

Analyse des risques climatiques en Suisse

Base pour l'adaptation aux changements climatiques



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Analyse des risques climatiques en Suisse

Base pour l'adaptation aux changements climatiques

Impressum

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Direction du projet

Gianna Battaglia, Roland Hohmann (OFEV)

Auteurs

Myriam Steinemann, Cyril Willmann, Jürg Füssler (INFRAS)

Collaboration

Thomas Egli, Claudia Kurzböck (Egli Engineering)

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Révision

Vincent Roth, Guirec Gicquel, Alexandre Berset, Léonie Charrière, Véronique Ortner (OFEV)

Conception visuelle et graphisme

Cindy Aebischer (OFEV)

Mise en page

Funke Lettershop AG

Photo de couverture

La photo de couverture, prise le 13 août 2022 à Triboltingen (TG), montre le faible niveau du lac Inférieur de Constance, établi à 394,80 m d'altitude. Jamais un niveau aussi bas n'avait été enregistré au cours de la première quinzaine d'août depuis le début des mesures en 1886.

Photo : Gian Ehrenzeller / Keystone

Commande de la version imprimée et téléchargement au format PDF

OFCL, Vente des publications fédérales, CH-3003 Berne

www.publicationsfederale.admin.ch

N° d'art. 810.400.158F

www.bafu.admin.ch/uw-2502-f

Impression neutre en carbone et faible en COV sur papier recyclé

Cette publication est également disponible en allemand et en italien. Une version abrégée est disponible en anglais. La langue originale est l'allemand.

Remerciements

Nous remercions l'ensemble des spécialistes cités à l'annexe 3 pour leurs contributions techniques et les précieuses discussions que nous avons pu mener avec eux. Nos remerciements vont également à toutes les autres personnes qui ont participé d'une manière ou d'une autre à l'élaboration du présent rapport.

© OFEV 2025

Table des matières

Abstracts	5	3	Risques inhérents aux changements climatiques à l'étranger	59
Avant-propos	7	3.1	Vue d'ensemble des risques	59
Résumé	8	3.2	Impacts sur l'approvisionnement alimentaire	62
		3.3	Impacts sur l'approvisionnement en électricité	64
1 Introduction	13	4	Événements imprévus et risques combinés	69
1.1 Contexte	13	5	Conclusion	73
1.2 Structure du rapport	14	Annexes		77
1.3 Présentation de la méthodologie	14	A1	Méthodologie	77
1.4 Autres analyses des risques de la Confédération	16	A2	Liste intégrale des risques climatiques et des opportunités liées au climat	82
2 Défis transversaux en Suisse	17	A3	Listes	89
2.1 Accentuation des fortes chaleurs	19			
2.1.1 Effets de la hausse des températures sur la santé et sur la productivité	20			
2.1.2 Effets de la hausse des températures sur les infrastructures	22			
2.1.3 Effets de la hausse des températures sur l'agriculture et l'économie forestière	24			
2.2 Accroissement de la sécheresse estivale	27			
2.2.1 Étés pauvres en pluie	28			
2.2.2 Danger d'incendie de forêt accru	30			
2.2.3 Faibles niveaux d'eau	31			
2.3 Augmentation du potentiel de danger	35			
2.3.1 Crues d'ampleur	36			
2.3.2 Ruissellement et inondations locales	37			
2.3.3 Mouvements de terrain gravitaires	39			
2.3.4 Grêle et tempêtes	40			
2.4 Hausse des températures moyennes	43			
2.4.1 Températures douces	44			
2.4.2 Hivers peu enneigés	46			
2.5 Modification croissante des milieux naturels et de la composition des espèces	49			
2.5.1 Dégradation des écosystèmes et de leurs services	50			
2.5.2 Multiplication des organismes nuisibles	53			
2.5.3 Altération du paysage	55			

Abstracts

The present report identifies and assesses climate risks and climate-related opportunities for Switzerland up to the year 2060. The content and methodology of the first climate risk analysis published in 2017 was comprehensively reviewed and updated with the involvement of numerous specialists from the administrative, academic and business fields. The results serve as a basis for the Federal Council's future adaptation strategy and for developing adaptation strategies and action plans in the cantons and regions.

Le présent rapport identifie et évalue les risques climatiques et les opportunités liées au climat pouvant se présenter en Suisse d'ici 2060. Avec le concours de nombreux spécialistes issus de l'administration ainsi que des milieux scientifiques et économiques, la première analyse « Risques et opportunités liés au climat », publiée en 2017, a été entièrement révisée et actualisée au moyen d'une nouvelle méthodologie. Les résultats fournissent une base pour le développement de la future stratégie d'adaptation du Conseil fédéral ainsi que pour l'élaboration des stratégies d'adaptation et des plans de mesures au niveau des cantons et des régions.

Der vorliegende Bericht identifiziert und bewertet Klimarisiken und klimabedingte Opportunitäten für die Schweiz bis ins Jahr 2060. Unter Mitwirkung zahlreicher Expertinnen und Experten aus Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft wurde die erste « Klima-Risikoanalyse » von 2017 inhaltlich und methodisch umfassend überprüft und aktualisiert. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die künftige Anpassungsstrategie des Bundesrats und für die Entwicklung von Anpassungsstrategien und Massnahmenplänen in Kantonen und Regionen.

Il presente rapporto identifica e valuta i rischi climatici e le opportunità legate al clima per la Svizzera da qui al 2060. Il contenuto e la metodologia della prima analisi dei rischi climatici del 2017 sono stati completamente rivisti e aggiornati con il coinvolgimento di numerosi esperti dei settori amministrativo, scientifico ed economico. I risultati servono come base per la futura strategia di adattamento del Consiglio federale nonché per lo sviluppo di strategie di adattamento e di piani di misure nei Cantoni e nelle regioni.

Keywords:

Climate change, impacts, risk analysis, risks, opportunities, adaptation

Mots-clés :

changements climatiques, impacts, analyse des risques, risques, opportunités, adaptation

Stichwörter:

Klimawandel, Auswirkungen, Risikoanalyse, Risiken, Opportunitäten, Anpassung

Parole chiave:

cambiamenti climatici, effetti, analisi dei rischi, rischi, opportunità, adattamento

Avant-propos

Épisodes caniculaires et étés secs, fortes précipitations et laves torrentielles dévastatrices : nous devons de plus en plus souvent faire face à ces impacts des changements climatiques. Leur progression est rapide, même en Suisse, et ils présentent des risques croissants pour les êtres humains et les ressources naturelles, car nombre de leurs effets sont irréversibles. En tant que société, nous devons nous adapter à ces évolutions. C'est pourquoi l'adaptation aux changements climatiques est également l'un des trois objectifs de l'Accord de Paris (accord sur le climat) et un mandat important inscrit dans la loi fédérale sur les objectifs en matière de protection du climat, sur l'innovation et sur le renforcement de la sécurité énergétique, acceptée en votation populaire en 2023.

Comment les risques liés aux changements climatiques évoluent-ils dans notre pays ? Cette question est au cœur de la présente actualisation de l'analyse des risques climatiques en Suisse. De nombreux spécialistes issus de l'administration ainsi que des milieux scientifiques et économiques ont participé à son élaboration. L'analyse fait état des principaux impacts des changements climatiques que la Suisse connaît déjà aujourd'hui et qu'elle connaîtra demain. Elle pose les fondements de la stratégie fédérale d'adaptation. Les cantons, les régions et les communes peuvent eux aussi s'appuyer sur ses résultats pour élaborer leur propre stratégie d'adaptation et leur propre plan d'action.

Les risques sont multiples et concernent l'ensemble des secteurs et des régions. Par ailleurs, ils se modifient et se renforcent. Ainsi, les risques inhérents à la sécheresse estivale sont jugés plus élevés aujourd'hui qu'en 2017, année de la précédente analyse des risques climatiques. Jusqu'à récemment encore, il était inconcevable pour beaucoup que l'eau puisse venir à manquer dans le château d'eau qu'est la Suisse.

En dépit ou justement en raison du défi majeur que représente l'adaptation aux changements climatiques, il ne faut surtout pas oublier une chose : il est primordial de réduire à zéro net les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050. Ce que nous faisons aujourd'hui détermine les impacts qu'auront les changements climatiques demain.

Reto Burkard, sous-directeur
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Résumé

L'Office fédéral de l'environnement a actualisé son analyse des risques climatiques à l'échelle de la Suisse, qui servira de base à l'adaptation aux changements climatiques. Reposant sur l'analyse réalisée en 2017, l'évaluation a porté, d'une part, sur les risques qui découlent des conditions climatiques actuelles et, d'autre part, sur l'évolution jusqu'en 2060 de ces risques et des éventuelles opportunités liées au climat dans l'hypothèse de changements climatiques de grande amplitude. Elle s'appuie sur les publications scientifiques récentes et l'expertise de nombreux spécialistes.

Défis transversaux que posent les changements climatiques en Suisse

À l'échelle de la Suisse, 34 risques climatiques et six opportunités liées au climat ont été répertoriés, analysés et évalués. Ils peuvent être rattachés à cinq défis transversaux (fig. 1).

Des températures élevées sont d'ores et déjà à l'origine d'une diminution du bien-être, d'une détérioration de la santé et d'une baisse de la productivité des individus, surtout dans les régions suisses densément bâties situées à basse altitude. Les changements climatiques augmentent la fréquence et l'intensité des périodes de canicule et des journées très chaudes. Les risques inhérents à l'**accentuation des fortes chaleurs** sont donc accrus. En raison du vieillissement de la population, de plus en plus de personnes vulnérables, âgées et nécessitant des soins s'en trouvent affectées. La hausse des températures porte également préjudice aux activités économiques et aux infrastructures exposées à la chaleur, ainsi qu'à l'agriculture et à l'économie forestière.

Par rapport à 2017, la présente analyse des risques conclut à une augmentation des risques liés à la sécheresse estivale. Ces dernières années, les étés secs se sont multipliés et ont entraîné des répercussions considérables pour l'agriculture, l'économie forestière, la navigation, de même que les écosystèmes. Ainsi, les risques qu'encourront à l'avenir les secteurs agricole et forestier du fait de l'**accroissement de la sécheresse estivale** sont jugés élevés car ils surviennent souvent conjointement à d'autres phénomènes, comme la canicule ou l'apparition et la dissémination d'organismes nuisibles, qui les accentuent. Du fait des modifications du

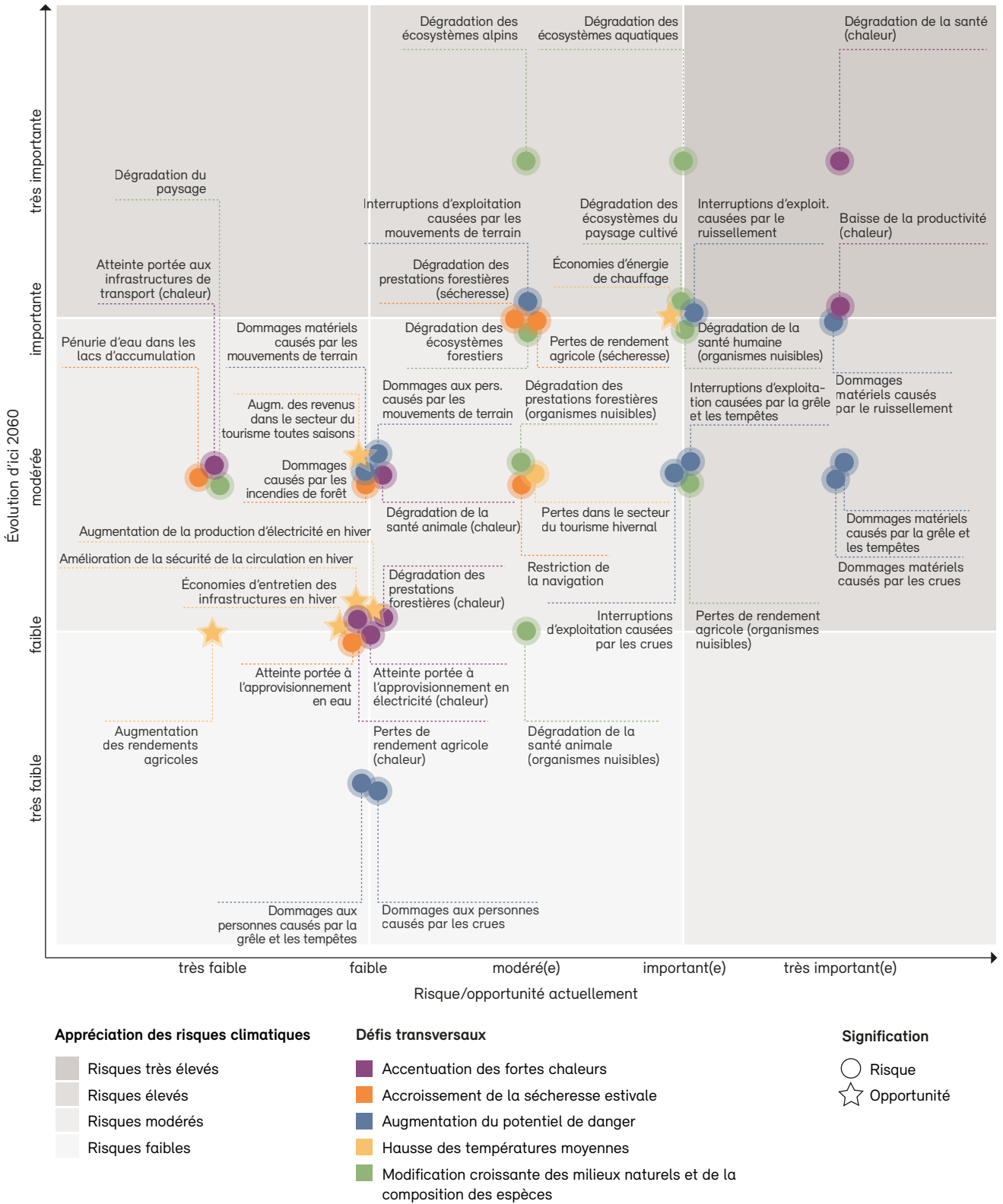
régime hydrique, les différentes utilisations de l'eau sont soumises à des pressions et entrent de plus en plus en concurrence les unes avec les autres.

Sous l'effet des changements climatiques, les fortes précipitations sont plus fréquentes et gagnent en intensité. Dans l'espace alpin de haute altitude, le réchauffement entraîne la fonte des glaciers et le dégel du pergélisol. Le **potentiel de danger augmente**, ce qui s'explique aussi par la croissance démographique, par l'extension du tissu urbain et par l'accumulation de biens matériels dans des zones exposées. En cas d'événement, cette hausse du potentiel de danger se traduit par des dommages aux personnes et des dégâts matériels ainsi que par des coûts indirects liés à de plus longues interruptions d'exploitation. En comparaison de l'analyse des risques climatiques de 2017, c'est surtout le risque de ruissellement résultant des fortes précipitations plus fréquentes et plus intenses qui est jugé plus élevé.

La **hausse des températures moyennes** à toutes les saisons implique d'autres risques climatiques. Ponctuellement, il en résulte aussi des opportunités telles que l'allongement de la période de végétation pour l'agriculture ou de meilleures conditions pour la production d'électricité en hiver. L'adoucissement des températures hivernales et la diminution de la couverture neigeuse constituent avant tout un risque pour le tourisme hivernal en montagne. Les températures douces contribuent par ailleurs à l'apparition d'organismes nuisibles en grand nombre et à la modification des processus de dangers naturels.

Enfin, les changements climatiques provoquent la **modification des milieux naturels et de la composition des espèces**. Les risques qui en découlent pour les écosystèmes et leurs services ainsi que pour la santé humaine font partie des principaux risques liés aux changements climatiques en Suisse. Des services écosystémiques essentiels, comme l'approvisionnement en eau potable, la préservation de la fertilité des sols, le stockage du carbone et la pollinisation, peuvent se dégrader. En outre, des organismes nuisibles exotiques et thermophiles sont susceptibles de porter atteinte à la santé humaine, ainsi qu'à l'agriculture et à l'économie forestière. À cela s'ajoute une altération du paysage et d'éléments d'identification essentiels de la Suisse.

Figure 1
Représentation, dans une matrice à neuf champs, des évaluations des actuels risques et opportunités liés au climat à l'échelle de la Suisse (abscisse) et de leur évolution d'ici 2060 (ordonnée)
Les risques inhérents aux changements climatiques à l'étranger ainsi que les événements imprévus et les risques combinés ne sont pas représentés ici.



Risques complexes liés aux changements climatiques

Outre les défis transversaux rencontrés à l'intérieur des frontières, les **risques grandissants induits par les changements climatiques à l'étranger** font partie des défis majeurs posés à la Suisse. En tant qu'économie ouverte comptant de nombreuses interdépendances économiques, politiques et sociales internationales, le pays est particulièrement affecté par les événements survenant à l'étranger. Ceux-ci impactent la Suisse à travers les chaînes d'approvisionnement mondiales, les infrastructures transfrontalières, le système financier mondial ainsi que la sécurité et la stabilité internationales. Le présent rapport met l'accent sur les risques climatiques en matière d'approvisionnement en denrées alimentaires et en électricité.

Les **événements imprévus et les risques combinés** sont eux aussi analysés. La probabilité de survenance de tels événements et de leurs combinaisons est difficile à évaluer ; leurs répercussions peuvent être d'une très grande ampleur, voire catastrophiques. Il s'agit de combinaisons spécifiques de différents dangers qui surviennent simultanément ou successivement à un endroit, d'événements extrêmes extrêmes qui se déroulent en dehors de la zone dans laquelle des phénomènes avaient été observés jusqu'à présent ou de l'atteinte de points de basculement dans le système climatique, dans les écosystèmes et dans la société.

Conclusion

Les impacts des changements climatiques, les défis qu'ils posent et les risques qu'ils induisent en Suisse sont très variés. Sur les 34 risques analysés, 12 sont d'ores et déjà jugés élevés ou très élevés. Des évolutions importantes ou très importantes sont attendues d'ici 2060 concernant douze autres risques. D'une région suisse à l'autre, les risques ne sont pas les mêmes et affectent différents groupes de population à des degrés divers. De manière isolée, il existe aussi des opportunités liées au climat ; toutefois, elles ne compensent aucunement les risques grandissants.

L'analyse des risques climatiques sert de base à l'adaptation aux impacts des changements climatiques en Suisse. Il demeure primordial de réduire systématiquement à zéro net les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050 afin d'éviter les conséquences les plus graves et potentiellement incontrôlables.



La propagation du palmier chanvre, espèce envahissante d'origine chinoise, est favorisée par les changements climatiques et par les changements d'affectation des sols. Le palmier porte atteinte aux écosystèmes des forêts alluviales et à la fonction protectrice de la forêt au Tessin, ici à Monte Caslano. Photo : Vincent Fehr / WSL (24.8.2018)

1 Introduction

1.1 Contexte

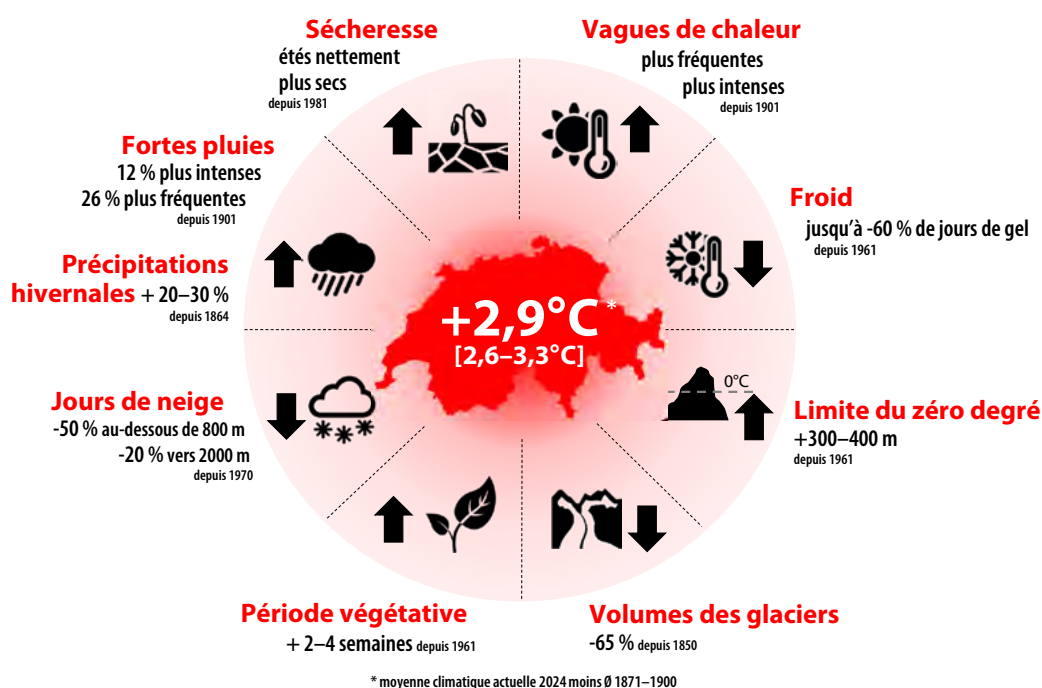
Le climat a déjà considérablement changé, à l'échelle mondiale comme en Suisse (fig. 2). Dans le pays, les journées de canicule se multiplient, les étés deviennent plus secs, les fortes précipitations s'intensifient et le nombre de jours de neige diminue. À cela s'ajoutent la fonte des glaciers, l'élévation de l'isotherme zéro degré et l'allongement de la période de végétation. Ces phénomènes présentent de nombreux risques pour les êtres humains, pour la cohésion sociale, pour le bien-être et pour les ressources naturelles. C'est pourquoi la Suisse a axé sa politique climatique sur la réduction à zéro net des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, sur l'adaptation aux changements climatiques et sur la protection contre leurs effets inévitables. Afin que les stratégies et mesures d'adaptation soient les plus ciblées possibles, il faut identifier les risques majeurs et, le cas échéant, les opportunités liées aux changements climatiques, ainsi que fixer les priorités en conséquence.

L'adaptation aux changements climatiques est l'un des trois objectifs de l'Accord de Paris (accord sur le climat) et de la loi fédérale sur les objectifs en matière de protection du climat, sur l'innovation et sur le renforcement de la sécurité énergétique. Cette loi contraint la Confédération et les cantons à agir à titre préventif et à prendre des mesures d'adaptation aux changements climatiques et de protection contre les effets de ces derniers. En outre, en vertu de la loi sur le CO₂, il incombe à la Confédération de coordonner les activités d'adaptation en Suisse et de veiller à mettre à disposition les bases nécessaires.

En 2017, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a publié pour la première fois un rapport de synthèse complet sur les risques climatiques et les opportunités liées au climat en Suisse, qui s'appuie sur sept études de cas régionales. L'analyse des risques climatiques est à présent révisée et actualisée du point de vue des contenus et de la méthodologie. Elle servira de base à la stratégie d'adaptation

Figure 2

Changements importants du climat en Suisse basés sur des données d'observation



Source : MétéoSuisse 2025, www.meteosuisse.admin.ch/climat/changement-climatique.html

et au plan d'action pour l'adaptation aux changements climatiques en Suisse, qui seront remaniés d'ici fin 2025.

Le présent rapport fait la synthèse des principaux résultats. La description des impacts des changements climatiques permet de fixer des priorités pour les activités de la Confédération et de cibler l'adaptation aux changements climatiques en Suisse. L'analyse des risques climatiques fournit également une base pour l'élaboration de stratégies d'adaptation et de plans de mesures au niveau des cantons, des régions et des communes.

1.2 Structure du rapport

Le rapport sur l'analyse des risques climatiques documente et décrit d'importantes évolutions climatiques et leurs répercussions en Suisse. Il se divise en cinq chapitres. La présente **introduction** (1) est suivie de la partie centrale du rapport : la description, au chapitre relatif aux **défis transversaux** (2), de cinq évolutions climatiques et de leurs impacts en Suisse :

- accentuation des fortes chaleurs ;
- accroissement de la sécheresse estivale ;
- augmentation du potentiel de danger ;
- hausse des températures moyennes ;
- modification croissante des milieux naturels et de la composition des espèces.

Les cinq défis transversaux sont subdivisés en points thématiques qui expliquent un certain nombre de risques climatiques et d'opportunités liées au climat. Ces explications s'articulent autour des trois composantes du risque : le signal climatique, l'exposition et la vulnérabilité. Pour chacune de ces composantes, la situation actuelle et les évolutions attendues d'ici 2060 sont décrites.

Pour compléter cette étude de 40 risques et opportunités, deux chapitres approfondissent ensuite différents défis, particulièrement complexes, que posent les changements climatiques. Ces défis résultent des interactions entre le climat et les systèmes sociaux, économiques et écologiques sur les plans national et international. Le chapitre sur les **risques inhérents aux changements climatiques à l'étranger** (3) décrit les risques auxquels la Suisse est exposée du fait d'événements et d'évolutions liés au climat

touchant l'étranger. Le chapitre consacré aux **événements imprévus et aux risques combinés** (4) des changements climatiques se penche sur les impacts dont la probabilité de survenance est difficile à estimer, mais qui présentent un potentiel de dommages particulièrement élevé. Enfin, une série d'enseignements généraux sont formulés en guise de **conclusion** (5). Les **annexes** comprennent des explications sur la méthodologie, une vue d'ensemble des risques et des opportunités, ainsi que la liste des spécialistes ayant participé à l'élaboration de l'analyse des risques climatiques.

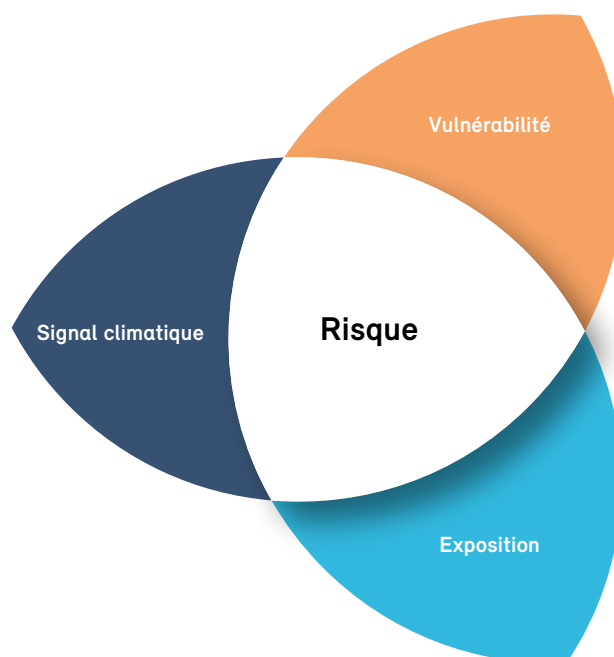
1.3 Présentation de la méthodologie

L'analyse des risques climatiques examine et évalue les risques et opportunités liées au climat pour l'ensemble du territoire suisse. L'approche méthodologique choisie est détaillée à l'annexe 1 et dans un rapport méthodologique distinct¹⁴⁴.

Figure 3

Concept de risque du GIEC

Un risque découle de la combinaison du signal climatique, de l'exposition et de la vulnérabilité.



Graphique : graphique des auteurs, d'après le GIEC¹²⁰

Définition du risque selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : signal climatique, exposition et vulnérabilité

Dans la présente analyse des risques climatiques, le risque est considéré comme une combinaison du signal climatique (ou du danger), de l'exposition et de la vulnérabilité. Cette définition correspond à celle admise par le GIEC (fig. 3).

Le **signal climatique** désigne l'influence déjà existante et les évolutions attendues du climat, par exemple en ce qui concerne le nombre de journées de canicule ou l'intensité des fortes précipitations. Plus le signal climatique est fort, plus le risque climatique ou l'opportunité liée au climat et les changements à venir ont tendance à être importants.

L'**exposition** reflète la répartition spatiale des personnes, des biens matériels, des infrastructures critiques, des surfaces agricoles et des écosystèmes susceptibles d'être concernés par un signal climatique. Plus l'exposition est forte, plus le risque climatique ou l'opportunité liée au climat et les changements à venir ont tendance à être importants. L'exposition de la Suisse aux risques climatiques et aux opportunités liées au climat sera modifiée d'ici 2060 en raison de processus tels que l'évolution démographique, la croissance économique et les changements structurels.

La **vulnérabilité** décrit dans quelle mesure un signal climatique a un effet en présence d'une exposition. La vulnérabilité dépend entre autres de la sensibilité d'un système (ou en cas d'opportunités liées au climat, de ses possibilités de tirer parti des avantages potentiels), ainsi que des capacités d'adaptation. Plus la vulnérabilité est forte, plus le risque climatique ou l'opportunité liée au climat et les changements à venir ont tendance à être importants.

Scénarios climatiques

L'Office fédéral de météorologie et de climatologie (Météo-Suisse) met régulièrement à disposition des scénarios climatiques actualisés pour la Suisse. Les scénarios climatiques suisses CH2018, actuellement en vigueur, ont été publiés en 2018 et sont en cours de révision (CH2025). Pour la mise à jour de l'analyse des risques climatiques, les scénarios climatiques CH2018 ont été utilisés et une série d'études scientifiques plus récentes sur les impacts des changements climatiques en Suisse ont été prises en considération.

En vertu du principe de précaution, l'analyse des risques climatiques se fonde sur le niveau le plus élevé des scénarios d'évolution future des émissions, appelés « scénarios de fortes émissions ». La Suisse doit aussi être prête au cas où la protection du climat à l'échelle mondiale n'atteint pas le niveau souhaité tandis que les changements climatiques continuent de progresser. Choisir un scénario de fortes émissions dans le cadre d'un test de résistance permet de mieux comprendre un système et d'améliorer l'évaluation de ses vulnérabilités face aux changements climatiques. Aujourd'hui, les émissions mondiales de gaz à effet de serre et la hausse régionale des températures mesurée se situent effectivement dans la partie supérieure de l'éventail des scénarios. La recherche actuelle indique par ailleurs que les scénarios climatiques régionaux existants tendent à sous-estimer certaines évolutions des changements climatiques¹.

Identification et évaluation des risques

Dans l'analyse des risques climatiques, 40 risques et opportunités liés aux changements climatiques en Suisse ont été répertoriés et évalués sur la base de l'analyse de 2017, de la littérature scientifique actuelle et des contributions des spécialistes (annexe 3). L'accent est mis sur les effets physiques – bien distincts les uns des autres dans la mesure du possible – des changements climatiques et sur leurs conséquences immédiates. À cette quarantaine de risques et d'opportunités s'ajoutent les risques inhérents aux changements climatiques à l'étranger, ainsi que les événements imprévus et les risques combinés. Toutefois, le recensement de ces impacts s'effectue selon une méthode différente et leur description aux chapitres 3 et 4 est de nature qualitative uniquement. Les 40 risques et opportunités sont évalués à l'échelon national quant à, d'une part, leur importance actuelle et, d'autre part, leur évolution d'ici 2060. Les évaluations sont effectuées selon des échelles allant de – 1 à – 5 (risques ou évolutions très faibles à très importants) ou de + 1 à + 5 (opportunités ou évolutions très faibles à très importantes).

1.4 Autres analyses des risques de la Confédération

L'analyse des risques climatiques est réalisée parallèlement à d'autres activités de la Confédération dans le domaine de l'adaptation aux changements climatiques. Ainsi, dans le cadre du programme de recherche en cours « Bases décisionnelles pour faire face au changement climatique en Suisse : informations sur les thèmes intersectoriels » (NCCS-Impacts²), des prestations climatiques orientées vers la pratique sont développées en réponse à un certain nombre de problématiques transversales. Lorsque cela est pertinent, l'analyse des risques climatiques renvoie aux travaux de recherche actuels. L'analyse nationale des risques « Catastrophes et situations d'urgence en Suisse 2020 », élaborée par l'Office fédéral de la protection de la population (OFPP)³ et en cours de mise à jour, fait elle aussi référence aux risques climatiques. Elle définit des scénarios concrets pour un large spectre de catastrophes ou de situations d'urgence susceptibles de survenir dans les années à venir. Par rapport à l'analyse nationale des risques de l'OFPP, la présente analyse des risques climatiques a un horizon temporel plus éloigné et complète ainsi les documents de base de l'OFPP.

2 Défis transversaux en Suisse

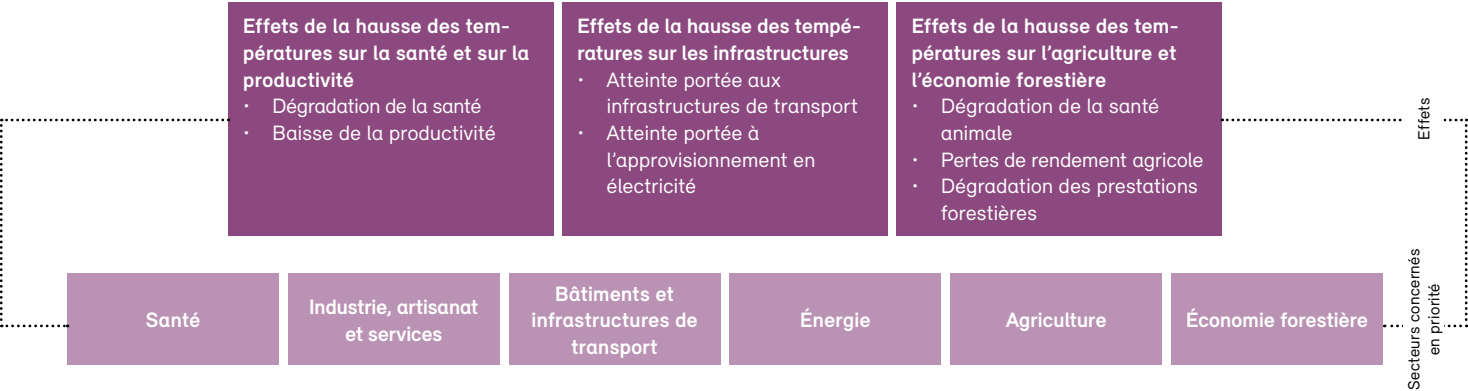


*Des parasols sur la Sechseläutenplatz à Zurich offrent provisoirement de l'ombre dans le centre-ville.
L'imperméabilisation des sols crée des îlots de chaleur dans l'espace urbain.
Photo : Christoph Ruckstuhl / NZZ (4.8.2022)*

2.1 Accentuation des fortes chaleurs

En raison des changements climatiques, les périodes de canicule deviennent non seulement plus fréquentes, mais aussi plus chaudes. Cette évolution expose notamment les personnes âgées à un risque sanitaire majeur. Avec le vieillissement de la population, ce risque se renforcera à l'avenir. Les activités économiques et infrastructures exposées aux fortes chaleurs ainsi que l'agriculture et l'économie forestière souffrent aussi de l'augmentation des températures.

Figure 4
Vue d'ensemble des risques et des secteurs concernés en priorité par l'accentuation des fortes chaleurs en Suisse



Ces dernières années, la Suisse a connu plusieurs étés marqués par des périodes de canicule. L'influence des changements climatiques sur la concentration de chaleur est très bien établi : à l'avenir, les épisodes caniculaires seront encore plus fréquents et plus chauds. Le bien-être et la santé de la population suisse en pâtissent et le système de soins doit faire face à une surcharge. L'accentuation des fortes chaleurs touche de vastes régions, à savoir le Plateau et la Suisse méridionale et, en particulier au sein de ces territoires, les villes et les agglomérations, dans lesquelles vivent 74 % de la population⁴. Comme les périodes de canicule font baisser la productivité des personnes actives, elles entraînent aussi des conséquences d'ordre économique. Non seulement des secteurs fortement exposés à la chaleur, tels que la construction et l'agriculture, mais aussi des secteurs perçus comme moins concernés, comme le tertiaire, s'en trouvent affectés. Les fortes chaleurs ont également des incidences sur les infrastructures : les dommages thermiques peuvent rendre l'exploitation et l'entretien des infrastructures plus coûteux. Par ailleurs, l'agriculture et l'économie forestière ne sont pas épargnées : les cultures, les animaux de rente et les forêts sont soumis à un stress thermique élevé.

Forts de l'expérience acquise ces dernières années, des villes et cantons suisses ont commencé à élaborer des documents de base sur le climat urbain, à définir des plans d'action canicule ainsi qu'à ancrer et à mettre en œuvre, dans le cadre du développement du milieu bâti, des mesures de diminution de la chaleur. De plus, depuis 2023, les décès liés à la chaleur en Suisse sont recensés chaque année. Dans l'agriculture et l'économie forestière, l'adaptation aux changements climatiques peut notamment passer par le choix approprié des variétés, par l'ombrage des pâturages, par la sélection de races d'animaux de rente résistantes à la chaleur et par une composition du peuplement forestier adaptée aux conditions climatiques.

Le présent point décrit les effets de l'accentuation des fortes chaleurs sur les êtres humains et sur différents secteurs (fig. 4). Les effets des températures en hausse sur les écosystèmes sont abordés au point 2.5.

