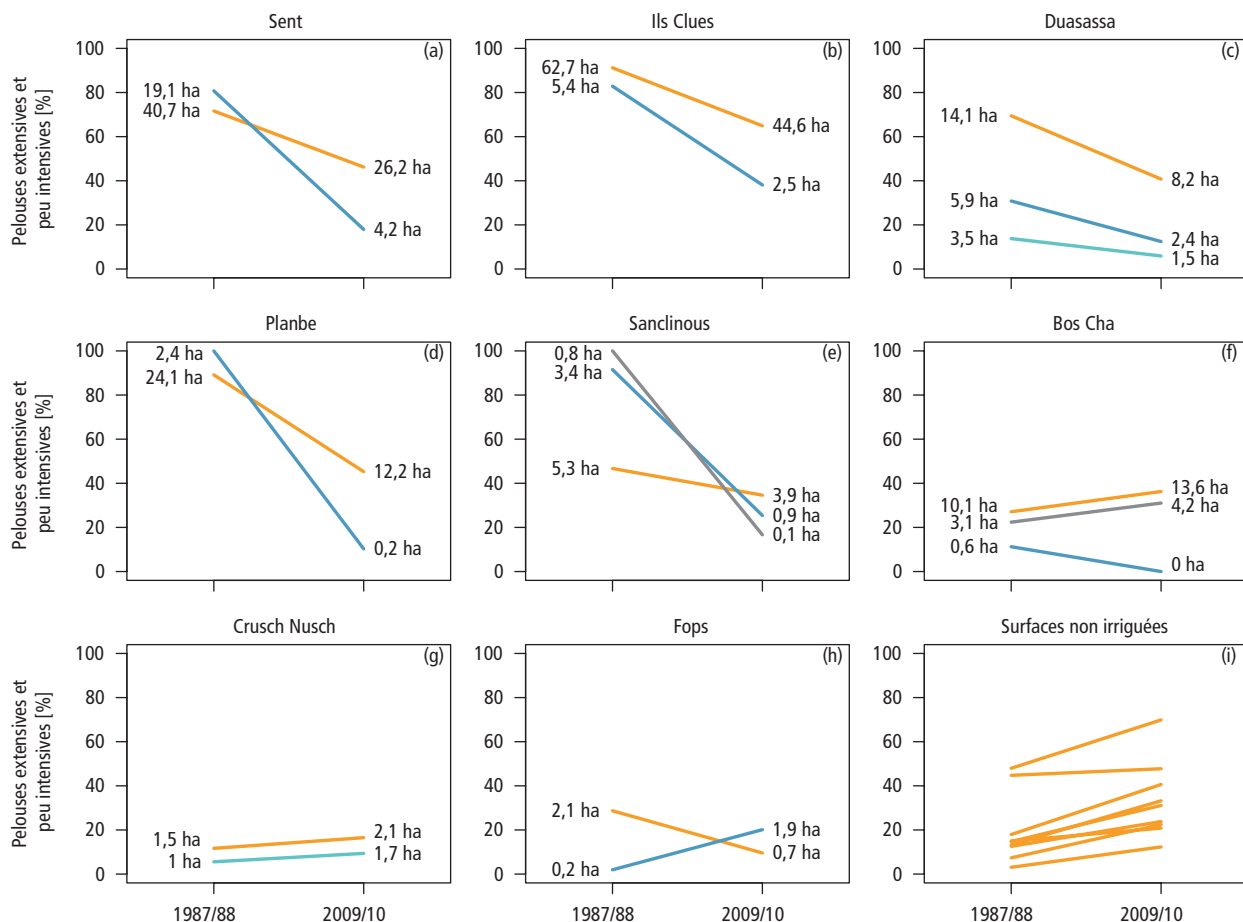


Figure 5 | Surfaces d'études (comme fig. 4) présentées de manière individuelle. Evolution de la part des pelouses extensives entre 1987–88 et 2009–10, en fonction du régime d'arrosage (défini par la couleur de la ligne, cf. fig. 4): indications concernant huit surfaces sur lesquelles au moins 2 ha de pelouses extensives ou peu intensives étaient équipées d'arroseurs (a-h), et synthèse des neuf surfaces non irriguées (i).

