

Risiken und Chancen des Klimawandels im Kanton Freiburg

Bericht vom 17. Dezember 2015



Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Abteilung Klima
3003 Bern
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

Kanton Freiburg
Direktion der Institutionen und der Land- und
Forstwirtschaft ILFD
Amt für Wald, Wild und Fischerei
Route du Mont Carmel 1, Case postale 155
1762 Givisiez

Auftragnehmer

Ernst Basler + Partner AG-
Zollikerstrasse 65
CH-8702 Zollikon
Telefon +41 44 395 11 11 / info@ebp.ch / www.ebp.ch

CSD INGENIEURS SA
Chantemerle 37 – Granges-Paccot
Case postale 384
CH-1701 Fribourg
Téléphone: +41 26 460 74 74 / fribourg@csd.ch / www.csd.ch

Autoren

Peter Locher, Niels Holthausen, Christina Willi (Ernst Basler + Partner,
Kap. 1, 3, 4, 6, 7, 10)
Céline Girard, Léa Tallon, Olga Darazs (CSD, Kap. 1, 2, 5, 8, 9, 11)
Juliette Lerch (BAFU, Kap. 3.2, 3.3, 9)

Begleitung

Pamela Köllner-Heck, Martina Zoller (BAFU), Andreas Binz (Kanton FR)

November 2015

Hinweis

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
verfasst. Für den Inhalt sind allein die Auftragnehmer verantwortlich.

Bildnachweis

Titelbild-Fotos v. links n. rechts: (wsl) / Verena N. / (wikipedia) / Hermann Eberhardt /
Oliver Haja / Kerstin 1970 / piu700 / Rainer Sturm / (istockphoto) / (fotolia.com) / brit
berlin / Gabi Eder / Schemmi / Christin Klein
(wenn keine abweichende Quellenangabe, sind von pixelio.de)

Inhaltsverzeichnis

Teil I – Synthese	1
1 Synthese.....	2
1.1 Übersicht und Beurteilung der Ergebnisse	2
1.2 Zusammenfassung pro Auswirkungsbereich.....	5
1.3 Bezug zu Anpassungsmassnahmen.....	10
Teil II – Die Fallstudie	12
2 Étude de cas : canton de Fribourg	13
3 Vorgehen und Elemente der Analyse	15
3.1 Übersicht zum Vorgehen.....	15
3.2 Scénarios climatiques	15
3.3 Scénario socio-économique et démographique	31
3.4 Analyse und Bewertung qualitativer und quantitativer Informationen	42
3.5 Gefahren und Effekte	43
3.6 Berücksichtigung von Anpassungsmassnahmen	44
3.7 Indikatoren	45
3.8 Risiken und Chancen, Erwartungswerte, Ereignisfolgen und Wildcards	46
3.9 Berücksichtigung von Unschärfen	46
Teil III – Analysen pro Auswirkungsbereich	50
4 Gesundheit.....	51
4.1 Kurzbeschreibung	51
4.2 Klimaänderungsbedingte Auswirkungen auf die Gesundheit	51
4.3 Auswirkungen von Hitzewellen	53
4.4 Auswirkungen einer ansteigenden Mitteltemperatur	54
4.5 Auswirkungen von Naturgefahren	56
4.6 Übersicht und Bewertung der Auswirkungen	57
4.7 Bezug zur Anpassungsstrategie	59
4.8 Auswirkungen des sozioökonomischen Szenarios.....	61
4.9 Literatur	61

5	Agriculture	63
5.1	Paramètres de base.....	63
5.2	Impacts liés aux changements climatiques dans le domaine de l'agriculture	64
5.3	Impacts des dangers naturels (crues, laves torrentielles).....	67
5.4	Impacts des orages et de la grêle.....	71
5.5	Impacts de la modification du régime des précipitations.....	73
5.6	Impacts de la modification de la température moyenne.....	73
5.7	Impacts de la sécheresse générale et des vagues de chaleur	75
5.8	Impacts des vagues de froid et du gel.....	76
5.9	Impacts de la réduction du manteau neigeux.....	77
5.10	Aperçu et évaluation des impacts	77
5.11	Liens avec la stratégie d'adaptation	79
5.12	Impacts du scénario socio-économique.....	81
5.13	Références.....	81
6	Wald/Waldwirtschaft	83
6.1	Kurzbeschreibung.....	83
6.2	Klimaänderungsbedingte Auswirkungen auf Wald und Waldwirtschaft	83
6.3	Auswirkungen von Störungsereignissen und Störungsflächen.....	88
6.4	Auswirkung von den Veränderungen der Mitteltemperatur und des Niederschlagsregimes.....	91
6.5	Auswirkungen von Muren, Erdbeben und Hangmuren	93
6.6	Übersicht und Bewertung der Auswirkungen	94
6.7	Bezug zur Anpassungsstrategie	95
6.8	Auswirkungen des sozioökonomischen Szenarios.....	96
6.9	Literatur	97
7	Infrastrukturen und Gebäude	99
7.1	Kurzbeschreibung.....	99
7.2	Klimaänderungsbedingte Auswirkungen auf Infrastrukturen & Gebäude	99
7.3	Auswirkungen von Hochwasser.....	101
7.4	Auswirkungen von Stürme und Orkane	106
7.5	Auswirkungen von Hagel und Gewitter	108
7.6	Auswirkungen von Sturz- und Rutschungsprozessen.....	111
7.7	Impacts de la modification des températures moyennes	115
7.8	Übersicht und Bewertung der Auswirkungen	119
7.9	Bezug zur Anpassungsstrategie	122
7.10	Auswirkungen des sozioökonomischen Szenarios.....	122
7.11	Literatur	123
8	Gestion de l'eau	125
8.1	Introduction.....	125
8.2	Paramètres de base.....	125
8.3	Impacts liés aux changements climatiques dans le domaine de la gestion de l'eau	127
8.4	Impacts des crues.....	128
8.5	Impacts des orages	129

