



8 Biodiversité des milieux alpins

Les milieux alpins intacts fournissent de nombreux services à l'humanité,^{1,2} notamment la prévention de l'érosion des sols et l'approvisionnement en eau potable. Ils sont en outre un réservoir de ressources génétiques.

Les Alpes constituent probablement la région de villégiature la plus importante de Suisse. La population suisse et les touristes apprécient les paysages alpins ouverts avec leurs prairies et pâturages fleuris, riches en espèces.³

Les milieux alpins sont des lieux de détente particulièrement recherchés lorsque la canicule rend la vie en plaine difficilement supportable.⁵

Les milieux alpins représentent un point d'ancrage culturel important pour les traditions et identités suisses.⁶

Les alpages nous approvisionnent en denrées alimentaires produites de façon durable (p. ex. fromage d'alpage) et en d'autres produits (p. ex. bains de petit-lait ou d'herbes).⁷

Les Alpes, avec leur biodiversité élevée et la qualité de leurs paysages, constituent un important pilier socio-économique pour la Suisse, notamment en raison du tourisme.⁴

Diverses races de chèvres et de moutons peuvent empêcher ou limiter l'embroussaillage des alpages pour les préserver.⁸

8.1 Synthèse

Les milieux de montagne au-dessus de la limite de la forêt (étages alpin, nival et partiellement subalpin) façonnent l’identité de la Suisse et constituent une base importante pour le tourisme, les loisirs et l’agriculture. Diverses stratégies politiques et initiatives de ces dernières années concernaient l’évolution qualitative des milieux alpins →8.2. Parallèlement, la population a refusé des projets de parcs nationaux, et de nouveaux défis tels que la production d’énergie renouvelable dans les milieux alpins sensibles s’y sont ajoutés.

D’un point de vue historique, la zone d’alpage s’est étendue suite aux défrichements à l’étage subalpin et à une économie pastorale extensive. Cette forme d’exploitation a conduit au fil des siècles à la formation de paysages cultivés ouverts, riches en espèces →8.3. Mais avec l’abandon progressif des alpages, des processus d’embroussaillage et de reboisement se sont mis en place. La perte de ces paysages cultivés et de leurs milieux est encore renforcée par le changement climatique et la construction d’infrastructures, p. ex. pour l’exploitation de l’énergie hydraulique ou pour le tourisme. De nouvelles surfaces pour les milieux naturels se créent en revanche en raison du recul des glaciers. En outre, il est réjouissant de constater le retour d’espèces sauvages qui avaient été exterminées ou devenues rares dans ces milieux.

Causes actuelles des changements

Les Alpes deviennent plus chaudes et plus vertes. La couverture neigeuse fond plus tôt et la période de végétation est plus longue →8.4.1. Les activités en plein air créent toujours plus de dérangements à la faune sauvage, même dans les zones de refuge intactes. Malgré les campagnes de sensibilisation, de nombreuses personnes ne sont pas conscientes des conséquences des dérangements qu’elles causent lors de leurs activités de loisirs →8.4.2. Tandis que certaines surfaces d’alpages s’embroussaillent, d’autres sont exploitées trop intensivement. Il en résulte un apport en nutriments trop élevé et à une perte en espèces →8.4.3.

Évolution depuis 2010

Les étages alpin et nival présentent toujours des espaces à fort caractère sauvage avec peu de fragmentation →8.5.1. Mais en raison du réchauffement, des espèces plus concurrentielles des basses altitudes colonisent l’étage alpin. Localement, la diversité des espèces augmente, mais les espèces spécialisées, typiques de ces altitudes, sont toujours plus sous pression →8.5.2.

Vers un avenir plus favorable à la biodiversité →8.6

Afin de garantir à long terme la biodiversité des étages alpin et nival, il est nécessaire de poser des jalons pour l’avenir. La conservation de grandes surfaces d’espaces sauvages est primordiale. Le tourisme peut également apporter une contribution importante – non seulement en étant respectueux, mais aussi en tant que partenaire dans la conception et le financement de projets durables. Il s’agit également de rendre les activités de loisirs dans les Alpes respectueuses de l’environnement. Dans la région d’estivage, une exploitation subtilement équilibrée est nécessaire. Seule une économie alpestre extensive, adaptée aux conditions écologiques locales et soutenue au juste prix, permet d’empêcher aussi bien l’embroussaillage que la surexploitation, et de maintenir ainsi les paysages cultivés ouverts de la région d’estivage avec leur haute diversité d’espèces.

Les énergies renouvelables doivent être exploitées avec discernement : les milieux alpins ne doivent pas être impactés excessivement par les nouvelles infrastructures. Une planification coordonnée avec des garde-fous écologiques est nécessaire, afin de minimiser les conflits entre la transition énergétique et la biodiversité. Et enfin, l’aménagement du territoire doit prendre en compte conjointement les différents secteurs altitudinaux des Alpes, du fond de la vallée jusqu’au sommet de la montagne. Les étages alpin et subalpin et le fond des vallées sont en étroites interactions écologique, climatique et sociale. La transformation des Alpes ne peut se faire de manière durable que si ces étages sont considérés et gérés comme une entité fonctionnelle.



Les habitats au-dessus de la limite de la forêt abritent de nombreuses espèces spécialisées. La Suisse endosse une responsabilité particulière pour leur conservation.
Photo : lorenzfischer.photo

Diversité biologique des milieux alpins

Les milieux des étages alpin et nival comprennent les surfaces au-dessus de la limite naturelle de la forêt ainsi que les surfaces de l’étage subalpin gagnées sur la forêt à des fins de pâturage. Les surfaces improductives (sans les eaux) ainsi que les alpages couvrent environ un tiers du territoire suisse.⁹ L’étage alpin est caractérisé par des landes à arbrisseaux nains, des pelouses et des pâturages maigres, entrecoupés de mégaphorbiaies, de combes à neiges, de milieux humides et de pierriers. Les ligneux sont pratiquement absents entre la limite de la forêt et celle des arbres, à l’exception d’arbrisseaux nains et d’arbres isolés. Les marges proglaciaires et les moraines colonisées par des plantes pionnières sont typiques de ces altitudes. L’étage nival, caractérisé par les neiges éternelles et des surfaces rocheuses à la végétation éparse, commence à une altitude de 2900 m environ.

Les milieux alpins et nivaux abritent des biocénoses comprenant des animaux, plantes, bryophytes, champignons, lichens et micro-organismes spécialisés, typiques de la haute montagne. Environ 11 % des espèces végétales recensées dans l’arc alpin européen sont endémiques, c’est-à-dire qu’elles croissent uniquement dans cette chaîne de montagnes.¹⁰ La faune présente également de nombreuses espèces endémiques ou semi-endémiques, par exemple le carabe *Oreonebria bluemelisalpicola*, découvert récemment et qu’on ne trouve que dans les Alpes suisses du nord-ouest, au nord du Rhône et à l’ouest de l’Aar.¹¹ La Suisse endosse une responsabilité particulière pour la conservation de ces espèces.¹² S’y ajoutent de nombreuses espèces animales et végétales présentes aussi bien dans les régions alpines qu’arctiques, qui sont adaptées aux conditions de la haute montagne. Leur diversité génétique contribue à la biodiversité du continent européen.

8.2 Événements marquants entre 2010 et 2025

● Société ● Politique et administrations ● Publications importantes



Création de nombreux **parcs naturels régionaux** en zone de montagne entre 2008 et 2025.



Stratégie Biodiversité Suisse sans objectif explicite pour l'espace alpin.

Le **Projet de territoire Suisse** souligne l'importance des territoires d'action alpins et formule entre autres des orientations stratégiques pour la protection des espaces de haute montagne.

Ordonnance révisée sur la chasse (OChP, RS 922.01) : **inscription des zones de tranquillité pour le gibier.**

Politique agricole 2014–2017 : **contributions supplémentaires pour la biodiversité et la qualité paysagère** dans les régions d'estivage.



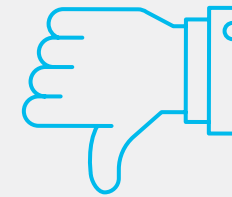
Le **Parc national suisse** fête ses 100 ans.

Projet de **parc national de l'Adula** : rejet du projet par la population des communes concernées.

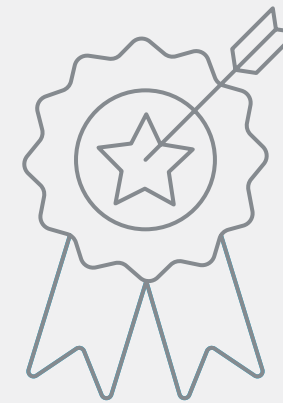
Révision de l'ordonnance sur les zones alluviales (RS 451.31). **Protection préventive des surfaces libérées par les glaciers adjacents aux marges proglaciaires déjà protégées.**



Projet de **parc national du Locarnese** : rejet du projet par la population des communes concernées.



L'Objectif 11 de la **Conception « Paysage suisse »** vise à conserver le caractère naturel des paysages de haute montagne et à garantir au public la possibilité de les découvrir.



30e anniversaire de la **Convention alpine**. Présidence suisse 2021–2022.

La conservation de la biodiversité est citée comme objectif dans la **Stratégie touristique de la Confédération**.

Loi fédérale relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables (acte modificateur unique : loi sur l'énergie (LEne, RS 730.0), loi sur l'approvisionnement en électricité (LApEl, RS 734.7)). L'objectif est une plus grande production d'électricité par des installations solaires, éoliennes et hydrauliques sur le territoire national. Des répercussions négatives sur les milieux alpins et nivaux sont attendues.



1 2011 OFEV : **Notre responsabilité se situe dans les Alpes**. Analyse de données du MBD. La plupart des espèces à responsabilité particulière vivent dans les Alpes.

2 2014 Lauber et al. : **Avenir de l'économie alpestre suisse. Faits, analyses et pistes de réflexion du programme de recherche AlpFUTUR**. Les défis résultent principalement de l'évolution structurelle de l'agriculture, de l'évolution des valeurs de la société, de la pression sur les coûts et les prix, et des progrès techniques et zootechniques.

3 2021 Meier E, Lüscher G, Buholzer S, Herzog F, Indermaur A, Riedel S, Winizki J, Hofer G, Knop E : **Zustand der Biodiversität in der Schweizer Agrarlandschaft**. Rapport de situation ALL-EMA. 42 % des pâturages encore existants aujourd'hui dans la région d'estivage présentent une qualité écologique élevée.

4 2022 OFEV : **Évolution du paysage**. Résultats du programme de monitoring Observation du paysage suisse (OPS). De moins en moins de zones reculées s'offrent à la population en raison du développement de la desserte par les infrastructures de transport.

5 2025 Meier E, Lüscher G, Herzog C, Herzog F, Indermaur A, Winizki J, Knop E : **Veränderung der Biodiversität in der Schweizer Agrarlandschaft**. Premier et deuxième recensements ALL-EMA. Légère diminution de la diversité des espèces ciblées par les objectifs environnementaux pour l'agriculture, mais légère augmentation de la diversité des milieux.



8.3 Évolution depuis 1900

État en 1900 État dans les années 1940 État dans les années 1970 État au tournant du millénaire



Situation initiale 1900

Gain de surface des milieux alpins bien avant 1900, en partie depuis le Néolithique, suite au défrichement de forêts sub-alpines pour l'agrandissement des pâturages.¹³ De ce fait, abaissement de plusieurs centaines de mètres de la limite de la forêt.

Milieux alpins façonnés par les activités humaines depuis des siècles.¹⁴ Utilisation pour la pâture avec parfois une charge en bétail élevée.

Nombreuses espèces de grande taille dans les milieux alpins et niveaux (p. ex. aigle royal, gypaète barbu, marmotte, bouquetin, chamois, loup) décimées ou exterminées à l'échelle régionale ou nationale

Peu de morcèlement par des voies de circulation ou d'exploitation, accessibilité aux hautes altitudes limitée.