Signal climatique

La recherche fournit des résultats très clairs concernant l'influence des changements climatiques sur la fréquence

et l'intensité des fortes chaleurs. Durant les mois d'été, la concentration de chaleur est particulièrement importante dans les villes et les agglomérations⁵.

D'ici 2060, il faut s'attendre à une nette multiplication des journées de canicule, c'est-à-dire des journées où la température est supérieure à 30 degrés Celsius (°C). Si elles se limitent actuellement à un seul jour par été en moyenne, elles atteindront quinze jours, voire plus, d'ici 2060 au cours d'un été typique à basse altitude. Les températures maximales pourront afficher 5,5 °C de plus qu'aujourd'hui. Les nuits tropicales, qui présentent une température ne descendant pas en dessous de 20 °C et qui concernent pour l'instant surtout la Suisse méridionale et les agglomérations, seront à peu près deux fois plus fréquentes d'ici 2060 et très répandues à basse altitude⁵. L'augmentation la plus importante du nombre de journées de canicule est attendue à basse altitude dans la région de Genève, en Valais et en Suisse méridionale⁵. De manière générale, les risques climatiques sont plus prononcés dans les villes et les agglomérations, car les surfaces imperméabilisées absorbent le rayonnement solaire, qu'elles restituent sous forme de chaleur (« effet d'îlot de chaleur »). En raison de la chaleur croissante et de la hausse des températures moyennes, les degrés-jours de refroidissement augmentent également. Ils indiquent de combien de degrés les bâtiments doivent être refroidis pendant une année pour maintenir la température intérieure à un niveau confortable⁶.

2.1.1 Effets de la hausse des températures sur la santé et sur la productivité

Les fortes chaleurs font peser une charge extrême sur le corps humain, en particulier si elles sont associées à une hygrométrie élevée. Elles peuvent nuire au bien-être, provoquer fatigue et coups de chaleur, ainsi qu'aggraver des affections cardiovasculaires et respiratoires, des maladies rénales ou des troubles psychiques existants⁷. En cas de symptômes sévères, des hospitalisations sont nécessaires, ce qui entraîne des coûts supplémentaires dans les soins médicaux. Les épisodes caniculaires induisent un accroissement de la mortalité. Aujourd'hui déjà, la Suisse recense chaque année plusieurs centaines de décès liés à la chaleur^{7,8}. Les effets secondaires sont également importants : santé mentale dégradée par une

qualité de sommeil réduite, qualité de l'air affectée par de fortes concentrations d'ozone en période de canicule, risque élevé de cancer de la peau en raison du temps passé en plein air et risque accru d'accidents (en particulier accidents de baignade)⁹. Les effets de la chaleur sont également perceptibles dans l'économie : il faut s'attendre à une baisse de la productivité du travail en raison des fortes chaleurs. Selon une enquête réalisée auprès de 440 entreprises, le stress thermique sur le lieu de travail est perçu comme le principal risque physique lié aux changements climatiques pour les entreprises en Suisse¹⁰. L'exposition à la chaleur empêche le personnel, notamment des secteurs de la construction et de l'agriculture,



Un lit vide dans une chambre d'hôpital. Des températures élevées peuvent être éprouvantes pour la santé humaine et causer des décès. Photo : Gaëtan Bally / Keystone

Décès liés à la chaleur en 2023

En 2023, la Suisse a connu son cinquième été le plus chaud depuis le début des mesures. Des méthodes statistiques permettent d'établir un lien entre la température moyenne journalière enregistrée et la mortalité observée. Il est possible de tirer des conclusions sur la mortalité due à la chaleur. En 2023, 542 décès ont été causés par la chaleur⁸, ce qui correspond à 2 % de tous les décès survenus pendant la saison chaude entre mai et septembre. Le groupe d'âge le plus touché était celui des 75 ans et plus, qui cumulait 95 % de l'ensemble des décès. Une étude qui concernait l'année 2022 indique par ailleurs que 60 % des décès liés à la chaleur en Suisse ne seraient pas survenus en l'absence des changements climatiques¹⁵.

d'effectuer des tâches à certaines heures de la journée. Les coûts pour l'économie nationale occasionnés par la baisse de la productivité au travail s'élèvent d'ores et déjà à plusieurs centaines de millions de francs par an¹¹.



Groupes de population particulièrement affectés par l'accentuation des fortes chaleurs

Selon l'Office fédéral de la santé publique, les personnes âgées ou nécessitant des soins, les malades chroniques, les femmes enceintes, les jeunes enfants et les nourrissons sont particulièrement à risque face à la chaleur. Chez les malades chroniques, il s'agit spécifiquement des personnes qui souffrent d'affections cardiovasculaires ou respiratoires, de diabète, de démence ou de troubles psychiques. Plusieurs études cherchent à déterminer la manière dont d'autres groupes démographiques sont affectés par les fortes chaleurs. Des analyses montrent ainsi que les femmes âgées sont les plus touchées¹⁶. Les causes ne sont pas encore certaines ; cette situation peut s'expliquer par le fait que les femmes vivent plus longtemps, sont plus actives à la retraite (et passent plus de temps à l'extérieur), habitent plus fréquemment seules ou transpirent moins que les hommes¹⁶. En outre, selon des études menées au niveau européen, les femmes apportent plus souvent soins et assistance aux autres, en étant rémunérées ou bénévoles, ce qui fait qu'elles sont particulièrement sollicitées en périodes de canicule¹⁷. Toutefois, des indices suggèrent que les hommes d'âge moyen présentent une plus forte mortalité due à la chaleur, peut-être parce qu'ils ont tendance à sous-estimer les risques pour leur santé¹⁶. Enfin, des études notent que les températures élevées mettent davantage en danger la santé des personnes ayant un statut socio-économique bas^{16,18,19}. Contrairement aux conclusions des études étrangères, les facteurs socio-économiques jouent un rôle moins important en Suisse que, par exemple, la surexposition de quartiers entiers en raison du manque d'espaces verts et d'une concentration de chaleur disproportionnée. Cette situation pourrait s'expliquer par une ségrégation spatiale moins prononcée¹⁸.

Exposition et vulnérabilité

Près des trois quarts de la population suisse vivent dans des villes et des agglomérations⁴. L'effet d'îlot de chaleur touche donc un grand nombre de personnes. Ici sont déterminantes non seulement les températures diurnes maximales, mais aussi les températures nocturnes élevées compromettant la récupération. La chaleur, ne serait-ce que modérée, c'est-à-dire lorsque la température journalière moyenne ne dépasse pas 25 °C, a une influence défavorable sur la santé humaine. Ce sont avant tout les personnes âgées ou nécessitant des soins, les malades chroniques, les femmes enceintes, les jeunes enfants et les nourrissons qui sont particulièrement fragiles face aux risques sanitaires induits par les fortes chaleurs (encadré ci-contre). Les analyses montrent que la Suisse romande et le Tessin sont mieux sensibilisés aux mesures de protection contre la chaleur et que, par conséquent, la vulnérabilité y est moindre que dans les autres régions, jusqu'à présent moins exposées à la canicule¹². Entre 1980 et 2023, on a constaté que le nombre annuel de décès liés à la chaleur n'avait pas augmenté parallèlement à l'accentuation des fortes chaleurs⁸. Au contraire, la mortalité due à la chaleur est aujourd'hui plus faible qu'au début de la période observée. La baisse de la mortalité les jours de chaleur modérée (moins de 25 °C) en est la raison, ce qui indique que la population suisse s'est déjà en partie adaptée à l'accroissement du stress thermique. Il peut s'agir d'adaptations physiologiques ou s'expliquer par l'effet préventif des mesures de protection contre la chaleur. Mais les jours de forte chaleur (entre 25 et 27 °C) et de très forte chaleur (plus de 27 °C), l'adaptation demeure insuffisante⁸.

D'ici 2060, l'exposition et la vulnérabilité de la population suisse à l'accroissement des fortes chaleurs augmenteront nettement, du fait de l'évolution démographique et du vieillissement de la population. Selon le scénario de référence de l'Office fédéral de la statistique (OFS), qui table sur une poursuite de la tendance des dernières années, la population suisse croîtra de 20 % d'ici 2050¹³. Les personnes de 80 ans et plus, particulièrement vulnérables à la chaleur, seront même deux fois plus nombreuses¹³. Par ailleurs, la croissance démographique concerne avant tout les grandes agglomérations, où la concentration de chaleur est très importante. Dans le même temps, l'exposition et la vulnérabilité peuvent être réduites grâce à des mesures d'adaptation ciblées. Les principales mesures d'urgence

sont la sensibilisation de la population aux comportements à adopter en cas de fortes chaleurs, les alertes précoces et l'assistance aux personnes durant les périodes de canicule. Des mesures d'aménagement du territoire et de construction en milieu urbain comme la sécurisation de corridors d'aération, la désimperméabilisation de surfaces asphaltées, la création d'espaces verts ainsi que l'ombrage ou le refroidissement des bâtiments peuvent atténuer les risques liés à la chaleur. Dans le cadre de projets de recherche, la Confédération développe actuellement d'autres bases de décision concernant les effets des fortes chaleurs sur la santé¹⁴.

L'économie est elle aussi affectée par l'accentuation des fortes chaleurs car les personnes actives peuvent voir leur performance et leur productivité chuter. D'après des modélisations, les personnes qui exercent une activité physique intense perdent le plus en productivité. Pour celles qui ont un bas niveau d'activité physique, par exemple dans le tertiaire, les pertes de productivité sont à l'inverse relativement faibles, parce qu'elles peuvent effectuer leur travail dans des environnements bien isolés et climatisés¹¹. À l'échelle macroéconomique, les pertes de productivité dues à l'accroissement du stress thermique sont néanmoins tout de même importantes car, en Suisse, un grand nombre de personnes exercent des activités professionnelles peu physiques¹¹.

Risques climatiques

Aujourd'hui déjà, les épisodes caniculaires représentent un risque très élevé pour la population. L'accentuation des fortes chaleurs est particulièrement prononcée dans les villes et agglomérations densément peuplées. D'ici 2060, les risques continueront de s'aggraver avec la multiplication des canicules intenses, le vieillissement de la population et l'urbanisation. Quant aux activités économiques, elles sont aussi affectées par une baisse de la productivité. De manière générale, les atteintes portées à la santé humaine et les pertes de productivité dues à l'accroissement du stress thermique sont considérées comme des risques climatiques très élevés.

2.1.2 Effets de la hausse des températures sur les infrastructures

Les jours de fortes chaleurs, les infrastructures de transport et d'approvisionnement en électricité sont soumises à des contraintes particulièrement élevées. Les conséquences se manifestent aujourd'hui déjà pour certaines parties des infrastructures de transport : la plupart du temps, il s'agit de déformations de chemins de fer, de routes ou de pistes de décollage et d'atterrissage. D'autres effets secondaires



La centrale nucléaire de Beznau (AG) est refroidie par l'eau prélevée dans l'Aar. Réchauffée, l'eau est ensuite rejetée dans la rivière, ce qui peut représenter un danger pour l'écosystème en été. Photo : Urs Hubacher / Keystone

Restrictions imposées à la centrale nucléaire de Beznau en juillet 2022

La persistance de la canicule de l'été 2022 a contraint la centrale nucléaire de Beznau à réduire la puissance de ses réacteurs, afin que l'eau de refroidissement déversée ne réchauffe pas trop l'Aar. Contrairement aux autres centrales nucléaires suisses, le refroidissement de celle de Beznau est assuré non pas par une tour de refroidissement, mais directement par l'eau fluviale²⁴. En vertu de l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux), l'installation aurait dû être complètement mise à l'arrêt en raison du dépassement pendant plusieurs jours de la limite des 25 °C, dangereuse pour les poissons et autres organismes aquatiques. Une dérogation a toutefois été accordée du fait de la situation tendue en matière d'approvisionnement électrique, et la centrale a poursuivi son exploitation en mode réduit²⁵.

peuvent apparaître, tels que des retards, avec les coûts que cela engendre, par exemple car il faut, par temps chaud, ménager les rails et donc réduire la vitesse des trains. Dans le domaine de la production d'électricité, les impacts des fortes chaleurs se limitent jusqu'à présent essentiellement aux centrales nucléaires refroidies par l'eau fluviale : en période de canicule, leur puissance doit être réduite en raison de capacités de refroidissement insuffisantes. À l'avenir, lors des épisodes caniculaires, les besoins énergétiques pour refroidir des bâtiments et d'autres infrastructures pourraient s'accroître. De manière générale, l'intensification des fortes chaleurs requiert un examen attentif de la robustesse des infrastructures.

Exposition et vulnérabilité

La Suisse possède un réseau routier, ferroviaire et électrique dense, dans lequel des milliards de francs sont investis chaque année. Globalement de grande qualité, les infrastructures suisses ont néanmoins été planifiées sans prise en compte ni des changements climatiques en général ni de l'accentuation de la chaleur estivale en particulier. De telles infrastructures sont conçues pour durer plusieurs décennies. Par conséquent, une éventuelle adaptation aux modifications des conditions se fait lentement. Pour les infrastructures routières, la chaleur joue un rôle secondaire par rapport aux autres contraintes (en particulier l'usure par le trafic lourd). Il en va de même des infrastructures ferroviaires. Toutefois, le trafic ferroviaire a tendance à être plus sensible aux limitations induites par la chaleur car, pour de nombreux trajets, il n'existe pas d'autres solutions²⁰.

Dans le domaine de la production d'électricité, ce sont surtout les centrales nucléaires refroidies par l'eau fluviale qui ont été affectées jusqu'à présent lors d'épisodes de fortes chaleurs. Si la température de l'eau fluviale est élevée, ces centrales doivent réduire leur puissance afin que les limites de température dans les eaux ne soient pas dépassées à la suite du déversement de l'eau de refroidissement. Pour l'instant, la chaleur estivale n'est pas une contrainte importante pour le réseau électrique, étant donné que la charge du réseau suisse est plus faible en été qu'en hiver²¹. Aujourd'hui, la demande en électricité n'est encore guère sensible aux températures élevées car, en Suisse, ce sont avant tout des bâtiments tertiaires et uniquement quelques immeubles d'habitation qui sont dotés d'équipements de refroidissement⁶. Pourtant, il

convient d'accorder une grande importance à la protection thermique estivale passive dans tous les bâtiments, afin que la demande en courant demeure à l'avenir également aussi faible que possible et que l'électricité puisse être utilisée à d'autres fins que le refroidissement.

Vu la croissance démographique et économique, il y a lieu de partir du principe que les infrastructures de transport et d'approvisionnement en électricité continueront à se développer en Suisse. Ici, c'est la conception des différentes infrastructures qui détermine si l'accentuation des fortes chaleurs est problématique. Pour la production d'électricité, il faut s'attendre à ce que le besoin supplémentaire en énergie de refroidissement apparaisse surtout pendant les canicules estivales, lorsque l'électricité issue de l'énergie solaire est disponible en quantité²². Certes, les fortes chaleurs réduisent aussi la production des panneaux solaires, mais ces influences revêtent dans l'ensemble une importance minime²³. En outre, la production électrique sera moins vulnérable à la canicule à la suite de l'abandon programmé du nucléaire. À l'inverse, la vulnérabilité des réseaux de transport d'électricité s'accroîtra en raison de la plus grande volatilité des flux de charge des énergies renouvelables.

Risques climatiques

À l'heure actuelle, les infrastructures en Suisse sont soumises à de fortes contraintes indépendamment des changements climatiques. Les risques auxquels les infrastructures de transport sont exposées en raison de la chaleur sont faibles à ce jour, mais ils augmenteront d'ici 2060. Concernant la production d'électricité, l'exploitation des centrales nucléaires est, aujourd'hui déjà, régulièrement limitée lorsque la température de l'eau est élevée. À l'avenir, la mise hors service programmée des centrales nucléaires refroidies par l'eau fluviale réduira ce risque. Les risques liés à l'approvisionnement en électricité découlant du besoin supplémentaire d'énergie de refroidissement devraient eux aussi demeurer limités, étant donné que le besoin coïncide largement avec les pics de production de l'énergie solaire, qui va fortement se développer au cours des prochaines décennies. De manière générale, les atteintes que l'accentuation des fortes chaleurs porte aux infrastructures de transport et à l'approvisionnement en électricité sont considérées comme des risques climatiques modérés.

2.1.3 Effets de la hausse des températures sur l'agriculture et l'économie forestière

Les fortes chaleurs nuisent à l'agriculture et à l'économie forestière. Les agriculteurs doivent s'attendre à des dégradations de la qualité, à une baisse des rendements, voire à des pertes de récoltes. Les animaux de rente, comme les bovins, les porcs et la volaille, souffrent eux aussi de l'accentuation des fortes chaleurs. Soumise au stress thermique, l'économie forestière connaît non seulement une diminution du potentiel d'exploitation du bois, mais aussi une détérioration de la fonction protectrice des forêts. Les épisodes caniculaires coïncident souvent avec une sécheresse estivale, de sorte qu'il est impossible de leur attribuer de manière univoque les pertes de production agricole et les dégâts causés aux forêts. Le point 2.2 aborde plus en détail les effets de l'accroissement de la sécheresse estivale, tout en prenant en considération la sécheresse aggravée par l'évapotranspiration plus intense en période de canicule. Ici, l'accent est mis essentiellement sur les répercussions liées à la chaleur sur l'agriculture et l'économie forestière.

Exposition et vulnérabilité

Aujourd'hui, la contribution de l'agriculture à la valeur ajoutée brute de la Suisse est inférieure à 1 %²⁶. En revanche, en ce qui concerne l'utilisation du sol, son importance est très grande : les surfaces agricoles couvrent 35 % du territoire national²⁷. Les risques inhérents au stress thermique varient en fonction des cultures. Ainsi, les pommes de terre sont particulièrement sensibles à la chaleur (encadré p. 25). Dans le secteur de la détention, les différences de vulnérabilité des animaux de rente sont moins prononcées²⁸. Pour les vaches laitières, la température ambiante idéale est comprise entre 5 et 25 °C ; or durant des épisodes caniculaires, la température ambiante peut aller bien au-delà selon la situation géographique²⁸.

À l'avenir, il sera de plus en plus important de passer à des cultures, des variétés et des races d'animaux de rente présentant une tolérance plus élevée aux fortes chaleurs. En outre, grâce à des semis plus précoces (qui deviennent toutefois plus sensibles aux épisodes de gel tardifs) ou à des cultures hivernales au lieu de cultures estivales, les périodes de croissance et de maturation peuvent s'étendre en dehors des mois d'été chauds²⁹. Les éleveurs peuvent atténuer le stress thermique et les baisses de productivité en optant pour le pâturage

nocturne, l'ombrage, des installations d'arrosage pour le refroidissement ou encore le déplacement du pacage à plus haute altitude. Par ailleurs, l'exposition de la détention d'animaux de rente devrait diminuer si, à l'avenir, les terres arables sont réservées en priorité aux cultures destinées à l'alimentation humaine directe, comme le formule la Projection Agriculture et secteur agroalimentaire suisses à l'horizon 2050³⁰.

L'économie forestière contribue elle aussi à moins de 1 % de la valeur ajoutée brute de la Suisse²⁶, alors que les forêts et les bosquets couvrent une grande superficie du territoire national (32 %) ²⁷. Non seulement les forêts sont essentielles pour l'exploitation du bois, mais elles fournissent aussi d'importantes prestations de protection et de détente, qui ne se reflètent pas dans la valeur ajoutée brute. Les forêts suisses demeurent fortement dominées par l'épicéa, qui supporte mal les épisodes caniculaires. Il est présent dans 38 % de la forêt accessible³¹. Concernant les autres essences aussi, il faut s'attendre à ce qu'elles ne soient plus adaptées aux conditions climatiques, ce qui répercute sur les différentes prestations forestières. Avec les changements climatiques, il y a lieu de tabler de manière générale sur un déclin des espèces à valeur économique et sur une perte de revenus pour les propriétaires forestiers³². L'industrie du bois n'est pas non plus épargnée, ses installations étant destinées à l'actuelle composition des essences et, en particulier, à l'épicéa³². À long terme, la composition des essences pourra être adaptée à l'accentuation des fortes chaleurs. Mais d'ici 2060, une vulnérabilité accrue est escomptée, car l'adaptation ne peut se faire qu'à un rythme lent.

Risques climatiques

Du fait de l'accentuation des fortes chaleurs, la Suisse atteint de plus en plus fréquemment des températures qui induisent des risques pour des cultures agricoles, des animaux de rente et des essences importants. En Suisse, les épisodes caniculaires coïncident souvent avec une sécheresse estivale, de sorte qu'il est impossible de leur attribuer de manière univoque les pertes de production agricole et les dégâts aux forêts. De manière générale, les pertes subies par les cultures agricoles et la détention d'animaux de rente ainsi que les dégâts causés aux forêts du fait de l'accentuation des fortes chaleurs sont considérés comme des risques climatiques modérés.



Les changements climatiques sont problématiques pour la production de pommes de terre en Suisse. Photo : Gaëtan Bally / Keystone

Récolte de pommes de terre en 2023

L'été 2023 a été trop chaud pour les pommes de terre. En 2021 et 2022 déjà, les récoltes se sont révélées inférieures à la moyenne, ce qui a renforcé la pression économique exercée sur les producteurs. La croissance des pommes de terre est limitée lorsque les températures sont élevées, voire arrêtée si celles-ci dépassent 30 °C. Certes, il existe des variétés plus résistantes à la chaleur, mais elles doivent d'abord s'établir et répondre à d'autres exigences, telles que la résistance aux maladies ou de bonnes qualités pour le traitement ultérieur³³.



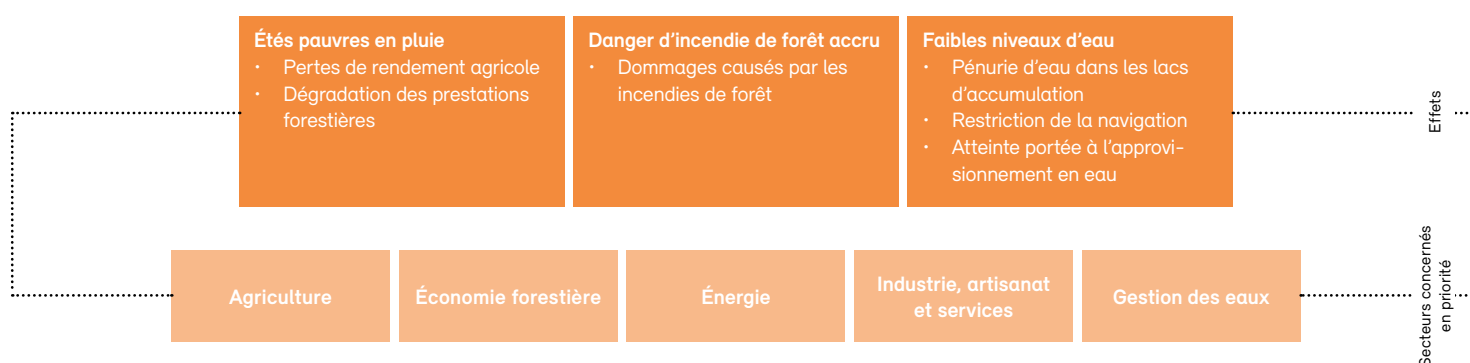
Des vaches paissent dans une prairie desséchée sur le Chasseral. En raison de la canicule et du manque de précipitations, les sols étaient secs durant l'été 2022 et les prairies ont bruni.
Photo : Caroline Kan / OFEV (12.8.2022)

2.2 Accroissement de la sécheresse estivale

La Suisse est connue pour être le château d'eau de l'Europe centrale. D'ici 2060, les périodes de sécheresse et d'étiage seront plus fréquentes et plus longues durant les mois d'été. Le danger d'incendie de forêt sera lui aussi plus grand. Du fait des modifications du régime hydrique, les différentes utilisations de l'eau sont soumises à des pressions et entrent toujours plus en concurrence les unes avec les autres.

Figure 5

Vue d'ensemble des risques et des secteurs concernés en priorité par l'accroissement de la sécheresse estivale en Suisse



La Suisse est l'un des pays européens les plus riches en eau³⁴. D'ici 2060, les précipitations estivales diminueront, et les températures élevées provoqueront l'évaporation d'une plus grande quantité d'eau. Ainsi, les sols et la végétation deviendront plus secs. Les cours d'eau verront leur débit assez peu évoluer de manière globale sur une année entière. Toutefois, sous l'effet des changements climatiques, ils charrieront davantage d'eau l'hiver et moins l'été. D'ici 2060, les pénuries d'eau – limitées à des périodes et à des régions déterminées – pourraient se multiplier. Il faut donc s'attendre à ce que plusieurs secteurs soient affectés, surtout l'agriculture et l'économie forestière, et que les conditions de la production d'électricité et de la navigation sur le Rhin soient modifiées. Localement, des impacts négatifs sur l'approvisionnement public en eau sont escomptés, les nappes phréatiques qui communiquent avec les cours d'eau pouvant notamment être touchées par des problèmes de quantité et de qualité.

Ces dernières années, la Suisse a déjà connu un grand nombre d'étés secs. En réponse à la sécheresse persistante subie en 2015, 2018 et 2022, la Confédération introduira dès 2025 un système national de détection et d'alerte précoces en matière de sécheresse. Sur la base

de ces données, il sera possible d'identifier suffisamment tôt les périodes de sécheresse critiques et de réagir en conséquence. Il est primordial d'avoir une approche transsectorielle et transrégionale des ressources hydriques afin que la Suisse puisse s'adapter aux pénuries d'eau temporaires survenant au niveau régional.

Le présent point décrit les effets de l'accroissement de la sécheresse estivale sur différents secteurs (fig. 5). Les répercussions de la sécheresse et des périodes d'étiage sur les écosystèmes sont abordées au point 2.5.

Signal climatique

Actuellement, la plus longue période de sécheresse estivale sans précipitations dure onze jours en moyenne⁵. Ces dernières années, une multiplication des épisodes de sécheresse a été constatée. Ainsi, 2015, 2018 et 2022 ont été particulièrement marquées par une sécheresse estivale à grande échelle. Les quantités moyennes de précipitations n'ont pas été les seules valeurs déterminantes à cet égard : les fortes chaleurs ont favorisé l'évapotranspiration et ont desséché les sols. Tandis que de brèves périodes de sécheresse très intenses peuvent déjà entraîner de lourdes conséquences pour l'agriculture, une succession d'années

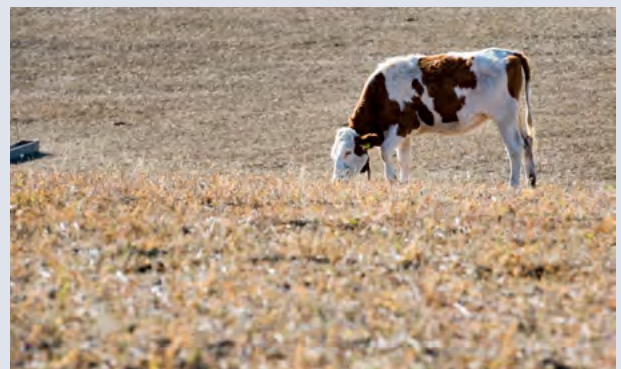
de sécheresse impacte plus gravement les forêts, car elle affaiblit davantage certaines essences. Ces dernières années, la multiplication des épisodes de sécheresse en Suisse s'est également répercutée sur les niveaux des lacs et des cours d'eau. Ainsi, des étiages sévères ont prévalu en de nombreux endroits, scénario qui a même touché les grands cours d'eau comme l'Aar, la Reuss, la Limmat et le Rhin³⁵. Là où les eaux souterraines communiquent avec les cours d'eau, l'étiage peut avoir une incidence sur les quantités d'eaux souterraines disponibles³⁴. Mais les petites nappes souterraines proches de la surface réagissent elles aussi à la sécheresse, indépendamment des cours d'eau.

Les changements climatiques modifient le régime hydrique suisse. D'ici 2060, il pourrait tomber jusqu'à 25 % de pluie en moins l'été et la plus longue période de sécheresse sans précipitations pourrait durer une vingtaine de jours⁵. En comparaison des températures, les scénarios d'évolution du régime des précipitations demeurent aujourd'hui relativement incertains. Pourtant, les modèles climatiques montrent une nette tendance à long terme à une baisse des précipitations estivales⁵. L'évapotranspiration accrue par le réchauffement contribue aussi à la sécheresse. De ce fait, le danger d'incendie de forêt continuera d'augmenter³⁶. Les statistiques des années de sécheresse exceptionnelle 2003, 2015 et 2018 indiquent que le danger d'incendie de forêt causé par la foudre, sans intervention humaine, pourrait s'accroître en Suisse au cours des prochaines décennies³⁷. À l'avenir, les cours d'eau charrieront davantage d'eau l'hiver et moins l'été. Plusieurs raisons expliquent cette situation : les précipitations estivales diminuent ; par ailleurs, en raison de la hausse des températures, les précipitations hivernales tombent davantage sous forme de pluie que de neige. Cette eau s'écoule plus tôt, si bien qu'elle vient à manquer en été³⁴. Entre-temps, la fonte des glaciers devrait certes compenser en partie ce processus, mais il s'agit d'un phénomène temporaire : au plus tard à partir de 2050, la quantité d'eau de fonte diminuera dans les glaciers de grande taille et ne pourra plus compenser la pénurie d'eau estivale³⁴. Dans l'ensemble, la combinaison de la diminution des précipitations estivales et de la réduction des quantités de neige et de glace d'ici 2060 favorise l'apparition de périodes d'étiage pendant les mois d'été. Cette évolution se répercute en particulier sur les nappes souterraines alimentées par des cours d'eau : si, à l'échelle suprarégionale, le renouvellement des nappes

suffira probablement à remplir les réservoirs d'eaux souterraines malgré l'accroissement de la sécheresse estivale, la distribution saisonnière des niveaux d'eaux souterraines s'en trouvera toutefois modifiée³⁴.

2.2.1 Étés pauvres en pluie

Des précipitations régulières sont indispensables à l'agriculture suisse. En cas de périodes de sécheresse prolongées, en particulier si elles surviennent durant des phases sensibles



Pâturages, à Chavornay (VD), desséchés par la sécheresse persistante de l'été 2018. Photo : Jean-Christophe Bott / Keystone

Production de fourrage grossier durant les années de sécheresse

La sécheresse persistante peut réduire considérablement la croissance des prairies et des pâturages. La production fourragère des étés secs de 2003, de 2015 et de 2018 était jusqu'à 25 % inférieure à celle des autres années⁴³. Les statistiques d'importations de foin, qui augmentent fortement les années de sécheresse, reflètent également ce phénomène⁴⁴. Les fluctuations observées sur le Plateau sont particulièrement prononcées. En 2022 également, la production fourragère a pâti de la sécheresse. Ces résultats soulignent la vulnérabilité aux événements climatiques extrêmes de la production d'aliments pour les cheptels suisses actuels⁴³. De nombreuses exploitations alpestres ont dû retirer plus tôt leurs animaux des pâturages ou y apporter des aliments provenant de la vallée, car il y avait trop peu de fourrage grossier disponible⁴⁵.

du développement des plantes, il faut s'attendre à des dégradations de la qualité, à une baisse des rendements, voire à des pertes de récoltes. Aujourd'hui, des cultures nécessitant beaucoup d'eau, comme les pommes de terre ou le maïs, sont déjà touchées par la sécheresse. D'autres phénomènes météorologiques extrêmes peuvent aussi nuire à la production agricole. Mais les écarts de rendements annuels des principales grandes cultures³⁸ laissent à penser que, depuis 2000, les rendements ont été inférieurs à la moyenne, en particulier pendant les étés secs.

L'économie forestière suisse est elle aussi affectée par la sécheresse. Ces dernières années, les dégâts aux forêts ont nettement augmenté dans toutes les régions. Ainsi, non seulement le potentiel d'exploitation du bois diminue, mais la fourniture d'autres prestations forestières importantes est également compromise, par exemple la protection contre les dangers naturels, ce qui peut avoir des conséquences étendues pour la protection de la population, des habitations et des infrastructures, notamment de transport, contre les dangers naturels. Enfin, les épisodes de sécheresse limitent la fonction d'espace de détente et de loisirs de la forêt. Ils peuvent par exemple entraîner des fermetures temporaires et une hausse du coût des mesures de sécurité mises en œuvre pour offrir à la population un accès plus sûr aux forêts.

Exposition et vulnérabilité

Aujourd'hui, la contribution de l'agriculture à la valeur ajoutée brute de la Suisse est inférieure à 1 %²⁶. En revanche, du point de vue de l'utilisation du sol, son importance est très grande : les surfaces agricoles couvrent 35 % du territoire national²⁷. Les risques inhérents à la sécheresse estivale varient en fonction des produits cultivés. Ces dernières années, les risques étaient déjà répandus dans la production de pommes de terre. En bien des endroits, les cultivateurs de blé, les éleveurs de bovins et la filière laitière ont eux aussi subi de lourdes pertes les années sèches³⁹. La sécheresse estivale touche donc des produits qui font traditionnellement partie intégrante de l'alimentation et qui représentent une part importante de la production agricole suisse³⁹. Environ 5 % de la surface agricole utile est actuellement irriguée, la part des cultures de légumes et de fruits irriguées étant particulièrement élevée⁴⁰. Au cours des derniers étés secs, les prélèvements dans les eaux de surface aux fins de l'irrigation agricole ont dû être restreints dans de grandes parties de la Suisse³⁵.

D'ici 2060, les rendements de différentes cultures seront davantage affectés par la sécheresse ; il deviendra donc de plus en plus important d'opter pour des produits plus résistants à ce phénomène. Du point de vue économique, seules les cultures à forte valeur ajoutée (légumes, pommes de terre, fruits, baies et vigne) vaudront la peine d'être irriguées⁴¹. Pour d'autres cultures, il est à noter que la capacité de stockage de l'eau des sols riches en humus est plus grande que celle des sols compactés et pauvres en humus. Pour l'adaptation aux changements climatiques, il est donc essentiel de les exploiter en conséquence.



Groupes de population particulièrement affectés par l'accroissement de la sécheresse estivale

Il n'existe, pour la Suisse, aucune étude approfondie qui analyse si et, le cas échéant, dans quelle mesure des groupes de population donnés sont affectés par l'accroissement de la sécheresse estivale. En outre, les risques liés aux diverses conséquences de la sécheresse sont très différents. Il faut partir du principe que les catégories professionnelles en lien avec l'agriculture, dans des zones où le potentiel d'irrigation est faible, sont particulièrement touchées. Il en va de même des exploitations qui dépendent fortement de cultures (inadaptées aux conditions stationnelles) qu'il n'est pas économiquement rentable d'irriguer, ou des exploitations qui ne disposent guère de possibilités de diversification de leurs cultures. L'augmentation des pertes de rendement sur plusieurs années pourrait accentuer la pression financière que ces exploitations subissent. Dans la mesure où l'accroissement de la sécheresse estivale fait monter les prix de l'alimentation, ce sont surtout les groupes de population à faibles revenus qui en pâtiraient. En effet, ceux-ci dépensent environ 13 % de leur budget disponible en denrées alimentaires⁴⁶. Jusqu'à présent, les dommages aux personnes causés par des incendies de forêt sont très rares en Suisse. À l'avenir cependant, avec l'accroissement du danger d'incendie de forêt, il faudra s'assurer que les alertes précoces parviennent également aux personnes qui ne maîtrisent pas bien la lecture et la langue et qui ne connaissent pas les conditions locales, par exemple les migrants ainsi que les touristes.

L'économie forestière contribue elle aussi à moins de 1 % de la valeur ajoutée brute de la Suisse²⁶, alors que les forêts et les bosquets couvrent 32 % du territoire national²⁷. Outre l'exploitation du bois, les forêts fournissent d'importantes prestations de protection et de détente. Environ la moitié d'entre elles protègent la population, les habitations et les infrastructures⁴². À certains endroits, l'effet protecteur devrait diminuer : les essences présentes aujourd'hui ne trouveront plus de conditions stationnelles appropriées, étant donné que ces dernières évoluent. En ce qui concerne l'exploitation du bois, l'épicéa conserve une immense importance ; pourtant, il est sensible à la sécheresse, ce qui le rend vulnérable aux changements climatiques. L'épicéa prédomine dans environ 38 % de la forêt accessible et détient la plus grande part du volume total de bois (44 %) ³¹.

À long terme, des arbres davantage adaptés à la sécheresse repousseront en Suisse. Or l'économie forestière s'adapte moins vite que l'agriculture, car la forêt a besoin de temps pour renouveler une génération d'arbres. Les changements climatiques devraient entraîner un déclin des espèces à valeur économique, réduire la croissance et causer des pertes de revenus aux propriétaires forestiers³². L'industrie du bois n'est pas non plus épargnée, ses machines étant destinées à l'actuelle composition des essences et, en particulier, à l'épicéa³².