tions d'aspersion, la surface nouvellement irriguée consistait en 56 % environ de surface herbagère extensive et en 44 % de surface herbagère intensive (bosquets, routes, surfaces inutilisées, etc.). Aucune augmentation des pelouses intensives n'est constatée aux endroits irrigués depuis 2002–2009. Il est sans doute encore trop tôt pour discerner des changements au niveau des pelouses. Les cartographies de Peter *et al.* (2008) datant des années 1975–86 et 2002–04 montrent toutefois que pour l'un de ces sites (Sent), les espèces capables de supporter la concurrence lors d'une exploitation intensive étaient déjà en augmentation au moment de la mise en service des installations modernes d'irrigation. Parallèlement, les espèces précieuses du point de vue de la protection de la nature diminuaient. Les futurs recensements révéleront comment les proportions entre les pelouses extensives à peu intensives et les pelouses intensives se seront développées sous l'influence de ces installations modernes.

A l'occasion de nouveaux projets d'amélioration, il importera de respecter systématiquement les principes énoncés par Lüscher *et al.* (1998). Les zones présentant des valeurs naturelles élevées (bases énoncées pour l'Engadine par Waldis & Graf 1996, Pfister *et al.* 1997 et



Figure 6 | Construction de nouvelles installations d'irrigation à proximité de précieuses prairies à sauge, à avoine jaunâtre et à fromental à Sent, en 2010. (Photo: Roman Graf)

Müller *et al.* 2008 par exemple) doivent être désignées dans une phase précoce du projet en tant que zones prioritaires pour la protection et la promotion de la biodiversité. Les organisations de protection locales et les autres acteurs de la protection des écosystèmes doivent être intégrés à titre consultatif, et l'appréciation de la valeur de certains éléments paysagers ne doit pas reposer sur les seuls inventaires fédéraux. L'exhaustivité de ces inventaires devrait toutefois être vérifiée sur le terrain avant le lancement du projet. Les prairies à avoine jaunâtre, riches en espèces et peu intensives, revêtent une importance particulière pour les oiseaux nichant au sol, ainsi que pour les papillons diurnes; elles sont aussi essentielles au charme paysager de la Basse-Engadine et de nombreuses autres vallées de montagne. Elles ne figurent pas dans l'inventaire fédéral des prairies et pâturages secs d'importance nationale (Eggenberg *et al.* 2001). Ce type de prairie doit donc être spécifiquement recensé dans la planification des projets d'irrigation et défini préalablement comme «non irrigable».

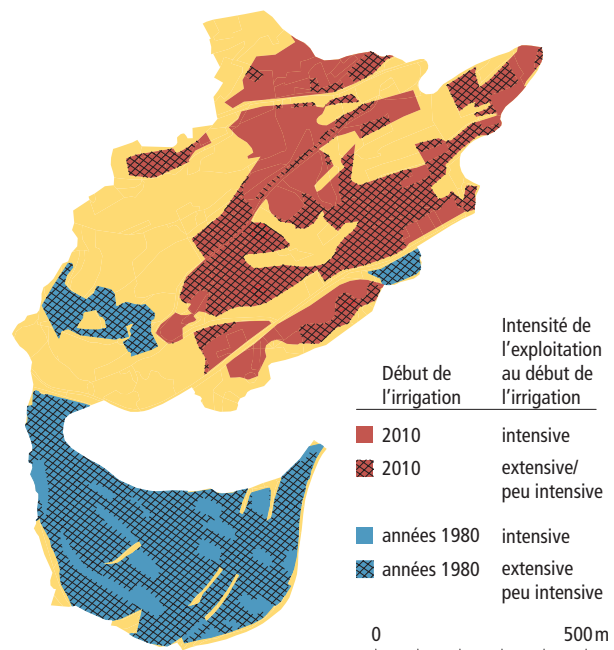


Figure 7 | Surface d'étude à Sent. Une partie des surfaces hachurées étaient vouées à une exploitation extensive avant le début de l'irrigation. Une autre partie faisait l'objet d'une exploitation peu à moyennement intensive.