8.6	Impacts des périodes de sécheresse générale	129
8.7	Impacts de la modification du régime et du type de précipitation ainsi que de la réduction du manteau neigeux.....	130
8.8	Impacts de l'augmentation des températures moyennes.....	131
8.9	Aperçu et évaluation des impacts	132
8.10	Liens avec la stratégie d'adaptation	133
8.11	Impacts du scénario socio-économique.....	136
8.12	Références.....	136
9	Tourisme	137
9.1	Paramètres de base.....	137
9.2	Impacts liés aux changements climatiques dans le domaine du tourisme.....	138
9.3	Impacts de la réduction du manteau neigeux.....	140
9.4	Impacts de la modification de la température moyenne.....	145
9.5	Impacts des vagues de chaleur	145
9.6	Impacts de la modification du régime des précipitations.....	149
9.7	Impacts des avalanches, laves torrentielles, glissements de terrain.....	149
9.8	Liens avec la stratégie d'adaptation	154
9.9	Impacts du scénario socio-économique.....	156
9.10	Références.....	157
10	Energie.....	159
10.1	Kurzbeschreibung.....	159
10.2	Klimaänderungsbedingte Auswirkungen im Bereich Energie.....	160
10.3	Auswirkungen von Änderungen im Niederschlagsregime auf die Energieproduktion	163
10.4	Auswirkungen der Zunahme der Durchschnittstemperatur auf den Energieverbrauch.....	167
10.5	Übersicht und Bewertung der Auswirkungen.....	174
10.6	Bezug zur Anpassungsstrategie	176
10.7	Auswirkungen des sozioökonomischen Szenarios.....	177
10.8	Literatur	178
11	Biodiversité.....	181
11.1	Paramètres de base.....	181
11.2	Impacts liés aux changements climatiques dans le domaine de la biodiversité.....	182
11.3	Appréciation des impacts liés aux changements climatiques	184
11.4	Aperçu et évaluation des impacts	187
11.5	Liens avec la stratégie d'adaptation	189
11.6	Impacts du scénario socio-économique.....	191
11.7	Références.....	192

Teil I – Synthese

1 Synthese

1.1 Übersicht und Beurteilung der Ergebnisse

1.1.1 Beurteilung der Auswirkungen des Klimawandels für den Kanton Freiburg

In Tableau 1 sind die wesentlichen Ergebnisse der vorliegenden Studie zu den Risiken und Chancen des Klimawandels im Kanton Freiburg zusammengefasst. Für die untersuchten acht Wirkungsbereiche sind folgende Informationen zusammengestellt:

- Art der Beurteilung (mehrheitlich qualitativ oder quantitativ).
- Auswirkungen eines Szenarios mit schwachem bzw. starkem Klimawandel für die Voralpen im Kanton FR, das Mittelland im Kt. FR sowie den gesamten Kanton, beurteilt auf einer siebenstufigen Skala (von sehr positiven (Chancen) bis sehr negativen (Risiken) Auswirkungen).
- Beurteilung der Unschärfen, die der Analyse innewohnen (Unterscheidung von vier Unschärfekategorien). Bei den quantitativ analysierten Wirkungsbereichen wird jeweils separat beurteilt, wie gross die Unschärfen in den notwendigen Analysen unter den heutigen klimatischen Bedingungen sind und wie gross diese in Bezug auf die Veränderungen sind, die der Klimawandel mit sich bringt.