Risques climatiques

Aujourd'hui déjà, différentes cultures agricoles subissent régulièrement la sécheresse durant les mois d'été et, ces dernières années, l'économie forestière a fait face à une multiplication des dégâts. D'ici 2060, l'impact de l'accroissement de la sécheresse estivale sur l'agriculture variera en fonction des cultures. L'irrigation ne sera possible que pour des produits à forte valeur ajoutée et en fonction de la disponibilité de l'eau. Dans l'économie forestière, il faudra plusieurs décennies pour que la composition des essences puisse être adaptée à l'accroissement de la sécheresse estivale. À moyen terme, il est possible que d'importantes prestations forestières soient dégradées, comme l'effet protecteur des forêts pour la population, les habitations et les infrastructures, notamment de transport. Dans l'ensemble, les pertes subies par l'agriculture et l'économie forestière en raison de l'accroissement de la sécheresse estivale sont considérées comme des risques climatiques élevés.

2.2.2 Danger d'incendie de forêt accru

En cas de sécheresse persistante, la végétation et le sol sont moins humides, ce qui augmente considérablement le danger d'incendie de forêt. Un temps sec et venteux favorise la propagation des incendies de forêt. Outre les dégâts immédiats causés par la perte des arbres et des animaux, ainsi que les coûts liés aux travaux d'extinction et au reboisement, les incendies de forêt portent à plus long terme atteinte aux prestations forestières, à savoir la fonction protectrice, le stockage du carbone ou l'espace de détente. Les coûts indirects sont particulièrement élevés lorsque des forêts protectrices situées au-dessus d'habitations et d'infrastructures, notamment de transport, sont ravagées. Aujourd'hui, les incendies de forêt se produisent surtout au sud des Alpes, c'est-à-dire au Tessin et dans les vallées méridionales des Grisons. Les vallées intra-alpines,



Les incendies de forêt sont l'un des risques liés aux changements climatiques ; ici incendie de forêt à Bitsch (VS) en juillet 2023.
Photo : Jean-Christophe Bott / Keystone

Incendie de forêt à Bitsch en juillet 2023

En juillet 2023, lors de l'un des incendies de forêt les plus dévastateurs que la Suisse a connus ces dernières années, 50 000 arbres répartis sur 130 hectares ont été brûlés. Le feu s'est déclaré au-dessus de Brigue, en Valais. Des vents violents et la sécheresse prononcée ont compliqué les travaux d'extinction. On part du principe qu'il faudra attendre au moins un siècle pour que la forêt se remette de l'incendie. Comme celui-ci a porté atteinte à l'effet protecteur de la forêt, il est à présent nécessaire de réévaluer le risque de mouvement de terrain⁴⁹.

notamment le Valais, ont aussi affronté de grands incendies. Ces dernières années, davantage d'incendies de forêt ont été recensés au nord des Alpes. Ils étaient néanmoins de faible ampleur. Dans quelque 90 % des cas, ils étaient dus à une intervention humaine⁴⁷.

Exposition et vulnérabilité

Les forêts couvrent à peine un tiers du territoire national suisse²⁷. Ces dernières décennies, la surface forestière de la Suisse a augmenté, mais surtout au-delà de 1000 m d'altitude, où l'exploitation des alpages a été abandonnée⁴⁸. Le danger d'incendie de forêt dépend non seulement des facteurs météorologiques, mais aussi de la disponibilité des matériaux combustibles. Les incendies de forêt d'ampleur surviennent sur des versants abrupts, là où la lutte est plus difficile et où les effets de cheminée favorisent la propagation des feux. Ils deviennent problématiques dès lors qu'ils touchent des forêts protectrices et portent atteinte à plus long terme à leurs prestations de protection des habitations et des infrastructures, notamment de transport. Depuis quelques années, la Suisse investit de plus en plus dans les stratégies de lutte contre les incendies de forêt et dans les mesures de sensibilisation. Les régions auparavant peu concernées par les incendies de forêt manquent d'expérience pour gérer ce risque.

D'ici 2060, les forêts seront soumises à une utilisation plus intensive du fait de la croissance démographique. Il est donc probable que, sans mesures de sensibilisation appropriées, davantage d'incendies de forêt seront déclenchés par négligence. Cet effet sera accentué si, en raison de l'accroissement de la sécheresse estivale, le danger d'incendie de forêt augmente également au nord des Alpes. Enfin, les forêts seront plus vulnérables aux incendies, car elles abriteront de plus en plus de bois mort inflammable (point 2.2.1)³⁶.

Risques climatiques

Du fait des changements climatiques liés à la sécheresse estivale, le danger d'incendie de forêt continuera d'augmenter au cours des prochaines décennies. Les coûts indirects peuvent être élevés en particulier si des forêts protectrices sont touchées. Par rapport aux autres changements climatiques, les incendies de forêt représenteront à l'avenir une menace importante, surtout à l'échelle locale. De manière générale, les dégâts causés

par les incendies de forêt, du fait de l'accroissement de la sécheresse estivale, sont considérés comme des risques climatiques modérés.

2.2.3 Faibles niveaux d'eau

De longues périodes de sécheresse abaissent considérablement le niveau des eaux de surface et des eaux souterraines. De petites rivières peuvent même être complètement mises à sec. De faibles niveaux d'eau touchent différents secteurs, comme la production d'électricité, la fourniture de marchandises transportées sur le Rhin et l'approvisionnement en eau potable. Concernant la production électrique, les centrales au fil de l'eau sont particulièrement affectées. Du fait de la sécheresse estivale, il se peut aussi que les lacs d'accumulation ne soient pas assez remplis à l'automne et que les réserves disponibles ne suffisent pas pour produire de l'électricité en hiver avec des centrales à accumulation. Des atteintes, limitées à un périmètre régional, peuvent aussi être portées à l'approvisionnement public en eau et, par conséquent, à la fourniture d'eau potable à la population. Le volume des nappes souterraines alimentées par des cours d'eau peut progressivement diminuer si la sécheresse se prolonge. Durant les périodes sèches, la qualité de l'eau dans les cours d'eau est également dégradée, car les polluants ne sont pas suffisamment dilués (point 2.5). Il en va de même des nappes souterraines situées à proximité des cours d'eau. Jusqu'à présent, la Suisse a pu compenser les problèmes d'approvisionnement grâce aux réseaux d'alimentation en eau. D'autres mesures telles que les approvisionnements d'urgence en eau et la fermeture des piscines publiques n'ont dû être mises en œuvre que sporadiquement³⁵.

Outre les conséquences sur le territoire suisse, la diminution des débits des grandes rivières expose d'autres pays européens à des risques liés aux utilisations de l'eau. Par conséquent, la Suisse est soumise à une pression accrue afin qu'elle tienne également compte des intérêts de ces pays dans sa gestion de l'accroissement de la sécheresse estivale. Enfin, des niveaux d'eau bas influent aussi sur l'écologie des eaux (point 2.5.1) et sur l'utilisation de l'eau à des fins d'irrigation agricole (point 2.2.1).

Exposition et vulnérabilité

En 2023, la force hydraulique représentait environ 65 % du mix énergétique de la Suisse⁵⁰. Elle revêt donc une grande importance pour l'approvisionnement en électricité. Aujourd'hui, la Suisse produit en été plus d'électricité que nécessaire⁵¹. C'est pourquoi l'approvisionnement en électricité est peu vulnérable à la baisse estivale des quantités d'eau disponibles causée par la sécheresse. Lorsque les débits sont faibles en été, l'exploitation des centrales au fil de l'eau peut être limitée³⁴, mais la Suisse dispose de suffisamment d'électricité provenant d'autres sources. Selon la variante de base des perspectives énergétiques 2050+ de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), plus de la moitié de la production nationale d'électricité proviendra à l'avenir de la force hydraulique et un bon tiers sera issu de l'énergie solaire, tandis que les autres agents énergétiques joueront un rôle mineur en Suisse²². L'énergie solaire fonctionne quels que soient les niveaux d'eau et les débits ; elle produit beaucoup d'électricité l'été, en particulier par temps sec et ensoleillé. Les pertes subies par la force hydraulique en été sont donc plus que compensées. Toutefois, au cours des décennies à venir, les exigences d'utilisation de l'eau des lacs d'accumulation pourraient s'accroître durant les mois d'été. Ainsi, en cas de sécheresse prononcée, l'eau des lacs de retenue pourrait être utilisée de plus en plus à d'autres fins, par exemple pour l'irrigation agricole ou comme eau d'extinction. La réserve d'électricité pour l'hiver serait ainsi touchée, ce qui accroît la vulnérabilité de l'approvisionnement de la Suisse en électricité en hiver.

Environ 10 % des importations et exportations suisses transitent actuellement par le Rhin, et les ports rhénans transbordent chaque année quelque 8 millions de tonnes de marchandises et 125 000 conteneurs⁵². Mais la navigation sur le Rhin a nettement perdu en importance ces dernières décennies. Aujourd'hui, le pétrole brut et les produits pétroliers ainsi que d'autres marchandises difficiles à déplacer sur la route et le rail sont transportés sur le Rhin⁵³. En réaction aux restrictions de la navigation rhénane imposées lors des périodes de sécheresse de ces dernières années, les chenaux sont actuellement dragués aux endroits critiques afin que les limitations ne s'appliquent qu'à des niveaux d'eau plus bas. À l'avenir aussi, la navigation sur le Rhin jouera un rôle considérable pour les activités d'importation et d'exportation des entreprises suisses, s'agissant des

marchandises difficilement transportables par la route ou par le rail. Étant donné la longue durée de vie des navires, il est impossible d'adapter rapidement la flotte au profit de bateaux avec un tirant d'eau plus faible. Les activités économiques qui dépendront à l'avenir également des marchandises transportées sur le Rhin demeurent par conséquent vulnérables aux périodes d'étiage prononcé. Sont actuellement concernés non seulement le pétrole brut et les produits pétroliers, mais aussi les produits agricoles, les matériaux de construction, les métaux et les machines⁵³.

En Suisse, ce sont principalement les eaux souterraines qui sont utilisées pour l'approvisionnement public en eau. L'eau est prélevée à près de 80 % dans les eaux souterraines (y c. les eaux de source) ; les 20 % restants proviennent des lacs³⁴. De manière générale, le volume de ces ressources hydriques est moins soumis aux fluctuations saisonnières que celui des cours d'eau. Par conséquent, l'approvisionnement en eau est moins vulnérable que les autres utilisations de l'eau aux variations saisonnières escomptées en raison des changements climatiques. Toutefois, les valeurs limites fixées dans l'O'Eaux pour le nitrate sont actuellement dépassées à 15 à 20 % de l'ensemble des stations de mesure de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA, et des résidus de produits phytosanitaires sont largement répandus⁵⁴. Lorsque les pollutions sont trop importantes, il faut s'approvisionner en eau grâce aux captages d'eaux souterraines à proximité des cours d'eau, là où les eaux souterraines potentiellement polluées sont diluées par l'eau fluviale qui s'infiltre. Mais ce sont justement ces captages qui sont soumis aux plus fortes fluctuations dues aux changements climatiques. Au cours des prochaines décennies, tandis que ces derniers continueront leur progression, les conflits d'utilisation se multiplieront. Toutefois, il faut partir du principe que l'approvisionnement en eau potable aura la priorité sur d'autres utilisations (entre autres, le refroidissement et l'irrigation) et que la mise en réseau d'installations voisines se poursuivra. En outre, les prévisions actuelles de la future consommation d'eau à partir du réseau d'approvisionnement public tablent sur une demande constante⁵⁵. Des mesures appropriées permettent d'éviter dans une large mesure le risque de problèmes d'alimentation, les planifications de l'approvisionnement en eau à l'échelle régionale jouant un rôle primordial³⁴.

Risques climatiques

Aujourd'hui déjà, les périodes d'étiage font planer une menace sur différentes utilisations de l'eau. Si l'accroissement de la sécheresse estivale ne représente pas un risque immédiat pour l'approvisionnement en électricité durant l'été, la faiblesse des niveaux d'eau des lacs d'accumulation due aux épisodes de sécheresse prononcée et à l'évolution des exigences d'utilisation peut cependant avoir une incidence négative sur la réserve d'électricité pour l'hiver et, par conséquent, sur la production électrique hivernale. À l'avenir également, les risques liés à la navigation rhénane demeureront pertinents, mais il convient de les replacer dans le contexte d'une importance décroissante du transport de marchandises sur le Rhin depuis des décennies. Enfin, la Suisse devra disposer de suffisamment d'eaux souterraines pour l'approvisionnement public en eau, mais elle pourrait temporairement manquer de ressources hydriques qui dépendent fortement de l'infiltration d'eau fluviale. De manière générale, les faibles niveaux d'eau dus à l'accroissement de la sécheresse estivale, critiques pour la production d'électricité, la navigation sur le Rhin et l'approvisionnement public en eau, sont considérés comme des risques climatiques modérés.



Cargo au terminal de conteneurs sur le Rhin, à Bâle (BS). Si le niveau du fleuve est inférieur à un seuil critique, les bateaux ne peuvent plus être à pleine charge. Photo : Georgios Kefalas / Keystone (22.7.2022)

Approvisionnement énergétique en 2022

En Suisse, l'été 2022 a été marqué par une sécheresse exceptionnelle. Dans treize cantons, les étiages ont entraîné, entre juin et août, des interruptions d'exploitation de centrales hydrauliques – surtout de centrales au fil de l'eau, mais aussi, de manière isolée, de centrales à accumulation⁴⁵. Au total, la force hydraulique suisse a accusé une baisse de production d'environ 15 % par rapport à l'année précédente³⁵. Du fait de cette baisse combinée à une série d'autres facteurs, la situation d'approvisionnement électrique a été tendue au début de l'hiver 2022/2023. Outre la production électrique, l'approvisionnement en huiles minérales a également été affecté : le faible niveau d'eau du Rhin a eu un impact sur les charges pouvant être transportées par les navires. Afin de garantir un approvisionnement suffisant, près de 20 % des huiles minérales ont été libérées des réserves obligatoires suisses³⁵.



Brienz

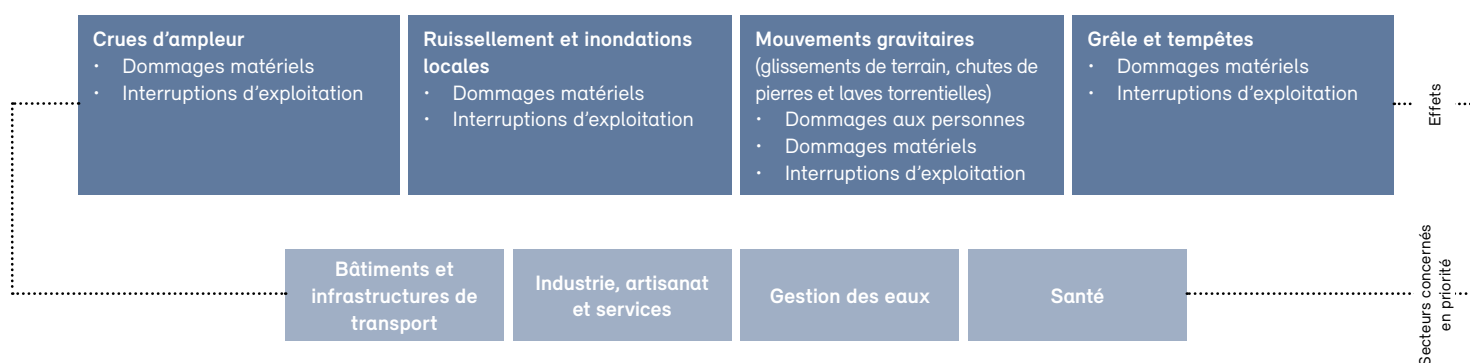
Le 13 août 2024, le quai de la gare de Brienz est inondé et couvert de débris et de boue. La veille au soir, de violents orages avaient provoqué une lave torrentielle.
Photo : Alessandro della Valle / Keystone

2.3 Augmentation du potentiel de danger

En tant que pays alpin, la Suisse est touchée depuis toujours par les dangers naturels. Aussi accorde-t-elle une grande importance à leur gestion. Au cours des dernières décennies, le potentiel de dommages n'a cessé d'augmenter. Les changements climatiques accentueront encore les risques liés aux dangers naturels.

Figure 6

Vue d'ensemble des risques et des secteurs concernés en priorité par l'augmentation du potentiel de danger en Suisse



Depuis toujours, la Suisse est concernée par les dangers naturels : crues, ruissellement, laves torrentielles, glissements de terrain, chutes de pierres, grêle et tempêtes. Les changements climatiques influent sur un ensemble de facteurs qui favorisent les dangers naturels : par exemple, les fortes précipitations, brèves et intenses, se multiplient⁵⁶. Associées à une élévation de l'isotherme zéro degré, elles peuvent causer non seulement des inondations locales, mais aussi des crues d'ampleur et des mouvements de terrain gravitaires. Sous l'effet de la fonte des glaciers et du dégel progressif du sous-sol gelé, les régions des hautes Alpes connaissent de plus en plus des glissements de terrain et des chutes de pierres³⁴. Les changements climatiques s'ajoutent aux évolutions socio-économiques, comme la croissance démographique et l'extension massive du milieu bâti, qui augmentent encore le potentiel de danger. D'ici 2060, il faut donc s'attendre de manière générale à un nouvel accroissement des risques de dommages aux personnes et de dégâts matériels et d'interruptions d'exploitation dus à différents dangers naturels.

Grâce à la gestion intégrée des risques⁵⁷, la Suisse dispose d'une stratégie pour garantir la protection contre les dangers naturels même dans des conditions climatiques en

évolution. Ces dernières années, les données disponibles sur les changements climatiques ont été améliorées et une procédure systématique a été élaborée afin de clarifier, de prendre en compte et de documenter méthodiquement les impacts des changements climatiques sur les dangers naturels⁵⁸. En outre, les défis que posent les changements climatiques ont été inscrits dans différentes bases légales pour la prévention des dangers naturels, par exemple lors de la révision du droit relatif aux dangers naturels. Il est primordial de mettre en œuvre de telles mesures afin que la Suisse puisse s'adapter à une situation de danger en pleine mutation.

Le présent point décrit les risques climatiques liés aux crues, au ruissellement, aux laves torrentielles, aux glissements de terrain, aux chutes de pierres, à la grêle et aux tempêtes (fig. 6). Les impacts des changements climatiques sur les avalanches sont abordés au point 2.4.

Signal climatique

Par le passé, la Suisse a toujours vu s'alterner des phases riches en crues et des périodes pauvres en crues. Mais depuis les années 1970, on constate à la fois une multiplication et une intensification des crues³⁴. Au cours des 40 dernières années, environ 80 % des communes suisses

ont subi des dommages dus aux crues⁵⁹. L'évolution des brefs épisodes de fortes précipitations est particulièrement marquée : depuis 1901, leur intensité a augmenté de 12 % en Suisse. De plus, ils sont environ 30 % plus fréquents⁵. L'intensification mesurée des fortes précipitations en raison des changements climatiques s'explique par le fait que l'air absorbe 6 à 7 % d'eau en plus par degré Celsius de réchauffement⁵. Comme, dans le même temps, la hausse des températures a déjà entraîné une élévation de la limite du zéro degré de plusieurs centaines de mètres, on observe une modification de tout un ensemble de facteurs déterminants pour le déclenchement de mouvements de terrain gravitaires. Mais, de manière générale, il n'est pas encore possible de tirer des conclusions fiables sur la multiplication effective de ces derniers⁶⁰. En fonction de l'altitude, des tendances différentes sont constatées : à basse altitude, la diminution du nombre de jours alternant gel et dégel atténue les processus de météorisation et, par conséquent, réduit la disponibilité de matériau meuble, tandis que des fortes précipitations plus intenses et l'élévation de la limite des chutes de neige accentuent le risque de glissements de terrain, de chutes de pierres et de laves torrentielles³⁴. En revanche, à plus haute altitude, la hausse des températures favorise une augmentation des processus de météorisation et de dégel, et donc du potentiel de danger. Dans les régions des hautes Alpes, la fonte des glaciers et le dégel du pergélisol dégradent aussi la stabilité des pentes. De même, il n'est pas encore possible de tirer des conclusions pertinentes sur les modifications de la fréquence et de l'intensité de la grêle et des tempêtes du fait des changements climatiques. De nombreux enseignements sur les dommages causés par la grêle reposent sur des données collectées à partir de 2002. Ce laps de temps est toutefois trop court pour tirer des conclusions étayées sur une évolution de la fréquence de la grêle ou de la taille des grêlons due aux changements climatiques⁶¹. Concernant les tempêtes, aucune modification n'a pu être constatée, étant donné que les événements de grande ampleur sont rares en Suisse et que les tendances ne peuvent se dessiner que sur une période prolongée.

D'ici 2060, avec la hausse des températures, les précipitations tomberont davantage sous forme de pluie que de neige. En l'absence de l'effet atténuateur de la neige, des précipitations intensives peuvent aussi favoriser le risque de crue plus tôt dans l'année³⁴. Toutefois, de fortes précipitations particulièrement persistantes dépendent de la circulation

atmosphérique, dont l'évolution ne peut pas encore être prédite avec certitude⁵. Il reste ainsi à déterminer si les changements climatiques attendus entraînent effectivement une multiplication des crues d'ampleur rares³⁴. La situation est plus claire concernant les fortes précipitations brèves et intenses, qui gagneront encore en fréquence et en intensité à l'avenir⁵. D'ici le milieu du siècle, les plus fortes précipitations journalières enregistrées en une année devraient donc être 10 % plus intenses qu'aujourd'hui. Puisque des sols secs peuvent absorber moins d'eau, l'accroissement attendu de la sécheresse estivale favorise la survenance du ruissellement et des crues locales immédiatement après les épisodes de sécheresse. Le risque lié aux mouvements de terrain gravitaires variera en Suisse en fonction des régions et des saisons et s'accroîtra à l'échelle locale. Il faut s'attendre à des modifications particulièrement marquées en haute montagne. Le danger aigu causé par les glissements de terrain, les chutes de pierres et les laves torrentielles s'accompagne aussi d'une augmentation du charriage par les eaux alpines, entraînant des répercussions en aval sur la protection contre les crues et sur le potentiel de stockage des lacs de retenue. De manière générale, il est primordial d'observer en permanence l'évolution des processus de dangers car, en raison des changements climatiques, de nouveaux dangers naturels et chaînes d'événements encore rares en Suisse pourraient devenir pertinents. Il est encore impossible de tirer des conclusions univoques sur la façon dont la grêle et les tempêtes évolueront du fait des changements climatiques. La grêle est un phénomène à très petite échelle lié à des orages convectifs dont le développement ne peut être analysé qu'avec les modèles climatiques les plus récents (les premiers résultats d'un projet de recherche suisse seront disponibles fin 2025 ; voir scClim⁶²). S'agissant des grosses tempêtes en revanche, la circulation atmosphérique joue un rôle majeur, mais ses modifications ne peuvent pas encore être prédites avec certitude. Une augmentation, sous l'effet des changements climatiques, de la fréquence et de l'intensité de ces deux processus ne peut toutefois pas être exclue.

2.3.1 Crues d'ampleur

Selon la saison, les précipitations persistantes associées à la fonte des neiges peuvent entraîner des crues de lacs et de cours d'eau et provoquer des inondations à grande

échelle aux alentours. Les crues d'ampleur sont certes rares, mais leurs dégâts matériels sont immenses, ce qui en fait l'événement climatique extrême le plus coûteux en Suisse⁶³. Aux dommages matériels causés aux bâtiments, aux infrastructures et aux véhicules s'ajoutent des interruptions d'exploitation et, par conséquent, des dommages macroéconomiques indirects dus aux interruptions de trafic ou d'activité pendant ou après les crues.

Exposition et vulnérabilité

Une analyse du potentiel de dommages des crues réalisée en 2021 montre que quelque 300 000 bâtiments, dont la valeur à l'état neuf s'élève à 500 milliards de francs, se trouvent dans des zones inondables. Ce sont donc près



Crue du lac des Quatre-Cantons, au niveau de l'embarcadere de Brunnen (SZ), le 18 juillet 2021. Photo : Urs Flüeler / Keystone

Crues de juillet 2021

Entre le 12 et le 15 juillet 2021, les précipitations tombées ont dépassé les 100 mm sur la quasi-totalité du territoire suisse. À ce moment-là, les rivières charriaient déjà beaucoup d'eau de fonte. Par conséquent, les niveaux d'eau ont connu une hausse rapide et de nombreuses stations de mesure ont enregistré de nouveaux records. En différents lieux, des chemins, des routes, des campings et des caves ont été inondés. Dans le canton d'Uri, une partie de l'autoroute A2 a dû être fermée temporairement, à titre préventif. Bien que les pointes mesurées à certains endroits correspondent en moyenne à une période de retour supérieure à 100 ans, les mesures de protection contre les crues qui ont été prises ont suffi à éviter des dommages plus importants⁶⁵.

de 1,3 million de personnes et environ 1,1 million de places de travail qui sont potentiellement concernées par ce danger naturel⁵⁹. Les décès sont toutefois rares : sur ces 20 dernières années, on compte environ un décès par an⁶⁴.

Indépendamment des changements climatiques, les risques se sont renforcés au cours des dernières décennies en raison des évolutions socio-économiques. Ainsi, l'extension de la surface urbanisée et le développement économique ont entraîné une concentration des biens matériels de plus grande valeur dans des zones potentiellement exposées. Dans le même temps, la protection contre les crues a fortement progressé en Suisse, ce qui réduit l'exposition. Par exemple, les cartes de dangers constituent une base fondamentale pour formuler des restrictions d'utilisation et des exigences de construction. De surcroît, depuis les crues catastrophiques de 2005, des investissements massifs ont été réalisés dans la protection contre ce phénomène. Aujourd'hui, la Suisse est mieux préparée qu'auparavant pour faire face à des périodes de précipitation prolongées.

Risques climatiques

Depuis une cinquantaine d'années, l'essentiel des dommages occasionnés par des dangers naturels en Suisse a été causé par des crues de grande ampleur⁶³. Dans l'état actuel des connaissances, il ne peut être exclu que ces événements se multiplient en raison des changements climatiques. Toutefois, l'argent investi massivement ces dernières décennies dans la protection contre les crues abaisse le risque futur. Du fait du fort potentiel de dommages, les dégâts matériels et les interruptions d'exploitation causés par les crues d'ampleur sont considérés comme des risques climatiques élevés.

2.3.2 Ruissellement et inondations locales

Lorsque les fortes précipitations sont brèves et très intenses, cela peut entraîner un ruissellement et des crues localisées qui inondent des rues, des places et les parties souterraines des infrastructures immobilières. Comme le processus de danger dépend fortement des conditions locales, de tels événements peuvent aussi se produire à des endroits qui ne sont pas exposés selon les cartes de dangers concernant les crues. C'est la raison pour laquelle les dommages matériels

causés par le ruissellement et par les inondations locales sont souvent sous-estimés : les analyses des sinistres traités par les assurances montrent que le ruissellement consécutif à de fortes précipitations est responsable d'une part des dégâts allant jusqu'à 50 %⁶⁶. De plus, le secteur agricole peut aussi être atteint si le sol est érodé ou si l'humidité extrême endommage les végétaux et compromet l'utilisation de machines lourdes (en raison du risque de compaction du sol). Les entreprises affectées peuvent subir des interruptions d'exploitation, en particulier si de l'eau entre dans leurs bâtiments et les rend inutilisables pendant une longue période.

Exposition et vulnérabilité

L'augmentation des dégâts causés par le ruissellement et par les inondations locales s'explique non seulement par les changements climatiques, mais aussi par l'imperméabilisation et la densification du milieu urbain au cours des dernières décennies³⁴. Le ruissellement peut survenir partout

en Suisse, mais les zones densément bâties affichant une part élevée de surfaces imperméabilisées sont particulièrement exposées. Les données laissent à penser qu'environ 62 % des constructions suisses sont actuellement menacées par le ruissellement, ce qui représente près de 1,3 million de bâtiments pour une valeur à neuf de 2300 milliards de francs. Selon les estimations, 6,7 millions de personnes ou quelque 4,7 millions de places de travail sont potentiellement concernés par ce danger naturel⁶⁷. En revanche, par rapport aux autres dangers naturels, les décès sont rares. La situation est particulièrement dangereuse dans les sous-sols, qui sont inondés dans un laps de temps très court.

Du fait de l'extension de la surface d'habitat et d'infrastructure, de l'imperméabilisation croissante des sols et de la densification des zones construites existantes, le potentiel de dommages continuera d'augmenter au cours des prochaines décennies. Des analyses montrent que de nombreuses réserves de zones à bâtir en Suisse sont situées à des endroits potentiellement exposés au ruissellement⁶⁷. De larges parties de la Suisse sont concernées. Contrairement aux crues d'ampleur, il n'existe pour l'instant aucune pratique homogène et établie de protection contre les épisodes de ruissellement. Mais depuis quelques années, la carte de l'aléa ruissellement constitue une base précieuse pour mettre en œuvre les mesures de gestion des précipitations très intenses.

Risques climatiques

Le potentiel de dommages dus au ruissellement et aux inondations locales est souvent sous-estimé. En bien des endroits, des zones densément bâties ne disposent pas des capacités d'évacuation et d'infiltration nécessaires. En raison des changements climatiques, les fortes précipitations brèves et intenses seront à l'avenir plus fréquentes et encore plus intenses. Par ailleurs, le potentiel de dommages continuera d'augmenter avec le développement économique. De manière générale, les dommages matériels et les interruptions d'exploitation causés par le ruissellement et les inondations locales sont considérés comme des risques climatiques très élevés.



Partie de l'autoroute A13 détruite, entre Lostallo et Soazza (GR).
Photo : Samuel Golay / Keystone / Ti-Press

Fortes précipitations dans le val Mesolcina en juin 2024

Le 21 juin 2024, de violents orages accompagnés de fortes précipitations intenses ont éclaté dans le sud des Alpes. Dans le val Mesolcina, vallée la plus touchée, il est tombé en peu de temps entre 60 à 80 mm de pluie, voire plus de 100 mm localement⁶⁸. C'est là que la rivière Moesa est sortie de son lit, emportant des parties de l'autoroute A13. Cet axe de circulation majeur a été complètement fermé pendant deux semaines et l'assainissement complet a duré plusieurs mois⁶⁹.

2.3.3 Mouvements de terrain gravitaires

Les mouvements de terrain gravitaires sont des processus de dangers naturels, tels que des glissements de terrain, des chutes de pierres et des laves torrentielles. Les facteurs déterminants de ces dangers liés aux roches et aux éboulis sont, d'une part, les fortes précipitations (surtout en cas de coulées de boue, qui constituent une forme particulière de glissements de terrain⁷⁰) et, d'autre part, la présence de matériaux meubles. Des dangers naturels ou des chaînes de processus, dans le cadre desquelles un événement en déclenche un autre, qui étaient très rares jusqu'à présent en Suisse, peuvent devenir plus fréquents du fait des changements climatiques⁷¹. Des mouvements de terrain peuvent causer des dommages matériels aux habitations et aux infrastructures, notamment de transport. Par ailleurs, des coûts élevés sont occasionnés car il faut entretenir les

cours d'eau et les lacs de retenue, c'est-à-dire évacuer les dépôts de matériaux meubles. Sans même causer de dommages immédiats, les interruptions d'exploitation dues aux mouvements de terrain peuvent engendrer des coûts élevés, par exemple du fait des fermetures d'axes de circulation ou des réductions d'activité dans des zones particulièrement menacées. Enfin, par rapport aux autres dangers naturels, le nombre élevé de dommages aux personnes et de décès est supérieur à la moyenne⁶⁴.

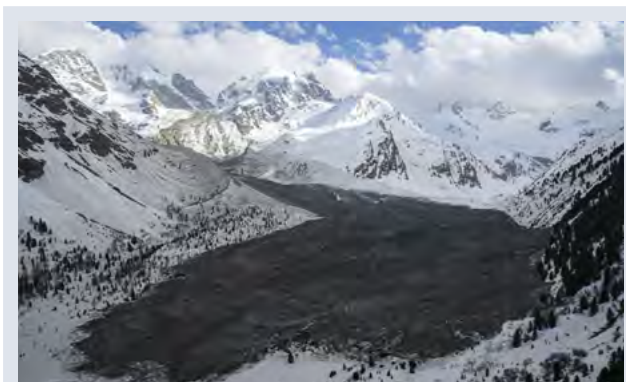
Exposition et vulnérabilité

Aujourd'hui, environ 7 % de la population suisse réside dans des régions potentiellement concernées par les mouvements de terrain gravitaires⁷². Par rapport aux autres dangers naturels, ceux-ci constituent une menace avant tout locale. La population, les habitations et les infrastructures, notamment de transport, situées dans les Préalpes et les Alpes sont particulièrement exposées. Globalement, la gestion du risque lié aux mouvements de terrain est bien développée en Suisse. Les cartes de dangers constituent une base fondamentale pour formuler des restrictions d'utilisation. Néanmoins, les dommages aux personnes dus aux mouvements de terrain (hormis les événements de l'été 2024) ont fait environ deux victimes par an ces 20 dernières années⁶⁴.

Du fait de l'utilisation plus intensive des régions de montagne, par exemple pour des activités de loisirs ou pour la production d'électricité, l'exposition aux dangers liés aux mouvements de terrain gravitaires augmentera ces prochaines décennies. En raison des énormes forces que peuvent libérer les mouvements de terrain, les ouvrages de protection sont hautement techniques et donc onéreux. Par ailleurs, les changements climatiques portent atteinte à la fonction des forêts protectrices (point 2.2), si bien qu'il faudra à l'avenir tabler sur une vulnérabilité accrue aux mouvements de terrain, qui ne concernera pas que les régions de montagne.

Risques climatiques

Aujourd'hui comme demain, les mouvements de terrain gravitaires sont une menace importante pour la population, les habitations et les infrastructures, notamment de transport. Sous l'effet des changements climatiques, le danger se modifiera et s'accroîtra localement. Dans les Alpes en particulier, les mouvements de terrain gravitaires font ainsi



L'un des écroulements les plus importants des dernières années : Piz Scerscen dans le val Roseg (GR). Photo : Gian Ehrenzeller / Keystone

Écroulement au Piz Scerscen en avril 2024

Le 14 avril 2024 s'est produit l'un des écroulements les plus importants des dernières années : plusieurs millions de mètres cubes de roches et de glace se sont effondrés au Piz Scerscen, l'un des sommets de la chaîne de la Bernina. Les masses rocheuses et glaciaires se sont déposées sur plus de 5 km dans le val Roseg, ensevelissant des chemins de randonnée pédestre et des pistes de ski. Par chance, aucune victime n'est à déplorer. De nombreux facteurs influencent un tel événement, le dégel du pergélisol en raison des changements climatiques pouvant jouer ici un rôle important⁷³.

partie des principaux risques liés aux changements climatiques, car la stabilité des pentes diminue et l'espace est utilisé de manière plus intensive. Mais par rapport aux autres risques, les modifications se limiteront à l'échelle locale. De manière générale, les dommages aux personnes et les dégâts matériels dus aux mouvements de terrain gravitaires sont considérés comme des risques climatiques modérés. En revanche, les interruptions d'exploitation sont classées comme des risques climatiques élevés, car elles peuvent durer longtemps, même sans dommages immédiats.

2.3.4 Grêle et tempêtes

Les épisodes de grêle et les tempêtes causent des dommages matériels aux bâtiments, en particulier à leur enveloppe, aux stores ou aux installations solaires, mais aussi aux véhicules, aux serres et aux cultures agricoles. Les tempêtes peuvent aussi endommager d'importantes surfaces forestières. Outre les dégâts matériels directs, la grêle et les tempêtes peuvent aussi provoquer des interruptions d'exploitation prolongées, en particulier si de l'eau s'est infiltrée dans un bâtiment à la suite de l'endommagement de son enveloppe et que son utilisation est durablement limitée. Les dégâts dus à la grêle et aux tempêtes peuvent être considérables si de vastes zones urbanisées sont touchées. En outre, les tempêtes peuvent causer des dommages aux personnes si des arbres ou des pylônes électriques chutent ou si des objets sont emportés par le vent. En moyenne sur les 20 dernières années, elles sont à l'origine d'environ un décès par an⁶⁴.

Exposition et vulnérabilité

Alors que des colonnes de grêle se déversent plutôt sur un périmètre limité, surtout sur le Plateau, dans le Jura, dans les Préalpes et en Suisse méridionale, une seule grosse tempête peut affecter de vastes régions. Ces dernières décennies, de plus en plus de bâtiments à toit plat dépourvus d'avant-toit ont été construits, et de coûteuses infrastructures (panneaux photovoltaïques et stores) ont été installées, augmentant la vulnérabilité à la grêle et aux tempêtes.

Indépendamment des changements climatiques, les risques liés à la grêle et aux tempêtes devraient encore s'accroître ces prochaines décennies. La croissance économique attendue ainsi que l'extension et la densification du tissu

urbain accroîtront ainsi l'exposition. Assurer les bâtiments et la production agricole constituera toutefois une pratique bien établie pour gérer ces dangers naturels à l'avenir également. De plus, des installations photovoltaïques et des enveloppes de bâtiment plus robustes sont déjà commercialisées.