Tourisme encore peu développé.¹⁴



De 1900 aux années 1940

- ↓ Changements sociétaux et économiques: début de l'abandon de prairies et de pâturages en région d'estivage, située pour plus de la moitié au-dessous de la limite de la forêt.^{6, 15} Succession avec embroussaillage et reboisement de certaines surfaces. Augmentation de la surface forestière.¹⁶
- ↓ Hausse continue de la limite de la forêt aussi à la suite du Petit âge glaciaire (environ milieu du XIX^e siècle)¹⁷ L'habitat alpin se rétrécit.
- ↓ Dans les milieux alpins, toujours plus de lacs de barrage et de tronçons à débit résiduel insuffisant.¹⁸ Rivières souffrant des prélèvements d'eau pour l'exploitation hydroélectrique → 7.4.1.
- ↑ Retour de certaines grandes espèces animales (p. ex. bouquetin, cerf).^{19, 20}



Années 1940 à 1970

- ↓ Recul des formes traditionnelles d'exploitation des sols.⁵
- ↓ Importance croissante des activités de loisirs et du tourisme, y compris infrastructure moderne. Impact croissant du tourisme (développement d'infrastructures comme les remontées mécaniques, pistes de ski, lotissements de vacances et autres constructions, dérangements de la faune par les activités de loisirs).²¹ Effets négatifs du nivellement des pistes de ski et des ensemencements non conformes à la station.^{22, 23}
- ↓ Toujours plus de lacs de barrage et de tronçons à débit résiduel insuffisant dans les milieux alpins.²⁴
- ↓ Forte augmentation de la surface et de la densité forestières à l'étage subalpin.²⁵



Des années 1970 au tournant du millénaire

- ↓ Poursuite ou même accélération de l'embroussaillage et du reboisement de surfaces à faible rendement et difficiles à exploiter. Pâturage déséquilibré par des moutons souvent laissés sans surveillance.²⁶
- ↓ Impact croissant du réchauffement climatique. Poursuite de l'élévation de la limite de la forêt, immigration depuis les altitudes inférieures d'espèces communes dont le centre de répartition principal se situe hors de de l'étage alpin.²⁷

↑↑

Forte amélioration

↑

Amélioration

↕

Tendances opposées

↓

Dégradation

↓↓

Forte dégradation

État en 2025



Du tournant du millénaire à 2025

- ↓ Poursuite de l'embroussaillage et du reboisement de surfaces à faible rendement et difficiles à exploiter, et intensification de l'exploitation des surfaces favorables → 8.4.1 et 8.4.3.
- ↕ Nouveaux habitats pour les espèces typiques des Alpes sur les surfaces libérées par les glaciers → 8.5.1.^{28, 29, 30} Une partie des nouvelles marges pro-glaciaires toutefois prévue pour le développement de l'énergie hydraulique.³¹ Suite au changement climatique, déplacement vers le haut d'espèces, pression croissante sur les espèces spécialisées. → 8.5.2
- ↑ Retour définitif des plus grandes espèces (p. ex. loup, gypaète barbu).³²
- ↓ Les altitudes les plus élevées sont toujours en grande partie libres de plantes exotiques. Cela pourrait changer avec le réchauffement climatique.^{33, 34}
- ↓ Augmentation continue des activités de loisirs, notamment en raison de nouvelles possibilités techniques (p. ex. VTT électriques, réseaux sociaux).³⁵ Utilisation pour les sports de plein air de régions alpines jusque-là peu impactées → 8.4.2.



Le lagopède alpin est une espèce typique de la haute montagne qui souffre toujours plus du réchauffement climatique.
Photo : lorenzfischer.photo

8.4 Causes actuelles des changements

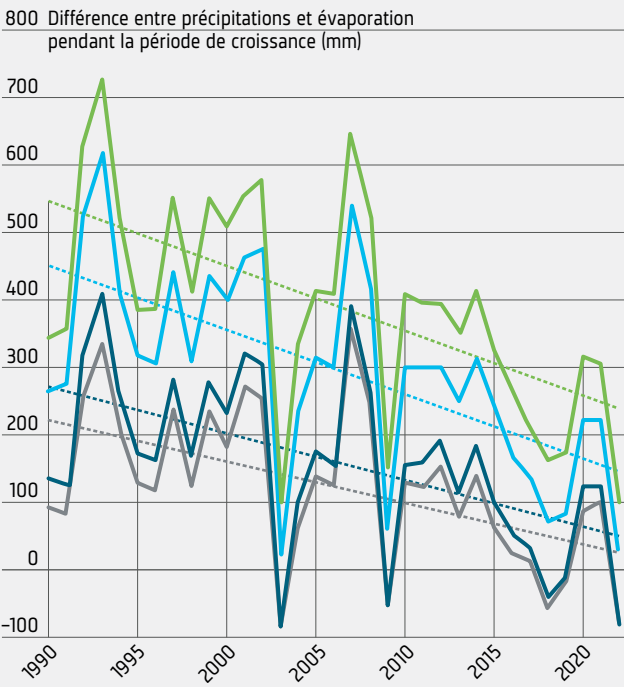
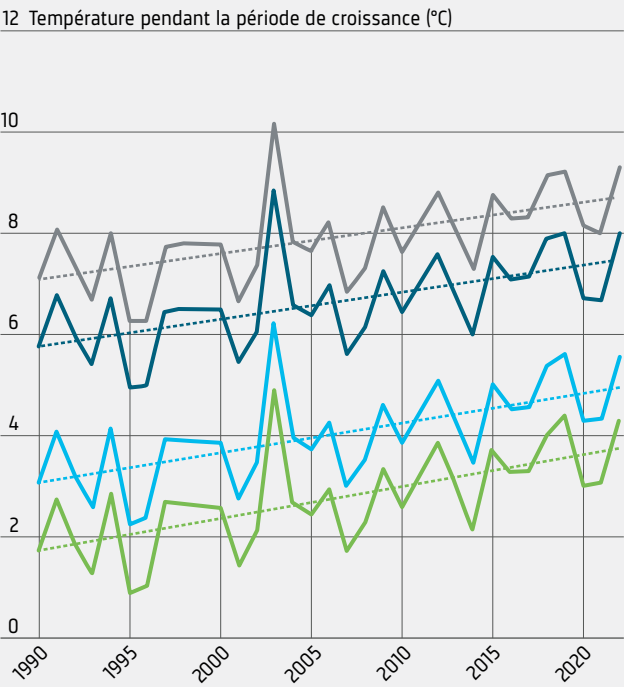
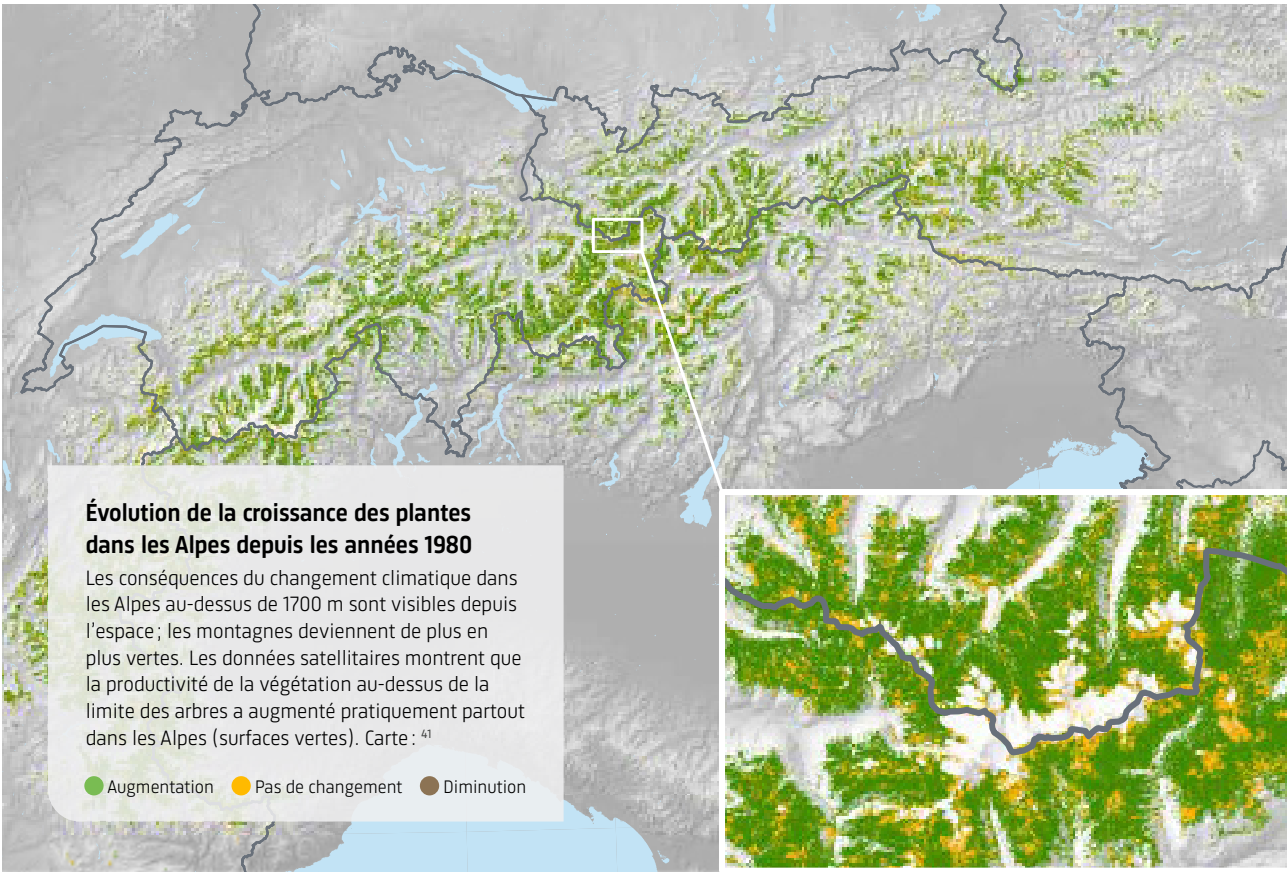
8.4.1 Les changements climatiques et l'abandon de l'exploitation réduisent l'habitat des espèces alpines

Les conséquences du changement climatique sont particulièrement marquées dans l'espace alpin³⁶ : les températures augmentent, les jours de gel et de neige diminuent et les précipitations de début et de fin d'hiver tombent de plus en plus sous forme de pluie. La neige s'installe plus tard et fond plus vite, allongeant la période de végétation, avec des conséquences pour les sports d'hiver comme pour l'environnement alpin.^{37, 38}

Les données satellitaires à haute résolution montrent que la croissance des plantes a fortement augmenté au-dessus de la limite des arbres. Les Alpes deviennent de plus en plus vertes, car les plantes colonisent de nouvelles surfaces et la végétation, plus productive, devient plus dense et

plus haute. Avec les modifications des conditions écologiques, les plantes alpines, adaptées à des conditions extrêmes et moins concurrentielles, perdent leurs avantages et peuvent être supplantées peu à peu par des espèces moins spécialisées et plus grandes. La biocénose unique des milieux alpins est ainsi mise sous forte pression.

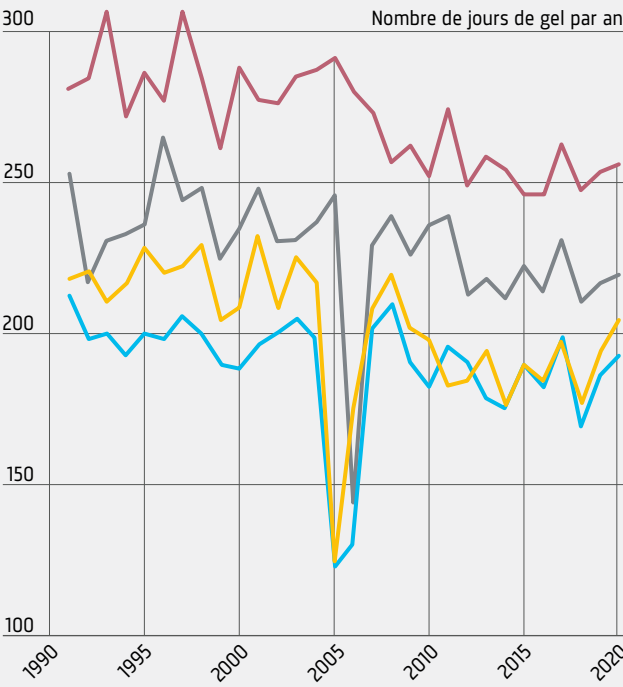
S'y ajoute l'abandon des pâturages à la limite de la forêt et à l'étage subalpin. Pendant des siècles, l'humain a repoussé la limite de la forêt vers le bas. Dans cette zone de transition, les espèces alpines et subalpines se mêlent, engendrant des surfaces d'une grande diversité. Les changements structurels dans l'agriculture de montagne ces dernières décennies renversent ce processus : une partie des surfaces abandonnées sont recolonisées par la forêt. Les surfaces exploitées en région d'estivage ont diminué de 7 % depuis le milieu des années 1980.³⁹



Évolution de la température et du bilan hydrique

Température (à gauche) et bilan hydrique (à droite) pendant la période de végétation sur quatre sommets valaisans. L'équilibre hydrique sur les sommets s'est fortement péjoré ; les situations de sécheresse prononcée (valeurs négatives) se multiplient. Cela représente un défi supplémentaire pour la flore alpine et l'économie alpestre. Données : ⁴⁰