Bibliographie

- Amt für Landwirtschaft und Geoinformation, 2013. Meliorationen – Umfang und Zweck. Accès: <http://www.gr.ch/de/institutionen/verwaltung/dvs/alg/dienstleistungen/meliorationen/Seiten/default.aspx>
- Baur B., Joshi J., Schmid B., Hänggi A., Borcard D., Starý J., Pedrolí-Christen A., Thommen G. H., Luka H., Rusterholz H. P., Oggier P., Ledergerber S. & Erhardt A., 1996. Variation in species richness of plants and diverse groups of invertebrates in three calcareous grasslands of the Swiss Jura mountains. *Revue suisse de Zoologie* **103**, 801–833.
- Bosshard A. & Stähli I., 2012. Verbreitung, Zustand und Erhaltung der Fromentalwiesen in der Schweiz. Fachbericht. Ö+L Büro für Ökologie und Landschaft GmbH, Oberwil-Lieli.
- Bundi M., 2000. Zur Geschichte der Flurbewässerung im rätschen Alpengebiet. Verlag Bündner Monatsblatt, Chur.
- Cailliet-Bois D., Würth B., Benz R. & Stähelin B., 2014. Biodiversitätsförderung auf dem Landwirtschaftsbetrieb – Wegleitung. Agridea, Eschlikon.
- Dietl W., Berger P. & Ofner M., 1981. Cartographie du milieu naturel et des aptitudes fourragères des prairies permanentes. Station fédérale de recherche agronomique de Zurich-Reckenholz.
- Dietl W., A. Georg & W. Kusstatscher, 1992. Die Wiesenvegetation im Unterengadin (Engiadina Bassa) und ihre pflegliche landbauliche Nutzung. Bericht der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues (AGFF), Zürich-Reckenholz.
- Eggenberg St., Dalang Th., Dipner M. & Mayer C., 2001. Cartographie et évaluation des prairies et pâturages secs d'importance nationale. Rapport technique. Office fédéral de l'environnement, de la forêt et du paysage (OFEFP).
- Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 1951 Geographisches Institut: Marmorera. Ein verschwindendes Bündnerdorf, in: *Geographica Helvetica* **6**, 155-182.
- Flisch R., Sinaj S., Charles R. & Richner W., 2009. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF). *Agrarforschung* **16** (2), 1–100.
- Göpfert R., 2007. Ermittlung der Bewässerungsbedürftigkeit landwirtschaftlicher Nutzflächen im Kanton Graubünden. Praktikumsarbeit Bündner Bauernverband, Landwirtschaftliches Bildungs- und Beratungszentrum Plantahof, Amt für Landwirtschaft und Geoinformationen des Kantons Graubünden, Chur.
- Graf R., Müller M., Korner P., Jenny M. & Jenni L., 2014. 20% loss of unimproved farmland in 22 years in the Engadin, Swiss Alps. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **185**, 48-58.
- Lüscher A., Egger M. & Meuli H., 1998. Meliorationen im Einklang mit Natur und Landschaft. SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Fachgruppe der Kultur- und Vermessungsingenieure, Office fédéral de l'environnement et Office fédéral de l'agriculture, Berne.
- Müller M., 1996. Das Engadin: Lebensraum für Brutvögel der offenen und halboffenen Kulturlandschaft. *Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden* **108**, 39–119.
- Müller M., Schuler H. & P. Horch, 2008. Kerngebiete zur Förderung und zum Schutz des Braunkehlchens im Unterengadin. Station ornithologique suisse, Sempach.
- Peter M., Edwards P. J., Jeanneret P., Kampmann D. & Lüscher A., 2008. Changes over three decades in the floristic composition of fertile permanent grasslands in the Swiss Alps. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **125**, 204–212.
- Pfister H. P., Graf R., Birrer S. & Horch P., 1997. Landschaftsnutzungskonzept Unterengadin – Allgemeiner Teil. Fachebericht. Station ornithologique suisse, Sempach.
- Riedener E., Rusterholz H.-P. & Baur B., 2013. Effects of different irrigation systems on the biodiversity of species-rich hay meadows. *Agric. Ecosyst. Environ.* **164**, 62–69.
- Schmid H., Naef-Daenzer B., Keller V. & Zbinden N., 2000. Für Brutvögel besonders wichtige Landwirtschaftsgebiete in der Schweiz. *Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz* **21**, 29–32.
- Schweizerische Vogelwarte, 2008. Schlüssel zur Kartierung der Vegetationseinheiten und Intensitätsstufen im Projekt «Landschaftsmonitoring Engadin». Accès: <http://www.vogelwarte.ch/publikationen.html?pubId=1053>
- Studer S., 1971. The influence of management on the floristic composition of hay meadows. PhD ETH Zürich, Zürich.
- Waldis R. & Graf R., 1996. Kulturlandschaft Engadin. Landschaftsstruktur, Vegetation und landwirtschaftliche Nutzung Ende der achtziger Jahre. Fachbericht. Station ornithologique suisse, Sempach.
- Walter Th., Eggenberg S., Gonseth Y., Fivaz F., Hedinger Ch., Hofer G., Klieber-Kühne A., Richner N., Schneider K., Szerencsits E. & Wolf S., 2013. Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft. Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL). ART-Schriftenreihe 18. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. 138 S.