Risques climatiques

La grêle et les tempêtes peuvent affecter de larges parties du territoire suisse et causer des dégâts importants. Il est encore impossible de prédire avec certitude l'évolution de ces processus dans le contexte des changements climatiques. Toutefois, le potentiel de dommages est très grand si des zones densément bâties regroupant des biens matériels de grande valeur sont touchées. De manière générale, les dommages matériels et les interruptions d'exploitation causés par la grêle et les tempêtes sont considérés comme des risques climatiques élevés.



Une tempête de grêle a causé des dégâts importants le 28 juin 2021 à Wolhusen (LU). Photo : Urs Flüeler / Keystone

Graves intempéries durant l'été 2021

L'été 2021 a été marqué par une succession de nombreux fronts orageux. La grêle, accompagnée de fortes précipitations et rafales de vent, a dévasté une grande partie du Plateau et en particulier le canton de Berne⁷⁴. Selon l'Association Suisse d'Assurances, le montant des dommages causés par la grêle a dépassé 2 milliards de francs en 2021, soit l'une des années les plus coûteuses de tous les temps. Concernant les assurances des bâtiments, environ les deux tiers de l'ensemble des dégâts sont imputables à la grêle⁷⁵.



Groupes de population particulièrement touchés

Il n'existe, pour la Suisse, aucune étude approfondie qui analyse si et, le cas échéant, dans quelle mesure des groupes de population donnés sont affectés par des dangers naturels comme les crues, le ruissellement, les mouvements de terrain, la grêle et les tempêtes. En se fondant sur la gestion intégrée des risques bien établie sur tout le territoire suisse, qui s'accompagne entre autres de la cartographie des dangers, de systèmes d'alerte précoce, de mesures organisationnelles et de normes élevées de construction, on ne part pas du principe que des personnes défavorisées sur le plan socio-économique sont exposées à un danger particulier, comme c'est parfois le cas dans d'autres pays. En revanche, des éléments provenant de pays européens indiquent que les enfants, les personnes âgées et celles qui souffrent de problèmes de mobilité ou d'un handicap sont davantage concernés, étant donné que leur réaction est plus lente en cas d'événement. Par exemple, après les inondations qu'a connues l'Allemagne en 2021, des voix se sont élevées pour dénoncer une prise en compte insuffisante des personnes handicapées dans la protection contre les catastrophes. De plus, il est supposé que les personnes qui ne maîtrisent pas bien la lecture et la langue sont plus vulnérables, car elles ne sont pas en mesure de réagir aussi efficacement aux alertes précoces¹⁷. Il en va de même des personnes qui ne connaissent pas les conditions et les dangers naturels locaux, par exemple les touristes et les migrants. Enfin, les impacts des changements climatiques sur les mouvements de terrain en Suisse sont inégalement répartis sur le territoire : la diminution de la stabilité des pentes concerne avant tout les Alpes.



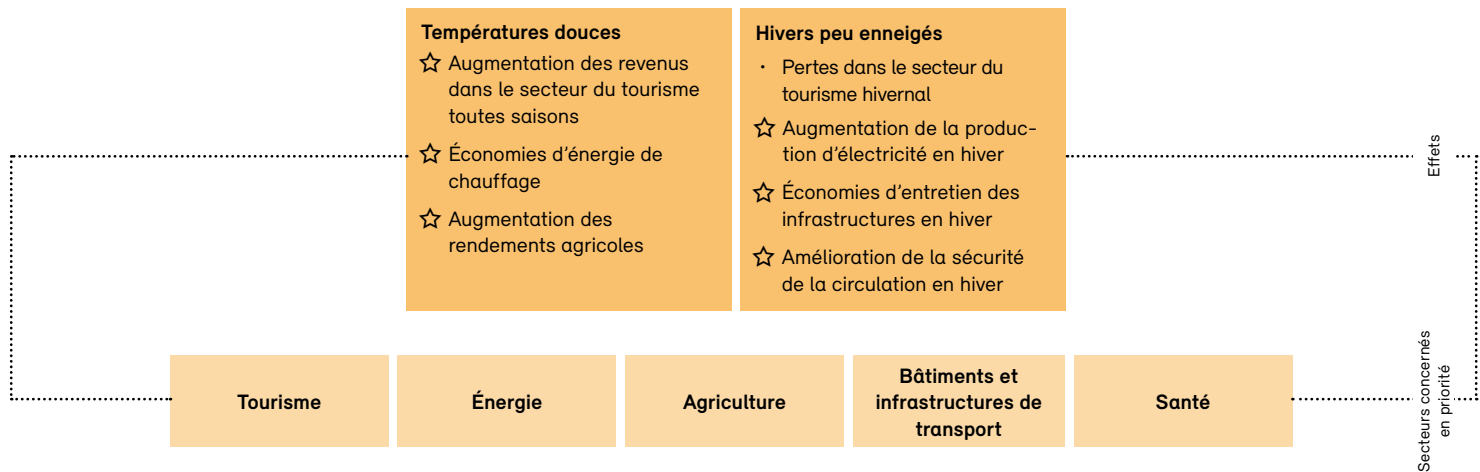
Au cœur de l'hiver 2016/2017, marqué par la douceur, le soleil et le manque de neige, des chaises de plage sont installées dans le domaine skiable de Melchsee-Frutt (OW).
Photo : Urs Flüeler / Keystone (21.12.2016)

2.4 Hausse des températures moyennes

Les changements climatiques modifient non seulement les températures maximales, mais aussi les températures moyennes à toutes les saisons. Le tourisme hivernal dans les régions de montagne est ainsi de plus en plus affecté par le manque de neige. Or cette nouvelle donne climatique s'accompagne ponctuellement aussi d'opportunités pour certains secteurs, comme le tourisme toutes saisons et la production d'électricité en hiver.

Figure 7

Vue d'ensemble des risques (•) et des opportunités (☆), ainsi que des secteurs concernés en priorité par la hausse des températures moyennes en Suisse



La température moyenne en Suisse a déjà augmenté de près de 3 °C par rapport à la période préindustrielle 1871-1900⁷⁶. Cette évolution concerne toutes les saisons. En hiver, la limite des chutes de neige s'élève, si bien que la neige devient de plus en plus rare dans bien des endroits et que le régime d'écoulement des cours d'eau n'est plus le même. La période de végétation s'allonge au printemps et à l'automne, et il fait généralement plus chaud en été. En raison de tous ces changements, des secteurs comme le tourisme, l'agriculture, l'énergie, les transports et l'entretien des infrastructures doivent composer avec des conditions différentes, qui peuvent s'accompagner de risques ou d'opportunités (fig. 7).

Les températures moyennes sont déterminantes pour une série de risques liés aux dangers naturels et à la modification des milieux naturels et de la composition des espèces (cela concerne aussi les vecteurs pathogènes et les organismes nuisibles). Les points 2.3 et 2.5 abordent plus en détail ces évolutions car, outre les températures, un ensemble d'autres facteurs climatiques exerce une influence à cet égard.

Signal climatique

En Suisse, depuis les années 1960, chaque décennie a été en moyenne plus chaude que la précédente⁷⁶. Avec un écart de respectivement 3,5 °C et 3,4 °C par rapport à la période préindustrielle 1871-1900, les années 2022 et 2023 ont été les plus chaudes de ces 160 dernières années en Suisse⁷⁶. Les huit années les plus chaudes ont toutes été mesurées après 2010⁷⁶. Depuis 1961, la période de végétation dure deux à quatre semaines de plus qu'avant, et le nombre de jours de gel a diminué de 60 %⁷⁶. Au cours des dernières décennies, les degrés-jours de chauffage annuels ont enregistré une nette baisse⁷⁷. Cet indicateur des besoins en énergie calorifique mesure le chauffage nécessaire (exprimé en nombre de degrés Celsius) pendant une année pour maintenir une température ambiante de 20 °C en moyenne⁷⁸. Les valeurs fluctuent fortement d'une année à l'autre. Durant les hivers exceptionnellement doux de 2022 et de 2023, le nombre de degrés-jours de chauffage annuels était, respectivement, 17 % et 16 % inférieur à celui de 2021⁷⁸. Les changements se répercutent aussi de plus en plus sur l'enneigement. Depuis

1970, le nombre de jours de neige a été divisé par deux dans les zones au-dessous de 800 m d'altitude et réduit de quelque 20 % à 2000 m d'altitude environ⁵. Les régimes d'écoulement s'en trouvent modifiés : à haute altitude, les précipitations tombent davantage sous forme de pluie que de neige, alimentant ainsi directement les cours d'eau et augmentant le débit en hiver³⁴.

Au cours des décennies à venir, ces évolutions vont se poursuivre et s'accélérer. D'ici le milieu du siècle, les hivers suisses seront plus chauds de 2 à 3,5 °C par rapport à aujourd'hui. Les périodes de grand froid se feront plus rares et la nuit la plus fraîche de l'année 2060 devrait être plus chaude de plusieurs degrés⁵. La modification attendue du nombre de jours d'hiver froids fait partie des prévisions les plus sûres faites par les modèles climatiques⁵⁶. La période de végétation sera généralement plus longue du fait de la hausse des températures. Malgré l'augmentation des cumuls de précipitations hivernales, il faut tabler sur une nette diminution des chutes de neige moyennes et de la couverture neigeuse, notamment à basse altitude. Au-dessous de 1000 m d'altitude, l'épaisseur du manteau neigeux sera divisée par deux en 2060. Dans les Alpes centrales également, jusque-là fortement enneigées, il faut s'attendre à ce que, d'ici le milieu du siècle, il y ait 30 jours de neige en moins par rapport à aujourd'hui⁵. L'évolution des épisodes isolés de chutes de neige très intenses tombant jusqu'en plaines est encore incertaine⁵⁶. À l'avenir aussi, les quantités de neige varieront beaucoup d'une année à l'autre. L'élévation de la limite des chutes de neige due au réchauffement et l'augmentation des cumuls de précipitations hivernales continueront d'accroître le débit des cours d'eau en hiver³⁴. Les modifications des températures et des précipitations influenceront aussi sur l'activité avalancheuse : à basse altitude, il devrait y avoir moins d'avalanches en raison de l'élévation de la limite des chutes de neige due aux changements climatiques, tandis qu'à plus haute altitude, le signal climatique de l'augmentation des cumuls de précipitations domine et l'activité avalancheuse pourrait s'intensifier⁷⁹. Au cours des décennies à venir, ce sont surtout les avalanches de neige mouillée qui pourraient devenir plus fréquentes⁷⁹. Comme, à l'avenir, il y aura plus de pluie que de neige, des processus de dangers liés aux avalanches jusqu'à présent peu importants en Suisse pourraient faire leur apparition.

2.4.1 Températures douces

Les changements climatiques entraînent une hausse des températures à toutes les saisons. Les étés sont plus chauds, les hivers, plus doux, et les températures augmentent aussi au printemps et à l'automne. Pendant la saison froide, il faut donc moins chauffer, ce qui permet d'économiser l'énergie nécessaire pour le chauffage. Le point 2.1.2 aborde l'augmentation des besoins en énergie de refroidissement sous l'effet des changements climatiques. Dans le secteur agricole, un choix approprié des variétés et une exploitation adaptée permettent d'accroître les rendements durant une période de végétation plus longue, dans la mesure où il y a assez d'eau à disposition et que d'autres phénomènes météorologiques extrêmes comme les fortes précipitations et le gel tardif n'ont pas un effet limitant. Par ailleurs, la saison estivale, propice aux activités touristiques, a tendance à s'allonger. En plein été, les régions de montagne et leurs températures plus clémentes devraient continuer de gagner en attractivité. Ces évolutions peuvent profiter au tourisme toutes saisons, mais elles peuvent aussi avoir des inconvénients : des températures douces permettent l'apparition d'une génération supplémentaire de vecteurs pathogènes et d'organismes nuisibles pendant la saison chaude. Ceux-ci peuvent aussi mieux résister à l'hiver. Outre les températures, un ensemble d'autres évolutions climatiques joue un rôle dans ce contexte ; ces risques sont décrits au point 2.5.2. Les impacts possibles des températures toujours plus douces sur les besoins en énergie pour le chauffage, sur l'agriculture et sur le tourisme toutes saisons sont mis en évidence ci-après.

Exposition et vulnérabilité

Les besoins énergétiques pour le chauffage des bâtiments constituent une part importante de la consommation totale d'énergie en Suisse : en moyenne, entre 2016 et 2022, près d'un tiers servait à les chauffer⁸⁰. Si les hivers sont doux, les économies peuvent donc être considérables. D'ici 2060, non seulement les températures mais aussi le parc immobilier auront changé. Il faut partir du principe que les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique des nouvelles constructions et des bâtiments assainis auront plus d'influence sur les besoins énergétiques pour le chauffage que les changements climatiques. Par exemple, l'actuel potentiel d'économies concernant l'utilisation d'électricité pour chauffer des bâtiments est de l'ordre de 45 à 65 %, ce qui peut être réalisé notamment en recourant à des pompes à chaleur⁸¹.

Dans le domaine de l'agriculture, la hausse des rendements, possible grâce à l'allongement de la période de végétation, est très différente d'une culture à l'autre. Par exemple, le fourrage grossier et le maïs peuvent présenter de meilleurs rendements³⁸. Du point de vue de la surface, la culture de fourrage grossier est particulièrement importante en Suisse : actuellement, les prairies naturelles, les pâturages locaux et les alpages représentent un bon tiers de l'ensemble des surfaces agricoles²⁷. Toutefois, étant donné les cultures actuelles, une croissance plus rapide et une récolte plus précoce ne sont pas forcément synonymes de meilleurs rendements⁸². C'est pourquoi, à l'avenir, des cultures alternatives joueront un rôle majeur. D'ici 2060, les changements bénéficieront notamment aux cultures en altitude, où l'allongement de la période de végétation est particulièrement marqué⁸². Mais la possibilité de réaliser



Cueillette d'olives sur les flancs du Monte Brè à Gandria (TI), surplombant le lac de Lugano. Photo : Gabriele Putzu / Keystone / Ti-Press

Cultures alternatives

Des températures moyennes plus élevées et des exigences accrues concernant la tolérance à la chaleur et à la sécheresse favorisent des cultures jusqu'à présent peu répandues en Suisse : sorgho, pois chiches, patates douces et oliviers. En règle générale, les variétés doivent être cultivées de manière qu'elles supportent bien le climat changeant de la Suisse, différent de celui de leurs zones de culture actuelles⁸⁵. Toutefois, les cultures alternatives pâtissent d'un traitement et d'une commercialisation à la traîne, de même que d'un manque de sensibilité des consommateurs. C'est pourquoi il est fréquent qu'elles restent encore un marché de niche⁴¹.

ce potentiel dépend aussi d'autres facteurs de production tels qu'une topographie adéquate ou des sols appropriés⁸².

Aujourd'hui, le tourisme est surtout important dans les régions de montagne, où sa contribution à la valeur ajoutée totale avoisine 20 %⁸³. Or en maints endroits, les recettes estivales sont plus faibles que les recettes hivernales. Cependant, le développement du tourisme estival et une meilleure exploitation des charmes de l'arrière-saison s'imposent comme des tendances incontestables⁸⁴. Généralement, les investissements devant être réalisés dans les infrastructures ne sont pas aussi élevés que pour le tourisme hivernal, des infrastructures dédiées à celui-ci pouvant d'ailleurs parfois être utilisées. Pour le tourisme de 2060, non seulement les changements climatiques, mais aussi l'évolution générale du tourisme mondial et européen seront déterminants. Aujourd'hui, le tourisme est un secteur en progression dans le monde entier, mais ses évolutions dépendront aussi de nombreux facteurs comme la mondialisation, les nouvelles préférences en matière de voyages ou les conditions géopolitiques, qu'il est impossible d'évaluer pour les quatre décennies à venir.



Groupes de population particulièrement affectés par la hausse des températures moyennes

Il n'existe, pour la Suisse, aucune étude approfondie qui analyse si et, le cas échéant, dans quelle mesure des groupes de population donnés sont affectés par des températures plus douces. Néanmoins, il existe assurément une nette différenciation régionale s'agissant des conséquences des hivers peu enneigés. Des régions entières, mais aussi quelques communes et notamment certaines catégories professionnelles entretenant directement ou indirectement un lien fort avec le tourisme hivernal dans les régions de montagne, sont particulièrement exposées à ces risques. De même, les potentielles répercussions positives ne devraient pas être les mêmes pour tous les groupes : ainsi, les personnes âgées, qui chutent plus fréquemment que le reste de la population, devraient profiter de manière relativement forte des trottoirs de moins en moins couverts de neige.

Risques climatiques

La Suisse se caractérise par l'évolution de ses températures au fil de l'année. Les hivers doux peuvent permettre d'économiser beaucoup d'énergie pour le chauffage. Les économies potentielles dues à des hivers moins rigoureux à l'avenir pèsent dans la balance de l'économie dans son ensemble. Aussi ce changement est-il considéré comme une opportunité liée au climat très importante. Les opportunités sont moins évidentes dans l'agriculture, car une période de végétation prolongée ne peut accroître les rendements que si le choix des variétés et l'exploitation sont adaptés et qu'il y a assez d'eau à disposition. En Suisse, le tourisme toutes saisons peut profiter des températures plus douces, mais aujourd'hui comme demain, il joue un rôle plutôt secondaire sur le plan économique. Non seulement les gains de rendement agricole inhérents aux températures, mais aussi les gains de rentabilité pour le tourisme toutes saisons du fait de la hausse des températures moyennes sont considérés comme des opportunités modérées liées au climat. Le point 2.5.2 aborde d'autres modifications liées aux températures douces, en particulier les incidences sur les vecteurs pathogènes et sur les organismes nuisibles.

2.4.2 Hivers peu enneigés

Avec les changements climatiques, la limite des chutes de neige continuera de s'élever, tandis que la couverture neigeuse diminuera fortement. Le tourisme hivernal dans les régions de montagne subira des pertes économiques grandissantes. Mais la réduction du manteau neigeux affecte aussi d'autres secteurs. Comme les précipitations tombent davantage sous forme de pluie que de neige et qu'elles alimentent plus rapidement les cours d'eau, la force hydraulique peut produire plus d'électricité en hiver (mais, dans le même temps, le risque lié aux crues augmente aussi ; point 2.3.1). À basse altitude, le nombre d'accidents qui surviennent sur des routes et des trottoirs enneigés pourrait diminuer en raison des rares chutes de neige, et des économies pourraient être réalisées sur l'entretien des infrastructures : baisse de la consommation de sel de déneigement, diminution des frais d'enlèvement de la neige et réduction de la sinistralité liée à la neige et au gel.

Exposition et vulnérabilité

Aujourd'hui, la contribution du tourisme à la valeur ajoutée brute de la Suisse avoisine 3 % sur l'ensemble du territoire⁸⁶. Dans les régions de montagne, cette valeur approche 20 %⁸³. Le tourisme hivernal y joue un rôle majeur : en 2022, quelque 75 % du total des recettes du transport de personnes par remontées mécaniques ont été générées en hiver⁸⁷. À des fins d'exploitation des domaines skiables, la moitié des pistes de ski sont d'ores et déjà enneigées artificiellement⁸⁸. En raison des températures douces à basse et moyenne altitudes, l'enneigement artificiel devrait être de moins en moins rentable et de plus en plus complexe d'un point de vue technique³⁴. La haute altitude devrait profiter du



Écrin de verdure pour la piste menant à la vallée du domaine skiable du Chäserrugg à près de 900 m d'altitude. Photographie prise le 7 février 2024 à Alt St. Johann (SG).

Photo : Gian Ehrenzeller / Keystone

Février 2024, un mois plus doux et plus pluvieux

Février 2024 reflète bien les évolutions attendues en raison des changements climatiques. D'une part, il s'agit du mois le plus doux depuis le début des mesures en 1864 (4,6 °C au-dessus de la moyenne entre 1991 et 2020) et, d'autre part, ce mois a été très riche en précipitations, en particulier dans le sud des Alpes. Le manque de neige a prédominé en maints endroits à basse altitude⁹⁴. Là, les stations de sport d'hiver sont passées, au beau milieu de l'hiver, à une exploitation estivale : les remontées mécaniques ont ainsi ouvert des pistes de luge d'été, des parcs d'aventure et des parcours de VTT⁹³.

manque de neige à basse altitude, car le tourisme hivernal enregistre un déplacement régional vers les zones bénéficiant d'un enneigement assuré. En outre, la Suisse jouit de bonnes conditions d'enneigement, même en comparaison mondiale⁸⁹. Pourtant, de manière générale, le tourisme hivernal se trouve dans une situation de forte concurrence avec des destinations touristiques internationales (enneigées ou non), et les évolutions futures dépendront aussi de nombreux facteurs non climatiques (p. ex. les tendances en matière d'activités de loisirs) qu'il n'est guère possible d'évaluer pour les prochaines décennies.

En 2023, la force hydraulique représentait environ 65 % du mix énergétique de la Suisse⁵⁰. Avec une part avoisinant 24 % de la production totale d'électricité⁵⁰, les centrales au fil de l'eau sont directement tributaires des apports des cours d'eau. À l'avenir également, la force hydraulique demeurera le principal pilier de la production électrique nationale et la Suisse dépendra des importations d'électricité durant le semestre d'hiver²². Une hausse des débits hivernaux est donc précieuse.

Malgré la croissance du trafic routier, le nombre de personnes tuées ou blessées dans des accidents de la route a fortement reculé ces dernières décennies, indépendamment des changements climatiques⁹⁰. D'ici le milieu du siècle, les transports vont continuer de se développer en Suisse. Le transport de voyageurs devrait progresser d'environ 11 % d'ici 2050 mais, sous l'effet de l'essor attendu du télétravail, de l'urbanisation et du vieillissement de la population, il augmentera moins vite que la croissance démographique⁹¹. Le transport de marchandises, en revanche, affichera une hausse de 31 %, selon les prévisions⁹¹. On peut imaginer qu'à l'avenir les automobilistes suisses seront moins habitués aux routes enneigées et verglacées, les conditions neigeuses se faisant plus rares, ce qui se traduira alors par une vulnérabilité accrue et par davantage d'accidents qu'aujourd'hui en cas de chutes de neige. Mais les connaissances à cet égard sont encore lacunaires.

La hausse du trafic accroît aussi les exigences en matière d'entretien des infrastructures de transport, le trafic lourd exerçant une contrainte particulièrement forte sur le réseau routier. Les changements liés à la neige jouent un rôle mineur par rapport à ces évolutions. Pourtant, on peut affirmer que l'épandage du sel de déneigement, les travaux d'enlèvement de la neige et la sinistralité liée à la neige et au gel sont sensibles aux précipitations neigeuses plus rares. Une étude de MétéoSuisse montre que c'est surtout à basse altitude, là où sont concentrées la plupart des infrastructures et où la baisse du nombre de jours de neige est la plus nette, que l'on peut s'attendre à une diminution considérable des besoins moyens en sel. Au niveau national, ces besoins devraient chuter à peu près à la moitié des 220 000 tonnes escomptées actuellement⁹². Or comme des chutes de neige intenses pourront survenir à l'avenir également et concerner les plaines, le parc de véhicules de déneigement ne pourra être réduit qu'à certaines conditions.

Risques climatiques

Aujourd'hui déjà, les hivers peu enneigés sont synonymes de risques pour le tourisme hivernal en Suisse. Demain, le manque de neige posera de plus en plus de défis économiques dans des régions à basse et moyenne altitudes qui sont fortement dépendantes du tourisme hivernal. En revanche, cette situation peut se révéler bénéfique pour la production d'électricité par la force hydraulique et pour les transports. Si ces évolutions sont restées limitées pour le moment, elles s'accroîtront d'ici 2060. La force hydraulique pourra produire davantage d'électricité hivernale. À l'avenir, il est possible que d'intenses épisodes de neige isolés surviennent encore à basse altitude et relativisent les opportunités liées à l'entretien des infrastructures de transport et à la sécurité de la circulation. De manière générale, toutes les évolutions dues à des hivers moins enneigés qui ont été analysées sont considérées comme des risques climatiques modérés ou comme des opportunités modérées liées au climat.



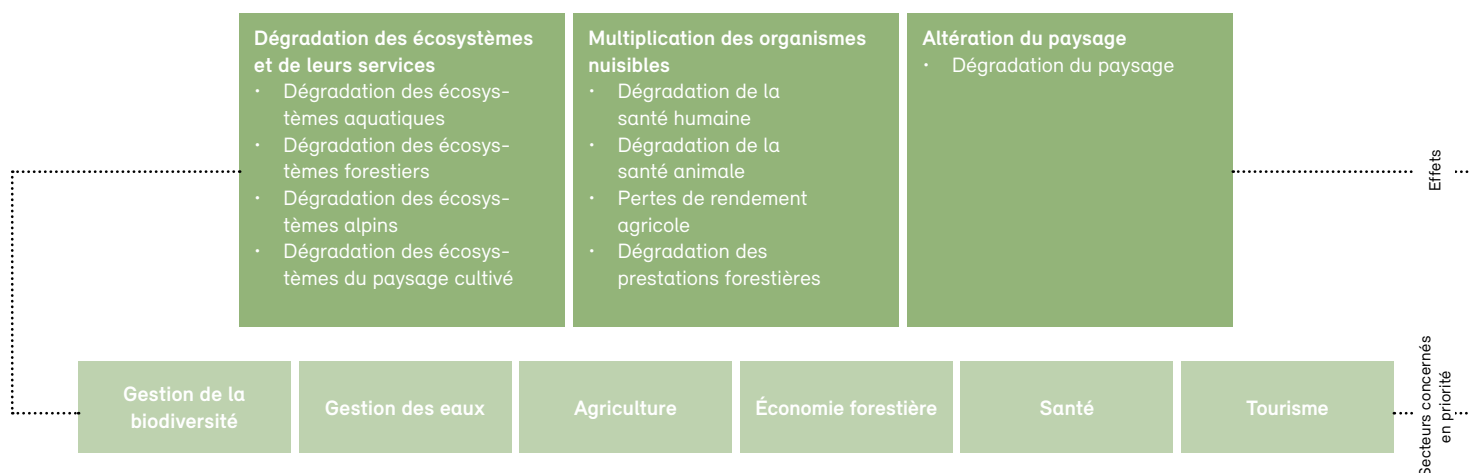
Le niveau du Sämtisersee est soumis à de fortes fluctuations. Durant l'été 2018, le lac de montagne était asséché sous l'effet de la chaleur et de la sécheresse.
Photo : Stefan Arendt / Keystone / imageBROKER (24.7.2018, Alpstein)

2.5 Modification croissante des milieux naturels et de la composition des espèces

Les changements climatiques altèrent les milieux naturels suisses. Les modifications au sein des écosystèmes et la prolifération des organismes nuisibles peuvent avoir des conséquences négatives pour la santé humaine, la biodiversité, l'agriculture et l'économie forestière. En outre, le paysage et des éléments d'identification essentiels de la Suisse n'ont plus le même aspect.

Figure 8

Vue d'ensemble des risques et des secteurs concernés en priorité par la modification croissante des milieux naturels et de la composition des espèces en Suisse



La hausse des températures, la canicule, la sécheresse et les événements météorologiques extrêmes sont des facteurs qui bouleversent les milieux naturels de la Suisse et qui dégradent l'état de nombreux écosystèmes (fig. 8). Les services écosystémiques tels que l'eau propre, les sols fertiles ou la pollinisation peuvent être menacés, voire disparaître, surtout si des facteurs de stress climatiques se combinent à d'autres facteurs tels que l'utilisation intensive des sols. De plus, des espèces exotiques et thermophiles se propagent en l'absence de leurs prédateurs naturels. Des vecteurs pathogènes, des plantes allergisantes et d'autres organismes nuisibles peuvent se multiplier ou apparaître du fait des températures plus élevées ou de l'humidité extrême consécutive aux fortes précipitations, en conséquence de quoi les changements climatiques menacent indirectement la santé humaine, de même que l'agriculture et l'économie forestière. Le paysage est lui aussi transfiguré, notamment en montagne

et en périodes de sécheresse estivale. Une telle altération peut entre autres avoir une incidence négative sur des éléments d'identification essentiels de la Suisse, à l'instar des glaciers.

Dans le cadre de ses politiques relatives à la biodiversité, au paysage ou à la forêt, la Suisse met en œuvre différentes mesures visant à préserver la valeur écologique des milieux naturels et à les rendre plus résistants aux facteurs de stress. On peut citer en exemple la mise en réseau des milieux naturels de grande valeur, la régénération des peuplements dans le cadre de l'entretien des forêts ou la revitalisation des cours d'eau. De manière générale, les mesures de protection des milieux naturels revêtent une importance primordiale, étant donné que des écosystèmes écologiquement intacts et proches de leur état naturel résistent mieux aux changements climatiques. Pour faire face aux vecteurs pathogènes et aux organismes nuisibles,

la Suisse mise sur diverses mesures de surveillance, de prévention, d'endiguement ou de lutte.

Signal climatique

Différents changements climatiques, souvent combinés, modifient les conditions climatiques et, par conséquent, les milieux naturels et la composition des espèces en Suisse. Au cours des dernières décennies, les épisodes caniculaires (point 2.1) et les étés secs (point 2.2) se sont multipliés. Par conséquent les eaux se sont également altérées : à Bâle, par exemple, la température moyenne de l'eau du Rhin a augmenté de 3 °C depuis les années 1950, et une évolution similaire est constatée dans d'autres cours d'eau du Plateau⁹⁵. Ces dernières années, certains étés ont été particulièrement secs et des étiages sévères ont prévalu en de nombreux endroits³⁵. De précipitations de plus en plus fortes (point 2.3) et des hivers de plus en plus doux et peu enneigés (point 2.4) caractérisent également l'environnement naturel de la Suisse. C'est surtout la douceur hivernale qui détermine si des vecteurs pathogènes et des organismes nuisibles peuvent s'établir et se propager dans de nouvelles zones. L'humidité extrême qui règne après de fortes précipitations peut aussi jouer un rôle de premier plan.

D'ici 2060, les changements climatiques décrits aux points 2.1 à 2.4 continueront de s'accroître. À l'avenir, les événements extrêmes comme la canicule, la sécheresse estivale et les fortes précipitations seront plus fréquents et doubleront d'intensité⁵. Les températures moyennes augmenteront et, d'ici le milieu du siècle, les hivers en Suisse seront plus chauds qu'aujourd'hui, de l'ordre de 2 °C environ⁵. Le réchauffement le plus marqué sur le territoire devrait se produire dans les Alpes⁹⁶.

2.5.1 Dégradation des écosystèmes et de leurs services

En Suisse, bon nombre d'espèces et d'écosystèmes sont sensibles aux fortes chaleurs, à la sécheresse et à d'autres changements climatiques. Dans les écosystèmes aquatiques et dans les zones humides, le réchauffement se traduit par une élévation de la température de l'eau et par une modification de la stratification des lacs. Le manque de brassage vertical des couches enrichit les eaux en nutriments et fait chuter la teneur en oxygène. Des algues

bleues toxiques peuvent proliférer, ce qui limite l'utilisation des eaux. L'accroissement de la sécheresse estivale cause l'exondation de tronçons entiers de cours d'eau et une dilution insuffisante des polluants. La qualité de l'eau et les écosystèmes aquatiques continuent de se dégrader, ce qui peut aussi avoir des incidences sur les différentes utilisations de l'eau. Cette situation tient aussi au fait que les problèmes microbiologiques ont tendance à s'aggraver sous l'effet de la hausse de la température de l'eau³⁴. L'augmentation des débits hivernaux induit aussi le risque



Poissons morts pêchés dans le Rhin puis jetés à la poubelle le 6 août 2018 à Neuhausen (SH). Les poissons sont morts en raison de la température élevée de l'eau du Rhin.

Photo : Melanie Duchene / Keystone

Mortalité piscicole durant les épisodes caniculaires

En cas de canicule persistante, la température augmente fortement dans les eaux. Si elle est supérieure à 25 °C, le seuil de tolérance des espèces piscicoles thermosensibles, comme les truites et les ombres, est dépassé. À maintes reprises ces dernières années, ce sont surtout les ombres qui ont succombé pour cette raison. En de nombreux endroits, les cours d'eau ont été ombragés et dragués afin de créer des zones artificielles d'eau froide et ainsi de protéger les poissons. Il est dans ce contexte apparu que des eaux naturelles offraient en général de meilleures conditions pendant les périodes de canicule. C'est pourquoi la revitalisation des eaux avec un boisement dense des berges, une bonne connectivité des eaux et une grande diversité structurale sont d'importantes mesures d'adaptation aux changements climatiques⁹⁸.

qu'une crue décime toute une génération de poissons en emportant les œufs ou les alevins.

Les changements climatiques portent également atteinte aux écosystèmes terrestres, comme les écosystèmes forestiers, les écosystèmes alpins et les paysages cultivés. Avec la hausse des températures, de nombreuses espèces se déplaceront vers des altitudes supérieures au cours des prochaines décennies, ce qui se traduira par exemple par une élévation de la limite (potentielle) de la forêt. La sécheresse inhibe l'activité biologique dans les sols, les fortes précipitations peuvent éroder la couche supérieure, riche en nutriments, en peu de temps et, par conséquent, dégrader davantage la qualité des sols. Les nutriments et les éventuels produits phytosanitaires sont ainsi lessivés, ce qui détériore alors la qualité de l'eau. Les changements climatiques perturbent la chronologie d'interactions complexes entre différents écosystèmes et espèces. C'est le cas par exemple des services écosystémiques comme la pollinisation, lorsqu'après un hiver doux une espèce végétale se met à fleurir avant l'apparition de ses pollinisateurs⁹⁵, ou lorsque les périodes d'activité des pollinisateurs et la période de floraison des végétaux sont décalées.

Exposition et vulnérabilité

Chaque degré Celsius de réchauffement peut avoir de graves répercussions sur les différentes espèces et sur leurs interactions. Les **milieux aquatiques** sont particulièrement sensibles à l'augmentation des fortes chaleurs et à la sécheresse estivale. Une température de l'eau élevée génère un stress thermique chez les espèces thermosensibles. Outre les facteurs de stress climatiques, ce sont surtout les facteurs de stress non climatiques comme l'utilisation intensive des sols, le manque de mise en réseau des milieux naturels ou les apports de polluants et de nutriments qui accroissent la vulnérabilité de ces milieux sensibles. Au cours des 150 dernières années, une grande partie des ruisseaux, rivières et lacs ont été endigués et 90 % des zones humides et des petites étendues d'eau ont été asséchées⁹⁵. Actuellement, la qualité de l'eau est jugée « insuffisante » dans environ 30 % des cours d'eau. C'est le cas en particulier des petits et moyens cours d'eau dans lesquels sont déversées des eaux usées épurées et de grandes quantités d'éléments fertilisants d'origine agricole⁹⁵. Des nutriments atmosphériques se déposent également dans les zones humides. Composante essentielle de la loi fédérale sur la protection

des eaux, les revitalisations contribuent à la restauration de milieux proches de l'état naturel et à l'amélioration de la connectivité, ce qui renforce la résilience aux changements climatiques. En effet, des écosystèmes écologiquement intacts et proches de leur état naturel sont moins sensibles à ces changements⁵. Selon la forme qu'elles prennent, des mesures d'adaptation mises en œuvre dans d'autres secteurs, par exemple la lutte contre les ravageurs dans l'agriculture et l'économie forestière, peuvent aussi avoir des incidences négatives sur les écosystèmes aquatiques et sur les zones humides. La vulnérabilité de ces écosystèmes et de leurs services au cours des prochaines décennies est donc considérée comme élevée.

Les **écosystèmes forestiers** représentent près d'un tiers du territoire national²⁷ et abritent environ 40 % des espèces animales et végétales présentes en Suisse⁹⁵. Essence particulièrement sensible aux changements climatiques, l'épicéa prédomine dans environ 38 % de la forêt accessible³¹. Par ailleurs, à la suite des étés chauds et secs des dernières années et en raison des organismes nuisibles et des apports d'azote atmosphérique, de nombreuses forêts sont en mauvais état et donc vulnérables aux changements climatiques⁹⁷. De manière générale, il faut considérer que les écosystèmes forestiers proches de leur état naturel sont plus résilients. Mais sur le Plateau et dans le Jura surtout, les forêts manquent de bois mort et de vieux bois, primordiaux pour la survie de 20 % des espèces vivant dans ce milieu⁹⁵. Il devient donc de plus en plus important d'adapter l'entretien et la gestion des forêts aux conditions futures. Les axes prioritaires sont la régénération des peuplements forestiers, ainsi que l'augmentation de la diversité des essences, de la diversité des structures et de la diversité génétique. Or ces adaptations demandent du temps, surtout à haute altitude, là où les processus de croissance sont très lents. La vulnérabilité de la forêt à la modification des conditions locales en raison des changements climatiques est donc considérée comme élevée. Les transformations des écosystèmes forestiers peuvent aussi affecter les prestations forestières, telles que l'effet protecteur.