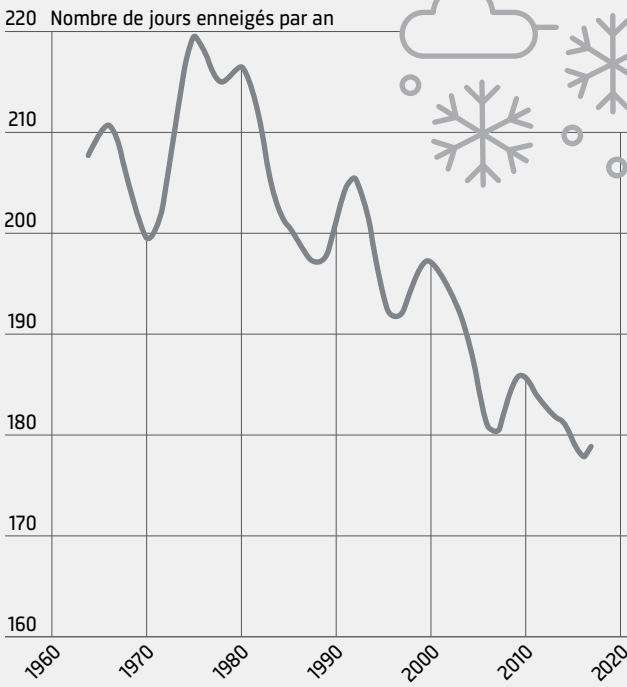
Sites du projet GLORIA
● La Ly (2360 m) ● Mont Brülé (2550 m) ● Pointe du Parc (2990 m) ● Pointe de Boveire (3210 m)



Diminution du nombre de jours de gel

Nombre annuel de jours de gel pour quatre stations météorologiques dans les Grisons. Données : MétéoSuisse

● Davos 1594 m ● Scuol 1304 m ● Samedan 1709 m
● S. Bernardino 1638 m

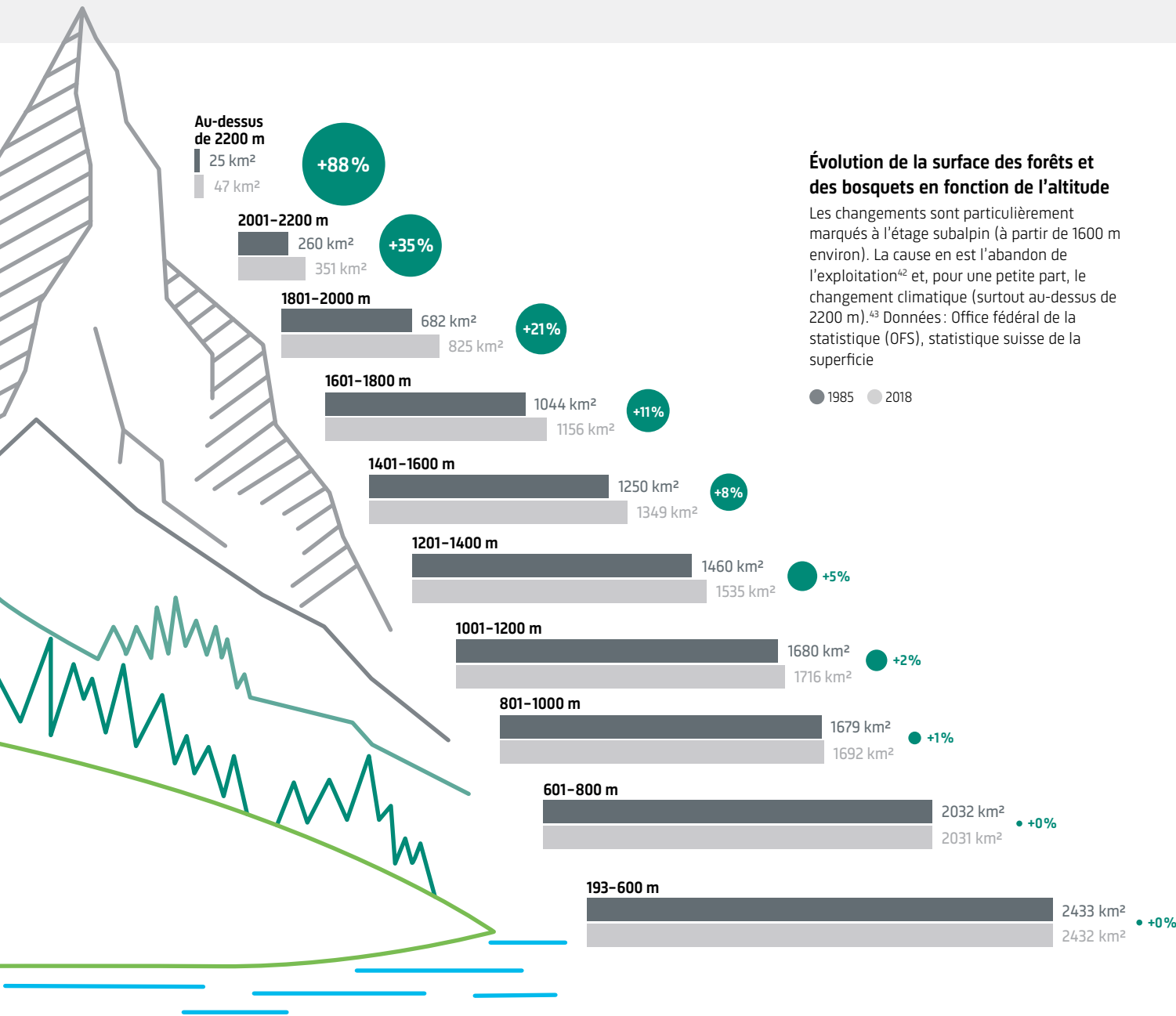


Diminution du nombre de jours enneigés

Nombre annuel de jours enneigés (couverture neigeuse > 1 cm) à la station de mesure d'Arosa (1878 m). Aujourd'hui, la formation de la couverture neigeuse débute environ deux semaines plus tard et la fonte commence environ un mois plus tôt qu'en 1960 dans cette station. La période de couverture neigeuse est passée de plus de cinq mois à quatre mois. Données : MétéoSuisse/WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF

Reboisement dans le Val Calanca

À gauche : 2010, à droite : 2024. Photos aériennes : swisstopo



8.4.2 Les loisirs et le tourisme peuvent nuire à la faune sauvage

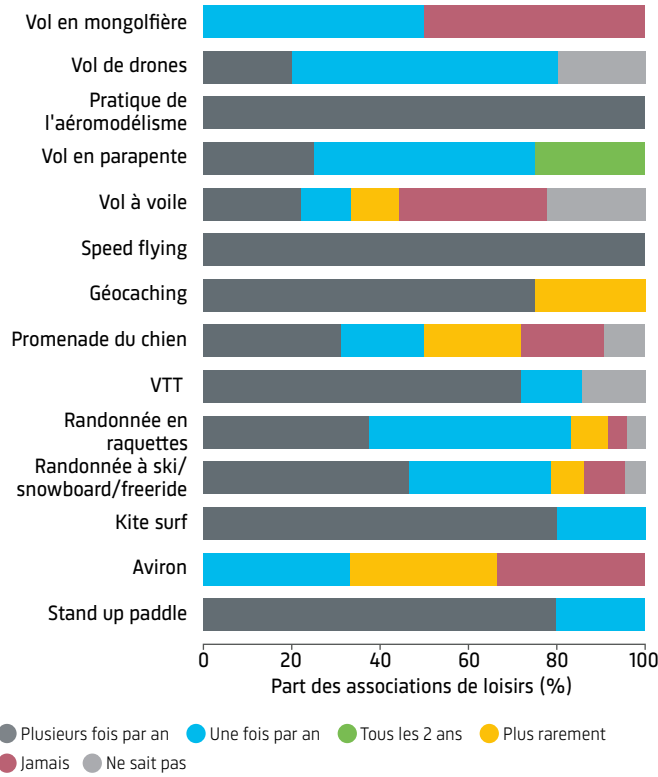
Les activités de loisirs, principalement les sports d'hiver, peuvent avoir un fort impact négatif sur la faune sauvage dans les milieux alpins sensibles. Les autres saisons sont aussi de plus en plus concernées avec p.ex. les VVT électriques à plus grand rayon d'action, un meilleur éclairage et les systèmes numériques d'orientation. Les dérangements incitent les animaux à fuir, ce qui leur fait perdre beaucoup d'énergie et réduit fortement leurs chances de survie en hiver, surtout en cas de dérangements répétés.^{44, 45} Les tétraonidés, tels que le tétras lyre et le lagopède alpin, sont particulièrement concernés, tout comme les ongulés à l'exemple du chamois, du bouquetin et du cerf.

Les animaux réagissent particulièrement aux activités hors des chemins pédestres et au crépuscule ou de nuit, qui sont moins prévisibles pour eux. Pour compenser la perte énergétique, les tétras lyres dérangés prolongent leur temps d'alimentation, ce qui augmente le risque d'être victime d'un prédateur.⁴⁶ La popularité croissante du VTT, du freeride, de la randonnée à ski et en raquettes, et des drones rend la situation plus critique, car ces activités pénètrent aussi dans les zones refuges encore peu fréquentées. Même les parapentistes, s'ils sont trop proches du relief, peuvent déclencher chez les animaux sauvages une réaction de fuite particulièrement forte.⁴⁷

Le niveau d'information sur les comportements respectueux de la nature des personnes pratiquant ces loisirs varie fortement selon l'activité, mais s'est beaucoup amélioré grâce aux campagnes de sensibilisation d'ONG et des administrations publiques. Les campagnes « Respecter, c'est protéger » et « Respect Wildlife » ont par exemple permis de nettement améliorer la conscience du problème et le comportement des freeriders.⁴⁸ Les milieux de l'escalade militent également pour une coexistence pacifique des humains et de la nature. La plupart des touristes et des personnes exerçant une activité sportive ne font toutefois partie d'aucune association.

Comportement respectueux de la nature : sensibilisation par les associations de sports de plein air ?

Fréquence à laquelle les organisations de loisirs informent leurs membres sur un comportement respectueux de la nature. Données : ⁴⁹



Si l'on respecte les zones refuges pour la faune, le paysage hivernal offre assez d'espace pour l'humain et les animaux sauvages.

8.4.3 Modification de l'exploitation en région d'estivage

La biodiversité est influencée, d'une part, par le reboisement dû à une utilisation trop faible ou nulle de surfaces éloignées et difficiles à exploiter à l'étage subalpin des régions d'estivage ; mais aussi, d'autre part, par l'intensification de l'exploitation des pâturages et prairies dans les sites favorables.⁶ Dans l'espace alpin, la diversité et la composition des biocénoses animales et végétales sont très sensibles aux changements dans l'intensité de l'exploitation. Celle-ci est déterminée par la charge en bétail, la gestion des pâturages, le type d'élevage, la quantité et le type d'apport en nutriments et de nombreux autres facteurs.

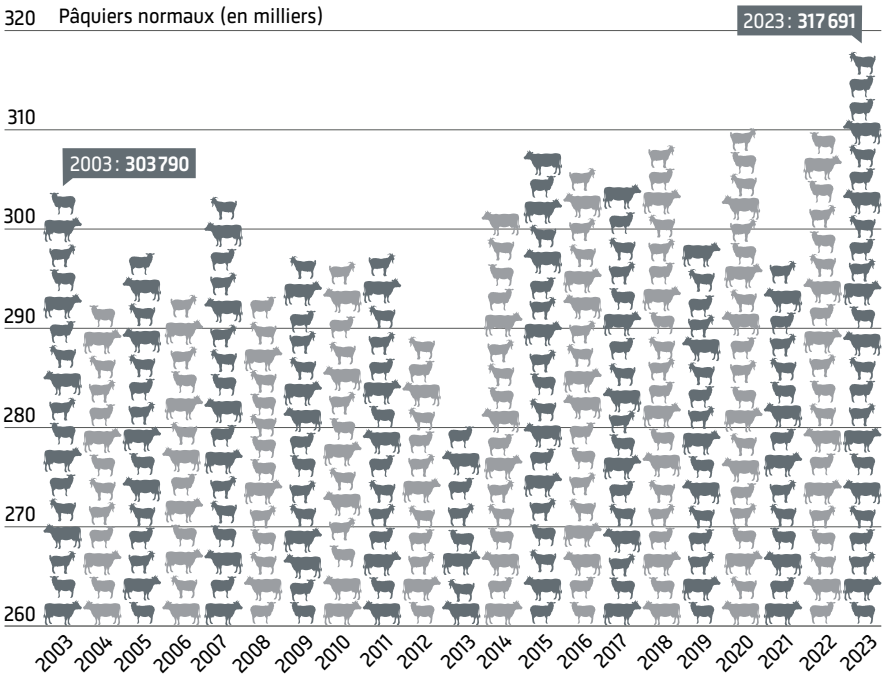
Le nombre d'animaux en estivage suit une tendance à la hausse depuis 2010,⁵⁰ alors même qu'une surface moindre est exploitée dans la région d'estivage.³⁹ Les pâturages alpins encore existants pourraient donc être soumis à une utilisation plus intensive.