Riassunto**Gli impianti di irrigazione come causa dell'intensificazione dello sfruttamento dei prati in Engadina**

Nell'ambito di un progetto a lungo termine, in Engadina si è confrontato lo sviluppo della vegetazione e dell'intensità di sfruttamento in regioni irrigate e non irrigate. La superficie totale esaminata comprendeva 870 ha, suddivisi in 20 superfici campione. Ci si è concentrati sui cambiamenti della percentuale di prati da sfalcio estensivi e poco intensivi (tra questi sono comprese anche alcune associazioni vegetali intermedie verso uno sfruttamento mediamente intensivo). A questo scopo avevamo a disposizione cartografie corrispondenti stese negli anni 1987/88 e 2009/2010. Abbiamo constatato che non soltanto quelli vecchi ma anche gli impianti d'irrigazione a pioggia più recenti sono stati installati in regioni che comprendono un'elevata percentuale di prati estensivi e poco intensivi di alto valore dal punto di vista della protezione della natura. Nel caso degli impianti risalenti agli anni 1980, la percentuale di prati estensivi e poco intensivi prima dell'irrigazione a pioggia era del 40 %, nel caso di quelli risalenti agli anni 2009/2010 era del 56 %. A seguito dell'uso degli impianti risalenti agli anni 1980, la percentuale dei prati estensivi e poco intensivi è drasticamente calata al 13,5 %. Nel caso degli impianti più recenti questo effetto non è ancora riscontrabile. Sulle superfici con impianti d'irrigazione esaminate si è riscontrata un'intensificazione dello sfruttamento anche al di fuori delle parcelle irrigate. Inversamente, su tutte le superfici senza impianti d'irrigazione esaminate la percentuale di prati sfruttati in modo estensivo o poco intensivo è aumentata.

L'affermazione dei fautori dei progetti, secondo la quale nuovi impianti d'irrigazione servirebbero solo ad assicurare il raccolto in caso di anni di siccità senza avere quale conseguenza un'intensificazione dello sfruttamento, nella regione da noi esaminata non risulta valida.

Summary**Sprinkler systems as a cause of intensification of grassland use in the Swiss Engadin**

During a long-term monitoring from 1987 to 2010, changes in vegetation and land-use intensity at irrigated versus non-irrigated study sites were investigated in the Swiss Engadin. Specifically, vegetation surveys were compared between the years 1987/88 and 2009/10 to identify whether and how proportions of extensively used (no-input) hay meadows to low-intensity meadows changed (including a range of meadows used at intermediate intensity).

We discovered that not only older but also the latest sprinkler systems were set up in areas covering a high proportion of extensively used meadows of conservation concern. Before the survey, 40 % of the vegetation around sprinklers installed in the 1980s was extensively or less intensively used. The same was true for 56 % of the vegetation around sprinklers installed by 2009/10.

The proportion of low-intensity meadows under irrigation systems from the 1980s decreased drastically to 13.5 %. For newer sprinkler systems, such an effect was not observed. Study areas holding irrigation systems experienced general land-use intensification, also outside the irrigated area. Conversely, the proportion of extensively and less intensively used meadows has increased in all study areas without irrigation systems.

Managers involved in irrigation projects have repeatedly affirmed that additional irrigation systems were installed solely to achieve stable yields in dry years, and that these additions would not lead to further land-use intensification. This assertion, however, does not apply to the study sites presented here.

Key words: irrigation, Engadin, intensification, unimproved grassland, semi-dry meadows.