Les **écosystèmes alpins** abritent eux aussi une grande diversité de milieux naturels et de nombreuses espèces spécialisées, dont certains jouent un rôle important pour l'identité de la Suisse⁹⁵. Les prairies alpines et les pelouses à foin des rochers comptent parmi les zones les plus riches

en espèces de Suisse. Dans les écosystèmes alpins, les atteintes non climatiques ont été jusqu'à présent moins importantes que dans les autres écosystèmes. Les prairies alpines et les pelouses à foin des rochers sont toutefois elles aussi exposées aux dépôts d'azote atmosphérique et à une utilisation modifiée par les êtres humains⁹⁵. La pression exercée par les différentes utilisations s'est accentuée récemment. Les écosystèmes alpins sont considérés comme particulièrement vulnérables aux changements climatiques, car les espèces ne peuvent migrer en altitude qu'à certaines conditions. À cet égard, d'une part, de nombreux sites n'ont pas le sol nécessaire et, d'autre part, un décalage en altitude s'accompagne d'une réduction de surface et d'une fragmentation accrue, voire d'un isolement⁹⁵. De plus, de nouvelles espèces font leur apparition et entrent en concurrence avec des espèces spécialisées de l'espace alpin, qui sont donc vulnérables⁹⁵. Par ailleurs, selon les endroits, les activités et infrastructures touristiques et le développement des énergies renouvelables sont des facteurs de stress considérables pour les écosystèmes alpins. Ainsi, il faut escompter une vulnérabilité accrue d'ici 2060.

La diversité des espèces des **écosystèmes du paysage cultivé** et donc les principaux services écosystémiques sont déjà très affectés en Suisse par l'exploitation intensive et la pratique agricole incluant des apports élevés d'azote et de produits phytosanitaires⁹⁵. Ces atteintes sont particulièrement marquées à basse altitude, là où l'intensité de l'utilisation des sols est élevée et où beaucoup de terres agricoles ont été perdues ces dernières décennies sous l'effet de l'augmentation du mitage et de la densification des surfaces urbanisées. Afin de préserver les écosystèmes riches en espèces dans le paysage agricole tout en maintenant la production de denrées alimentaires, il faut instaurer des surfaces de promotion de la biodiversité bien mises en réseau, ainsi qu'une exploitation de l'ensemble de la surface agricole utile favorable à la biodiversité et adaptée aux conditions locales⁹⁵. Par ailleurs, il convient d'empêcher la perte d'autres paysages cultivés en raison du mitage du territoire. Comme cela requiert des mesures d'adaptation dans des zones où l'exploitation est intensive et qu'une extension des surfaces de promotion de la biodiversité n'est pas prévue pour l'instant, on peut tabler sur une vulnérabilité élevée des écosystèmes du paysage cultivé pour les décennies à venir.

Risques climatiques

En Suisse, de nombreux écosystèmes subissent déjà une forte pression exercée par l'utilisation intensive des surfaces, par les espèces exotiques envahissantes ainsi que par la pollution des sols, de l'eau et de l'air. Du fait des changements climatiques, les contraintes qui pèsent sur les écosystèmes vont continuer de s'accroître, ce qui peut aussi se répercuter sur les services écosystémiques tels que l'eau propre, les sols fertiles et la pollinisation.

Les **écosystèmes aquatiques** sont particulièrement sensibles aux modifications attendues du régime hydrique. En raison de leur importance en tant que milieux naturels de grande valeur et zones de détente de proximité essentielles, et du fait des services écosystémiques primordiaux tels que la protection contre les crues, le renouvellement des réserves d'eaux souterraines et la purification de l'eau⁹⁵, la dégradation des écosystèmes aquatiques est considérée comme un risque climatique très élevé.

Dans les **écosystèmes forestiers**, bien des essences aujourd'hui encore adaptées à leur station pourraient atteindre leur limite écologique en à peine quelques décennies⁹⁵. L'adaptation de la composition des essences est centrale afin que la forêt demeure un écosystème fonctionnel même dans les conditions climatiques à venir, c'est-à-dire qui abrite de nombreuses espèces, qui protège les habitations et les infrastructures, notamment de transport, contre les dangers naturels, qui offre des espaces de détente et qui fournit la ressource bois. Il s'agit d'un défi, puisque la forêt recouvre une grande partie du territoire suisse. La dégradation des écosystèmes forestiers est donc considérée comme un risque climatique élevé.

Dans les **écosystèmes alpins**, les atteintes non climatiques ont été jusqu'à présent moins importantes que dans les autres écosystèmes mais, au cours des prochaines décennies, il faut s'attendre aux plus grands changements climatiques et à une pression croissante en faveur de l'aménagement⁹⁶. Par ailleurs, les régions alpines abritent de nombreuses espèces très spécialisées qui ne peuvent pas forcément migrer en altitude. En raison de ces vulnérabilités accrues, la dégradation des écosystèmes alpins est considérée comme un risque climatique élevé.

Les **écosystèmes du paysage cultivé** constituent la base naturelle pour la production de denrées alimentaires. C'est pourquoi ils revêtent une importance majeure pour la société. Outre l'utilisation intensive des surfaces et la perte de sols de grande valeur du fait de l'extension de la surface d'habitat et d'infrastructure, les répercussions climatiques joueront un rôle croissant au cours des prochaines décennies, en particulier si des interactions entre différentes espèces déterminantes pour la pollinisation des plantes cultivées sont perturbées par les impacts des changements climatiques. La dégradation des écosystèmes du paysage cultivé est considérée comme un risque climatique très élevé.

2.5.2 Multiplication des organismes nuisibles

Les espèces thermophiles, qu'elles soient indigènes ou exotiques, peuvent de mieux en mieux hiverner du fait de la hausse des températures et, par conséquent, accroître leur densité de population ou s'établir dans de nouveaux environnements. Certaines de ces espèces peuvent transmettre des agents pathogènes d'un animal infecté à un être humain ou à un autre animal⁹⁹. De tels vecteurs pathogènes posent un risque pour la santé humaine et animale. Des vecteurs déjà établis – en Suisse, il s'agit surtout des tiques – peuvent coloniser de nouvelles zones en altitude. Il est également possible que les changements climatiques entraînent l'apparition de vecteurs totalement nouveaux en Suisse ou accélèrent leur colonisation, comme cela a été le cas pour le moustique tigre ces dernières années. La modification de la composition des espèces, en particulier la propagation sans entrave des espèces exotiques envahissantes en l'absence de leurs prédateurs naturels, peut aussi avoir des incidences négatives sur les fonctions des écosystèmes⁹⁵. Les organismes nuisibles (insectes, champignons et végétaux) peuvent produire des substances toxiques ou allergisantes qui, à leur tour, nuisent à la santé des êtres humains et des animaux de rente¹⁰⁰. Par exemple, des agents pathogènes comme les salmonelles et les *Campylobacter* peuvent mieux se développer dans un climat chaud et humide et compromettre la sécurité des denrées alimentaires¹⁰¹. Des dommages considérables survenant dans l'agriculture et l'économie forestière peuvent aussi être causés par des ravageurs, car le développement de ceux-ci a lieu plus tôt dans l'année et des générations supplémentaires peuvent apparaître¹⁰⁰.

Exposition et vulnérabilité

La propagation de vecteurs pathogènes et d'organismes nuisibles constitue un risque pour la santé humaine. Actuellement, les tiques, principaux vecteurs pathogènes en Suisse, peuvent transmettre des maladies telles que la borréliose ou la méningo-encéphalite verno-estivale¹⁰². Le moustique tigre, déjà établi dans certaines parties de la Suisse, pourrait aussi transmettre des maladies infectieuses tropicales qui n'avaient jusqu'à présent pas fait leur apparition sur le territoire. Les plantes allergisantes sont également déterminantes pour la santé humaine. En effet, environ 20 % de la population suisse souffre d'une allergie au pollen¹⁰³. Avec l'allongement de la période de végétation, de nombreux végétaux libèrent leur pollen plus tôt, tandis que les changements climatiques favorisent la propagation de certaines plantes très allergisantes comme l'ambroisie¹⁰³. Si ceux-ci amènent les êtres humains à passer plus de temps à l'extérieur, l'exposition à ces nuisances devrait encore augmenter.

Les espèces exotiques envahissantes se propagent souvent le long des voies de communication¹⁰⁰, ce qui montre que non seulement le climat dominant mais aussi des facteurs non climatiques comme les échanges commerciaux et les voyages touristiques jouent un rôle déterminant dans la dissémination de nombreuses espèces. D'après le scénario de référence de l'évolution démographique, la population suisse augmentera de 20 % d'ici 2050¹³. Le commerce et le tourisme devraient également poursuivre leur progression⁹¹. Il faut donc s'attendre à ce que non seulement des organismes nouvellement établis comme le moustique tigre, mais aussi des vecteurs établis et des plantes allergisantes continuent de se propager. La lutte – lorsqu'elle est possible – n'est pas la même pour toutes les espèces. Outre la lutte directe, par exemple avec des biocides ou par la stérilisation des moustiques mâles, la sensibilisation de la population à la gestion des nouvelles menaces est primordiale.

Dès aujourd'hui, l'agriculture est elle aussi affectée par les organismes nuisibles. Les ravageurs sont surtout présents dans les cultures maraîchères, fruitières et viticoles, et de manière générale dans les régions agricoles suisses situées à basse altitude. Les analyses montrent que, depuis 1960, différents organismes nuisibles ont progressé en altitude et vers le nord, et que les densités de population ont augmenté

au printemps en raison de la douceur hivernale¹⁰⁴. La dissémination se fait également par les échanges commerciaux et par le trafic touristique, mais elle peut être renforcée par les changements climatiques. À l'avenir, il faut escompter une augmentation de la pression des ravageurs, principalement dans les régions de basse altitude¹⁰⁴. Les insectes nuisibles comme le scarabée japonais sont particulièrement dangereux, car ils sont plus mobiles que les végétaux et peuvent se reproduire rapidement.

La détention d'animaux de rente peut elle aussi être affectée par la propagation de vecteurs pathogènes et de végétaux toxiques (comme le séneçon du Cap). La Suisse a ainsi déjà connu des cas de fièvre catarrhale du mouton (maladie de la langue bleue) transmise par des moustiques à des bovins et à des ovins. Mais, d'ici 2060, l'exposition des animaux de rente devrait diminuer en Suisse, dans la mesure où les objectifs fixés dans la Projection Agriculture et secteur agroalimentaire suisses à l'horizon 2050 seront atteints et où le nombre d'animaux diminuera en conséquence³⁰.



Groupes de population particulièrement touchés

Il n'existe, pour la Suisse, aucune étude approfondie qui analyse si et, le cas échéant, dans quelle mesure des groupes de population donnés sont affectés par la modification des milieux naturels dans le contexte des changements climatiques. De manière générale, les personnes âgées et malades sont davantage concernées par les conséquences des maladies infectieuses transmises par des vecteurs que les personnes jeunes et en bonne santé. À l'inverse, ces dernières passent plus de temps à l'extérieur et sont donc plus exposées aux morsures de tiques et aux piqûres de moustiques. Tel est également le cas des femmes enceintes, qui sont particulièrement vulnérables à certaines maladies infectieuses tropicales comme le virus zika¹⁷. En outre, les personnes souffrant d'une allergie au pollen ou travaillant en plein air sont très exposées aux effets de la modification de la composition des espèces due aux changements climatiques.

Enfin, les organismes nuisibles posent aussi un défi à l'économie forestière : elle doit faire face à des insectes nuisibles comme le bostryche, à des espèces végétales envahissantes telles que l'ailante ou le palmier chanvre, ainsi qu'à un certain nombre de nématodes et de champignons. Sous l'effet des fortes chaleurs et de la sécheresse, les arbres s'affaiblissent et deviennent plus sensibles aux organismes nuisibles⁵. L'épicéa illustre parfaitement cette situation. Il demeure l'essence la plus répandue en Suisse³¹, mais l'adéquation des sites au climat a considérablement changé au cours des dernières décennies. En de nombreux endroits du Plateau, les



Moustique tigre asiatique : il importe en Europe centrale de nouveaux agents pathogènes comme le virus de la dengue. Photo : Roger Eritja / Keystone / Biosphoto

Propagation du moustique tigre

Le moustique tigre asiatique est une espèce de moustique exotique envahissante en Suisse. Il a été identifié pour la première fois en 2003 au Tessin et, depuis, s'est largement disséminé, en particulier dans les cantons du Tessin, de Bâle-Ville et de Genève, ainsi que dans les vallées méridionales des Grisons. Le moustique tigre est considéré comme très inconfortable, car il est également actif le jour. En outre, il peut transmettre des agents pathogènes et des virus (dengue, chikungunya, zika). Jusqu'à présent, rien n'indique que de telles transmissions virales se sont produites en Suisse, mais c'est déjà le cas dans des pays voisins comme la France et l'Italie. C'est pourquoi le moustique tigre fait aujourd'hui déjà l'objet d'une surveillance active et d'une lutte préventive¹⁰⁶.

peuplements d'épicéa sont aujourd'hui affaiblis, et les dommages occasionnés par le bostryche ces dernières années ont été par conséquent considérables¹⁰⁵. Grâce à une composition des essences adaptées aux conditions locales, il est possible de protéger plus efficacement et durablement la forêt contre les risques liés aux différents organismes nuisibles. Mais d'ici 2060, il faut s'attendre à une vulnérabilité accrue, parce que l'adaptation ne peut se faire qu'à un rythme lent et que des ravageurs encore inconnus peuvent faire leur apparition. À moyen terme, ce sont aussi de précieux services rendus par les forêts suisses, comme l'effet protecteur pour la population, les habitations et les infrastructures, notamment de transport, qui sont menacés.

Risques climatiques

Le climat, mais également les échanges commerciaux et les voyages, détermine la présence d'organismes nuisibles en Suisse. Aujourd'hui déjà, les maladies transmises par les tiques représentent un risque sanitaire majeur. À l'avenir, des maladies infectieuses tropicales pourraient aussi être transmises par des vecteurs nouvellement établis en Suisse. Par ailleurs, l'allongement de la période de végétation augmente les concentrations d'allergènes végétaux. Les atteintes à la santé humaine par un nombre croissant d'organismes nuisibles sont considérées comme des risques climatiques très élevés. La détention d'animaux de rente est elle aussi exposée aux risques liés aux organismes nuisibles. Toutefois, conformément aux objectifs du Conseil fédéral³⁰, le nombre d'animaux de rente en Suisse devrait reculer au cours des prochaines décennies, ce que réduira également l'exposition. Les atteintes à leur santé par un nombre croissant d'organismes nuisibles sont donc considérées comme des risques climatiques modérés. Dans les cultures agricoles aussi, il faut s'attendre à davantage de dommages, puisque de nouveaux organismes nuisibles arrivent en Suisse, les ravageurs indigènes prolifèrent ou l'humidité extrême favorise les maladies. Les pertes subies par l'agriculture du fait de la multiplication des organismes nuisibles sont considérées comme des risques climatiques élevés. Enfin, les atteintes que les attaques parasitaires ou la prolifération de plantes envahissantes portent aux prestations forestières peuvent être étendues et durables. Les dommages aux forêts causés par la multiplication des organismes nuisibles sont considérés comme des risques climatiques modérés.

2.5.3 Altération du paysage

En Suisse, le paysage se modifie sous l'effet des changements climatiques. Les prairies et forêts souffrant de la sécheresse (où le jaune et le marron remplacent le vert) ainsi que des niveaux d'eau bas caractérisent le paysage estival. En montagne, la limite de la forêt s'élève, la neige fait défaut et les glaciers fondent avec la hausse des températures. Ces modifications façonnent le paysage et peuvent le rendre moins attrayant pour la détente, les activités de loisirs et le tourisme⁹⁵. Des glissements de terrain, des coulées de boue, des chutes de pierres ou des éboulements peuvent conduire à la fermeture de chemins (de randonnée) et limiter ou empêcher l'accès à certaines zones alpines, parfois pendant



Une équipe de mesure redescend vers la marge proglaciaire du glacier de Findelen (VS), qui était couverte d'épaisses masses de glace il y a encore une décennie. Photo : Matthias Huss / École polytechnique fédérale de Zurich (VAW-EPFZ, 19.9.2023)

Fonte des glaciers

Les glaciers sont des éléments d'identification et des attractions touristiques de l'espace alpin ; certains glaciers attirent chaque année des dizaines de milliers de visiteurs¹⁰⁹. En 2022 et 2023, la Suisse a perdu 10 % du volume total de ses glaciers¹¹⁰, soit autant de glace en deux années qu'entre 1960 et 1990^{83,110}. La fonte du glacier du Rhône est freinée par des bâches en polyester destinées à préserver l'accès à une grotte de glace touristique. Localement, la fonte est ralentie à hauteur de 70 %¹¹¹. Cependant, étendre cette solution et empêcher ainsi la fonte de tout le glacier est irréalisable, coûteux¹¹² et intolérable du point de vue de la protection du paysage.

une longue période. Par ailleurs, certaines particularités naturelles et culturelles, porteuses de l'identité du paysage suisse, pâtissent de ces changements.

Exposition et vulnérabilité

Le sport et l'activité physique en plein air et dans la nature ont beaucoup gagné en importance ces dernières années. À cet égard, l'attractivité du paysage joue un rôle majeur¹⁰⁷. Le tourisme profite lui aussi d'un cadre paysager fait de glaciers, de neige et d'eaux. Aujourd'hui, le tourisme est un secteur économique de premier plan, surtout dans les régions de montagne : il génère environ un cinquième de la valeur ajoutée brute⁸³. Ce sont précisément les paysages de haute montagne qui vont considérablement changer d'ici 2060. Toutefois, il n'est guère possible d'évaluer l'attractivité touristique des paysages après la fonte des glaciers³⁴. À l'avenir, le paysage sera principalement marqué par des activités humaines telles que l'extension de la surface d'habitat et d'infrastructure, le développement des énergies renouvelables ou les ouvrages de protection contre les dangers naturels comme les crues ou les coulées de boue¹⁰⁸.

Risques climatiques

L'aspect du paysage est le fruit d'une multitude d'évolutions climatiques et non climatiques. Jusqu'à présent, les impacts liés au climat étaient surtout visibles sur les sites alpins de haute altitude. À l'avenir, les périodes de sécheresse altéreront le paysage dans d'autres régions également, même si les modifications les plus importantes sont à attendre dans les régions de haute montagne, où les glaciers fondent, où la neige se fait rare et où la limite de la forêt s'élève. Ces changements auront un impact majeur sur l'attractivité du paysage pour les activités de loisirs et sur le potentiel touristique. Comme les paysages sont porteurs d'identité, des valeurs immatérielles et culturelles de la Suisse peuvent être affectées par un nombre croissant de changements. De manière générale, les modifications de l'attractivité du paysage sont considérées comme des risques climatiques modérés.



Une moissonneuse récolte du blé près de Carmangay, au Canada. Des éoliennes figurent en arrière-plan. Les impacts des changements climatiques à l'étranger peuvent avoir de lourdes répercussions en Suisse par le biais des importations et des exportations de biens. Photo : Larry MacDougal / Keystone / AP MCDOL (10.11.2020)

3 Risques inhérents aux changements climatiques à l'étranger

Non seulement les changements climatiques en Suisse présentent des risques, mais les changements climatiques à l'étranger déterminent eux aussi la situation du pays en matière de risques. En raison d'interdépendances économiques et politiques traditionnellement fortes, la Suisse est affectée par les changements climatiques qui surviennent en dehors de ses frontières, ce qui porte atteinte au développement de son économie.

3.1 Vue d'ensemble des risques

Les changements climatiques sont un phénomène international qui a des répercussions sur l'environnement, sur la société et sur l'économie. Dans un monde globalisé, les changements climatiques survenant quelque part sur la planète peuvent avoir un impact sur la Suisse, du fait des interdépendances économiques, politiques et sociales. En tant qu'économie ouverte, la Suisse est en relation avec des acteurs dispersés aux quatre coins du globe, raison pour laquelle elle est particulièrement affectée par les changements climatiques à l'étranger. Aux risques présents à l'intérieur des frontières s'ajoute une constellation de risques complexe comptant diverses dépendances et rétroactions.

De nombreux impacts liés au climat sur le territoire national et à l'étranger peuvent se manifester sous forme de risques systémiques du point de vue de la Suisse. On entend par là des risques qui apparaissent ou se renforcent en Suisse et à l'étranger du fait de différentes menaces climatiques comme la canicule, la sécheresse ou les fortes précipitations et qui peuvent affecter des systèmes entiers à travers de longues chaînes de processus. Souvent, de tels risques systémiques sont aussi le fruit de risques combinés, c'est-à-dire lorsque différents dangers surviennent simultanément ou successivement à un endroit (voir chap. 4).

Ces dernières années, la thématique des risques systémiques et des impacts des changements climatiques au-delà des frontières nationales a gagné en importance à l'échelle du monde et de la Suisse. Ainsi, la Grande-Bretagne a défini l'effondrement des chaînes d'approvisionnement et des réseaux de distribution lié au climat ainsi que les risques climatiques à l'étranger en général comme deux des huit domaines à risques prioritaires¹¹³. Pour l'Allemagne, les impacts des changements climatiques sur le commerce extérieur ont été chiffrés et jugés au moins aussi importants que les conséquences directes sur le territoire allemand¹¹⁴. En abordant les domaines « perturbations des infrastructures critiques », « interruptions des chaînes d'approvisionnement internationales » ainsi que « crises financières et instabilité », l'Union européenne (UE) a elle aussi analysé plusieurs risques systémiques¹⁷. Pour la Suisse, un vaste état des lieux avait été dressé en 2018 au sujet des impacts des changements climatiques mondiaux sur les relations commerciales et sur la politique extérieure de la Suisse¹¹⁵. Dans le cadre du programme NCCS-Impacts, un projet analyse actuellement dans le détail les effets des changements climatiques globaux sur la performance économique de la Suisse ainsi que sur les principales chaînes d'approvisionnement en matières premières, en denrées alimentaires et en produits pharmaceutiques¹¹⁶.

Les risques systémiques pertinents pour la Suisse sont notamment liés aux domaines « chaînes d'approvisionnement internationales », « infrastructures transfrontalières », « système financier mondial » et « sécurité et stabilité internationales » (fig. 9).

Chaînes d'approvisionnement internationales

En raison de la forte interdépendance économique, les impacts des changements climatiques à l'étranger peuvent se répercuter en Suisse par le biais des importations et des exportations de biens et de services. Le pays d'approvisionnement peut faire face à des changements dans ses conditions

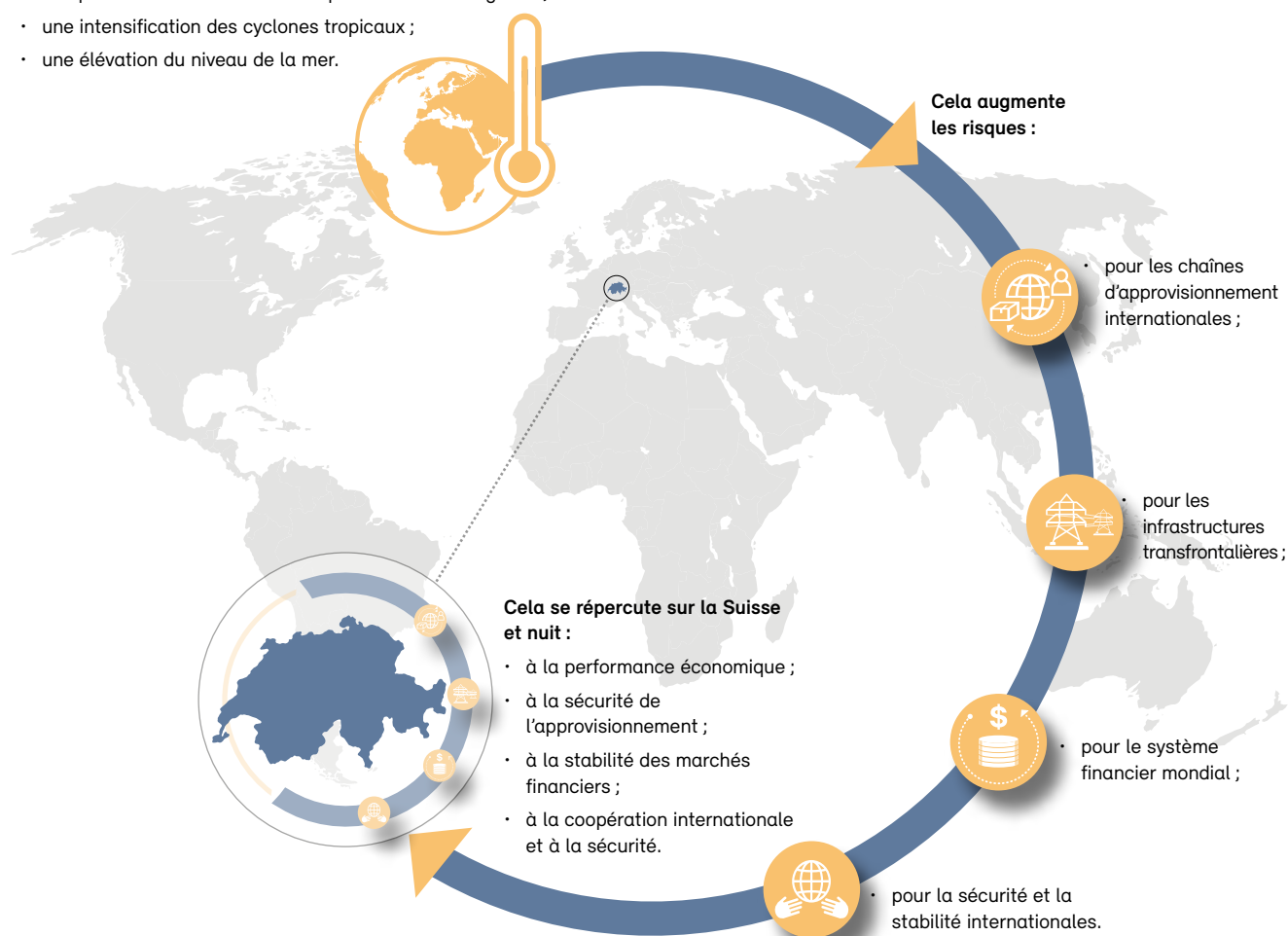
de production et à des arrêts de production, tandis que le pays de commercialisation peut y connaître une entrave au développement économique et une modification de la structure de la demande. Les impacts des changements climatiques dans les pays d'approvisionnement et de commercialisation se combinent à des influences économiques et des tendances globales supérieures, comme l'évolution conjoncturelle générale de l'économie mondiale, l'accès aux marchés financiers, le contexte politique et le développement technologique. Ce sont en particulier la stabilité politique et l'évolution des conditions géopolitiques qui exercent une grande influence sur la performance économique.

Figure 9

Vue d'ensemble des risques pour la Suisse induits par les changements climatiques à l'étranger

Les changements climatiques à l'échelle mondiale provoquent :

- une multiplication des canicules ;
- une intensification des fortes précipitations ;
- des périodes de sécheresse marquées au niveau régional ;
- une intensification des cyclones tropicaux ;
- une élévation du niveau de la mer.



Les atteintes portées aux chaînes d'approvisionnement peuvent avoir diverses conséquences : prix en hausse, volatilité accrue des prix et fluctuations de la qualité des marchandises importées, coûts du transport plus élevés, baisse des exportations vers des pays exposés aux changements climatiques et atteinte à la sécurité de l'approvisionnement en biens essentiels tels que les denrées alimentaires, les médicaments ou les matières premières critiques¹¹⁵. Du fait de l'importance centrale de l'approvisionnement alimentaire dans l'approvisionnement de base, ce thème est mis en avant au point 3.2.

Actuellement, il n'est guère possible d'évaluer de manière générale l'importance de ces risques pour la Suisse en raison de la diversité des biens et services commercialisés ainsi que des pays d'importation et d'exportation. Mais les risques concernent avant tout les entreprises et les branches dont la part des exportations vers des pays vulnérables est élevée ou qui dépendent beaucoup des marchandises provenant de régions sensibles au climat. Les premières analyses quantitatives pour l'Allemagne montrent que les impacts climatiques hors Europe pourraient affecter l'économie allemande, par le biais du commerce mondial, encore plus fortement que les conséquences directes sur son territoire. Cette situation s'explique par le fait que les régions de l'UE sont moins impactées par les effets directs des changements climatiques que le reste du monde¹¹⁴.

Infrastructures transfrontalières

Les infrastructures de transport, d'énergie et de communication sont de plus en plus exposées à des phénomènes extrêmes comme la canicule, les inondations ou les glissements de terrain. Ces infrastructures font souvent partie d'un réseau transfrontalier cohérent, ce qui fait qu'une panne ou une défaillance à un point du réseau peut se répercuter sur tout le système. Le fonctionnement de ces infrastructures peut être perturbé par des dommages physiques directs, par des capacités de transmission réduites ou par des arrêts dus à des effets en cascade¹⁷. Les risques potentiellement importants pour la Suisse sont la dégradation de la sécurité de l'approvisionnement en électricité et en énergie, ainsi que les perturbations des technologies de l'information et de la communication qui en découlent. En raison des conséquences potentiellement graves pour l'économie et la société suisses, les impacts

des changements climatiques sur l'approvisionnement en électricité sont approfondis au point 3.3.

Système financier mondial

Les pertes économiques dues aux événements météorologiques et climatiques extrêmes se font sentir à plusieurs titres sur les finances publiques, sur les banques, sur les assurances, sur les investisseurs et sur les marchés financiers. Le système financier lui-même met à la disposition de l'économie réelle d'importants services financiers ainsi que des avoirs. Les potentiels chocs climatiques sur l'économie peuvent se propager en cascade par le biais du système financier (p. ex. en raison d'un taux plus élevé appliqué aux dettes impayées) et altérer sa fonction d'instrument pour les transactions et le financement pour l'économie réelle¹⁷. À l'échelle internationale, les changements climatiques sont donc de plus en plus considérés comme un risque sérieux pour la stabilité des marchés financiers¹⁷. L'UE estime que les risques climatiques sont élevés pour les finances publiques, pour les marchés financiers européens et pour les marchés de l'immobilier et de l'assurance en Europe ; elle s'attend à une nette augmentation de ces risques à l'avenir¹⁷. Même si la Suisse ne dispose pas pour l'heure d'analyses spécifiques, il faut partir du principe que ces estimations sont également valables pour elle. L'atteinte portée au système financier aurait des effets qui dépasseraient largement les frontières : à l'échelle internationale, la place financière suisse représente le principal centre de gestion de fortune transfrontalière¹¹⁸, et le marché suisse de l'assurance fait partie des 20 plus importants au monde¹¹⁹.

Sécurité et stabilité internationales

De nombreux pays en développement connaîtront des vagues de chaleur, des périodes de sécheresse, des saisons hivernales peu enneigées, des fortes précipitations et de violentes tempêtes plus fréquentes et plus intenses au cours des prochaines décennies¹²⁰. De tels événements extrêmes, mais aussi les conséquences de changements insidieux, comme la hausse des températures moyennes et l'élévation du niveau de la mer, qui sont déjà perceptibles aujourd'hui, portent atteinte au bien-être, à la santé et aux ressources fondamentales des êtres humains. Les personnes pauvres, fortement dépendantes des ressources naturelles et, pour la plupart, à faible capacité d'adaptation sont particulièrement affectées¹²⁰. Là où les risques

climatiques se superposent à des évolutions socio-économiques et à des contextes fragiles, les changements climatiques deviennent un multiplicateur potentiel de conflits violents et de flux migratoires¹¹⁵. Non seulement les changements climatiques menacent la réalisation des objectifs de coopération au développement, mais ils peuvent aussi se répercuter sur la sécurité et la stabilité internationales et, par conséquent, sur la Suisse.

3.2 Impacts sur l'approvisionnement alimentaire

En Suisse, l'approvisionnement alimentaire dépend beaucoup des importations. Les impacts des changements climatiques à l'étranger peuvent se traduire par des hausses de prix, des fluctuations de qualité et des retards de livraison. Comme la plupart des produits sont importés à partir de pays moins vulnérables et que les denrées alimentaires peuvent être aisément substitués, l'approvisionnement alimentaire dans son ensemble n'est pas perturbé. Néanmoins, les changements climatiques jouent un rôle de plus en plus important concernant les produits sensibles au climat, comme le café.

Le système alimentaire comprend toutes les composantes et activités allant de la production à la consommation des denrées alimentaires en passant par leur transformation et leur distribution. Les changements climatiques impactent tous les niveaux du système alimentaire et, par conséquent, influencent l'approvisionnement.

Dans le monde entier, l'évolution du régime des précipitations, la hausse des températures, les événements extrêmes, la sécheresse et la disponibilité réduite en eau exercent une forte influence en particulier sur la production agricole, y compris sur les biens intermédiaires comme les semences, le fourrage ou les engrais. L'influence du climat varie considérablement en fonction du produit et de la zone de production.

Concernant le transport, la transformation et le stockage des denrées alimentaires, de faibles niveaux d'eau dus à la sécheresse peuvent compromettre les itinéraires empruntés pour l'importation des produits, notamment le Rhin ou le canal de Panama, et ainsi faire monter les coûts.

On peut aussi songer à des interruptions, liées au climat, de la chaîne du froid, par exemple du fait de dommages à l'infrastructure électrique causés par des événements extrêmes et susceptibles de nuire localement à la disponibilité des denrées alimentaires, à leur distribution et à leur consommation.



Le responsable d'une plantation de café inspecte les caféiers endommagés par le gel, après une intense vague de froid qui s'est abattue sur le sud du Brésil le 30 juillet 2021.

Photo : Cassio Roosevelt / Reuters

Conséquences sur les chaînes d'approvisionnement du café

La Suisse est un acteur incontournable du commerce mondial du café. En 2022, quelque 225 000 tonnes de café vert ont été importées en Suisse, principalement du Brésil¹²⁶. Près de la moitié a été transformée, torréfiée et réexportée. La valeur marchande des exportations avoisinait 3,3 milliards de francs en 2022¹²⁶. Ainsi, la Suisse compte parmi les cinq plus gros exportateurs de café au monde. En outre, comme le café fait partie de l'approvisionnement de base en Suisse, il est contenu dans les réserves obligatoires en matière d'alimentation¹²⁹. En 2021, les plantations de café brésiliennes ont subi une sécheresse suivie d'un gel sévère. Environ 200 000 hectares de caféiers ont été détruits¹³⁰. Dans le monde entier, les prix de gros du café sont montés en flèche, et cette flambée a été ressentie par les consommateurs et par les commerçants. En novembre 2021, le prix indicatif de l'Organisation internationale du café a bondi de 78 % par rapport à l'année précédente¹³¹.

Les risques pour l'approvisionnement alimentaire suisse incluent donc les modifications de la disponibilité, de la qualité, des prix des biens intermédiaires et des produits agricoles, ainsi que les retards de livraison et les pénuries. Les facteurs climatiques et non climatiques se superposent dans une large mesure et leur interaction caractérise les risques auxquels est exposé l'approvisionnement alimentaire. Les facteurs non climatiques tels que la croissance démographique, les crises géopolitiques, les restrictions commerciales, les concentrations dans le système alimentaire mondial, l'évolution des habitudes de consommation ou la perte de terres agricoles au profit d'autres utilisations des sols, se répercutent à tous les niveaux de la création de valeur du système alimentaire et jouent un rôle central pour l'approvisionnement alimentaire de la Suisse.

Signal climatique

Concernant les risques systémiques comme l'approvisionnement alimentaire, certains signaux climatiques n'agissent que de manière isolée sur les différents niveaux du système alimentaire. C'est donc plutôt l'interaction de plusieurs dangers liés au climat qui est décisive dans ce domaine. De façon générale, la production agricole dépend beaucoup des facteurs climatiques. Comme c'est le cas en Suisse, l'évolution du régime des précipitations, la hausse des températures, les événements extrêmes, la sécheresse et la disponibilité réduite en eau jouent un rôle important dans la production mondiale. Les changements climatiques qui affectent les pays d'approvisionnement et les marchandises incontournables, qui sont d'une grande ampleur ou qui touchent des biens particulièrement sensibles au climat revêtent une grande pertinence pour l'approvisionnement alimentaire de la Suisse. On peut citer par exemple la sécheresse persistante dans le bassin méditerranéen, à partir duquel la Suisse importe beaucoup de légumes et de fruits (voir « Exposition et vulnérabilité »). Les changements climatiques ont en effet intensifié les sécheresses dans le bassin méditerranéen¹²¹ et il faut s'attendre à ce que le secteur agricole européen doive à l'avenir davantage faire face à des sécheresses plus étendues, plus sévères et plus longues¹⁷. Autre illustration des signaux climatiques pertinents : les changements liés à la répartition et à la variabilité des précipitations ainsi qu'à la hausse des températures sont insidieux dans les pays producteurs de café en Amérique centrale et en Amérique du Sud,

notamment au Brésil, qui est le numéro un mondial. À l'échelle de la planète, les zones adaptées à la culture du café connaîtront un net recul d'ici 2050 dans toutes les régions de production importantes. C'est principalement la hausse des températures moyennes annuelles qui provoque ces détériorations de l'adéquation¹²².

Outre la production agricole dans les pays d'origine, les signaux climatiques peuvent aussi affecter les itinéraires indispensables aux importations agricoles. En 2023, une sécheresse en Amérique centrale a par exemple imposé une restriction du trafic maritime dans le canal de Panama¹²³.