Les mesures d'amélioration structurelle, comme la construction et l'aménagement des routes, peuvent aussi entraîner une exploitation plus intensive. Cela est surtout problématique pour la biodiversité dans les paysages à grande valeur écologique. Mais les chemins d'accès peuvent parfois aussi être nécessaires pour maintenir l'exploitation.

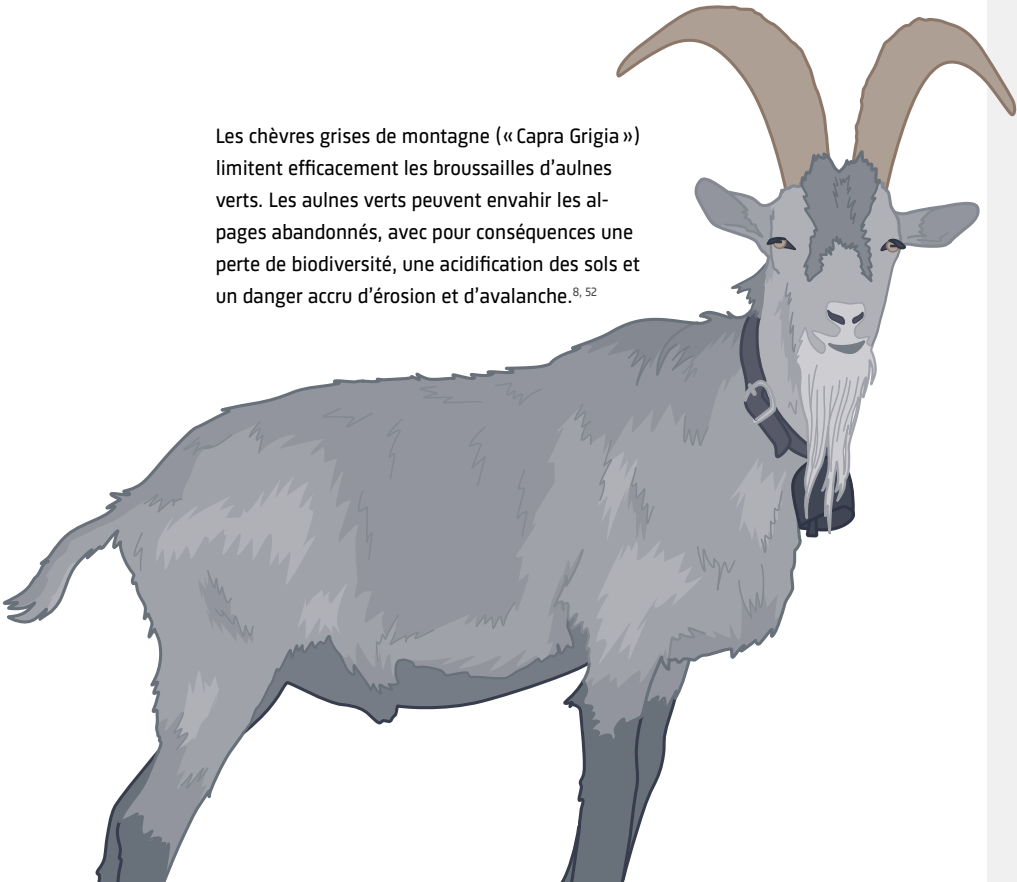


Évolution de l'effectif annuel des animaux en estivage

Un pâquier normal correspond à l'estivage d'une unité de gros bétail consommant du fourrage grossier (p. ex. une vache laitière ou quatre brebis laitières) pendant 100 jours. Les cantons fixent les pâquiers normaux pour chaque alpage. Données : Office fédéral de l'agriculture

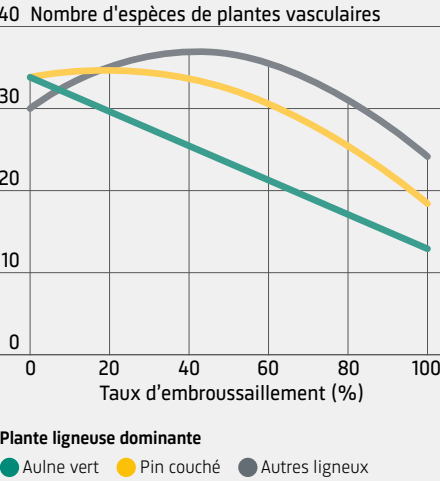


Les chèvres grises de montagne (« Capra Grigia ») limitent efficacement les broussailles d'aulnes verts. Les aulnes verts peuvent envahir les alpages abandonnés, avec pour conséquences une perte de biodiversité, une acidification des sols et un danger accru d'érosion et d'avalanche.^{8, 52}



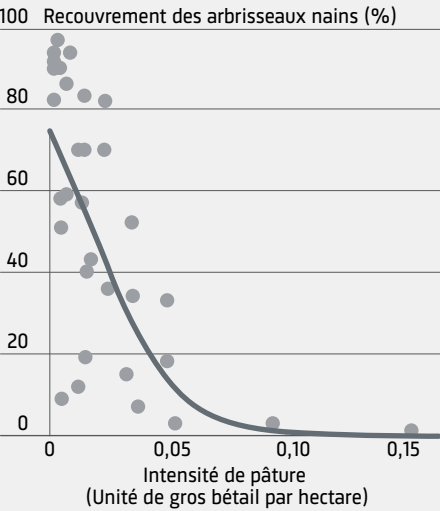
Diversité des plantes en fonction de l'embroussaillage et des espèces ligneuses

Les espèces ligneuses et leur taux de recouvrement déterminent si la diversité des espèces augmente ou diminue avec l'embroussaillage. Des pins couchés isolés et, en particulier, une diversité en arbustes peuvent favoriser la diversité des plantes jusqu'à un recouvrement de 30 à 50 % de la surface. Si l'embroussaillage se poursuit, la diversité des espèces diminue. L'aulne vert, largement répandu, provoque en revanche un recul constant de la diversité. Pour préserver les multiples valeurs des alpages suisses, il faut donc prendre des mesures pour lutter contre les grandes surfaces d'aulne vert, par exemple en faisant paître des races rustiques de moutons et de chèvres sur les surfaces embroussaillées.^{51, 52} Données : ⁵³



Recouvrement des arbrisseaux nains en fonction de la pression de pâture

Une pâture adaptée contribue à limiter l'expansion des plantes ligneuses et ainsi à maintenir un pâturage ouvert. Données : ⁵¹



8.5 Évolution depuis 2010

8.5.1 Espaces à fort caractère sauvage dans l'espace alpin

Dans un monde toujours davantage influencé par les activités humaines, les quelques espaces naturels encore peu parcourus revêtent une grande importance.⁵⁴ Ces espaces à fort caractère sauvage se distinguent par une faible influence humaine; l'exploitation agricole et les infrastructures telles que routes, habitations ou installations techniques n'influencent que très peu les écosystèmes. Dans les régions densément peuplées et exploitées de manière intensive comme l'Europe centrale, les espaces sauvages revêtent une importance particulière.

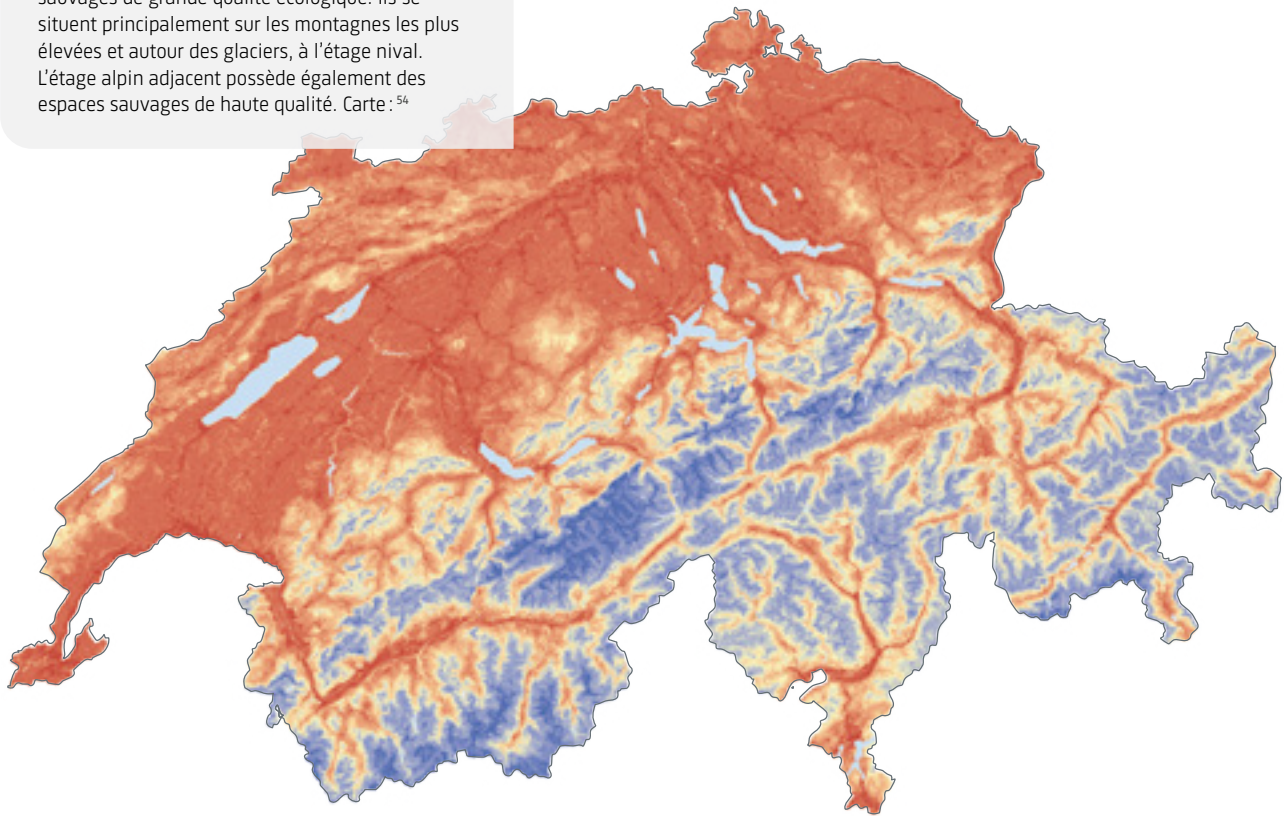
La Suisse, dont le territoire est constitué en grande partie de montagnes, dispose, malgré son aménagement dense,

de quelques vastes espaces relativement intacts dans les Alpes, dans lesquels la dynamique naturelle peut encore agir. L'étage alpin abrite un nombre supérieur à la moyenne d'espèces dont l'aire de répartition se concentre à cette altitude. Notre pays porte donc une responsabilité particulière dans la préservation de ces espaces alpins sauvages, surtout dans le contexte d'une exploitation croissante au niveau mondial.

Car en effet, l'évolution mondiale est alarmante: des études montrent que plus de trois millions de kilomètres carrés – 10 % des espaces sauvages – ont disparu rien qu'entre 1990 et 2015.⁵⁵ La perte continue de ces sites menace non seulement la biodiversité et la résilience écologique, mais amoindrit aussi les chances des générations futures de connaître des processus et des vrais paysages naturels.

Caractère sauvage de la nature suisse

Les surfaces en bleu foncé indiquent les régions avec la nature la plus sauvage selon les critères de naturalité, influences humaines, éloignement et topographie. On y trouve encore des espaces sauvages de grande qualité écologique. Ils se situent principalement sur les montagnes les plus élevées et autour des glaciers, à l'étage nival. L'étage alpin adjacent possède également des espaces sauvages de haute qualité. Carte: ⁵⁴



Caractère sauvage de la nature

● 4 ● 5 ● 6 ● 7 ● 8 ● 9 ● 10 ● 11 ● 12 ● 13 ● 14 ● 15 ● 16 ● 17 ● 18 ● 19 ● 20



1935



2022

Les glaciers libèrent de nouvelles surfaces pour les milieux naturels

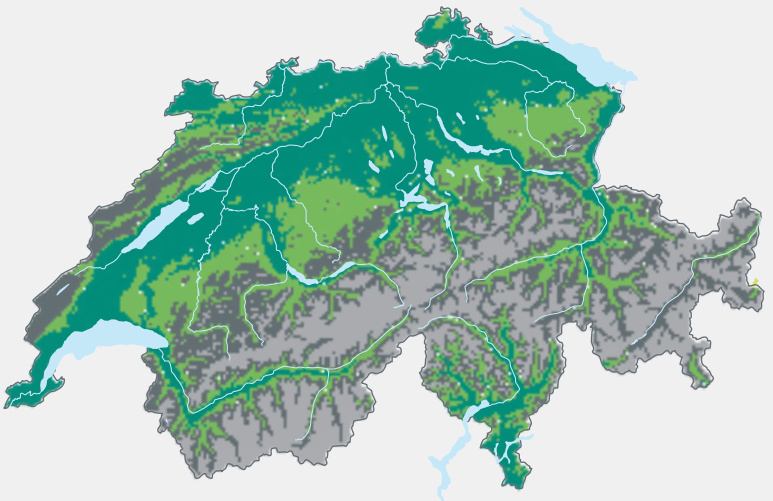
Recul du Vadret da Tschierwa dans le canton des Grisons entre 1935 et 2022. La fonte de la glace et de la neige augmente temporairement la taille des marges proglaciaires sur lesquelles la succession se met en place. La diversité en bactéries, champignons, plantes et animaux augmente continuellement après le retrait du glacier.⁵⁶ Une meilleure qualité des milieux, l'augmentation de la complexité des interactions biologiques et la recolonisation progressive contribuent à l'augmentation de la biodiversité dans ces surfaces au cours du temps. Au terme de la succession, ces milieux deviendront similaires à ceux qui jouxtent la zone proglaciaire. Photos: swisstopo; Station d'essai pour l'aménagement des eaux, l'hydrologie et la glaciologie, EPF Zurich

Proportion d'espèces en Suisse ayant leur centre de répartition dans un étage altitudinal

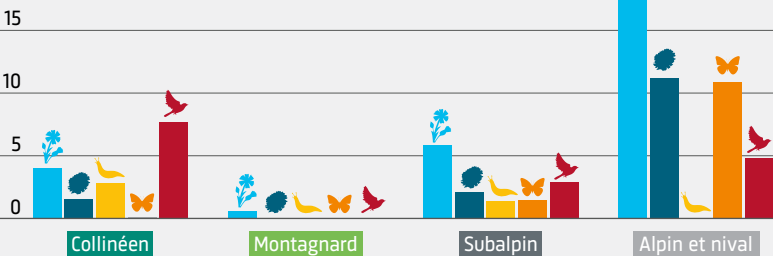
On parle d'un centre de répartition si le Monitoring de la biodiversité en Suisse recense au moins 75 % des observations d'une espèce dans un certain étage altitudinal. La proportion de surface respective de chaque étage altitudinal a été prise en compte dans l'analyse. Données: Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD). Carte: swisstopo, Flora Vegetativa, InfoFlora

- Collinéen
- Montagnard
- Subalpin
- Alpin et nival

- Plantes vasculaires
- Bryophytes
- Mollusques
- Papillons diurnes
- Oiseaux nicheurs



20 Proportion d'espèces principalement présentes dans un étage (%)





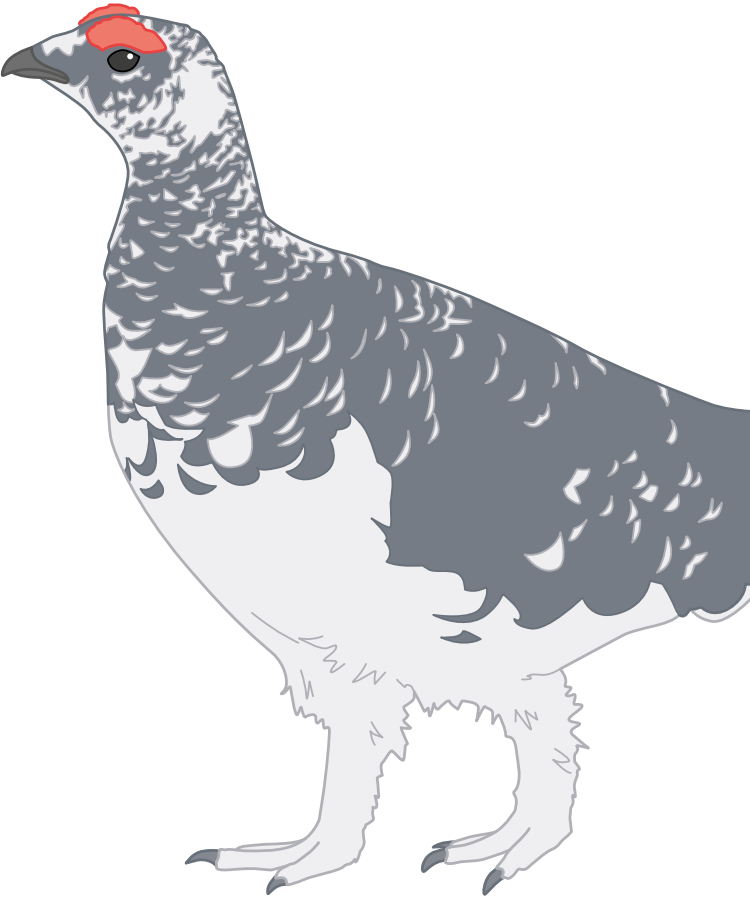
Touristes entre les ruisseaux colorés de brun par les algues et un trou de glace morte de couleur turquoise sur la marge proglaciaire du Mont Miné, canton du Valais. De telles plaines alluviales alpines possèdent une dynamique en grande partie naturelle. Photo : lorenzfischer.photo

8.5.2 Les espèces se déplacent vers le haut

Les étages de végétation alpin et nival évoluent. Depuis la dernière glaciation, on assiste à une succession lente mais continue,¹³ qui s’est récemment accélérée en raison du changement climatique. La biodiversité des Alpes est ainsi confrontée à de profonds changements.

Les effets du changement climatique sont particulièrement perceptibles dans les milieux alpins : de plus en plus d’espèces des étages montagnard et subalpin étendent leur distribution en direction des sommets. Le nombre d’espèces augmente au niveau local et régional.^{57,63} Parallèlement, la concurrence pour l’espace et les ressources augmente. Les espèces spécialisées des étages alpin et nival seront très probablement mises sous plus forte pression.⁵⁸ L’indice des papillons diurnes du Monitoring de la biodiversité en Suisse montre, déjà aujourd’hui, une raréfaction des espèces adaptées au froid →3.5.1.

L’habitat alpin se réduit globalement et le déplacement des milieux vers le haut est vite limité – les surfaces adéquates diminuent et le sommet des montagnes signe en tous les cas la fin du voyage. Certaines espèces pourraient même totalement disparaître à long terme.^{59, 60} Des modélisations basées sur les données de répartition de plus de 7000 espèces, combinées aux changements climatiques projetés, montrent que le climat de l’étage alpin pourrait ne plus convenir à de nombreuses espèces. Les réactions sont toutefois très différentes entre groupes d’espèces.⁶¹

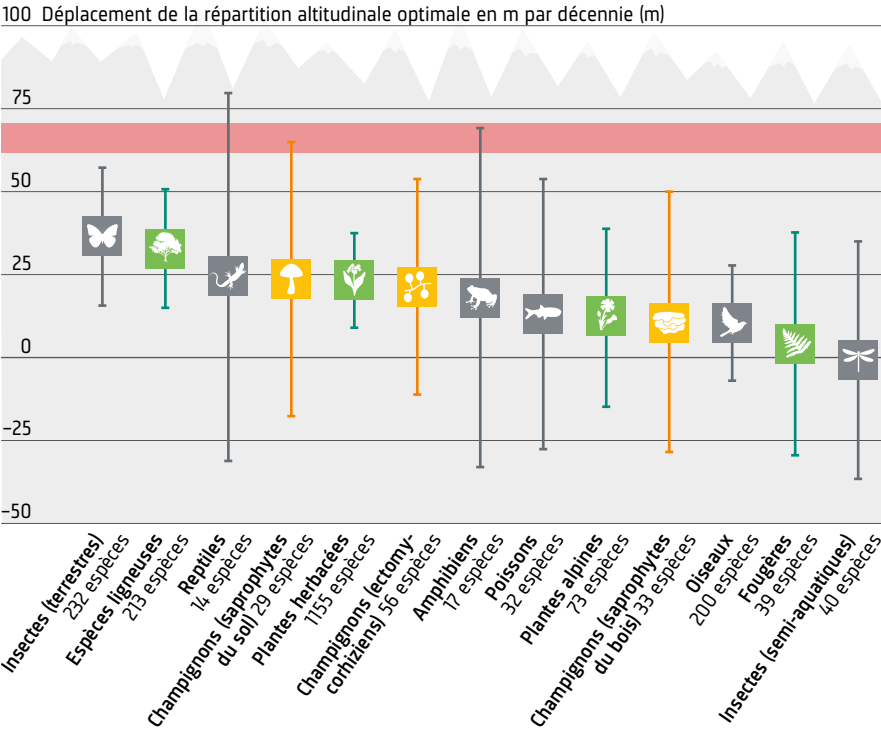


Le lagopède alpin est particulièrement touché par le changement climatique.³⁸

Déplacement moyen vers le haut de différents groupes d’espèces

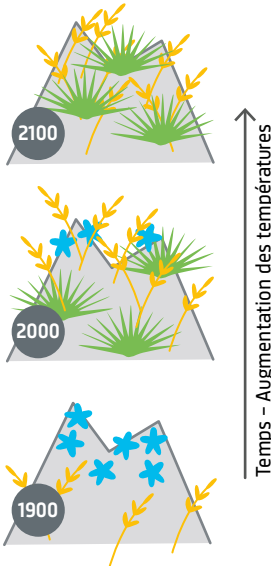
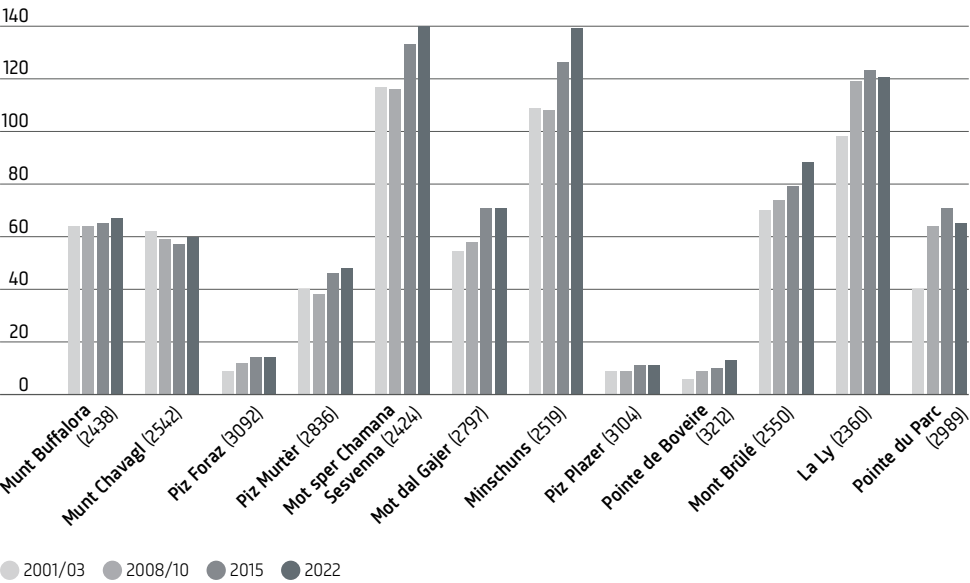
Déplacement de l’optimum altitudinal (= altitude avec le plus grand nombre d’individus) de différents groupes d’espèces dans l’ensemble des Alpes (basé sur les données de divers monitorings). La période examinée varie d’une étude à l’autre, mais elle est toujours supérieure à 10 ans, entre 1980 et 2020. La bande rouge représente le déplacement altitudinal de la température (c.-à-d. des isothermes). Données : ⁶²