Exposition et vulnérabilité

Ces dernières années (2010-2021), le taux d'autosuffisance de la Suisse, incluant le fourrage importé, a oscillé entre 52 et 64 %. En 2021, il s'élevait à 33 % pour les denrées alimentaires d'origine végétale, contre 95 % pour les denrées alimentaires d'origine animale¹²⁴. Une proportion considérable de la production indigène de denrées alimentaires animales repose sur le fourrage importé. Ainsi, l'approvisionnement alimentaire suisse dépend largement des importations de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux et est exposé aux changements climatiques dans les pays d'origine. Une augmentation des impacts climatiques sur la production agricole pourrait entraîner des répercussions considérables sur l'approvisionnement alimentaire de la Suisse.

En 2022, 72 % des importations agricoles provenaient de l'UE, essentiellement d'Allemagne, d'Italie et de France¹²⁴. Actuellement, la vulnérabilité de ces pays aux risques climatiques, mais aussi aux facteurs non climatiques, comme la gouvernance ou la capacité d'exportation, est considérée comme faible¹²⁵. En fonction des produits importés, la situation est toutefois nuancée.

En 2021, le taux d'autosuffisance pour les céréales (y c. le riz) était de 46 %¹²⁶. Dans l'ensemble, les principaux pays d'importation de blé (Allemagne et Autriche pour le blé tendre et Canada pour le blé dur)¹²⁷ sont considérés comme peu vulnérables aux facteurs climatiques et non climatiques. Par contre, la culture de riz dans les principaux pays d'importation (Italie, Thaïlande, Inde) est potentiellement affectée par une modification du régime des précipitations, étant donné que le riz a des besoins élevés en eau ou en irrigation.

S'agissant des graines oléagineuses qui jouent un rôle central pour l'approvisionnement alimentaire, les importations sont considérées comme vulnérables en raison de la concentration sur quelques pays exportateurs¹²⁵. Si ces pays subissent des changements climatiques ou des pertes de récoltes dues à des organismes nuisibles, les conséquences peuvent être perceptibles en Suisse également.

Pour les légumes et les fruits, la Suisse affiche également un faible taux d'autosuffisance, avec respectivement 39 % et 22 %¹²⁶. Ces denrées sont essentiellement importées d'Espagne et d'Italie, où la production est de plus en plus menacée par une sécheresse et une pénurie d'eau croissantes. Toutefois, elles peuvent être facilement substituées étant donné qu'il est possible d'opter pour d'autres variétés.

Enfin, la Suisse importe aussi des produits largement répandus qui sont cultivés dans des régions tropicales, comme le café, le cacao et les bananes. La production de café, notamment, peut être affectée par la variabilité des précipitations et par la hausse des températures. Les fèves de cacao, principalement importées du Ghana et d'Équateur¹²⁸, sont quant à elles sensibles au décalage de la saison humide.

En raison de la diversité des produits essentiels pour l'approvisionnement alimentaire, des dépendances vis-à-vis des importations et des pays producteurs, il n'est pas possible d'apprécier de manière générale l'évolution de l'exposition et de la vulnérabilité. Cependant, il faut partir du principe qu'à l'avenir le taux d'autosuffisance sera comparable³⁰ et que les risques climatiques à l'étranger joueront un rôle de plus en plus important sur la production et le transport des denrées alimentaires. Différentes adaptations peuvent néanmoins atténuer l'exposition et la vulnérabilité de l'approvisionnement alimentaire. Ainsi, la diversification des chaînes logistiques permet de répartir les risques et d'améliorer la stabilité du système¹¹⁵. Dans de nombreux groupes de produits comme les légumes et les fruits, la substitution de produits particulièrement vulnérables est possible, sans que l'approvisionnement alimentaire en soit affecté dans sa globalité. Enfin, pour

les produits longue conservation, essentiels pour l'approvisionnement de base, il est également possible de créer des capacités de stockage ou de les étendre afin de remédier à des difficultés à court terme. En Suisse, les réserves obligatoires en matière d'alimentation contiennent entre autres des céréales, des corps gras ou du café, ainsi que des moyens de production comme des engrais et du fourrage, et peuvent couvrir les besoins durant plusieurs mois¹²⁹.

Risques climatiques

Les changements climatiques peuvent avoir des conséquences directes et indirectes sur tous les niveaux du système alimentaire et interagir avec des facteurs non climatiques. La Suisse est particulièrement exposée aux changements climatiques à l'étranger du fait de son faible taux d'autosuffisance mais, en cas d'éventuels arrêts de production liés au climat survenant sur son territoire, elle est en mesure d'atténuer ces risques grâce aux possibilités d'importation depuis l'étranger. En fonction du produit, du lieu de production et de l'interaction entre les risques climatiques en Suisse et à l'étranger, les risques peuvent être différents. Les risques liés aux produits sensibles au climat, comme le café, et aux produits dont le marché est très concentré peuvent être particulièrement élevés. Il en ressort avant tout des pertes de qualité, un renchérissement des importations ou des retards de livraison. La Suisse n'est guère concernée par de véritables pénuries liées au climat ou par des restrictions critiques dans l'approvisionnement alimentaire, entre autres du fait du fort pouvoir d'achat et, par conséquent, de la capacité à acheter des produits disponibles sur le marché mondial à des prix plus élevés. Aujourd'hui, malgré des signaux climatiques, les importations de denrées alimentaires sont considérées comme peu vulnérables dans l'ensemble, ce qui s'explique essentiellement par le fait que les principaux pays d'importation sont stables et relativement peu affectés par les changements climatiques. En outre, le caractère mondial du marché permet une large substitution par d'autres pays d'importation ou produits. Toutefois, au fur et à mesure que les changements climatiques se feront sentir, les risques pourront s'accroître.

3.3 Impacts sur l'approvisionnement en électricité

Aujourd'hui, pour s'approvisionner en électricité, la Suisse est tributaire des importations, en particulier en hiver. C'est pourquoi les risques climatiques dans les systèmes électriques étrangers peuvent se répercuter sur l'approvisionnement de la Suisse en électricité et, dans le pire des cas, causer des coupures de courant. Mais, de manière générale, l'intégration du pays dans le réseau interconnecté européen stabilise le système. À l'avenir, elle devrait se révéler encore plus importante du fait du développement forcé des énergies renouvelables avec leurs modes de production souvent saisonniers.

Un approvisionnement en électricité sûr signifie que les centrales suisses et étrangères existantes ainsi que les réseaux électriques qui permettent le transport et la distribution de l'énergie produite doivent être à tout moment capables de répondre à la demande en électricité³². Les changements climatiques se répercutent, via différents mécanismes, sur la production électrique, sur le réseau électrique et sur la demande en électricité, ce qui influence l'approvisionnement en électricité. Comme la Suisse est étroitement liée au réseau interconnecté européen, les changements climatiques survenant non seulement sur le territoire national, mais aussi à l'étranger (dans les pays voisins), revêtent une grande importance pour son futur approvisionnement en électricité. Actuellement, le pays dépend des importations d'électricité, en particulier en hiver, tandis qu'il peut généralement en exporter en été⁵¹.

Différents effets des changements climatiques, notamment les périodes de canicule, la sécheresse, les crues et les mouvements de terrain gravitaires, influent sur la production d'électricité. L'influence concrète varie beaucoup selon le mode de production de l'électricité. Au niveau des réseaux de transport d'électricité, des événements extrêmes peuvent causer des coupures de lignes et, par conséquent, des instabilités sur tout le réseau. Par ailleurs, la demande en électricité est elle aussi soumise aux changements climatiques, en particulier en cas de hausse estivale des besoins en énergie de refroidissement.

Au cours des prochaines décennies, le développement de la production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables modifiera l'approvisionnement en électricité

et sa vulnérabilité aux facteurs d'influence climatiques. Ces évolutions font actuellement l'objet d'un examen complet dans le cadre d'un projet de recherche de la Confédération qui prend aussi en considération les répercussions en cascade sur les infrastructures et réseaux dépendants de l'énergie³³. Par ailleurs, la sécurité de l'approvisionnement en électricité dépend de l'intégration de la Suisse dans le système électrique européen. Cette intégration revêt une grande importance dans la mesure où, du fait de l'abandon des agents énergétiques fossiles, l'électricité jouera à l'avenir un rôle encore plus incontournable dans l'approvisionnement de la Suisse en énergie²².

Signal climatique

Comme avec les autres risques systémiques, il convient d'adopter une approche globale concernant l'approvisionnement en électricité et de prendre en considération l'interaction de plusieurs modifications liées au climat au niveau de la production d'électricité, de la distribution de l'électricité et de la demande en électricité. Dans les pays voisins, il faut s'attendre à des changements climatiques similaires à ceux décrits pour la Suisse dans les chapitres précédents.

Au cours des prochaines décennies, l'Europe sera exposée à des périodes de canicule plus nombreuses, à une sécheresse accrue (en particulier dans les régions méridionales) et à des événements extrêmes plus fréquents et plus intenses¹⁷. Ces changements influent aussi sur l'approvisionnement en électricité dans les différents pays. Les épisodes caniculaires augmentent les besoins en énergie de refroidissement, tout en compliquant l'exploitation des centrales nucléaires, à charbon et à gaz qui sont refroidies par l'eau fluviale¹⁷. La sécheresse accentue les défis posés par les centrales thermiques refroidies par l'eau fluviale et limite la production hydraulique, en particulier celle des centrales au fil de l'eau³⁴. Par ailleurs, les incendies de forêt peuvent se multiplier et porter atteinte au transport et à la distribution de l'électricité¹⁷.

Les événements extrêmes survenant à l'étranger (dans les pays voisins) qui perturbent l'exploitation des centrales ou du réseau électrique (et des sous-stations notamment) peuvent se répercuter sur la Suisse. Il peut s'agir par exemple de crues ou de mouvements de terrain gravitaires déclenchés par des fortes précipitations de plus en plus intenses, mais aussi de tempêtes. Tandis que l'évolution des vents extrêmes en Suisse n'est pas encore clairement établie, certains éléments

suggèrent que les tempêtes survenant au nord de la Suisse gagneront en intensité sous l'effet des changements climatiques⁵. Contrairement aux tempêtes suisses caractérisées par une topographie à petite échelle, les tempêtes qui balaient l'Europe septentrionale s'étendent parfois sur plusieurs centaines de kilomètres. Si ces vastes systèmes tempétueux gagnaient en intensité à l'avenir, une seule grosse tempête pourrait mettre à mal les capacités de production d'énergie éolienne en mer Baltique et en mer du Nord ainsi que le réseau de transport d'électricité. Outre la production d'énergie éolienne, la production d'énergie solaire est elle aussi fortement dépendante du temps qu'il fait. Rien n'indique si les conditions météorologiques étendues et persistantes qui influencent le rayonnement solaire sur le long terme connaîtront en Europe, au cours des décennies à venir, une évolution à la hausse ou à la baisse sous l'effet des changements climatiques. La situation serait particulièrement délicate si, au même moment, l'éolien ne permettait pas de produire beaucoup d'électricité (phénomène de sécheresse énergétique due à la faiblesse simultanée de l'ensoleillement et du vent, souvent désigné par le terme allemand « Dunkelflaute »).

Exposition et vulnérabilité

Le système helvétique d'approvisionnement en électricité va faire face à de grands bouleversements. Selon les perspectives énergétiques 2050+ de l'OFEN, la Suisse s'approvisionnera en 2050 presque exclusivement en énergie renouvelable²². Les importations et les exportations d'électricité jouent un rôle important aujourd'hui – tel sera également le cas à l'avenir. Le système électrique suisse est physiquement interconnecté avec le système électrique européen. À l'heure actuelle, il compte 41 lignes transfrontalières avec une capacité de réseau de 10 gigawatts (exportation) et de 7 gigawatts (importation)²². En 2022, les importations d'électricité étaient supérieures aux exportations (env. 6 % de la consommation). La prépondérance des importations ou des exportations dans le bilan annuel varie néanmoins d'une année à l'autre¹³⁴. Aujourd'hui, la Suisse est dépendante des importations d'électricité, en particulier durant les mois d'hiver⁵¹. L'infrastructure de transport d'électricité est d'ores et déjà soumise à des contraintes importantes.

Au cours des prochaines décennies, la Suisse devra probablement importer encore plus d'électricité avec la mise hors service prévisible des centrales nucléaires refroidies par l'eau fluviale²². La vulnérabilité aux impacts des changements

climatiques à l'étranger devrait donc augmenter. Or d'ici 2050, le bilan des importations et des exportations s'équilibrera davantage sur l'année grâce au développement de la production d'électricité renouvelable et de la production hydraulique. Néanmoins, les importations et les exportations demeureront importantes à l'avenir également : la Suisse pourra fournir de l'électricité d'origine hydraulique de manière flexible et exporter l'éventuel surplus durant l'été, tandis que de nombreuses régions d'Europe miseront sur l'énergie éolienne avec une part importante de production hivernale dont peut bénéficier la Suisse²². Comme les différentes sources d'énergie se complètent, il est d'autant plus important que la Suisse reste intégrée au marché européen de l'électricité et accélère le développement des capacités nationales et internationales de transport et de réseau. Mais l'accord sur l'électricité avec l'UE ne repose pas sur une base juridique¹³⁵. Il n'est pas encore certain qu'un développement du réseau de transport d'électricité en Suisse puisse permettre de répondre aux flux de charge plus volatils des énergies renouvelables. Au sein de l'infrastructure existante, le système électrique peut être en partie optimisé et sa résilience, améliorée, par la numérisation et la gestion intelligente des flux de charge et de la consommation. Cependant, il faut tabler sur une vulnérabilité accrue du système d'approvisionnement en électricité pour les décennies à venir.

Risques climatiques

Les changements climatiques peuvent avoir des conséquences sur la production électrique, sur les réseaux de transport d'électricité et sur la demande en électricité dans le pays comme à l'étranger. Leur manifestation, à l'avenir, sous forme de risques accrus pour l'approvisionnement de la Suisse en électricité dépend non seulement de la multiplication des périodes de canicule et de sécheresse ainsi que d'autres événements extrêmes, mais aussi de la capacité du futur système d'approvisionnement en électricité à compenser les fluctuations de la production et de la demande d'électricité. Aujourd'hui, il est possible de lisser efficacement les variations par des importations et des exportations d'électricité à l'échelle européenne. Toutefois, le développement des énergies renouvelables augmentera la variabilité de la production d'électricité au cours des prochaines décennies. Pour supporter ces contraintes, les capacités de réseau suisses et transfrontalières doivent être encore renforcées. En cas d'échec ou de découplage complet du marché européen de l'électricité, l'approvisionnement de la Suisse en électricité

serait plus vulnérable aux facteurs d'influence climatiques comme la sécheresse et les tempêtes, car les fluctuations liées au climat ou les chocs dus aux événements extrêmes ne pourraient être qu'insuffisamment compensés par l'intégration dans le réseau interconnecté européen. L'électricité est un fondement élémentaire de la vie économique et sociale. Des pannes de courant multiples et persistantes, mais aussi des mises à l'arrêt temporaires d'industries à titre préventif entraîneraient des coûts très élevés.



Des pompiers éteignent l'incendie de forêt au-dessus de Bitsch, dans le Haut-Valais. Les pentes touchées par les flammes restent pendant plusieurs années sensibles à l'érosion du sol et aux laves torrentielles en cas de fortes précipitations. De telles combinaisons de dangers peuvent renforcer les effets d'un événement.

Photo : Jean-Christophe Bott / Keystone (28.7.2023)

4 Événements imprévus et risques combinés

De nombreux risques liés aux changements climatiques sont difficiles à estimer étant donné qu'ils sont peu probables, qu'ils surviennent de manière inattendue ou qu'ils sont le fruit d'interactions complexes de facteurs climatiques et non climatiques. Une sous-estimation des risques est possible dès lors que les dépendances et les conséquences possibles de tels événements extrêmes ne sont pas prises en compte.

Le chapitre 2 met l'accent sur les différentes modifications induites par les changements climatiques et sur leurs impacts en Suisse. Néanmoins, les risques sont souvent le fruit de la combinaison de plusieurs dangers qui surviennent simultanément ou successivement à un endroit, ainsi que de l'interaction entre des facteurs climatiques et non climatiques. Des facteurs de risque peuvent se renforcer mutuellement, et les conséquences peuvent se propager en cascade au-delà des frontières géographiques ou sectorielles. En outre, la progression des changements climatiques rend plus probables, d'une part, la survenance d'événements extrêmes en dehors de la zone dans laquelle ces phénomènes avaient été observés jusqu'à présent et, d'autre part, l'atteinte de points de basculement qui altèrent de manière abrupte l'état du système dans son ensemble. Ces types de risques sont difficiles à évaluer, étant donné qu'ils sont souvent peu probables et qu'ils se caractérisent par des incertitudes très importantes et par des répercussions potentiellement considérables.

Événements extrêmes extrêmes

Outre les signaux climatiques probables sur lesquels se fondent les défis transversaux (chap. 2), des conditions climatiques altérées peuvent aussi favoriser des événements extrêmes très rares qui causent de graves dommages (événements extrêmes extrêmes). Assortis de grandes incertitudes, ces événements ne se reproduisent guère dans le cadre des modèles climatiques actuels. Ils peuvent néanmoins survenir et sont même déjà observés dans d'autres parties du globe.

Ainsi, la partie occidentale de l'Amérique du Nord a subi une vague de chaleur en juin 2021. Les températures ont frôlé les 50 °C par endroits au Canada. Les records précédents ont été dépassés de plusieurs degrés. Or une telle valeur extrême aurait été considérée comme impossible sur la base des mesures effectuées jusqu'ici. En 2022, la Chine et l'agglomération londonienne ont atteint des niveaux comparables, au-delà des maximales de température précédemment enregistrées. La compréhension scientifique de ces événements extrêmes extrêmes est encore imparfaite, mais elle s'améliore. Par exemple, avec la méthode de l'« ensemble boosting », de tels événements extrêmes extrêmes sont recherchés de manière ciblée dans le cadre des modèles climatiques existants¹³⁶.

Combinaisons de dangers liés au climat

Les combinaisons de dangers peuvent elles aussi renforcer les impacts ou les risques. Il s'agit de successions critiques ou d'accumulations extraordinaires de dangers déterminés. On peut distinguer les différents types de combinaisons spécifiés ci-après¹³⁷.

- **Survenance d'événements dans des conditions préalables déterminées :** en présence de conditions climatiques préalables déterminées, un ou plusieurs dangers peuvent exacerber les impacts. Exemples : fortes précipitations sur des sols déjà saturés ou pluie sur la neige.
- **Survenance simultanée de plusieurs événements :** si plusieurs dangers ou événements climatiques extrêmes se produisent au même moment dans la même région géographique, les impacts peuvent être aggravés. Exemples : combinaison de la sécheresse et de la canicule, ou des fortes précipitations et des vents extrêmes en cas d'orages.

- **Succession d'événements dans le temps** : une succession de dangers dans une région géographique peut avoir des impacts particulièrement graves. Exemples : multiplication des périodes de canicule ou récurrence de la sécheresse sur plusieurs années ou saisons.
- **Succession d'événements dans l'espace** : si plusieurs régions du monde sont concernées, pendant une période limitée, par le même danger ou par des dangers différents, les impacts peuvent se cumuler dans des systèmes connexes. Exemple : extrêmes climatiques se répercutant au niveau mondial et sur diverses chaînes d'action dans tout le système, par exemple l'approvisionnement alimentaire (point 3.2).

Des combinaisons de dangers particulièrement importantes et leurs conséquences possibles pour la Suisse sont décrites ci-après.

- **Simultanéité des fortes chaleurs et de la sécheresse** : en été, les températures et les précipitations sont souvent corrélées très négativement. La faible humidité du sol au printemps et en été favorise la survenance des épisodes caniculaires en été. Les températures élevées et la sécheresse peuvent en particulier accroître la pression qui pèse sur les écosystèmes, l'agriculture et les forêts. Par exemple, on s'attend à ce que la combinaison des fortes chaleurs et de la sécheresse dans la plupart des régions d'Europe entraîne des pertes de production agricole considérables. Dans le secteur forestier, cette combinaison peut causer des dégâts aux forêts et accroître le danger d'incendie de forêt¹³⁸.
- **Sécheresse prolongée ou succession de plusieurs années de sécheresse (et de fortes chaleurs)** : comme les étés secs deviennent plus fréquents, le risque de voir les années de sécheresse se succéder augmente aussi. Les conséquences de la sécheresse sont plus marquées, étant donné que les réservoirs d'eau ne sont plus suffisamment remplis, que les écosystèmes et les systèmes dépendants de l'eau ne peuvent plus se rétablir et sont durablement endommagés. En milieu urbain, où les systèmes sont concentrés dans un espace réduit, de tels événements extrêmes peuvent déclencher des réactions en chaîne. Dans une étude de cas réalisé pour la ville de Bâle, des chaînes de processus modélisés ont montré que la disponibilité de l'eau en cas de sécheresse était un élément essentiel entraînant des conséquences potentiellement étendues sur d'autres systèmes, comme l'énergie et la santé. Dans l'hypothèse du scénario le plus pessimiste, non seulement la navigation et l'écologie des eaux pourraient être affectées, mais aussi l'approvisionnement en eau, en particulier du fait de pollutions plus longues, de pics élevés de consommation ou d'interruptions de l'approvisionnement en énergie¹³⁹.
- **Fortes précipitations consécutives à la sécheresse** : des sols secs peuvent absorber moins d'eau. Si de fortes précipitations tombent sur des sols secs, un ruissellement accru est escompté. En milieu urbain, les dégâts causés par le ruissellement peuvent être particulièrement importants en raison du potentiel de dommages élevé. Les écosystèmes et les cultures agricoles peuvent être fortement mis à mal par une succession d'épisodes de sécheresse et de fortes précipitations, mais aussi par la grêle et les tempêtes, puisque la résilience diminue à chaque événement. Dans de tels cas, les terres agricoles notamment sont menacées d'érosion.
- **Sécheresse, fortes chaleurs et tempêtes** : une sécheresse extrême pendant plusieurs saisons consécutives, associée à des tempêtes et à des températures élevées, peut générer des conséquences étendues, surtout pour les écosystèmes. Une étude de cas menée dans le val Mesolcina (GR) a montré, grâce à des modèles, que la sécheresse pouvait déclencher d'autres événements comme des attaques de bostryches et des incendies de forêt et, par conséquent, porter atteinte à la fonction protectrice des forêts¹³⁹. En cas de sécheresse conjuguée à des vents forts, les incendies de forêt peuvent vite se propager et entraîner la perte partielle de la fonction protectrice.
- **Grêle et fortes précipitations** : lors de violents orages accompagnés de grêle et de fortes précipitations, des grêlons peuvent boucher les grilles d'égout et les rigoles, ce qui accroît le risque de dommages causés par le ruissellement. Une couche de grêlons sur le sol peut aussi influencer sur les voies d'écoulement et faire en sorte que de l'eau pénètre dans des bâtiments¹⁴⁰. Enfin, les enveloppes de bâtiment peuvent aussi être endommagées ; l'eau peut alors s'infiltrer dans les bâtiments, ce qui provoque des dégâts plus importants que la grêle.
- **Fortes précipitations consécutives à des incendies de forêt** : les pentes touchées par des incendies de forêt restent, pendant plusieurs années, vulnérables aux fortes précipitations. Comme la cendre a un effet hydrofuge, de fortes précipitations peuvent renforcer l'érosion

et les laves torrentielles. De plus, de longs épisodes de précipitations peuvent déclencher des glissements de terrain, faute de stabilisation par les arbres.

La compréhension de telles combinaisons se heurte à un défi particulier, à savoir les dépendances entre les différents risques. Si ces dépendances ne sont pas suffisamment prises en considération, les risques peuvent être sous-estimés de manière générale. C'est pourquoi il est important non seulement de tenir compte des différents risques liés au climat, mais aussi de s'intéresser systématiquement à leurs combinaisons et dépendances potentiellement importantes. Les risques composés sont souvent bien plus grands que ne pourrait le laisser supposer une apparition indépendante de différents risques¹⁴¹.

Points de basculement

Le système climatique, les écosystèmes et le système social se caractérisent par des dépendances non linéaires et par diverses rétroactions. Avec la progression des changements climatiques, ces systèmes peuvent se modifier très rapidement et souvent de façon inattendue lorsque des points de basculement sont atteints, puis passer à un autre état stable. Ce processus n'est réversible que dans une mesure limitée : une fois que le système passe à un autre état, il ne suffit pas de retourner au niveau antérieur au point de basculement¹⁴². Le simple dépassement de certains points de basculement peut en effet avoir de vastes conséquences. De plus, il y a un risque de dépasser d'autres points de basculement du fait de processus de rétroaction et de déclencher ainsi une réaction en chaîne (effet domino)¹⁴³. On peut distinguer, dans les différents systèmes, les points de basculement précisés ci-après.

- **Points de basculement dans le système climatique :** les grosses masses de glace du système terrestre et les modèles à grande échelle de courants aériens et marins présentent des caractéristiques d'éléments de basculement. Il s'agit par exemple de l'affaiblissement du courant de l'Atlantique Nord, de la déglaciation du Groenland, de la fonte de la calotte glaciaire de l'Antarctique occidental ou du dégel des pergélisols boréaux. Tous ces événements peuvent conduire à une véritable mutation du système terrestre¹⁴³.
- **Points de basculement dans les écosystèmes :** les écosystèmes ont eux aussi des propriétés d'éléments de basculement. À travers différentes interactions, ils jouent un rôle décisif pour le climat mondial et régional : par exemple, en cas de disparition des forêts primaires tropicales, le régime hydrique et la composition du sol changeraient, si bien que le climat local deviendrait plus sec et que les forêts ne seraient plus en mesure de se régénérer. On peut aussi citer, à titre d'exemple à l'échelle planétaire, la transformation de la forêt tropicale amazonienne en savane ou la mort des forêts boréales à leur extrémité sud¹⁴³. Mais à l'échelle régionale également, des écosystèmes peuvent passer de manière irréversible à un autre état en cas de dépassement des points de basculement, avec des conséquences potentiellement considérables sur la biodiversité et les services écosystémiques.
- **Points de basculement dans la société :** enfin, les impacts climatiques en interaction avec des facteurs non climatiques peuvent aussi déclencher des dynamiques complexes et des bouleversements au niveau de la société. Il en résulte de vastes répercussions sur le système politique et social, sur la sécurité mondiale et sur la stabilité internationale. Ainsi, il serait au moins concevable qu'une société très impactée par des dommages liés au climat se polarise fortement sur le plan politique, ce qui pourrait porter atteinte au fonctionnement de l'État dans la gestion de la crise.

Aujourd'hui déjà, des points de basculement peuvent renforcer les effets climatiques au niveau local. Par exemple, si des glaciers fondent plus vite que prévu par manque de neige, l'albédo sur la surface du glacier baisse, ce qui accélère encore la fonte.

Les effets de basculement sont dangereux avant tout à grande échelle et lorsque d'autres points de basculement sont atteints avec l'interaction du système climatique, des écosystèmes et du système social. Même s'il n'est guère possible de déterminer avec exactitude les points de basculement, leurs conséquences potentielles doivent être intégrées à la réflexion, et la résilience de la société, de l'économie et de l'environnement naturel doit être renforcée.



Ruissellement à Othmarsingen le 8 juin 2016. Les fortes précipitations ne pouvaient plus être absorbées par le sol et ont inondé une bonne partie de la localité.

Photo : Christophe Lienert / Laboratoire Mobilière de recherche sur les risques naturels / CC BY-SA 4.0

5 Conclusion

La Suisse présente une situation très variée en matière de risques liés aux changements climatique. Les risques climatiques à l'intérieur des frontières se superposent aux risques à l'étranger qui se répercutent sur le territoire. Aujourd'hui déjà, le pays fait face à divers aléas climatiques et, partant, à des risques importants qui continueront de s'aggraver au cours des prochaines décennies. L'ensemble des secteurs et des régions suisses sont concernés.

Les changements climatiques modifient l'environnement, la société et l'économie de différentes manières. La présente analyse des risques climatiques répertorie et évalue les principaux risques liés aux changements climatiques auxquels la Suisse est exposée. Elle vise en particulier à permettre aux décideurs politiques et aux autorités fédérales, cantonales et communales de fixer des priorités et de faire reposer l'adaptation aux changements climatiques sur un socle de connaissances solide. Les conclusions formulées ci-après peuvent être tirées de l'analyse des risques climatiques.

Les risques résultent de l'interaction du signal climatique, de l'exposition et de la vulnérabilité

Dans la présente analyse, les risques sont la combinaison du signal climatique, de l'exposition et de la vulnérabilité. Un signal climatique élevé ne conduit à un risque accru que si des personnes, des biens matériels ou des écosystèmes sont exposés et vulnérables aux modifications potentielles. Les risques climatiques sont donc toujours le fruit d'une combinaison de facteurs climatiques et non climatiques.

La situation est similaire pour de très nombreux risques : avec les changements climatiques, le signal climatique s'intensifiera, c'est-à-dire que les dangers liés au climat tels que les fortes chaleurs ou la sécheresse augmentent. Dans la plupart des cas, l'exposition s'accroîtra elle aussi d'ici 2060 : la Suisse comptera davantage d'habitants, beaucoup vivront dans des zones particulièrement exposées à des changements liés au climat, comme des villes ou des agglomérations affectées par la chaleur, le long de cours d'eau ou au bord de lacs. Les biens matériels devraient également se multiplier avec la croissance économique attendue, rendant l'exposition plus élevée. Pour quelques

risques seulement, l'exposition devrait baisser, par exemple l'exposition des animaux de rente aux fortes chaleurs, car leur nombre devrait diminuer d'ici 2060 conformément aux objectifs du Conseil fédéral³⁰. Le plus difficile à évaluer est l'évolution de la vulnérabilité et l'influence des mesures d'adaptation sur les risques climatiques. Dans de nombreux cas, la vulnérabilité devrait être moindre, pour autant que des mesures correspondantes soient mises en œuvre à temps et que les changements climatiques demeurent limités. On peut citer, par exemple, le mode de construction adapté à la canicule, les cultures agricoles résistantes à la sécheresse, la promotion de forêts diversifiées et adaptées aux fortes chaleurs, les mesures de protection contre les crues ou les matériaux de construction supportant la grêle. Ces mesures sont notoires et devraient être davantage mises en œuvre dans le contexte de progression des changements climatiques. Mais dans certains domaines, les approches visant à réduire la vulnérabilité sont encore peu connues ou répandues. Dans les systèmes complexes tels les écosystèmes naturels de la Suisse, l'évolution des vulnérabilités se révèle difficile à prévoir.

Les défis, les risques et les secteurs concernés sont variés

L'analyse des risques climatiques brosse un tableau nuancé des risques en Suisse. Sur les 34 risques analysés, 12 sont d'ores et déjà jugés élevés ou très élevés. De grandes ou de très grandes évolutions sont escomptées d'ici 2060 pour 12 autres risques. Pour tous les risques déjà jugés élevés ou très élevés, il faut s'attendre à des évolutions modérées à très importantes d'ici 2060. Ces risques vont donc fortement s'accroître.

Par ailleurs, les risques sont très hétéroclites d'un point de vue thématique, résultent de divers défis transversaux et

concernent une multitude de secteurs différents : santé, infrastructures et bâtiments, secteurs liés à l'utilisation de ressources naturelles comme l'agriculture, l'économie forestière, la gestion des eaux et de la biodiversité, de même que secteurs économiques comme l'industrie, les services et l'artisanat, l'énergie et le tourisme.

La hausse des températures, la sécheresse estivale, les fortes précipitations et la modification des milieux naturels provoquent les risques les plus importants

Les épisodes caniculaires ainsi que les journées chaudes et les nuits tropicales ponctuelles portent atteinte au bien-être, à la santé et à la productivité de la population dans de larges parties du territoire suisse, surtout dans les villes et les agglomérations situées à basse altitude. Ils représentent d'ores et déjà un très grand risque, qui sera bien plus élevé d'ici 2060 non seulement parce que les périodes de chaleur et les journées caniculaires se multiplieront, mais aussi parce que le vieillissement de la population augmentera le nombre de personnes vulnérables, âgées et nécessitant des soins.

L'accroissement de la sécheresse estivale est un défi jugé nettement plus grand que dans l'analyse des risques climatiques de 2017. Ces dernières années, les étés secs se sont multipliés. D'ici 2060, il tombera jusqu'à 25 % de pluie en moins l'été et les périodes de sécheresse seront généralement plus longues. Il en résultera des répercussions considérables pour l'agriculture et l'économie forestière, ainsi que pour les écosystèmes (voir ci-après). Selon les cultures et les essences, les pertes d'utilisation et de rendement ainsi que les dommages augmenteront. Les futurs risques pour l'économie forestière et l'agriculture seront donc majeurs du fait de la combinaison et du renforcement mutuel de différents défis comme la hausse des températures et la multiplication des organismes nuisibles.

Aujourd'hui déjà, des dangers tels que les fortes précipitations, les crues, la grêle et les tempêtes causent des dégâts considérables aux bâtiments et aux infrastructures, ainsi que des dommages secondaires induits par des interruptions d'exploitation. Les crues et le ruissellement font partie des phénomènes naturels dangereux les

plus coûteux en Suisse. Par rapport à l'analyse de 2017, c'est surtout le ruissellement qui fait aujourd'hui l'objet d'une attention plus marquée. Étant donné que les fortes précipitations seront plus fréquentes et intenses à l'avenir et que le potentiel de dommages augmentera en raison de l'accumulation de biens matériels et de facteurs non climatiques comme l'imperméabilisation croissante des sols, les risques liés au ruissellement s'accroîtront.

Les écosystèmes naturels sont de plus en plus menacés par divers défis liés au climat. Les fortes chaleurs, la sécheresse, la modification du régime hydrique et du régime des températures ainsi que les organismes nuisibles pèsent déjà lourdement sur différents écosystèmes. Actuellement, il est encore difficile de prédire l'évolution de l'impact sur les écosystèmes des facteurs climatiques et non climatiques en interaction, tels que l'apparition d'espèces exotiques envahissantes, l'utilisation intensive des surfaces ou la pollution des sols, des eaux et de l'air. Globalement, il faut toutefois s'attendre à ce que les écosystèmes subissent un stress accru et que les services écosystémiques (mise à disposition d'eau propre, pollinisation pour l'agriculture et fonction récréative des paysages) soient soumis à une pression croissante. Certaines espèces qui bénéficient des changements climatiques sont aussi des vecteurs de maladies infectieuses. Par ailleurs, l'allongement de la période de végétation augmente les concentrations d'allergènes végétaux. Les modifications au sein des écosystèmes se répercutent donc aussi sur la santé humaine.

Les opportunités liées au climat ne compensent en aucune manière les risques accrus

Certaines évolutions climatiques comme des températures plus douces sur l'ensemble des saisons peuvent aussi avoir des effets positifs : économies d'énergie de chauffage ou gains de rendement pour des cultures agricoles données. Si l'on considère un secteur entier, ces bénéfices sont très souvent disproportionnés par rapport aux risques en question. Dans la branche du tourisme, la hausse des températures permet de développer le tourisme toutes saisons. En montagne, les augmentations potentielles de revenus ne sont toutefois pas en mesure de compenser les pertes du tourisme hivernal, dont la rentabilité est actuellement forte. Dans le secteur agricole, l'élévation des températures moyennes et

l'allongement des périodes de végétation recèlent certains potentiels comme l'extension des zones de culture favorables en altitude, l'introduction de nouvelles cultures et l'amélioration de la qualité de certains produits. Dans le même temps, du fait de la floraison plus précoce, les dommages causés par le gel peuvent se multiplier ou les vecteurs pathogènes et les organismes nuisibles peuvent se propager, causant des dégâts aux cultures agricoles.

Les risques varient en fonction des régions

Toutes les régions de la Suisse sont d'ores et déjà affectées par les risques climatiques et, faute de mesures appropriées, le seront davantage d'ici 2060, quoique dans des proportions différentes. Certains risques et opportunités peuvent concerner toutes les régions, comme les risques liés au ruissellement, les restrictions de la production électrique, les risques dus à la modification des écosystèmes ou les opportunités nées des besoins plus faibles en énergie pour le chauffage. D'autres risques sont surtout marqués sur le Plateau, touchant ainsi une grande partie de la population : risques sanitaires liés aux fortes chaleurs, risques dus aux crues le long des grands cours d'eau ou risques inhérents à la sécheresse dans l'agriculture et l'économie forestière. Enfin, les régions de montagne sont exposées à des risques spécifiques et croissants, à savoir des pertes subies par le tourisme hivernal ainsi que des dommages aux personnes et des dégâts matériels dus à des mouvements de terrain gravitaires. L'altération du paysage est particulièrement prononcée en montagne en raison de la fonte des glaciers.