- Plantes ● Champignons
- Animaux



Nombre de plantes à fleurs sur les sommets des Grisons et du Valais

Aujourd'hui, on trouve davantage d'espèces végétales qu'au tournant du millénaire sur pratiquement tous les sommets examinés. Cette augmentation s'accélère sur de nombreux sommets, traduisant la migration en altitude de nombreuses espèces. Mais cet enrichissement ne devrait être que temporaire : les espèces de haute montagne devraient, elles, se raréfier et disparaître progressivement sous l'effet de la concurrence des nouvelles espèces colonisatrices, plus vigoureuses, à partir des étages inférieurs.^{57, 58, 63} Données : GLORIA-CH, C. Randin, C. Rixen, J.-P. Theurillat, P. Vittoz, R. von Büren, S. Wipf

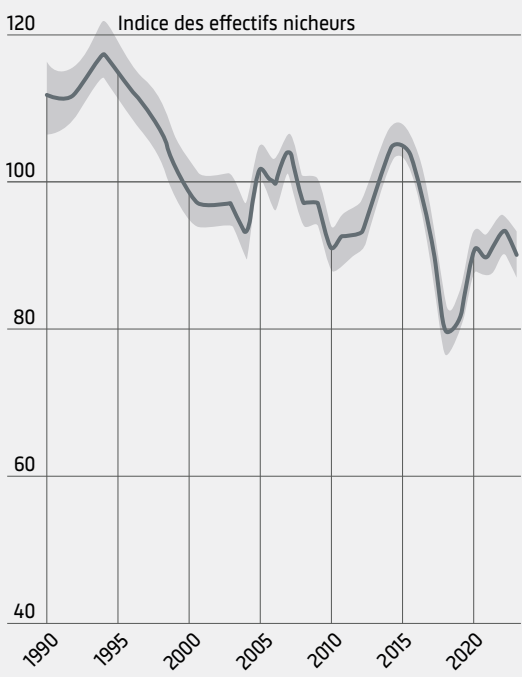
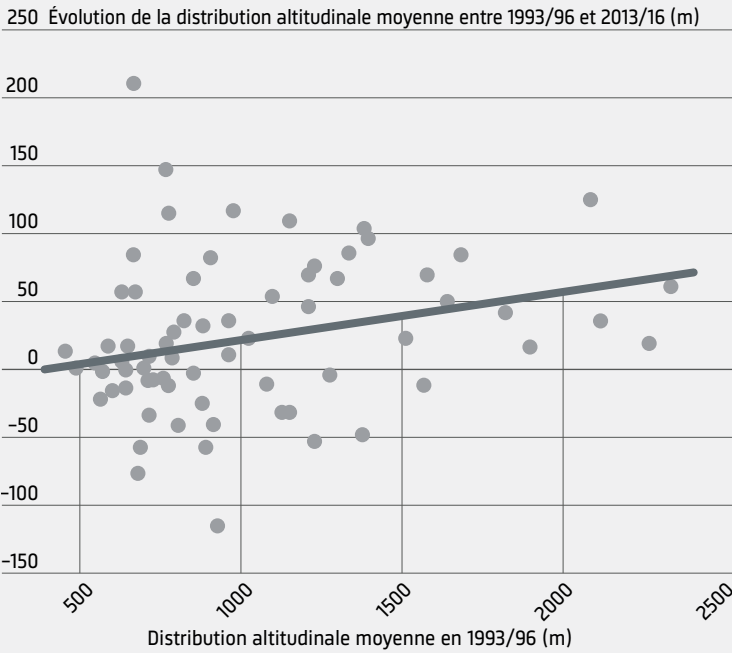


Diversité menacée des combes à neige

Les combes à neige sont des dépressions normalement enneigées au moins jusqu'à début juillet. La fréquence et la durée de la couverture neigeuse diminuent sous l'influence du changement climatique. Les combes à neige présentent donc des conditions toujours plus favorables pour des espèces ne supportant pas un long enneigement.^{64, 65} De ce fait, les associations végétales d'origine se modifient : certes, la diversité en espèces augmente, mais les nouvelles espèces sont des généralistes issues des pelouses alpines environnantes, ce qui entraîne une uniformisation croissante des biocénoses. Les combes à neige comptent ainsi parmi les milieux alpins les plus menacés par le changement climatique. Photo : Veronika Stöckli

Évolution de la distribution altitudinale moyenne de 71 oiseaux nicheurs

Ce sont avant tout les espèces de montagne qui ont vu leur distribution altitudinale moyenne s'élever entre 1993/96 et 2013/16. Ces changements montrent que les Alpes pourraient servir de refuge à l'avenir, mais le déplacement vers le haut a ses limites. À long terme, il y aura probablement plus de perdants que de gagnants. À cela s'ajoute l'effet de l'uniformisation des biocénoses : les cortèges d'oiseaux des différentes altitudes se distinguent de moins en moins les uns des autres.⁶⁷ Données : Station ornithologique suisse⁶⁸



Évolution relative des effectifs nicheurs de la niverolle alpine en Suisse

Ses effectifs ont diminué de plus de 20 % depuis les années 1990.⁶⁹ La Suisse a une responsabilité particulière pour cette espèce typique des montagnes : un sixième des niverolles européennes niche en Suisse.

Mesures de promotion pour la niverolle alpine dans le contexte du changement climatique

La niverolle alpine recherche la nourriture pour ses jeunes essentiellement au bord des névés en train de fondre. Une fonte plus précoce et des températures estivales plus élevées représentent un problème croissant pour elle.⁶⁸ Face au changement climatique, les mesures de promotion deviennent de plus en plus nécessaires : la conservation de pelouses alpines riches en fleurs est primordiale. Les populations locales peuvent aussi être soutenues avec des nichoirs, et il peut être important d'intervenir en cas de maladie.⁷⁰ Photo : weyrichPhoto.ch

8.6 Vers un avenir plus favorable à la biodiversité

Valoriser et préserver les grands espaces sauvages en montagne

Les espaces sauvages sont importants pour la biodiversité, les fonctions des écosystèmes, la recherche, la découverte de la nature, la formation et le tourisme. Ils constituent un atout pour l'humain et la nature. La Suisse a une responsabilité particulière pour les espaces alpins sauvages, car de nombreuses régions en haute montagne sont encore largement intactes et les processus naturels peuvent s'y déployer.

Pour être mieux ancrés dans la conscience publique et politique, ces espaces sauvages devraient faire l'objet d'un concept d'aménagement et d'une stratégie de protection du paysage et de la nature à part entière.⁷¹ L'objectif devrait être de conserver les surfaces présentant une nature à caractère sauvage de haute qualité et de les relier entre elles. Afin d'augmenter l'acceptation et l'impact des espaces à caractère sauvages, il convient d'impliquer activement la population des régions concernées dans les concepts et de mettre en avant les opportunités offertes par de tels espaces.

Nouveaux instruments financiers du tourisme en faveur de la biodiversité

La biodiversité et le paysage sont les principales ressources du tourisme suisse. Il devrait donc s'intéresser à la préservation de la biodiversité. Pour ce faire, des instruments financiers appropriés doivent être développés en Suisse. Des approches comme les redevances d'utilisation, les recettes provenant de concessions et de la vente de produits, ainsi que les contributions volontaires pourraient être davantage utilisées. Le « franc de la biodiversité » est un concept prometteur : les hôtes versent volontairement une contribution financière qui est directement affectée à la promotion de la biodiversité.⁷² Une « Fondation pour la biodiversité » pourrait être créée, alimentée par des contributions des entreprises d'équipement de plein air, des remontées mécaniques ou de l'hôtellerie, afin de soutenir de manière ciblée des projets de biodiversité dans les régions touristiques. Prélever une part de la taxe de

séjour en faveur de la biodiversité est aussi envisageable. De tels instruments financiers peuvent être créés sur un plan local, tandis que la Confédération et les cantons interviendraient en soutien. Des normes de qualité pour un tourisme respectueux de la nature existent déjà.⁴

Activités de loisirs durables

Des recherches sur l'impact écologique des nouvelles activités de loisirs telles que le vol de drones, le trail running et le speed flying seraient très utiles.⁴⁹ Des connaissances scientifiques solides sont nécessaires pour justifier objectivement et faire accepter les mesures de régulation et les restrictions spatiales de certaines activités. Les recherches sociologiques doivent également être encouragées afin de cibler des groupes spécifiques. Pour parvenir à une meilleure compatibilité entre la protection de la nature et les activités de loisirs, différentes approches doivent être poursuivies en parallèle et combinées : sensibilisation par des campagnes ciblées, dialogues entre les parties prenantes pour résoudre les conflits d'intérêts, formations pour transmettre les règles de comportement et gestion spatiale dans des cas spécifiques. C'est la seule façon d'obtenir des changements durables de comportement.⁴

Un échange régulier d'expériences, p.ex. sous la forme d'ateliers et d'excursions, ainsi que la mise à disposition de matériel de formation homogène pourraient soutenir la conservation des sites naturels sensibles. Dans la pratique, il faut davantage de rangers, plus de panneaux d'information adaptés aux destinataires, des mesures d'incitation efficaces, des interdictions, la transmission des connaissances par des vidéos divertissantes, ainsi qu'une amélioration et une simplification de la mise à disposition d'informations par le biais d'applications et de sites Internet.⁷³ La canalisation des visiteurs dans les régions sensibles peut être réalisée par des méthodes classiques, mais aussi par les réseaux sociaux.



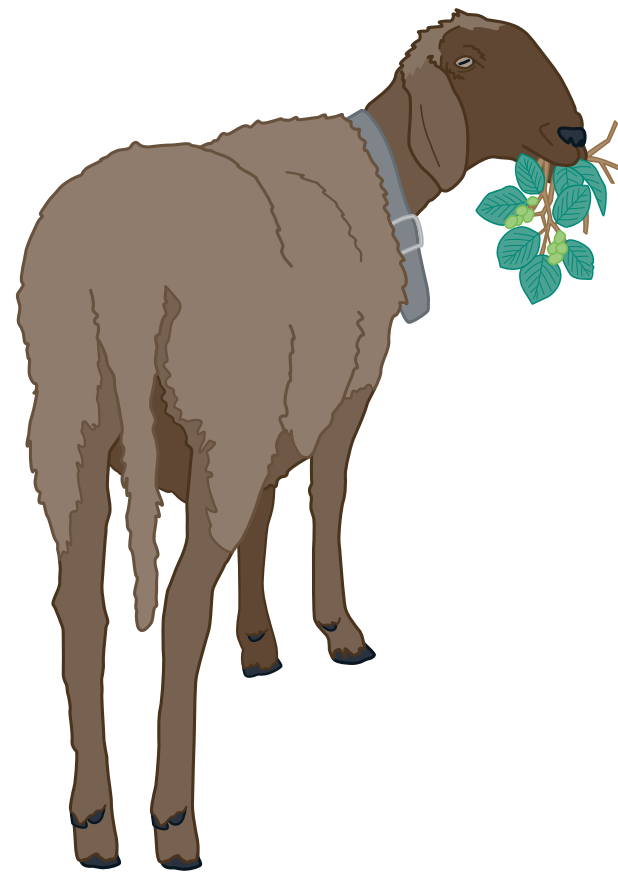
Trouver un équilibre dans l'exploitation agricole de la région d'estivage

La région d'estivage est un hotspot de biodiversité, et donc un élément de notre patrimoine naturel et culturel, et une destination touristique appréciée. La mosaïque de pelouses, pâturages, prairies de montagne et structures en pierres, riches en espèces, est caractéristique de ces espaces. À l'étage subalpin, des landes d'arbrisseaux nains, des buissons et des forêts claires s'y ajoutent. Cette mosaïque diversifiée découle d'une exploitation agricole séculaire.

Sans une exploitation extensive et adaptée à la station, l'embroussaillage gagnerait rapidement du terrain à l'étage subalpin et conduirait à moyen terme au reboisement de nombreuses vallées alpines. Cela entraînerait non seulement la perte de précieux habitats ouverts pour des plantes et animaux spécialisés, mais aussi celle d'un paysage caractéristique, que les personnes en quête de détente apprécient et qui crée une identité pour la population. La conservation des alpages est donc dans l'intérêt de la nature, de la société et de l'économie – mais avec une condition claire : conserver, sans intensifier davantage. Sans oublier que d'importantes populations d'animaux sauvages non dérangés peuvent prendre la fonction du bétail, du moins dans certains sites, comme le montre l'exemple du Parc national suisse où les cerfs et les chamois maintiennent des sites ouverts et riches en biodiversité.⁷⁴

L'exploitation des alpages devrait être soigneusement pilotée et adaptée aux conditions écologiques du site. Il s'agit d'éviter tout autant l'embroussaillage excessif qu'une pâture excessive. La promotion et l'utilisation ciblées de races de bétail rustiques, adaptées aux conditions locales, peuvent contribuer à assurer une exploitation durable et empêcher l'embroussaillage dans des conditions climatiques et topographiques difficiles. Les rénovations structurelles – par exemple dans le domaine des infrastructures – doivent être traitées avec une prudence particulière afin de ne pas porter atteinte aux milieux sensibles.