Les risques climatiques ne concernent pas tous les groupes de population dans la même mesure

Tous les groupes de population ne sont pas affectés dans la même mesure par les risques climatiques. Dans l'ensemble, les différences de vulnérabilités entre les groupes de population devraient se révéler moindres en Suisse que dans d'autres pays, car les bâtiments sont soumis à des normes minimales, une approche uniforme d'utilisation des zones potentiellement dangereuses repose sur les cartes de dangers et la majorité des institutions étatiques fonctionnent bien. Cependant, il est important d'analyser dans quelle

mesure les différents groupes de population sont affectés, d'intégrer ces enseignements dans le processus de gestion et de concevoir celui-ci de la manière la plus inclusive possible. Il existe des différences marquées concernant les risques sanitaires, en premier lieu les risques liés aux fortes chaleurs, qui peuvent être dangereux surtout pour les personnes âgées ou nécessitant des soins, les malades chroniques, les femmes enceintes, les jeunes enfants et les nourrissons. Les groupes de population qui peuvent aussi être vulnérables sont les personnes travaillant dans des branches économiques particulièrement exposées, comme le tourisme hivernal ou la construction, et les personnes à mobilité réduite ou qui ne maîtrisent pas bien la lecture et la langue et qui sont moins aptes à réagir aux avertissements et aux alertes du fait de leurs problèmes de compréhension. Les ménages modestes pourraient également être davantage touchés, puisque les coûts plus élevés de l'énergie et de l'alimentation pèsent beaucoup plus sur leurs faibles revenus et qu'il leur est moins possible d'échapper aux fortes chaleurs par exemple grâce à des escapades hors des villes durant les week-ends.

Les dangers combinés renforcent les risques climatiques

Les risques climatiques sont non seulement le fruit de dangers isolés comme la canicule, la sécheresse ou les fortes précipitations, mais aussi de différents dangers pouvant survenir simultanément ou successivement à un endroit. Il s'agit par exemple de l'apparition simultanée de fortes chaleurs et de la sécheresse, ce qui affecte les cultures agricoles et cause des dégâts aux forêts, de la survenance de fortes pluies après la sécheresse, ce qui rend difficile l'absorption de l'eau par les sols, ou de la récurrence de la sécheresse sur plusieurs années, ce qui porte atteinte à certaines essences par exemple. Si ces dépendances ne font pas l'objet d'une attention suffisante, les risques peuvent être sous-estimés.

De telles dépendances doivent être prises en compte dans la gestion des risques climatiques. Les exigences et les conflits liés à l'utilisation des ressources naturelles peuvent s'accroître sous l'effet des changements climatiques. On peut citer, à titre d'exemple, l'utilisation des ressources hydriques dans le contexte d'un régime d'écoulement modifié. Des débits plus importants en hiver permettent d'augmenter la

production hydraulique. Dans le même temps, on réfléchit de plus en plus à utiliser les lacs d'accumulation en tant que réservoirs d'eau pour irriguer durant les périodes printanières et estivales pauvres en pluie. Il convient de concilier différentes utilisations compte tenu des conditions qui changent et de leurs interdépendances.

Les impacts des changements climatiques à l'étranger influencent le développement économique de la Suisse

Avec son économie hautement dépendante des relations commerciales et politiques internationales, la Suisse est particulièrement exposée aux changements climatiques à l'étranger. La combinaison de facteurs non climatiques, tels que les concentrations du marché ou les évolutions géopolitiques, et de facteurs climatiques peut se traduire par des retards de livraison, par des pénuries, par des pertes de qualité, par des prix plus élevés appliqués aux produits importés ainsi que par un recul des ventes des produits exportés et des services. Comme ces modifications induites par les changements climatiques à l'étranger touchent le cœur de l'économie suisse, le potentiel de dommages est probablement plus grand que celui des changements climatiques sur le territoire national. Il ne faut certes guère s'attendre à de véritables pénuries liées au climat dans un avenir proche, étant donné que les principaux partenaires commerciaux au sein de l'UE sont peu vulnérables aux changements climatiques et que le risque peut être atténué par une diversification des chaînes de distribution ou par la substitution des marchandises. Toutefois, il est impératif d'accorder plus d'attention à de tels risques systémiques, avec lesquels une perturbation à un point du système peut avoir des conséquences potentiellement graves sur les chaînes d'approvisionnement et sur l'ensemble du système.

Les risques difficiles à évaluer ne doivent pas être négligés

Outre les changements climatiques d'ici 2060 sur lesquels se fondent les défis transversaux (chap. 2), il ne peut être exclu que des événements inattendus, tels que des événements extrêmes extrêmes, des combinaisons de risques ou des points de basculement, surviennent à l'avenir dans des conditions climatiques altérées. Or de tels événements peuvent entraîner en Suisse des conséquences d'une grande ampleur et un potentiel de dommages nettement supérieur, si bien qu'il faudra réaliser des tests de résistance à ces risques difficiles à évaluer. Il conviendra par ailleurs de renforcer, par des mesures appropriées, les capacités de résistance, d'adaptation et de régénération de la société, de l'économie et de l'environnement naturel.

Utiliser l'analyse des risques climatiques comme base de l'adaptation

L'analyse des risques climatiques montre les conséquences actuelles et futures des changements climatiques ainsi que les principaux risques climatiques d'aujourd'hui et de demain. Depuis l'analyse de 2017, certains risques sont mieux perçus et retiennent davantage l'attention. Ainsi, les risques liés à la sécheresse sont aujourd'hui catégorisés comme plus élevés, des écosystèmes comme les forêts devraient bien plus souffrir des changements climatiques qu'on ne le pensait, le secteur de l'énergie fait face à de nouveaux défis et l'interdépendance économique avec l'étranger et les risques qui en découlent en matière de prospérité sont davantage mis sur le devant de la scène. L'analyse offre une base pour la planification de l'adaptation aux changements climatiques et aide à fixer des priorités et à utiliser les moyens de manière ciblée. Elle montre aussi que l'adaptation aux changements climatiques peut permettre de réduire les vulnérabilités et en partie l'exposition et, partant, les risques climatiques. Plusieurs secteurs ont connu de premiers succès de l'adaptation aux changements climatiques. Mais d'autres mesures sont nécessaires pour réduire les risques à venir. Il demeure primordial de ramener à zéro net les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, afin d'éviter les conséquences les plus graves et potentiellement incontrôlables.

Annexes

A1 Méthodologie

Vue d'ensemble

La méthodologie appliquée à l'analyse des risques climatiques vise à représenter, de la manière la plus exhaustive possible, la constellation de risques hétérogènes et complexes liés aux changements climatiques. Cette démarche doit également permettre d'évaluer les risques climatiques et leurs conséquences pour la Suisse. L'approche méthodologique adoptée est décrite plus en détail dans un rapport séparé¹⁴⁴. Les grandes lignes de la méthodologie reposent sur l'analyse des risques climatiques de 2017 :

- une procédure semi-quantitative fondée sur des critères permet de convertir les différents impacts des changements climatiques en une métrique commune ;
- l'implication itérative de spécialistes garantit que les résultats et les messages fondamentaux sont largement étayés et consolidés ;
- en vertu du principe de précaution, l'analyse se fonde sur un scénario d'émissions élevées (RCP 8.5) ;
- les risques climatiques et les opportunités liées au climat sont analysés selon deux perspectives : d'une part, l'importance des risques et des opportunités dans le contexte actuel et, d'autre part, les évolutions attendues d'ici 2060.

Les quatre étapes de l'analyse des risques climatiques sont décrites ci-après.

1. Identification des risques climatiques et des opportunités liées au climat
2. Analyse des risques climatiques et des opportunités liées au climat
3. Évaluation des risques climatiques et des opportunités liées au climat
4. Représentation des risques climatiques et des opportunités liées au climat

Identification des risques climatiques et des opportunités liées au climat

L'analyse de 2017 contient une liste de 49 risques climatiques et opportunités liées au climat répartis en quelque 150 risques et opportunités partiels. C'est sur cette base qu'une vérification et une actualisation ont été réalisées. Grâce à des entretiens et à une comparaison avec les analyses des risques climatiques d'autres pays, quelques risques et opportunités ont été regroupés et de nouveaux risques ont été ajoutés. Comme en 2017, les risques et opportunités analysés sont structurés conformément au tableau 1.

Tableau 1
Structure des risques et opportunités dans l'analyse des risques climatiques

Les défis transversaux	constituent le niveau hiérarchique le plus élevé. Il s'agit des impacts majeurs des changements climatiques qui se répercutent sur un ensemble de secteurs. Exemple : « accentuation des fortes chaleurs ».
Les risques climatiques et les opportunités liées au climat	sont attribués à un défi transversal. Il s'agit des risques et opportunités majeurs qui concernent un ou plusieurs secteurs. L'évaluation et la priorisation se font à ce niveau. Exemple : « dégradation de la santé humaine et du bien-être par les températures en hausse ».
Les risques et opportunités partiels	concrétisent les risques climatiques et les opportunités liées au climat et décrivent des mécanismes d'action concrets ou la manière dont certains secteurs sont affectés. Les risques et opportunités partiels aident à la compréhension, mais ils ne sont pas évalués et priorisés séparément. Exemple : « décès liés à la chaleur ».

Certains risques et opportunités ne sont pas rattachés au niveau hiérarchique supérieur, étant donné qu'ils ne relèvent pas d'un seul défi transversal, mais sont la conséquence d'une interaction de défis. Pour ces risques, il n'est pas judicieux de procéder à une évaluation en appliquant

la même méthodologie et les mêmes échelles. En raison de leur complexité, leur description est qualitative et ils ne sont parfois indiqués qu'à titre d'exemple. Il s'agit des risques inhérents aux changements climatiques à l'étranger et des risques difficiles à évaluer.

Analyse des risques climatiques et des opportunités liées au climat

Au cœur de l’approche méthodologique se trouvent des analyses des risques climatiques et des opportunités liées au climat reposant sur une étude complète de la littérature spécialisée, sur les scénarios climatiques suisses CH2018 et sur les résultats d’entretiens menés avec 46 spécialistes : instituts de recherche, bureaux d’ingénieurs, offices fédéraux et administrations

cantonales de différentes régions de Suisse et représentants des milieux économiques comme le secteur de l’assurance et le commerce de détail (annexe 3).

L’analyse des risques et des opportunités s’appuie sur le concept de risque du GIEC, qui comprend trois composantes, à savoir le « signal climatique » (ou danger), l’« exposition » et la « vulnérabilité ». Le risque est le résultat de leur produit (tableau 2).

Tableau 2
Application du concept de risque du GIEC à l’analyse des risques climatiques

Le signal climatique (« hazard » selon le GIEC ou « danger »)	décrit l’influence déjà exercée et les changements climatiques attendus. Dans la présente analyse des risques climatiques, il est question du « signal climatique » et non pas du « danger », afin que le terme puisse également convenir aux opportunités liées au climat. Plus le signal climatique est fort, plus le risque climatique ou l’opportunité liée au climat tendent à être importants.
L’exposition (« exposure » selon le GIEC)	est la répartition spatiale des personnes, des biens matériels, de l’infrastructure critique, des surfaces agricoles et des écosystèmes susceptibles d’être concernés par un signal climatique. Plus l’exposition est forte, plus le risque climatique ou l’opportunité liée au climat tendent à être importants. Dans la mesure du possible, la description de l’exposition future a été illustrée par des statistiques ou par des scénarios. Les scénarios de référence de la Confédération ont été utilisés, tels que le scénario de référence de l’évolution de la population de l’OFS ou la variante de base de l’évolution du mix énergétique de la Suisse conformément aux perspectives énergétiques 2050+ de l’OFEN.
La vulnérabilité (« vulnerability » selon le GIEC)	décrit dans quelle mesure un signal climatique se traduit par un effet en présence d’une exposition. La vulnérabilité dépend surtout de la sensibilité d’un système (ou en cas d’opportunités liées au climat, de ses possibilités de tirer parti des avantages potentiels). Plus la vulnérabilité est forte, plus le risque climatique ou l’opportunité liée au climat tendent à être importants. Les capacités de gestion et d’adaptation influencent également la vulnérabilité (et parfois aussi l’exposition). Comme il n’est guère possible d’évaluer la future capacité d’adaptation ou les futures mesures d’adaptation visant à réduire la vulnérabilité, seules les mesures déjà établies, comme la gestion des dangers naturels, sont prises en compte. On part du principe que ces mesures seront poursuivies et qu’elles contribueront, à l’avenir également, à la réduction des risques. L’analyse des risques climatiques n’inclut ni des mesures jugées trop coûteuses jusqu’à présent ni des mesures encore impossibles à mettre en œuvre sur le plan technologique.

Les enseignements tirés des entretiens menés et des deux ateliers thématiques réalisés (sécurité de l'approvisionnement alimentaire dans le contexte des changements climatiques et sécurité de l'approvisionnement en électricité dans le contexte des changements climatiques) sont également intégrés dans l'analyse des risques inhérents aux changements climatiques à l'étranger et des risques difficiles à évaluer. Contrairement aux autres risques climatiques et aux opportunités liées au climat, ces risques ne sont cependant pas évalués plus avant.

De même, les impacts des changements climatiques sur certains groupes de population ne sont pas évalués, mais font uniquement l'objet d'une description qualitative. Les impacts des changements climatiques n'affectent pas tout le monde de la même manière. À cet égard, les facteurs sont très hétérogènes et ont trait à l'âge, à l'état de santé, au sexe, à la profession, au statut socio-économique ou au lieu de résidence.

Évaluation des risques climatiques et des opportunités liées au climat

Afin de pouvoir comparer les risques et les opportunités, leurs descriptions sont converties en évaluations allant de – 1 à – 5 (+ 1 à + 5 pour les opportunités). Tout comme dans les analyses des risques climatiques réalisées dans d'autres pays, les évaluations ne sont pas interprétées de manière stricte au moyen de valeurs seuils, du fait de l'hétérogénéité et de la complexité des risques et de leur interaction. À la place, une procédure permet de convertir un ensemble de données hétérogènes et une grande diversité de risques et d'opportunités en évaluations semi-quantitatives. Une première appréciation des évaluations selon l'échelle utilisée dans le tableau 3 est réalisée sur la base de l'analyse du signal climatique, de l'exposition et de la vulnérabilité et d'après les évaluations de l'analyse des risques climatiques de 2017. Par la suite, les évaluations sont affinées en permanence au cours de plusieurs révisions impliquant des spécialistes, et leur cohérence est vérifiée grâce à des comparaisons transversales entre les différents risques et opportunités.

Tableau 3

Échelle d'appréciation qualitative pour l'évaluation des risques climatiques. Les opportunités sont évaluées de la même manière, toutefois de + 1 à + 5.

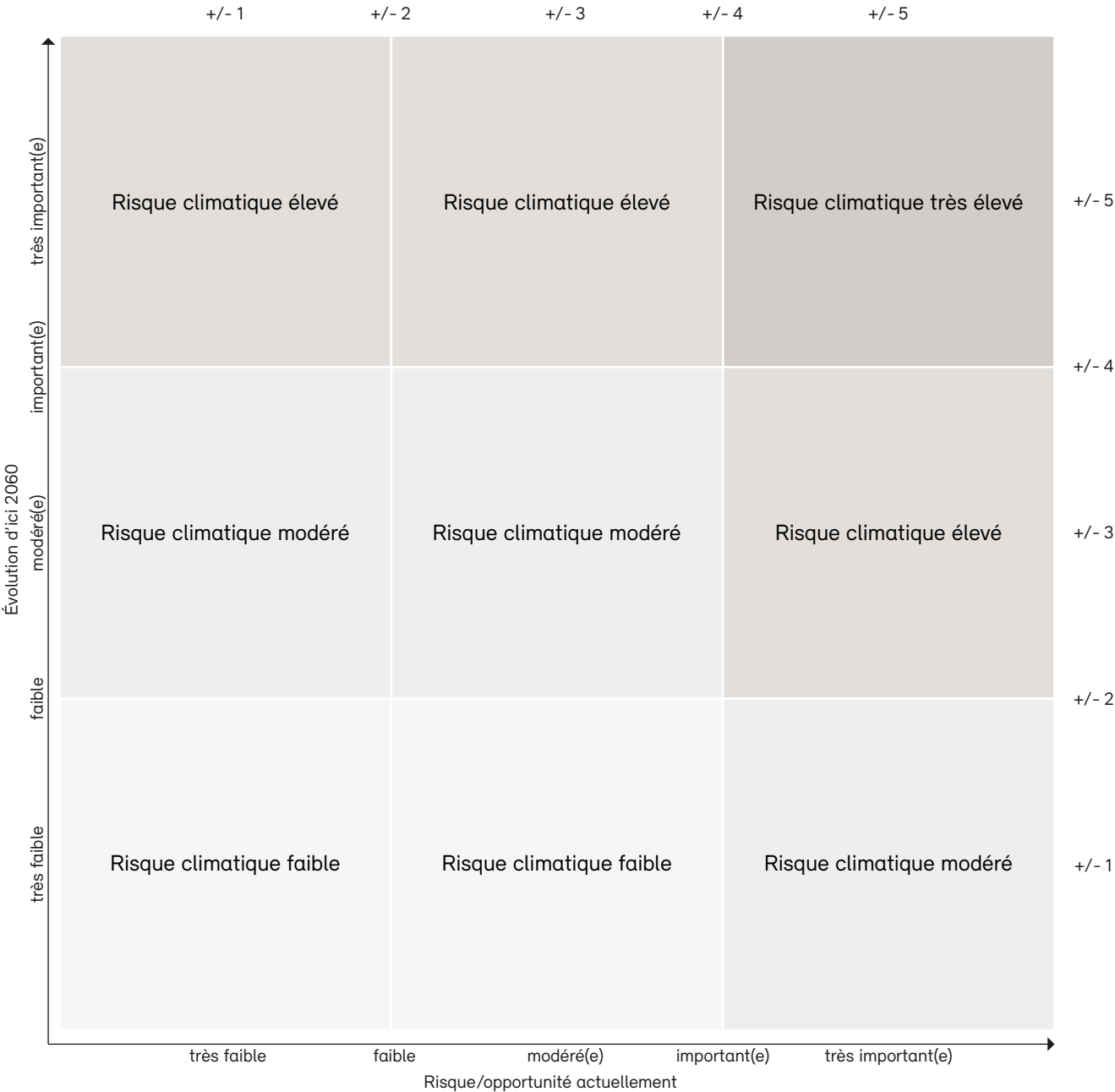
	Désignation	Valeur	Appréciation qualitative
Risque/opportunité actuellement	Très grand risque	– 5	Signal climatique très fort aujourd'hui déjà (ou très grand danger existant), combiné à une forte exposition/vulnérabilité
	Grand risque	– 4	Signal climatique fort aujourd'hui déjà (ou grand danger existant), combiné à une forte exposition/vulnérabilité
	Risque modéré	– 3	Signal climatique fort aujourd'hui déjà (ou grand danger existant), combiné à une exposition/vulnérabilité modérée
	Risque faible	– 2	Signal climatique actuellement modéré (ou danger modéré existant), combiné à une faible exposition/vulnérabilité
	Très faible risque	– 1	Signal climatique actuellement plutôt faible (ou danger existant plutôt moindre), combiné à une faible exposition/vulnérabilité
Évolution d'ici 2060	Augmentation très importante du risque	– 5	Signal climatique très accru d'ici 2060 (c.-à-d. très grand danger supplémentaire), combiné à une forte hausse de l'exposition / la vulnérabilité
	Augmentation importante du risque	– 4	Signal climatique accru d'ici 2060 (c.-à-d. grand danger supplémentaire), combiné à une forte hausse de l'exposition / la vulnérabilité
	Augmentation modérée du risque	– 3	Signal climatique accru d'ici 2060 (c.-à-d. grand danger supplémentaire), combiné à une hausse modérée de l'exposition / la vulnérabilité
	Faible augmentation du risque	– 2	Signal climatique moyennement accru d'ici 2060 (c.-à-d. danger supplémentaire modéré), combiné à une faible hausse de l'exposition / la vulnérabilité
	Très faible augmentation du risque	– 1	Signal climatique à peine accru d'ici 2060 (c.-à-d. guère de danger supplémentaire), combiné à une faible hausse de l'exposition / la vulnérabilité

Représentation des risques climatiques et des opportunités liées au climat

Pour améliorer la comparabilité, les différents risques inhérents aux changements climatiques sont ensuite répartis dans une matrice bidimensionnelle à neuf champs (fig. 10). Les axes s'appuient sur les évaluations des risques (de - 1 à - 5) et des opportunités (de + 1 à + 5).

- **L'abscisse représente la situation actuelle en matière de risques :** les risques et opportunités qui sont d'ores et déjà importants figurent dans la partie droite de la matrice.
- **L'ordonnée montre la dynamique des changements d'ici 2060 :** les risques et opportunités pour lesquels des évolutions importantes sont attendues figurent dans la partie supérieure de la matrice.

Figure 10
Représentation des risques climatiques dans la matrice à neuf champs



Les *risques climatiques très élevés* sont des risques qui sont d'ores et déjà grands ou très grands et qui sont soumis à des évolutions importantes ou très importantes d'ici 2060. Les *risques climatiques élevés* sont des risques qui sont d'ores et déjà grands ou très grands et pour lesquels des évolutions faibles ou modérées sont attendues ; ou alors il s'agit de risques qui certes sont jugés actuellement encore très faibles ou modérés, mais dont les évolutions d'ici 2060 peuvent être importantes ou très importantes. Les *risques climatiques modérés* sont des risques qui sont d'ores et déjà grands ou très grands et pour lesquels seules de très faibles évolutions sont attendues ; ou alors il s'agit de risques qui sont jugés actuellement très faibles ou modérés et dont les évolutions attendues sont faibles ou modérées. Enfin, les *faibles risques climatiques* sont des risques qui sont jugés actuellement très faibles ou modérés et qui sont soumis à de très faibles évolutions d'ici 2060. Les opportunités suivent la même classification : une très grande opportunité est une opportunité qui est d'ores et déjà grande ou très grande et pour laquelle des évolutions importantes ou très importantes sont attendues. La présente analyse des risques climatiques décrit les risques et opportunités jugés au moins modérés.

A2 Liste intégrale des risques climatiques et des opportunités liées au climat

Les tableaux ci-après présentent les risques climatiques et les opportunités liées au climat avec les risques et opportunités partiels correspondants pour les défis transversaux en Suisse, les risques inhérents aux changements climatiques à l'étranger ainsi que les risques liés aux événements imprévus et aux risques combinés. Les désignations utilisées dans la matrice à neuf champs (M9C) sont également indiquées.

Risques climatiques	Risques partiels
Accentuation des fortes chaleurs	
Dégradation de la santé humaine et du bien-être par la chaleur M9C – Dégradation de la santé (chaleur)	• Décès liés à la chaleur
	• Limitation de l'état de santé sous l'effet de la chaleur (y c. admissions aux urgences hospitalières)
	• Limitation du bien-être et de la santé mentale sous l'effet de la chaleur
	• Augmentation du risque de cancer de la peau sous l'effet de la chaleur
	• Augmentation du risque d'accident du fait d'un accroissement des activités de baignade pendant les périodes de canicule
Baisse de la productivité sous l'effet de la chaleur M9C – Baisse de la productivité (chaleur)	• Baisse de la productivité au travail et dans les activités de formation sous l'effet de la chaleur
	• Interruptions d'exploitation liées à la chaleur et restrictions des activités économiques exposées à la chaleur
Dégradation de la santé des animaux de rente sous l'effet de la chaleur M9C – Dégradation de la santé animale (chaleur)	• Décès d'animaux de rente liés à la chaleur
	• Dégradation du bien-être des animaux de rente sous l'effet de la chaleur
	• Pertes de rendement dans la production de produits animaliers sous l'effet de la chaleur
	• Apparition de zoonoses chez les animaux de rente pendant les périodes de canicule
Atteinte portée à l'approvisionnement en électricité par la chaleur M9C – Atteinte portée à l'approvisionnement en électricité (chaleur)	• Limitation des centrales thermiques en raison de la capacité de refroidissement réduite pendant les périodes de canicule
	• Atteinte portée à la sécurité de l'approvisionnement du réseau électrique par la chaleur
	• Limitation des processus industriels en raison de la capacité de refroidissement réduite pendant les périodes de canicule
Pertes de rendement agricole sous l'effet de la chaleur M9C – Pertes de rendement agricole (chaleur)	• Pertes de récoltes agricoles sous l'effet de la chaleur
	• Brûlures sur les végétaux du fait de l'irrigation pendant les périodes de canicule
	• Dommages causés par le gel en raison de la succession de périodes de redoux et de gelées printanières
	• Pertes de qualité des rendements agricoles sous l'effet de la chaleur
Dégradation des prestations forestières sous l'effet de la chaleur M9C – Dégradation des prestations forestières (chaleur)	• Réduction du potentiel d'exploitation du bois et modification de la composition des essences sous l'effet de la chaleur
	• Dégradation de la fonction protectrice de la forêt due à la chaleur
	• Réduction de la prestation de détente et hausse des coûts liés aux coupes de sécurité dans la forêt sous l'effet de la chaleur
Atteinte portée aux infrastructures de transport par la chaleur M9C – Atteinte portée aux infrastructures de transport (chaleur)	• Atteinte portée aux infrastructures de transport par la chaleur et retards qui en découlent
	• Atteinte portée aux infrastructures de communication par la chaleur (p. ex. centre de serveurs)

Risques climatiques	Risques partiels
Accroissement de la sécheresse estivale	
Pertes de rendement agricole sous l'effet de la sécheresse M9C – Pertes de rendement agricole (sécheresse)	• Baisse des rendements agricoles sous l'effet de la sécheresse • Modification de l'adéquation des sites et décalage des zones de culture • Pertes de qualité des récoltes agricoles sous l'effet de la sécheresse
Dommages matériels et dégradation des prestations forestières dus aux incendies de forêt liés à la sécheresse M9C – Dommages causés par les incendies de forêt	• Dégradation de la fonction protectrice de la forêt due aux incendies de forêt • Réduction du potentiel d'exploitation du bois en raison des incendies de forêt • Réduction de la prestation de détente de la forêt en raison des incendies de forêt • Dommages aux bâtiments et aux infrastructures causés par les incendies de forêt • Dommages aux infrastructures énergétiques causés par les incendies de forêt • Dégradation de la qualité de l'air par les incendies de forêt
Pénurie d'eau dans le réseau d'approvisionnement public sous l'effet de la sécheresse M9C – Atteinte portée à l'approvisionnement en eau	• Pénurie d'eau dans le réseau d'approvisionnement public sous l'effet de la sécheresse • Pénurie d'eau dans le réseau d'approvisionnement public en raison de la dégradation de la qualité de l'eau sous l'effet de la sécheresse
Pénurie d'eau dans les lacs d'accumulation sous l'effet de la sécheresse M9C – Pénurie d'eau dans les lacs d'accumulation	• Limitation de la production hydraulique estivale sous l'effet de la sécheresse • Réduction des réserves d'électricité pour l'hiver en raison de la sécheresse et évolution des exigences d'utilisation durant les étés secs
Dégradation des prestations forestières sous l'effet de la sécheresse M9C – Dégradation des prestations forestières (sécheresse)	• Réduction du potentiel d'exploitation du bois et modification de la composition des essences sous l'effet de la sécheresse • Dégradation de la fonction protectrice de la forêt due à la sécheresse • Réduction de la prestation de détente et hausse des coûts liés aux coupes de sécurité dans la forêt sous l'effet de la sécheresse
Restriction de la navigation sous l'effet de la sécheresse M9C – Restriction de la navigation	• Restriction de la navigation sur le Rhin en raison du faible niveau d'eau induit par la sécheresse • Atteinte portée aux infrastructures d'accès aux lacs en raison du faible niveau d'eau induit par la sécheresse

Risques climatiques	Risques partiels
Augmentation du potentiel de danger	
Dommages aux personnes causés par les crues d'ampleur M9C – Dommages aux personnes causés par les crues	• Décès, blessures et besoins de secours liés aux crues
Dommages matériels causés par les crues d'ampleur M9C – Dommages matériels causés par les crues	• Dommages aux bâtiments causés par les crues • Dommages aux infrastructures de communication causés par les crues • Dommages aux infrastructures de transport et aux véhicules causés par les crues • Dommages aux infrastructures d'approvisionnement énergétique causés par les crues • Dommages aux installations hydrauliques causés par une augmentation du charriage et par l'apport de matières en suspension en raison des crues et du ruissellement • Dommages aux infrastructures hydrauliques causés par les crues • Dommages aux biens culturels, aux zones de détente et aux infrastructures touristiques causés par les crues
Interruptions d'exploitation causées par les crues d'ampleur M9C – Interruptions d'exploitation causées par les crues	• Interruptions d'exploitation et pertes économiques causées par les crues et le ruissellement • Limitation de la production hydraulique en raison des crues et du ruissellement
Dommages matériels causés par le ruissellement et les inondations locales M9C – Dommages matériels causés par le ruissellement	• Dommages aux bâtiments causés par le ruissellement • Dommages aux infrastructures de transport et aux véhicules causés par le ruissellement • Dommages aux cultures agricoles et érosion causés par le ruissellement

Risques climatiques	Risques partiels
Augmentation du potentiel de danger	
Interruptions d'exploitation causées par le ruissellement et les inondations locales M9C – Interruptions d'exploitation causées par le ruissellement	• Interruptions d'exploitation et pertes économiques causées par les crues et le ruissellement • Limitation de la production hydraulique en raison des crues et du ruissellement
Domages aux personnes causés par les mouvements de terrain M9C – Domages aux personnes causés par les mouvements de terrain	• Décès, blessures et besoins de secours liés aux mouvements de terrain
Domages matériels causés par les mouvements de terrain et coûts d'entretien associés M9C – Domages matériels causés par les mouvements de terrain	• Domages aux bâtiments causés par les mouvements de terrain • Domages aux infrastructures de communication causés par les mouvements de terrain • Domages aux infrastructures de transport et aux véhicules causés par les mouvements de terrain • Domages aux infrastructures d'approvisionnement énergétique causés par les mouvements de terrain • Domages aux biens culturels et aux infrastructures touristiques causés par les mouvements de terrain • Hausse des coûts d'entretien entraînée par l'augmentation des dépôts de matériaux charriés et de sédiments causée par les mouvements de terrain • Réduction de la capacité de stockage des lacs d'accumulation entraînée par l'augmentation des dépôts de matériaux charriés et de sédiments causée par les mouvements de terrain
Interruptions d'exploitation causées par les mouvements de terrain M9C – Interruptions d'exploitation causées par les mouvements de terrain	• Interruptions d'exploitation et pertes économiques causées par les mouvements de terrain • Limitation de la production hydraulique en raison des mouvements de terrain
Domages aux personnes causés par la grêle et les tempêtes M9C – Domages aux personnes causés par la grêle et les tempêtes	• Décès, blessures et besoins de secours liés aux tempêtes et à la grêle
Domages matériels causés par la grêle et les tempêtes M9C – Domages matériels causés par la grêle et les tempêtes	• Domages aux bâtiments causés par les tempêtes • Domages aux infrastructures de communication causés par les tempêtes • Domages aux infrastructures de transport et aux véhicules causés par les tempêtes • Domages aux infrastructures d'approvisionnement énergétique causés par les tempêtes • Dégâts aux forêts causés par les tempêtes • Domages aux cultures agricoles et aux (contenus des) serres causés par les tempêtes • Limitation de l'efficacité des éoliennes et dommages à celles-ci causés par les tempêtes • Domages aux zones de détente de proximité (en particulier, forêts) causés par les tempêtes • Domages aux bâtiments causés par la grêle • Domages aux véhicules causés par la grêle • Domages aux cultures agricoles et aux (contenus des) serres causés par la grêle
Interruptions d'exploitation causées par la grêle et les tempêtes M9C – Interruptions d'exploitation causées par la grêle et les tempêtes	• Interruptions d'exploitation et pertes économiques causées par la grêle et les tempêtes

Risques climatiques / opportunités liées au climat	Risques/opportunités partiels
	Hausse des températures moyennes
Économies sur l'énergie nécessaire pour le chauffage en raison de la douceur hivernale M9C – Économies d'énergie de chauffage	• Économies sur l'énergie nécessaire pour le chauffage en raison de la hausse des températures moyennes
Augmentation des rendements agricoles en raison de la douceur printanière et automnale M9C – Augmentation des rendements agricoles	• Augmentation des rendements agricoles grâce à la culture de nouvelles variétés (p. ex. dans les cultures viticoles) • Augmentation des rendements agricoles en raison de la hausse des températures moyennes • Augmentation de la disponibilité de la biomasse à des fins énergétiques en raison de la hausse des températures moyennes
Pertes économiques dans le secteur du tourisme hivernal en raison de la douceur hivernale M9C – Pertes dans le secteur du tourisme hivernal	• Interruptions d'exploitation et pertes économiques dans le secteur du tourisme en raison du manque de neige • Diminution de l'envie de pratiquer les sports d'hiver en raison de l'absence de neige sur le Plateau du fait de l'élévation de la limite des chutes de neige
Augmentation des revenus dans le secteur du tourisme toutes saisons en raison de la douceur des températures M9C – Augmentation des revenus dans le secteur du tourisme toutes saisons	• Augmentation des revenus dans le secteur du tourisme estival en raison de la diminution du nombre de jours de pluie, de la hausse des températures et de l'allongement de la saison • Augmentation de l'attractivité des régions de montagne pendant les périodes de canicule • Augmentation de l'attractivité des régions de lacs pendant les périodes de canicule
Augmentation de la production d'électricité en hiver en raison de la douceur hivernale M9C – Augmentation de la production d'électricité en hiver	• Augmentation de la production hydraulique en hiver en raison de l'élévation de la limite des chutes de neige • Augmentation de la production d'énergie et de chaleur solaires en raison de la durée décroissante de la couverture neigeuse
Économies sur la construction et l'entretien d'infrastructures en raison de la douceur hivernale M9C – Économies d'entretien des infrastructures en hiver	• Économies sur le service hivernal en raison de l'élévation de la limite des chutes de neige • Diminution des dommages causés aux infrastructures par les avalanches et par la pression de la neige en raison de l'élévation de la limite des chutes de neige • Économies sur les dommages aux infrastructures de transport et aux véhicules causés par le gel, et économies sur les coûts de construction et d'entretien en raison de l'élévation de la limite des chutes de neige • Économies sur les dommages aux bâtiments causés par le gel, et économies sur les coûts de construction et d'entretien en raison de l'élévation de la limite des chutes de neige • Économies sur les dommages aux infrastructures hydrauliques causés par le gel, et économies sur les coûts de construction et d'entretien en raison de l'élévation de la limite des chutes de neige
Amélioration de la sécurité de la circulation en raison de la douceur hivernale M9C – Amélioration de la sécurité de la circulation en hiver	• Baisse du nombre d'accidents sur les routes et les trottoirs enneigés en raison de l'élévation de la limite des chutes de neige

Risques climatiques	Risques/opportunités partiels
Modification croissante des milieux naturels et de la composition des espèces	
Dégradation des zones humides, des écosystèmes aquatiques et de leurs services M9C – Dégradation des écosystèmes aquatiques	• Dégradation des écosystèmes aquatiques due à la hausse des températures de l'eau en cas de canicule • Dégradation des écosystèmes aquatiques due à la douceur des températures et au manque de circulation dans les lacs • Dégradation des écosystèmes aquatiques due à la sécheresse • Dégradation des écosystèmes aquatiques due aux espèces envahissantes et aux organismes nuisibles • Dégradation de la qualité de l'eau due à des cyanobactéries dangereuses pour la santé présentes dans les eaux de baignade pendant les périodes de canicule • Dégradation de la qualité de l'eau due à une plus faible dilution des polluants sous l'effet de la sécheresse • Dégradation de la qualité de l'eau due aux eaux usées en raison de rejets de canalisations et de bassins de rétention surchargés en cas de fortes précipitations • Dégradation de la qualité de l'eau due au lessivage des produits phytosanitaires, d'autres substances toxiques ou des matières organiques en cas de fortes précipitations
Dégradation des écosystèmes forestiers et de leurs services M9C – Dégradation des écosystèmes forestiers	• Dégradation des écosystèmes forestiers due à la canicule • Dégradation des écosystèmes forestiers due à la décomposition accélérée de l'humus du fait de la hausse des températures • Dégradation des écosystèmes forestiers due à la sécheresse • Dégradation des écosystèmes forestiers due aux incendies de forêt • Dégradation des écosystèmes forestiers due aux espèces envahissantes et aux organismes nuisibles
Dégradation des écosystèmes alpins et de leurs services M9C – Dégradation des écosystèmes alpins	• Dégradation des écosystèmes alpins due à la canicule • Dégradation des écosystèmes alpins due au déplacement en altitude du fait de la douceur des températures • Dégradation des écosystèmes alpins due à la sécheresse • Dégradation des écosystèmes alpins due aux espèces envahissantes et aux organismes nuisibles • Apparition de nouveaux milieux naturels dans les marges proglaciaires libérées par le recul des glaciers
Dégradation des écosystèmes et de leurs services dans le paysage agricole et le milieu urbain M9C – Dégradation des écosystèmes du paysage cultivé	• Dégradation des écosystèmes terrestres due à la canicule • Dégradation des écosystèmes terrestres due à la sécheresse • Dégradation des écosystèmes terrestres due aux espèces envahissantes et aux organismes nuisibles • Dégradation de la fertilité des sols due à la décomposition accélérée de l'humus du fait de la douceur des températures • Dégradation de la fertilité des sols due à l'érosion en cas de fortes précipitations • Dégradation de la fertilité des sols due à la pollution en cas de fortes précipitations
Dégradation de la santé humaine et du bien-être par les vecteurs pathogènes et par les plantes allergisantes M9C – Dégradation de la santé humaine (organismes nuisibles)	• Propagation des plantes allergisantes et allongement de la saison pollinique • Propagation des tiques en altitude • Apparition de maladies transmises par des vecteurs et sensibles au climat • Apparition de moustiques dont le caractère incommodant porte atteinte au bien-être des êtres humains • Apparition de maladies sensibles au climat et transmises par l'eau et les denrées alimentaires, en raison de la hausse des températures
Dégradation de la santé des animaux de rente par les maladies transmises par des vecteurs et par les espèces envahissantes M9C – Dégradation de la santé animale (organismes nuisibles)	• Dégradation de la santé des animaux de rente par des maladies transmises par des vecteurs et sensibles au climat • Dégradation de la santé des animaux de rente par les espèces envahissantes • Apparition de maladies sensibles au climat et transmises par l'eau et les aliments pour animaux

Risques climatiques	Risques/opportunités partiels
Modification croissante des milieux naturels et de la composition des espèces	
Pertes de rendement agricole causées par les organismes nuisibles et les espèces envahissantes M9C – Pertes de rendement agricole (organismes nuisibles)	• Pertes de rendement agricole causées par les organismes nuisibles et par les espèces envahissantes
Dégradation des prestations forestières due aux organismes nuisibles et aux espèces envahissantes M9C – Dégradation des prestations forestières (organismes nuisibles)	• Dégradation de la fonction protectrice de la forêt due aux organismes nuisibles et aux espèces envahissantes • Réduction du potentiel d'exploitation du bois et modification de la composition des essences en raison des organismes nuisibles • Réduction de la prestation de détente de la forêt et hausse des coûts liés aux coupes de sécurité en raison des organismes nuisibles
Dégradation de l'attractivité du paysage M9C – Dégradation du paysage	• Modification de l'attractivité du paysage en raison du manque croissant de couverture neigeuse • Modification de l'attractivité du paysage en raison du recul des glaciers en haute montagne • Modification de l'attractivité du paysage en raison de l'élévation de la limite de la forêt • Modification de l'attractivité du paysage en raison de l'assèchement des prairies et des forêts • Modification de l'attractivité du paysage en raison de l'évolution des associations végétales • Modification de l'attractivité du paysage en raison de l'assèchement des lacs et des lits des cours d'eau

Risques climatiques	Risques partiels
Risques inhérents aux changements climatiques à l'étranger	
Risques pour les chaînes d'approvisionnement internationales en raison des changements climatiques à l'étranger	• Augmentation de la volatilité des prix à l'importation en raison des impacts des changements climatiques à l'étranger • Augmentation des coûts du transport en raison des dommages liés aux changements climatiques causés aux infrastructures à l'étranger • Dégradation de la disponibilité et de la qualité des biens d'importation en raison des impacts des changements climatiques à l'étranger • Atteinte portée à l'approvisionnement de marchandises critiques, comme les denrées alimentaires, les médicaments ou les composants techniques, en raison des impacts des changements climatiques à l'étranger • Modification des conditions de vente et diminution des recettes sur des produits et services provenant de Suisse, en raison des impacts des changements climatiques à l'étranger
Risques pour les infrastructures transfrontalières en raison des changements climatiques à l'étranger	• Dommages et contraintes accrues pour les infrastructures transfrontalières de transport, d'électricité, d'énergie, de communication et de santé en raison des impacts des changements climatiques à l'étranger • Interruptions de l'approvisionnement dans les infrastructures critiques en raison des impacts des changements climatiques à l'étranger
Risques pour le système financier mondial en raison des changements climatiques à l'étranger	• Baisse de la production et du chiffre d'affaires ainsi que dommages matériels aux objets d'investissement et risques d'investissement en raison des changements climatiques à l'étranger • Conséquences en cascade et instabilités sur les marchés de l'immobilier et de l'assurance en raison des impacts des changements climatiques à l'étranger • Diminution de la croissance économique et de la stabilité du système financier en raison des changements climatiques à l'étranger
Risques pour la sécurité et la stabilité internationales en raison des changements climatiques à l'étranger	• Hausse de la demande de coopération au développement et d'aide en cas de catastrophe en raison de la mise en danger des moyens de subsistance des groupes de population vulnérables et/ou menacés de pauvreté à l'étranger • Hausse des flux migratoires mondiaux en raison de la mise en danger des moyens de subsistance des groupes de population vulnérables et/ou menacés de pauvreté à l'étranger • Renforcement des situations conflictuelles par les changements climatiques et par leurs conséquences sur la stabilité politique et la sécurité internationale

Risques climatiques	Risques partiels
	Événements imprévus et risques combinés
Risques inhérents aux événements imprévus et risques combinés	• Conséquences considérables des événements extrêmes particulièrement extrêmes, dont l'intensité dépasse nettement les valeurs observées jusqu'à présent
	• Dégradation considérable de la santé humaine en raison de l'apparition de nouvelles maladies et de nouvelles plantes allergisantes
	• Dégradation considérable des cultures agricoles et de la production animale en raison de l'apparition de nouveaux organismes nuisibles et de la propagation de nouvelles maladies
	• Dégradation considérable de la biodiversité due à de nouvelles espèces envahissantes
	• Dommages considérables aux forêts causés par la propagation de nouveaux organismes nuisibles et de nouvelles maladies
	• Dommages considérables causés par la succession critique de différents dangers ou par la multiplication extraordinaire d'un même danger
	• Dommages considérables causés par des effets encore imprévisibles des chaînes d'action changements climatiques – dangers naturels (y c. de nouveaux processus)
	• Dommages considérables causés par des modifications du potentiel de régénération des zones concernées par les processus de dangers naturels
	• Mise en danger des moyens de subsistance à la suite d'une défaillance inattendue et simultanée de plusieurs infrastructures critiques
	• Dommages considérables causés par des points de basculement dans le système climatique qui déclenchent la modification de la circulation ou des modèles de conditions météorologiques
	• Impacts considérables sur la biodiversité et/ou les services écosystémiques en raison du dépassement des points de basculement des écosystèmes
	• Impacts considérables en raison du dépassement des points de basculement sociaux

A3 Listes

A3.1 Spécialistes participants

Les personnes citées ci-après ont apporté leur concours à l'analyse des risques au travers des connaissances qu'elles ont apportées et des avis qu'elles ont donnés. L'OFEV et les auteurs les remercient vivement de leur engagement.

- Adey Bryan (EPFZ)
- Arendt Frank (Migros)
- Bischof Angelika (OFPP)
- Bischof Vincenz (OFPP)
- Björnsen Astrid (WSL)
- Bloin-Wibe Luna (EPFZ)
- Bolliger-Maiolino Conradin (réservesuisse)
- Brandes Julia (EBP)
- Brem Stefan (OFPP)
- Bresch David (EPFZ)
- Brown Samuel (Celsius Pro)
- Burri Elena (OFEN)
- Calanca Pierluigi (Agroscope)
- Caprez Riccarda (DFAE)
- Conedera Marco (WSL)
- Corger-Lattion Mireille (SECO)
- Corti Thierry (Swiss Re)
- Croci-Maspoli Mischa (MétéoSuisse)
- Cuche Alain (OFROU)
- De-Sassi Claudio (OFEV)
- Evers Frederic (EPFZ)
- Fauvain Hervé (canton de Genève)
- Felder Daniel (OFAG)
- Fischer Andreas (MétéoSuisse)
- Fischer Erich (EPFZ)
- Fontaine Delia (canton de Genève)
- Fürer Stephanie (OFL)
- Fussen Denise (EBP)
- Geisser Tobias (Migros)
- Gerber Basil (OFEV)
- Gicquel Guirec (OFEV)
- Gicquel Melanie (ARE)
- Graff Dominique (canton de Saint-Gall)
- Gregori Sascha (canton des Grisons)
- Grob Ueli (SECO)
- Gubler Lena (WSL)
- Gumy Damien (canton de Genève)
- Hählen Nils (canton de Berne)
- Hama Michiko (MétéoSuisse)
- Heer Ines (OFAE)
- Hohl Bernhard (OFEN)
- Holthausen Niels (canton de Zurich)
- Huber Nina (OFSP)
- Jenni Robert (OFEV)
- Jöckel Andreas (ElCom)
- Jordi Martin (AECA)
- Joss Rosmarie (Swissgrid)
- Knutti Reto (EPFZ)
- Kopp Thomas (VSGF)
- Kräuchi Norbert (canton d'Argovie)
- Lanz Simon (OFAG)
- Mauchle Fabian (OFEV)
- Meier Matthias (HAFL)
- Merino-Saum Albert (canton de Genève)
- Muccione Veruska (WSL)
- Müller Adrian (FiBL)
- Neuhaus Katrin (CFF)
- Olschewski André (OFEV)
- Olsthoorn Patrick (AFF)
- Pfeil Anne (OFC)
- Pütz Marco (WSL)
- Ragettli Martina (Swiss TPH)
- Rigling Andreas (EPFZ)
- Ritzel Christian (Agroscope)
- Riva Klaus (OFEN)
- Romppainen-Martius Olivia (Université de Berne)
- Roth Vincent (OFEV)
- Rothe Björn (ElCom)
- Schärer Michael (OFEV)
- Schärpf Carolin (OFEV)
- Schlegel Thomas (MétéoSuisse)
- Schlupe Isabelle (SECO)
- Schmandt Cyra (OFAE)
- Schmid Tanja (canton de Zurich)
- Schmocker-Fackel Petra (OFEV)
- Schüpbach Gertraud (Université de Berne)
- Schwilch Gudrun (OFEV)
- Spicker Jörg (Swissgrid)
- Szelecsenyi Arlette (OSAV)
- Trauerstein Mareike (OFEN)
- Walter Esther (OFSP)
- Walther Gian-Reto (OFEV)
- Weingartner Rolf (Université de Berne)
- Werner Christoph (OFPP)
- Zappa Massimiliano (WSL)
- Zinder Remy (canton de Genève)

A3.2 Illustrations

Figure 1

Représentation, dans une matrice à neuf champs, des évaluations des actuels risques et opportunités liés au climat à l'échelle de la Suisse (abscisse) et de leur évolution d'ici 2060 (ordonnée)

9

Figure 2

Changements importants du climat en Suisse basés sur des données d'observation

13

Figure 3

Concept de risque du GIEC

14

Figure 4

Vue d'ensemble des risques et des secteurs concernés en priorité par l'accentuation des fortes chaleurs en Suisse

19

Figure 5

Vue d'ensemble des risques et des secteurs concernés en priorité par l'accroissement de la sécheresse estivale en Suisse

27

Figure 6

Vue d'ensemble des risques et des secteurs concernés en priorité par l'augmentation du potentiel de danger en Suisse

35

Figure 7

Vue d'ensemble des risques (·) et des opportunités (☆), ainsi que des secteurs concernés en priorité par la hausse des températures moyennes en Suisse

43

Figure 8

Vue d'ensemble des risques et des secteurs concernés en priorité par la modification croissante des milieux naturels et de la composition des espèces en Suisse

49

Figure 9

Vue d'ensemble des risques pour la Suisse induits par les changements climatiques à l'étranger

60

Figure 10

Représentation des risques climatiques dans la matrice à neuf champs

80

A3.3 Tableaux

Tableau 1

Structure des risques et opportunités dans l'analyse des risques climatiques	77
---	----

Tableau 2

Application du concept de risque du GIEC à l'analyse des risques climatiques	78
---	----

Tableau 3

Échelle d'appréciation qualitative pour l'évaluation des risques climatiques. Les opportunités sont évaluées de la même manière, toutefois de + 1 à + 5.	79
---	----

A3.4 Bibliographie

- 1 Schumacher et al. Exacerbated summer European warming not captured by climate models neglecting long-term aerosol changes. *DOI : 10.1038/s43247-024-01332-8* (2024, en anglais uniquement).
- 2 National Centre for Climate Services (NCCS). Programme NCCS-Impacts. *www.nccs.admin.ch > Le programme NCCS-Impacts* (État 2023).
- 3 Office fédéral de la protection de la population (OFPP). Analyse nationale des risques « Catastrophes et situations d'urgence en Suisse 2020 ». OFPP, Berne (2020).
- 4 Office fédéral de la statistique (OFS). Actualisation 2020 des niveaux géographiques non-institutionnels. Espace à caractère urbain, agglomérations et typologies – Rapport explicatif. Numéro OFS : 2298-2000 (2024).
- 5 NCCS. Brochure CH2018 – scénarios climatiques pour la Suisse. National Centre for Climate Services, Zurich. 24 pages. Numéro ISBN : 978-3-9525031-1-9. (2018).
- 6 Mutschler et al. Benchmarking cooling and heating energy demands considering climate change, population growth and cooling device uptake. *DOI : 10.1016/j.apenergy.2021.116636* (2021, en anglais uniquement).
- 7 Institut Tropical et de Santé Publique Suisse (Swiss TPH). Monitoring hitzebedingte Todesfälle 2000 bis 2022. Impact-Indikator « Hitzebedingte Todesfälle ». Synthesebericht Juli 2023. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt und Bundesamts für Gesundheit (2023, en allemand uniquement).
- 8 Swiss TPH. Monitoring hitzebedingte Todesfälle: Sommer 2023. Impact-Indikator « Hitzebedingte Todesfälle ». Juni 2024. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt und Bundesamts für Gesundheit (2024, en allemand uniquement).
- 9 Office fédéral de l'environnement (OFEV). Risques et opportunités liés au climat. Une synthèse à l'échelle de la Suisse. *www.bafu.admin.ch/uw-1706-f* (2017).
- 10 EBP & KlimaHandlung. Anpassung an den Klimawandel: Strategien und Massnahmen von Schweizer Unternehmen. Im Auftrag des BAFU (2023, en allemand uniquement).
- 11 Stalhandske et al. Projected impact of heat on mortality and labour productivity under climate change in Switzerland. *DOI : 10.5194/nhess-22-2531-2022* (2022, en anglais uniquement).
- 12 Swiss TPH. Compétence en matière de chaleur de la population 50+ en Suisse : connaissances, préoccupations, agir à l'été 2023. Mars 2024. Sur mandat de l'OFSP et de l'OFEV (2024).
- 13 OFS. Les scénarios de l'évolution de la population de la Suisse et des cantons 2020-2050. Numéro OFS : 202-2000 (2020).
- 14 NCCS. Programme NCCS-Impacts. Projet Impact du changement climatique sur la santé humaine et animale. *www.nccs.admin.ch > Le programme NCCS-Impacts > Projet « Santé humaine et animale »* (État 2023).
- 15 Vicedo-Cabrera et al. The footprint of human-induced climate change on heat-related deaths in the summer of 2022 in Switzerland. *DOI : 10.1088/1748-9326/ace0d0* (État 2023, en anglais uniquement).
- 16 NCCS. Programme pilote d'Adaptation aux changements climatiques. Projet A.06 Chaleur et santé. *www.nccs.admin.ch > Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques > A.06* (État 2023).

-
- 17 European Environment Agency. European climate risk assessment: Full report. EEA Report 01/2024. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/8671471> (2024, en anglais uniquement).
- 18 Wicki et al. Socio-environmental modifiers of heat-related mortality in eight Swiss cities: A case time series analysis. DOI : 10.1016/j.envres.2024.118116 (2024, en anglais uniquement).
- 19 De Schrijver et al. Exploring vulnerability to heat and cold across urban and rural populations in Switzerland. DOI : 10.1088/2752-5309/acab78 (2023, en anglais uniquement).
- 20 Swiss Economics. Bedeutung des Klimawandels für die Infrastrukturen in der Schweiz. Stand der Literatur. ISSN 2235-1868 (2019, en allemand uniquement).
- 21 Swissgrid. Les effets de la canicule sur le réseau à très haute tension. www.swissgrid.ch > *Un sujet brûlant* (État 14.7.2022).
- 22 Office fédéral de l'énergie (OFEN). Perspectives énergétiques 2050+. www.bfe.admin.ch > *Perspectives énergétiques 2050+* (2022).
- 23 ETH-Klimarunde. Wetterextreme: Einfluss auf die Stromversorgung. <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/usys/c2sm/dam/events/Klimarunde2022/Wetterextreme-Stromversorgung-Schaffner-Klimarunde-2022.pdf> (2022, en allemand uniquement).
- 24 Inspection fédérale de la sécurité nucléaire. Les centrales nucléaires durant les étés caniculaires. www.ensi.admin.ch > *Les centrales nucléaires durant les étés caniculaires* (État 15.8.2024).
- 25 Schweizer Radio und Fernsehen (SRF). Angst um Versorgungssicherheit. AKW Beznau darf trotz zu hoher Wassertemperatur weiterlaufen. www.srf.ch > *AKW Beznau darf trotz zu hoher Wassertemperatur weiterlaufen* (État 26.7.2022, en allemand uniquement).
- 26 OFS. Compte de production. www.bfs.admin.ch > *Compte de production* (2022).
- 27 OFS. La statistique de la superficie en Suisse. Relevé de l'utilisation et la couverture du sol Numéro OFS : 2306-2400 (2024).
- 28 SAFOSO AG. Vorstudie für das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen. Abschätzung des Einflusses des Klimawandels auf die Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit. Eine One-Health-Perspektive (2019, en allemand uniquement).
- 29 Agroscope. Canicule et agriculture ne font pas bon ménage. ISSN 1023-2958 (2015).
- 30 Conseil fédéral. Orientation future de la politique agricole. Rapport du Conseil fédéral en réponse aux postulats 20.3931 de la CER-E du 20 août 2020 et 21.3015 de la CER-N du 2 février 2021 (2022).
- 31 Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL). Inventaire forestier national suisse. Résultats du quatrième inventaire 2009-2017. DOI : 10.16904/envidat.147 (2020).
- 32 NCCS. Production de bois menacée. www.nccs.admin.ch > *Production de bois menacée* (État 11.11.2021).
- 33 SRF. Kartoffelanbau in der Schweiz. Die Kartoffel leidet unter den hohen Temperaturen. www.srf.ch > *Die Kartoffel leidet unter den hohen Temperaturen* (État 12.10.2023, en allemand uniquement).

-
- 34 OFEV. Effets des changements climatiques sur les eaux suisses. Hydrologie, écologie et gestion des eaux. www.bafu.admin.ch/uz-2101-f (2021).
- 35 OFEV. La canicule et la sécheresse de l'été 2022. www.bafu.admin.ch > *La canicule et la sécheresse de l'été 2022* (État 10.7.2023).
- 36 SLF. SLF News. Changement climatique et incendies de forêt. www.slf.ch > *Changement climatique et incendies de forêt* (État 23.4.2024).
- 37 WSL. Einfluss der Trockenheit auf Blitz-induzierte Waldbrände. www.wsl.ch > *Einfluss der Trockenheit auf Blitz-induzierte Waldbrände* (État 2023, en allemand uniquement).
- 38 Office fédéral de l'agriculture (OFAG). Stratégie Climat pour l'agriculture et l'alimentation 2050. www.blw.admin.ch > *Stratégie Climat agriculture et alimentation 2050* (2023).
- 39 EPFZ. Resilienz des Schweizer Ernährungssystems. Abschlussbericht zum Projekt Oktober 2020 (2020, en allemand uniquement).
- 40 OFS. Agriculture et alimentation : statistique de poche 2023. Numéro OFS : 872-2300 (2023).
- 41 Agroscope. Grandes cultures résilientes au climat en 2035. DOI : 10.34776/as177g (2024, en allemand uniquement).
- 42 OFEV. SilvaProtect-CH. www.bafu.admin.ch > *Dangers naturels > SilvaProtect-CH* (État 2016).
- 43 Calanca et. al. Auswirkungen der Trockenheit auf die Produktivität des Schweizer Grünlands. Agrarforschung Schweiz 13 : 135–144 (2022, en allemand uniquement).
- 44 Agristat « Actuel » 11-18. 2018, année de sécheresse (2018).
- 45 EBP. Trockenheit im Sommer 2022. Befragung der kantonalen Gewässerschutz- und Fischereifachstellen zu Auswirkungen und Massnahmen. Im Auftrag des BAFU (2023, en allemand uniquement).
- 46 OFS. Dépenses détaillées des ménages selon la classe de revenu. www.bfs.admin.ch > *Dépenses détaillées des ménages selon la classe de revenu* (État 2021).
- 47 WSL. Incendies de forêt. www.wsl.ch > *Incendies de forêt* (2023).
- 48 OFEV. Surface forestière de la Suisse. www.bafu.admin.ch > *Surface forestière de la Suisse* (État 2023).
- 49 OFEV. Augmentation du risque d'incendie en forêt : que faire ? www.bafu.admin.ch > *Augmentation du risque d'incendie en forêt : que faire ?* (État 2023).
- 50 Pronovo AG. Marquage de l'électricité. www.strom.ch/fr/services/marquage-de-lelectricite (État 2023).
- 51 OFEN. Dashboard de l'énergie Suisse. <https://dashboardenergie.admin.ch/strom/import-export> (État 2024).
- 52 Office fédéral des transports (OFT). Navigation sur le Rhin. www.bav.admin.ch > *Navigation sur le Rhin* (État 2024).
- 53 OFS. Transport de marchandises par air, eau ou oléoducs. www.bfs.admin.ch > *Transport de marchandises par air, eau ou oléoducs* (État 2022).
- 54 OFEV. État et évolution des eaux souterraines en Suisse. Résultats de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA, état 2016. www.bafu.admin.ch/uz-1901-f (2019).

-
- 55 Conseil fédéral. Rapport de base sur la sécurité de l'approvisionnement en eau et sur la gestion de l'eau. Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat 18.3610 Rieder du 15 juin 2018 (2022).
- 56 NCCS. CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report Version 2. National Centre for Climate Services, Zurich, 271 pp. ISBN 978-3-9525031-4-0 (2023, en anglais uniquement).
- 57 OFEV. Gestion intégrée des risques. www.bafu.admin.ch > *Gestion intégrée des risques* (État 2024).
- 58 OFEV. Gestion des changements climatiques dans le domaine des dangers naturels gravitaires en Suisse. Version du 27 novembre 2023, révisée sur la base de la consultation auprès des cantons (2023).
- 59 Laboratoire Mobilière de recherche sur les risques naturels. Potentiel de dommages des crues. www.hochwasserrisiko.ch/fr/#schadenpotenzial (État 2024).
- 60 geo7 AG. Klimawandel und Naturgefahren in der Schweiz: Stand des Wissens. Im Auftrag des BAFU (2020, en allemand uniquement).
- 61 Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse). Hagelklima Schweiz: Daten, Ergebnisse und Dokumentation. DOI : 10.18751/PMCH/TR/283.HagelklimaSchweiz/1.0 (2023, en allemand uniquement).
- 62 École polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ). scClim. <https://scclim.ethz.ch> (État 2024, en anglais uniquement).
- 63 OFEV. Dommages et enseignements des événements naturels. www.bafu.admin.ch > *Données de base sur les dangers > Dommages* (État 2023).
- 64 WSL. Number of natural hazard fatalities per year in Switzerland since 1946. DOI : 10.16904/envidat.33 (2019, en anglais uniquement).
- 65 OFEV. Crues de juillet 2021 : des précipitations abondantes ont provoqué des inondations en maints endroits. www.bafu.admin.ch > *Crues de juillet 2021 : des précipitations abondantes ont provoqué des inondations en maints endroits* (État 26.7.2021).
- 66 Bernet et al. Surface water floods in Switzerland: what insurance claim records tell us about the damage in space and time. DOI : 10.5194/nhess-17-1659-2017 (2017, en anglais uniquement).
- 67 Laboratoire Mobilière de recherche sur les risques naturels. Potentiel de dommages dus au ruissellement. https://hochwasserrisiko.giub.unibe.ch/Schadenpotenzial_OFA/fr (État 2024).
- 68 MétéoSuisse. MeteoSchweiz-Blog 22. Juni 2024. Rückblick auf die Gewitterlage vom 21. Juni 2024 auf der Alpensüdseite (2024, en allemand uniquement).
- 69 Office fédéral des routes. Réouverture de l'A13 entre Lostallo et Mesocco ainsi que du col du Simplon. www.news.admin.ch/fr/nsb?id=101764 (État 4.7.2024).
- 70 MétéoSuisse. Glissements de terrain. www.meteosuisse.admin.ch > *Glissements de terrain* (État 2024).
- 71 Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT). ProClim Flash 67. Dominoeffekt in den Alpen (2017, en allemand uniquement).
- 72 OFEV. Dangers naturels : en bref. www.bafu.admin.ch > *Dangers naturels > En bref* (État 2024).

-
- 73 Commune de Samedan. Amtliche Publikation Gemeinde Samedan. Bergsturz in der Val Roseg – vom Betreten des Gebietes wird abgeraten (2024, en allemand uniquement).
- 74 MétéoSuisse. Blogartikel 6. Juli 2021. Schwere Hagelgewitter im Juni – wie aussergewöhnlich war der Monat ? (2021, en allemand uniquement).
- 75 Neue Zürcher Zeitung (NZZ). 2 Milliarden Franken wegen Sturm und Hagel: 2021 wird für die Schweiz eines der teuersten Schadenjahre aller Zeiten. www.nzz.ch > 2 Milliarden Franken wegen Sturm und Hagel: 2021 wird für die Schweiz eines der teuersten Schadenjahre aller Zeiten (État 28.10.2021, en allemand uniquement).
- 76 MétéoSuisse. Changement climatique. www.meteosuisse.admin.ch > Climat > Changement climatique (État 2023).
- 77 MétéoSuisse. Indicateurs climatiques. www.meteosuisse.admin.ch/services-et-publications/applications/ext/climate-indicators-public.html (État 2024).
- 78 OFEN. Degrés-jours de chauffage mensuels en Suisse (pondérés). <https://opendata.swiss/fr/dataset/monatliche-heizgradtage-in-der-schweiz-gewichtet> (2024).
- 79 WSL. WSL News. Changement climatique et ... avalanches. www.wsl.ch > Changement climatique et ... avalanches (État 30.11.2023).
- 80 OFEN. Consommation énergétique en fonction de l'application. www.bfe.admin.ch > Consommation énergétique en fonction de l'application (État 2023).
- 81 OFEN. Potenzial und Massnahmen zur Steigerung der Stromeffizienz bis 2025. Analyse zu Handen GS UVEK / Bundesrat (2022, en allemand uniquement).
- 82 Calanca et al. Le changement climatique entraîne un allongement de la période de végétation et favorise les cultures en altitude. DOI : 10.34776/afs14-150 (2023).
- 83 regionsuisse – Centre du réseau de développement régional. Tourisme. <https://regionsuisse.ch/fr/node/3407> (État 2023).
- 84 Conseil fédéral suisse. Stratégie touristique de la Confédération. www.seco.admin.ch > Stratégie touristique de la Confédération (2021).
- 85 Agroscope. Dossiers. Le changement climatique : un défi. www.agroscope.admin.ch > Le changement climatique : un défi (État 2024).
- 86 OFS. Tourisme – Compte satellite. www.bfs.admin.ch > Tourisme – Compte satellite (État 2017).
- 87 Remontées Mécaniques Suisses. Faits et chiffres 2023 (2023).
- 88 OFEV. Climat : Indicateurs. Pistes avec installations d'enneigement. www.bafu.admin.ch > Climat > Indicateurs > Pistes avec installations d'enneigement (État 2023).
- 89 NCSS. Programme NCCS-Impacts. Projet Coûts des effets du changement climatique en Suisse. www.nccs.admin.ch > Le programme NCCS-Impacts > Projet « Coûts du changement climatique » (État 2023).
- 90 OFS. Accidents de la route. www.bfs.admin.ch > Accidents de la route (État 2023).
- 91 Office fédéral du développement territorial (ARE). Perspectives d'évolution du transport 2050. www.are.admin.ch > Perspectives d'évolution du transport 2050 (2022).

-
- 92 MétéoSuisse. Auftausalzverbrauch im Klimawandel. Im Auftrag der Schweizer Salinen AG. ISSN 2296-0058 (2015, en allemand uniquement).
- 93 SRF. Kein lukratives Geschäft. Schneemangel zwingt Winterorte zum Sommerbetrieb. www.srf.ch > *Schneemangel zwingt Winterorte zum Sommerbetrieb* (État 9.2.2024, en allemand uniquement).
- 94 MétéoSuisse. Bulletin climatologique février 2024 (2024).
- 95 OFEV. Biodiversité en Suisse. État et évolution. www.bafu.admin.ch/uz-2306-f (2023).
- 96 NCCS. Scénarios climatiques CH2018 Alpes. www.nccs.admin.ch > *Scénarios climatiques CH2018 Alpes* (État 2021).
- 97 OFEV. Forêts et bois : en bref. www.bafu.admin.ch > *Forêts et bois > En bref* (État 2022).
- 98 NCCS. Programme pilote d'Adaptation aux changements climatiques. Projet F.13 Mesures de protection des poissons en cas de canicules. www.nccs.admin.ch > *Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques > F.13* (État 2023).
- 99 Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA). Maladies à transmission vectorielle. www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/vector-borne-diseases (État 21.12.2023).
- 100 OFEV. Espèces exotiques en Suisse. Aperçu des espèces exotiques et de leurs conséquences. État 2022. www.bafu.admin.ch/uw-2220-f (2022).
- 101 NCCS. Santé animale et sécurité des aliments. www.nccs.admin.ch > *Santé animale et sécurité des aliments* (État 2020).
- 102 Office fédéral de la santé publique (OFSP). Maladies transmises par les tiques – Situation en Suisse. www.bag.admin.ch > *Maladies transmises par les tiques – Situation en Suisse* (État 2023).
- 103 SCNAT. Allergie au pollen et impact du changement climatique. DOI : 10.5281/zenodo.11124586 (2024).
- 104 NCCS. Ravageurs exotiques envahissants et changement climatique : augmentation de l'aptitude climatique et de la disponibilité des plantes hôtes. www.nccs.admin.ch > *Ravageurs exotiques envahissants et changement climatique* (État 2020).
- 105 WSL. WSL News. Protection des forêts – actualités : Les dégâts causés par le typographe ont encore augmenté en 2023. www.wsl.ch > *Protections des forêts – actualités : Les dégâts causés par le typographe ont encore augmenté en 2023* (État 17.4.2024).
- 106 Swiss TPH. Asiatische Tigermücke. www.swisstph.ch/de/topics/tigermuecke (État 2023, en allemand uniquement).
- 107 OFEV. Forum « Le paysage fait bouger ». www.bafu.admin.ch > *Forum « Le paysage fait bouger »* (État 2021).
- 108 Tobias et al. + 4 °C et plus : les paysages suisses face au changement climatique. DOI : doi.org/10.55419/wsl:35310 (2023).
- 109 Huss et al. Kann künstliche Beschneigung die Gletscher-Schmelze bremsen ? DOI : 10.5167/uzh-258263 (2023, en allemand uniquement).
- 110 SCNAT. Communiqué de presse. Deux années extrêmes anéantissent 10 % du volume des glaciers suisses. <https://scnat.ch/fr> > *Deux années extrêmes anéantissent 10 % du volume des glaciers suisses* (État 28.9.2023).

-
- 111 SRF. Klimaerwärmung geht ans Eis. Diskussion um Gletscher-Abdeckungen. www.srf.ch > *Diskussion um Gletscher Abdeckungen* (État 17.7.2023, en allemand uniquement).
- 112 WSL. WSL News. Couverture des glaciers : efficace mais coûteuse. www.wsl.ch > *Couverture des glaciers : efficace mais coûteuse* (État 31.3.2021).
- 113 HM Government (Gouvernement du Royaume-Uni). UK Climate Change Risk Assessment 2022. ISBN 978-1-5286-3136-5 (2022, en anglais uniquement).
- 114 Umweltbundesamt (Agence fédérale allemande pour l'environnement). Wie der Klimawandel den deutschen Außenhandel trifft. ISSN 2363-8311 (2019, en allemand uniquement).
- 115 INFRAS. Auswirkungen des Klimawandels im Ausland – Risiken und Chancen für die Schweiz. Im Auftrag des BAFU (2018, en allemand uniquement).
- 116 NCCS. Programme NCCS-Impacts. Projet Impact des changements climatiques globaux sur la Suisse. www.nccs.admin.ch > *Le programme NCCS-Impacts > Projet « Impact global »* (État 2023).
- 117 Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures (2017, en anglais uniquement).
- 118 Conseil fédéral. Leadership mondial, ancrage en Suisse : Politique pour une place financière suisse tournée vers l'avenir (2020).
- 119 Swiss Re Institute. World insurance market developments in 5 charts. www.swissre.com/institute/research/sigma-research/sigma-2023-03/5-charts-world-insurance-2023.html (État 2023, en anglais uniquement).
- 120 GIEC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. DOI : 10.1017/9781009325844.001 (2022, en anglais uniquement).
- 121 Seneviratne et al. Climate Change 2021 : The Physical Science Basis. Chapter 11 : Weather and climate extreme events in a changing climate. DOI : 10.1017/9781009157896.013 (2021, en anglais uniquement).
- 122 Grüter et al. Expected global suitability of coffee, cashew and avocado due to climate change. DOI : 10.1371/journal.pone.0261976 (2022, en anglais uniquement).
- 123 Kaufmann D. Climate change could cut off the Panama Canal. www.dw.com/en/will-climate-change-cut-off-the-panama-canal-and-global-supply-chains/a-65761965 (État 29.5.2023, en anglais uniquement).
- 124 OFAG. Rapport agricole 2023. <https://2023.agrarbericht.ch/fr> (2023).
- 125 Ritzel et al. Vulnerability assessment of food imports – Conceptual framework and empirical application to the case of Switzerland. DOI : 10.1016/j.heliyon.2024.e27058 (2024, en anglais uniquement).
- 126 Agristat. Statistiques et évaluations concernant l'agriculture et l'alimentation. Chapitre 7 « Bilan alimentaire 2022 » (2023).
- 127 Office fédéral de la douane et de la sécurité des frontières. Swiss-Impex. www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/index.xhtml (État 2023).
- 128 Plate-forme suisse du cacao durable. Faits et chiffres sur le cacao. www.kakaoplattform.ch/fr/a-propos-du-cacao/faits-et-chiffres-sur-le-cacao (État 2024).

-
- 129 Office fédéral pour l'approvisionnement économique du pays. Produits stockés. www.bwl.admin.ch > *Produits stockés* (État 2024).
- 130 Miller E. The Big Brazil Frost. www.gcrmag.com/brazil-frost (État 3.11.2021, en anglais uniquement).
- 131 Organisation internationale du café. Le rapport sur le marché du café. Novembre 2021. www.ico.org/documents/cy2021-22/cmr-1121-f.pdf (2021).
- 132 OFEN. Sécurité de l'approvisionnement en électricité. www.bfe.admin.ch > *Sécurité de l'approvisionnement en électricité* (État 2023).
- 133 NCCS. Programme NCCS-Impacts. Projet Impact du changement climatique sur les infrastructures critiques. www.nccs.admin.ch > *Le programme NCCS-Impacts > Projet « Infrastructures critiques »* (État 2023).
- 134 OFS. Énergie. www.bfs.admin.ch > *Énergie* (État 2024).
- 135 OFEN. Accord sur l'électricité Suisse-UE. www.bfe.admin.ch > *Accord sur l'électricité Suisse-UE* (État 2024).
- 136 Fischer et al. Storylines for unprecedented heatwaves based on ensemble boosting. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40112-4> (2023, en anglais uniquement).
- 137 Zscheischler et al. A typology of compound weather and climate events. DOI : 10.5194/egusphere-egu2020-8572 (2020, en anglais uniquement).
- 138 GIEC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Full Report. DOI : 10.1017/9781009325844 (2022, en anglais uniquement).
- 139 Université de Fribourg und Universität Zürich. Kombinierte Klimarisiken in der Schweiz. www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=43129 (2021, en allemand uniquement).
- 140 Protection contre les dangers naturels. Influence de la grêle sur le ruissellement de surface. www.protection-dangers-naturels.ch/proprietaire/service/portail-videos/47-influence-de-la-grele-sur-le-ruissellement-de-surface.html (État 2024).
- 141 Zscheischler et al. Future climate risk from compound events. DOI : 10.1038/s41558-018-0156-3 (2018, en anglais uniquement).
- 142 Brasseur et al. Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. DOI : 10.1007/978-3-662-66696-8 (2024, en allemand uniquement).
- 143 Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Infothek. Kippelemente – Großrisiken im Erdsystem. www.pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente/kippelemente (État 2024, en allemand uniquement).
- 144 INFRAS. Klima-Risikoanalyse Schweiz. Methodik. Im Auftrag des BAFU (2025, en allemand uniquement).