Le haut de l'étage subalpin et le bas de l'étage alpin, au-dessus de la limite actuelle de la forêt, méritent une attention particulière. À ces altitudes, un pâturage équilibré et un entretien des surfaces peuvent aider à ralentir l'embroussaillage, mais cela nécessite une planification minutieuse de l'exploitation. Celle-ci permettrait de conserver plus d'espace pour les espèces alpines menacées par le réchauffement.



Finalement, une agriculture rentable dans la région d'estivage n'est pratiquement pas possible sans soutien ciblé de la Confédération et des cantons. Si l'on veut éviter une intensification et un développement structurel problématique, on doit aussi assurer à cette agriculture un soutien conséquent, équitable et durable, pas forcément par les finances de la politique agricole, mais p. ex. aussi par le tourisme. Face à la mondialisation de l'économie, c'est une condition préalable à une agriculture adaptée à la station, écologique et rentable dans la région d'estivage – à des altitudes posant de nombreux défis, mais aussi indispensables à un avenir durable de la Suisse.

Des énergies renouvelables respectueuses des milieux alpins

Le développement des énergies renouvelables est nécessaire pour remplacer les combustibles fossiles et atteindre zéro émission nette d'ici 2050. La suffisance et l'efficacité sont également décisives pour un changement durable dans la consommation d'énergie qui intervienne à temps.

L'un des principaux défis consiste à combler la pénurie d'électricité en hiver grâce à de nouvelles installations photovoltaïques, hydroélectriques et éoliennes dans les Alpes. Mais le développement des énergies renouvelables devrait surtout se faire par la production photovoltaïque sur les toits et les façades ainsi que le long des infrastructures existantes, afin de ne pas accentuer la pression déjà élevée sur la biodiversité. Des écosystèmes intacts et une biodiversité variée jouent en effet un rôle primordial dans la régulation du climat.⁷⁵

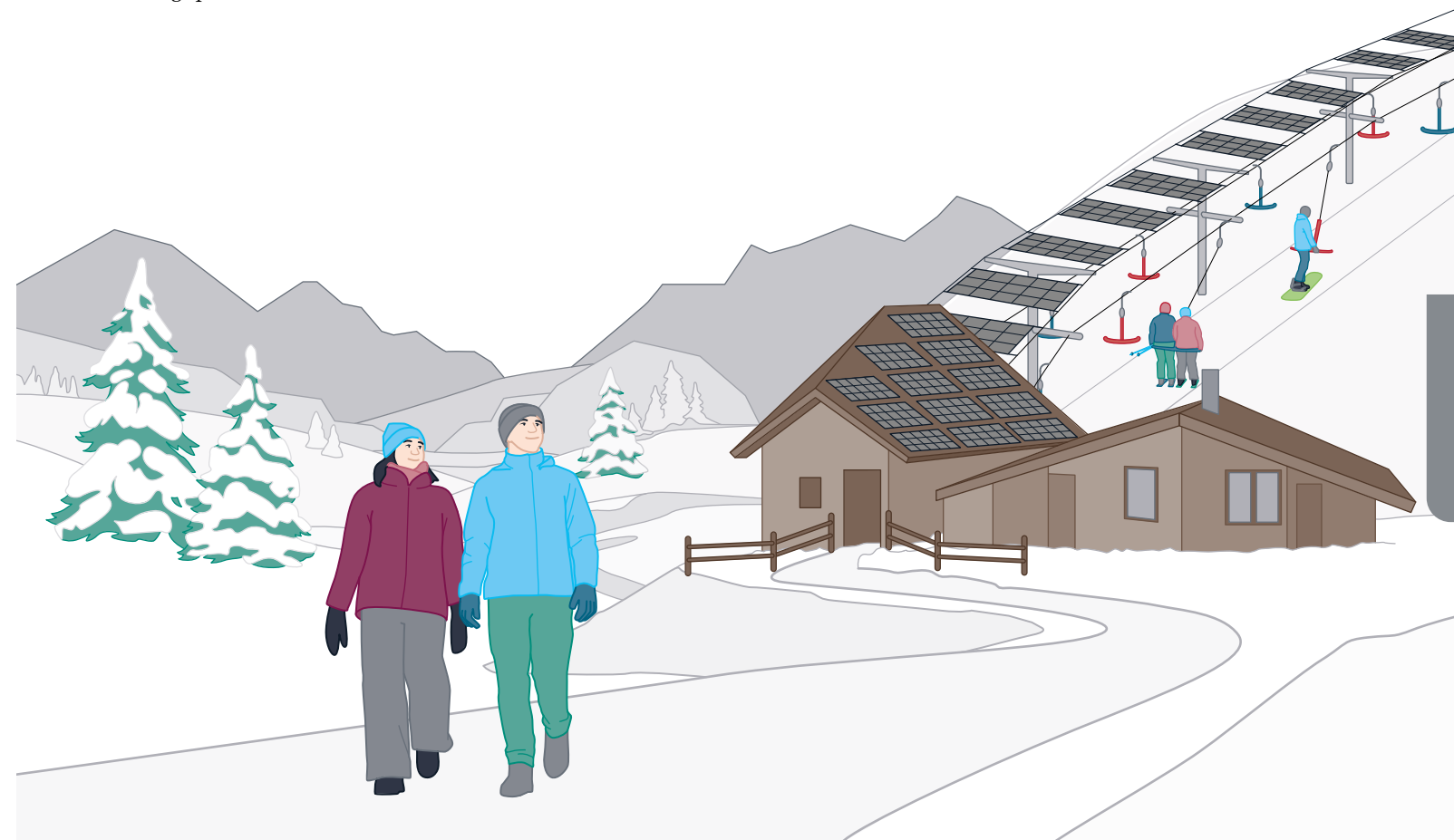
Un plan intégratif coordonné par la Confédération pourrait prendre en compte de manière équilibrée les questions du climat, de l'énergie et de la protection de la nature, et exploiter les synergies.⁷⁶ Les processus démocratiques et la participation à tous les niveaux sont indispensables à cet égard. Les principes éprouvés devraient être renforcés et ne pas être ignorés au nom de l'urgence. Parallèlement, il convient de rationaliser et d'accélérer les procédures d'autorisation pour les projets d'énergie renouvelable. Au niveau local, les communes doivent être activement impliquées afin de créer des synergies entre le développement des énergies renouvelables et la promotion de la biodiversité.

Les sites dans l'espace alpin doivent être choisis de façon à ménager les zones encore intactes et à éviter la construction de nouvelles routes. Les impacts négatifs existants (p. ex. en lien avec l'exploitation de l'énergie hydraulique) doivent être réduits plus fortement que jusqu'à présent et être compensés par des mesures de restauration écologique.

Intégrer la planification du territoire de la plaine jusqu'aux sommets

Un aménagement du territoire durable doit prendre la préservation de la biodiversité autant au sérieux que la sécurité de l'approvisionnement, les infrastructures et l'aménagement de l'espace urbain. À l'ère du changement climatique, l'aménagement du territoire est confronté à de nouveaux défis, surtout dans un pays aux structures multiples comme la Suisse.

Les régions situées au-dessus de la limite de la forêt et les zones de plaine forment une mosaïque géographique complexe dans laquelle la protection de la nature, l'agriculture, la sylviculture, les zones d'habitation et le tourisme se superposent souvent. La planification, souvent réalisée séparément jusqu'à présent, doit désormais se faire en réseau et considérer le tout de manière systémique – sur le plan écologique, économique et sociétal. La modification de l'utilisation des sols dans une région peut entraîner des répercussions directes sur les étages altitudinaux adjacents – que ce soit par le biais du régime hydrique, du déplacement des espèces ou des activités humaines. Une planification en réseau, qui considère toutes les altitudes, du fond de la vallée jusqu'aux sommets, comme une unité fonctionnelle, est non seulement une nécessité écologique, mais également une clé du développement durable de la Suisse au XXI^e siècle.



Bibliographie

1 Körner C (2004) **Mountain biodiversity, its causes and function.** Ambio Special Report 13 : 11–17.

2 Ramel C, Rey PL, Fernandes R, Vincent C, Cardoso AR, Broennimann O, Pellissier L, Pradervand JN, Ursenbacher S, Schmidt BR, Guisan A (2020) **Integrating ecosystem services within spatial biodiversity conservation prioritization in the Alps.** Ecosystem Services 45 : 101186.

3 Rey PL, Vittoz P, Petitpierre B, Adde A, Guisan A (2023) **Linking plant and vertebrate species to nature's contributions to people in the Swiss Alps.** Scientific Reports 13 : 7312.

4 Siegrist D, Gessner S, Ketterer Bonnelame L (2019) **Naturnaher Tourismus. Qualitätsstandards für sanftes Reisen in den Alpen.** Bristol-Schriftenreihe 44. Haupt Verlag.

5 OFEV (éd.) (2020) **Changements climatiques en Suisse.** Indicateurs des causes, des effets et des mesures. Office fédéral de l'environnement. État de l'environnement 2013.

6 Lauber S, Herzog F, Seidl I et al (2013) **Avenir de l'économie alpestre suisse. Faits, analyses et pistes de réflexion du programme de recherche AlpFUTUR.** Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, Station de recherche Agroscope.

7 Meyer M, Contzen S, Feller M, Pauler CM, Probo M, Röögli A, Schmidt RS, Schneider MK (2025) **Resilience of Swiss summer farms. An interdisciplinary analysis of key challenges and adaptations.** Agricultural Systems 227 : 104365.

8 Mochi LS, Lumineau C, Pauler C, Mariotte P, Probo M (2025) **Comportement alimentaire des génisses et des chèvres sur les alpages envahis par l'aulne vert.** Agrarforschung Schweiz 16 : 8–13.

9 OFS (éd.) (2021) **L'utilisation du sol en Suisse. Résultats de la statistique de la superficie 2018.** Office fédéral de la statistique.

10 Aeschimann D, Rasolofo N, Theurillat JP (2011) **Analyse de la Flore des Alpes. 2 : Biodiversité et Chorologie.** Candollea 66(2) : 225–253.

11 Alexander S, Charles H (2014) **Oreonebria (Marggia) bluemlisalpico-la sp. nov. Eine neue hochalpine Laufkäferart der nordwestlichen Schweizer Alpen (Coleoptera: Carabidae, Nebriinae).** Contributions to Natural History 25 : 5–21.

12 OFEV, InfoSpecies (éd.) (2025) **Liste des espèces prioritaires au niveau national. Espèces prioritaires pour la conservation en Suisse.** Office fédéral de l'environnement, InfoSpecies. L'environnement pratique.

13 Tinner W, Ammann B, Germann P (1996) **Treeline fluctuations recorded for 12,500 years by soil profiles, pollen, and plant macrofossils in the Central Swiss Alps.** Arctic and Alpine Research 28(2) : 131–147.

14 Bätzing W (2015) **Die Alpen. Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft.** Verlag CH Beck.

15 Stuber M, Wunderli R (2021) **Transformations of common pastures and woodlands in Switzerland. A historical perspective.** In T Haller, K Liechti, M Stuber, FX Viallon, R Wunderli Balancing the commons in Switzerland (S. 17–34). Routledge.

16 Ginzler C, Brändli U-B, Hägeli M (2011) **Développement de la surface forestière en Suisse durant les 120 dernières années.** Journal forestier suisse 162(9) : 337–343.

17 Sigl M, Abram NJ, Gabrieli J, Jenk TM, Osmont D, Schwikowski M (2018) **19th century glacier retreat in the Alps preceded the emergence of industrial black carbon deposition on high-alpine glaciers.** The Cryosphere 12 : 3311–3331.

18 Kaiser P (2017) **Barrages.** Dictionnaire historique de la Suisse DHS. hls-dhs-dss.ch/articles/007853/2017-03-09

19 Stüwe M, Nievergelt B (1991) **Recovery of alpine ibex from near extinction. The result of effective protection, captive breeding, and reintroductions.** Applied Animal Behaviour Science 29(1–4) : 379–387.

20 Breitenmoser U (1998) **Large predators in the Alps. The fall and rise of man's competitors.** Biological Conservation 83(3) : 279–289.

21 Sato CF, Wood JT, Lindenmayer DB (2013) **The effects of winter recreation on alpine and subalpine fauna. A systematic review and meta-analysis.** PLOS ONE 8(5) : e64282.

22 Brandner B (1995) **Skitourismus. Von der Vergangenheit zum Potential der Zukunft.** Rüegger.

23 Mayer P (2005) **Planierungen von Skipisten verursachen Vegetations-Schäden für Jahrhunderte.** Natur und Mensch 47(5) : 22–25.

24 Kaiser P (2017) **Barrages.** Dictionnaire historique de la Suisse DHS. hls-dhs-dss.ch/articles/007853/2017-03-09

25 Brändli UB (2000) **Waldzunahme in der Schweiz. Gestern und morgen.** Informationsblatt Forschungsbereich Landschaft 45.

26 Meisser M, Chatelain C (2010) **Pâture tournante en estivage ovin : effets sur la végétation.** Recherche Agronomique Suisse 1 (6) : 216–221.

27 Walther GR, Beißner S, Burga CA (2005) **Trends in the upward shift of alpine plants.** Journal of Vegetation Science 16 : 541–548.

28 Huss M, Linsbauer A, Naegeli K (2025) **Glaciers de Suisse. État, prévisions et implications.** Swiss Academies Factsheets 20(2).

29 Hågvar S, Gobbi M, Kaufmann R, Ingimarsdóttir M, Caccianiga M, Valle B, Pantini P, Fanciulli PP, Vater A (2020) **Ecosystem birth near melting glaciers. A review on the pioneer role of ground-dwelling arthropods.** Insects 11(9) : 644.

30 Brambilla M, Gobbi M (2014) **A century of chasing the ice. Delayed colonisation of ice-free sites by ground beetles along glacier forelands in the Alps.** Ecography 37 : 33–42.

31 Schaepli B, Manso P, Fischer M, Huss M, Farinotti D (2019) **The role of glacier retreat for Swiss hydropower production.** Renewable Energy 132 : 615–627.

32 Breitenmoser-Würsten C, Robin K, Landry JM, Gloor S, Olsson P, Breitenmoser U (2001) **Die Geschichte von Fuchs, Luchs, Bartgeier, Wolf und Braunbär in der Schweiz.** Forest, Snow and Landscape Research 76(1) : 9–21.

33 Petitpierre B, McDougall K, Seipel T, Broennimann O, Guisan A, Kueffer C (2016) **Will climate change increase the risk of plant invasions into mountains?** Ecological Applications 26 : 530–544.

34 Alexander JM, Lembrechts JJ, Cavieres LA, Daehler C, Haider S, Kueffer C, Liu G, McDougall K, Milbau A, Pauchard A, Rew LJ, Seipel T (2016) **Plant invasions into mountains and alpine ecosystems. Current status and future challenges.** Alpine Botany 126 : 89–103.

35 Willibald F, van Strien MJ, Blanco V, Grêt-Regamey A (2019) **Predicting outdoor recreation demand on a national scale. The case of Switzerland.** Applied Geography 113 : 102111.

36 Académies suisses des sciences (2016) **Coup de projecteur sur le climat suisse. État des lieux et perspectives.** Swiss Academies Reports 11(5).

37 Zehnder M, Pfund B, Svoboda J, Marty C, Vitasse Y, Alexander J, Hille Ris Lambers J, Rixen C (2025) **Snow height sensors reveal phenological advance in alpine grasslands.** Gobal Change Biology 31(5) : e70195.

38 Schai-Braun SC, Jenny H, Ruf T, Hackländer K (2021) **Temperature increase and frost decrease driving upslope elevational range shifts in alpine grouse and hares.** Global Change Biology 27 : 6602–6614.

39 Schläpfer F, Lobsiger M, Bosshard A (2022) **Landwirtschaft im Berg- und Sömmerungsgebiet. Entwicklungen, regionalökonomische Zusammenhänge und Wirkungen der Agrarpolitik. Schlussbericht.** Kalaidos Fachhochschule Schweiz, BSS Volkswirtschaftliche Beratung.

40 Mayo de la Iglesia R, Miserere L, Vust M, Theurillat JP, Randin C, Vittoz P (2024) **Divergent responses of alpine bryophytes and lichens to climate change in the Swiss Alps.** Journal of Vegetation Science 35(4) : e13292.

41 Rumpf SB, Gravey M, Brönnimann O, Luoto M, Cianfrani C, Mariethoz G, Guisan A (2022) **From white to green. Snow cover loss and increased vegetation productivity in the European Alps.** Science 376 : 1119–1122.

42 Pellissier L, Anzini M, Maiorano L, Dubuis A, Pottier J, Vittoz P, Guisan A (2013) **Spatial predictions of land-use transitions and associated threats to biodiversity. The case of forest regrowth in mountain grasslands.** Applied Vegetation Science 16 : 227–236.

43 Gehrig-Fasel J, Guisan A, Zimmermann NE (2007) **Tree line shifts in the Swiss Alps. Climate change or land abandonment?** Journal of Vegetation Science 18 : 571–582.

44 Klaus G, Ingold P, Baur B, Birrer S, Graf R, Müller H, Rixen C (2010) **Tourisme et manière de concevoir les loisirs.** In T Lachat, D Pauli, Y Gonseth, G Klaus, C Scheidegger, P Vittoz, T Walter Evolution de la biodiversité en Suisse depuis 1900. Avons-nous touché le fond? (p. 298–322). Bristol-Stiftung. Haupt Verlag.

45 Ingold P (2005) **Freizeitaktivitäten im Lebensraum der Alpentiere. Konfliktbereiche zwischen Mensch und Tier. Mit einem Ratgeber für die Praxis.** Haupt Verlag.

46 Arlettaz R, Nusslé S, Baltic M, Vogel P, Palme R, Jenni-Eiermann S, Patthey P, Genoud M (2015) **Disturbance of wildlife by outdoor winter recreation. Allostatic stress response and altered activity-energy budgets.** Ecological Applications 25(5) : 1197–1212.

47 Ingold P (2001) **Hängegleiten und Wildtiere.** In P Sturm, N Mallach Störungsökologie. Sammelband der Veranstaltungen «Ökologiesymposium Störungsökologie» und «Wer macht unsere Wildtiere so scheu?» (S. 23–30). Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege.

48 Hunziker M, Hubschmid E, Solèr R (2021) **Wildtier-orientierte Besucherlenkung im Schneesport. Die Kampagne «Respect Wildlife» und deren Evaluation.** In M Bürgi, S Tobias, M Hunziker, N Bauer, P Bebi, F Kienast Erholsame Landschaft (S. 63–68). Eidgenössische Forschungsanstalt WSL.

49 Graf O (2018) **Freizeitaktivitäten in der Natur.** Bundesamt für Umwelt, Verein Natur & Freizeit.

50 OFAG (2025) **Rapport Agricole 2024.** Office fédéral de l'agriculture.

51 Koch B, Hofer G, Walter T, Edwards P, Blanckenhorn W (2013) **Biodiversité dans les alpages embroussaillés. Recommandations pour l'exploitation des alpages riches en espèces connaissant des problèmes d'embroussailement.** Rapport ART 769.

52 Pauler C, Zehnder T, Staudinger M, Lüscher A., Kreuzer M, Bérard J, Schneider MK (2022) **Thinning the thickets. Foraging of hardy cattle, sheep and goats in green alder shrubs.** Journal of Applied Ecology 59(5) : 1394–1405.

53 Zehnder T, Lüscher A, Ritzmann C, Pauler C, Bérard J, Kreuzer M, Schneider MK (2020) **Dominant shrub species are a strong predictor of plant species diversity along subalpine pasture-shrub transects.** Alpine Botany 130 : 141–156.

54 Moos S, Radford S, von Atzigen A, Bauer N, Senn J, Kienast F, Kern M, Conradin K (2019) **Das Potenzial von Wildnis in der Schweiz.** Bristol-Stiftung, Haupt Verlag.

55 Watson JEM, Shanahan DF, Di Marco M, Allan J, Laurance WF, Sanderson EW, Mackey B, Venter O (2016) **Catastrophic declines in wilderness areas undermine global environment targets.** Current Biology 26(21) : 2929–2934.

56 Ficetola GF, Marta S, Guerrieri A et al (2024) **The development of terrestrial ecosystems emerging after glacier retreat.** Nature 632 : 336–342.

57 Rumpf SB, Hülber K, Klonner G, Moser D, Schütz M, Wessely J, Willner W, Zimmermann NE, Dullinger S (2018) **Range dynamics of mountain plants decrease with elevation.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 115(8) : 1848–1853.

58 Cotto O, Wessely J, Georges D, Klonner G, Schmid M, Dullinger S, Thuiller W, Guillaume F (2017) **A dynamic eco-evolutionary model predicts slow response of alpine plants to climate warming.** Nature Communications 8 : 15399.

59 Randin CF, Engler R, Pearman PB, Vittoz P, Guisan A (2010) **Using georeferenced databases to assess the effect of climate change on alpine plant species and diversity.** In EM Spehn, C Körner Data mining for global trends in mountain biodiversity (p. 149–163). CRC Press.

60 Engler R, Randin CF, Vittoz P, Czaka T, Beniston M, Zimmermann NE, Guisan A (2009) **Predicting future distributions of mountain plants under climate change. Does dispersal capacity matter?** Ecography 32 : 34–45.

61 Adde A, Külling N, Rey P et al (2024) **Projecting the untruncated response of biodiversity to climate change. Insights from an alpine country.** Global Change Biology 30 : e17557.

62 Vitasse Y, Ursenbacher S, Klein G et al (2021) **Phenological and elevational shifts of plants, animals and fungi under climate change in the European Alps.** Biological Reviews 96 : 1816–1835.

63 Steinbauer MJ, Grytnes JA, Jurasinski G et al (2018) **Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming.** Nature 556 : 231–234.

64 Liberati L, Messerli S, Matteodo M, Vittoz P (2019) **Contrasting impacts of climate change on the vegetation of windy ridges and snowbeds in the Swiss Alps.** Alpine Botany 129 : 95–105.

65 Matteodo M, Ammann K, Verrecchia EP, Vittoz P (2016) **Snowbeds are more affected than other subalpine-alpine plant communities by climate change in the Swiss Alps.** Ecology and Evolution 6(19) : 6969–6982.

66 Schmid H, Kestenholz M, Knaus P, Rey L, Sattler T (2018) **État de l'avifaune en Suisse: Édition spéciale liée à l'atlas des oiseaux nicheurs 2013–2016.** Station ornithologique suisse.

67 García-Navas V, Sattler T, Schmid H, Ozgul A (2020) **Temporal homogenization of functional and beta diversity in bird communities of the Swiss Alps.** Diversity and Distributions 26(8) : 900–911.

68 Niffenegger CA, Hille SM, Schano C, Korner-Nievergelt F (2025) **Rising temperatures advance start and end of the breeding season of an alpine bird.** Ecology and Evolution 15 : e70897.

69 Strebel N, Antoniazza S, Auchli N, Birrer S, Bühler R, Sattler T, Volet B, Wechsler S, Moosmann M (2024) **État de l'avifaune en Suisse.** Rapport 2024. Station Ornithologique Suisse.

70 Niffenegger CA, Schano C, Arlettaz R, Korner-Nievergelt F (2023) **Nest orientation and proximity to snow patches are important for nest site selection of a cavity breeder at high elevation.** Journal of Avian Biology 3–4 : e03046.

71 Mountain Wilderness Schweiz (Hrsg.) (2020) **Wildnis-Strategie Schweiz. Leitfaden und Ideen für mehr Wildnis in der Schweiz.**

72 Ketterer Bonnelame L, Siegrist D (2014) **Biodiversität und Tourismus. Finanzierungsinstrumente im Tourismus zur Förderung der Biodiversität und Landschaft.** Schriftenreihe des Instituts für Landschaft und Freiraum 12. Hochschule für Technik Rapperswil.

73 Dietrich JA (2024) **Wintersport und Wildtiere. Besucheranalysen und Empfehlungen für ein zielgruppenorientiertes Besuchermanagement in den Naturparks Diemtigtal und Gantrisch.** [Masterarbeit]. Universität Bern.

74 Schütz M, Risch AC, Leuzinger E, Krüsi BO, Achermann G (2003) **Impact of herbivory by red deer (Cervus elaphus L.) on patterns and processes in subalpine grasslands in the Swiss National Park.** Forest Ecology and Management 181 : 177–188.

75 Ismail SA, Geschke J, Kohli M, Spehn E, Inderwildi O, Santos MJ, Guntern J, Seneviratne SI, Pauli D, Altermatt F, Fischer M (2021) **Aborder conjointement le changement climatique et la perte de la biodiversité.** Swiss Academies Factsheet 16(3).

76 Nick S, Guisan A, Morán-Ordóñez A, Ballif C (2024) **RE-BD AR2024. Accelerating renewable energy development while enhancing biodiversity protection in Switzerland.** CLIMACT, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Université de Lausanne.