Auswirkungsbereich	Beurteilung mehrheitlich	Klimaszenario 2060-schwach			Klimaszenario 2060 - stark			Unschärfekategorie	
		Voralpen FR	Mittelland FR	Kanton FR	Voralpen FR	Mittelland FR	Kanton FR	heutige Be- dingungen	Änderung Klimawandel
Gesundheit	qualitativ								B
Landwirtschaft	qualitativ								C
Wald/Waldwirtschaft	qualitativ								C
Infrastrukturen+Gebäude	quantitativ						2	3	
Wasserwirtschaft	qualitativ								B
Tourismus	quantitativ						0	1	
Energie	quantitativ						1	1	
Biodiversität	qualitativ								D

Auswirkung Klimawandel	Klasse / Farbcode	qualitative Beurteilung	quantitative Beurteilung
		sehr positiv	> 50 Mio. CHF
		positiv	10 bis 50 Mio. CHF
		eher positiv	2 bis 10 Mio. CHF
		neutral	+/- 2 Mio. CHF
		eher negativ	-2 bis -10 Mio. CHF
		negativ	-10 bis -50 Mio. CHF
	sehr negativ	< -50 Mio. CHF	

Unschärfe	Beschrei- bung	quantitative Beurtei- lung (Auswirkungen um Faktor höher/tiefer)	qualitative Beurteilung (Zuordnung Klasse/Farbcode)
	sehr gering	0 bis Faktor 1.1	A eindeutig
	gering	1 bis Faktor 1.3	B ziemlich eindeutig
	mittel	2 bis Faktor 2	C +/- 1 Klasse möglich
	gross	3 > Faktor 2	D +/- 2 Klassen möglich

Bei qualitativ beurteilten Wirkungsbereichen kann die Unschärfe nur in Bezug auf die Änderung infolge Klimawandel beurteilt werden.

Tableau 1 : Ergebnisse pro Wirkungsbereich: Art der Beurteilung, Auswirkungen des Klimawandels pro Klimaszenario (schwacher bzw. starker Klimawandel) und Kategorisierung der Unschärfe gemäss Kapitel 3.9 (mit zugehöriger Legende)

Die Auswirkungen des Klimawandels werden für die Voralpen im Kt. FR, welche in der vorliegenden Studie im Fokus stehen, wie folgt eingeschätzt (die nachfolgende verbale Charakterisierung bezieht sich auf das starke Klimaszenario):

- Besonders negative Auswirkungen werden in Bezug auf die Biodiversität erwartet. Betroffen sind vor allem Feuchtgebiete und aquatische Systeme, die unter der Abnahme der Niederschläge in den Sommermonaten und dem Auftreten längerer Trockenperioden – meist in Kombination mit Hitze – besonders leiden, was u.a. zu einem Verlust der Artenvielfalt führen kann.
- Ebenfalls deutlich negative Folgen sind für den Wald zu erwarten. Gründe sind Einschränkungen der Schutzwaldfunktion und Folgeschäden von Störereignissen (z.B. Stürme). Dieselbe Beurteilung gilt für den Auswirkungsbereich Landwirtschaft. Gründe sind hier u.a. längere Hitzewellen in Kombination mit Trockenheit.
- Für die Bereiche Wasserwirtschaft und Tourismus sind insgesamt eher negative Auswirkungen zu erwarten. Deutlich negative Auswirkungen für den Wintertourismus können nur teilweise durch die Stärkung des Sommertourismus kompensiert werden.
- Im Bereich Gesundheit sind keine signifikanten Auswirkungen zu erwarten. Im Gegensatz zum Mittelland stellen Hitzewellen für die Bewohner der Voralpen dank der tieferen Temperaturen keine signifikante Gefährdung dar.
- Positive Auswirkungen hat der Klimawandel im Bereich Energie. Vor allem der Verbrauch an Heizenergie nimmt dank steigender Temperaturen deutlich ab, was eine Zunahme des Kühlenergieverbrauchs und eine voraussichtlich etwas geringere Energieproduktion aus Wasserkraft überkompensiert.
- Für den Auswirkungsbereich „Infrastrukturen & Gebäude“ ist eine Einschätzung der Klimafolgen mit sehr grossen Unschärfen verbunden. Klar ist, dass die Aufwendungen für den Winterdienst deutlich abnehmen. Die Schäden infolge von Elementarereignissen können zu- oder abnehmen. Unbekannt ist vor allem der Einfluss des Klimawandels auf die Häufigkeit und Intensität von Hagel- und Sturmereignissen, auf die im Bereich der Voralpen heute etwa 60% der Elementarschäden entfallen. Bleiben diese Schäden unverändert, so sind die Auswirkungen des Klimawandels eher positiv, nehmen sie hingegen deutlich zu, so überwiegen die negativen Folgen des Klimawandels.

1.1.2 Wichtige Aspekte bei der Beurteilung

Klimaänderung geht über 2060 hinaus

Die Fallstudie fokussiert auf den Klimawandel in der Periode um 2060. Die dargestellten Auswirkungen des Klimawandels für 2060 müssen als Vorboten von gravierenderen Veränderungen in den folgenden Jahrzehnten in verschiedenen Auswirkungsbereichen interpretiert werden, da die

Klimaänderung in jedem Fall fortschreiten wird. Im Zusammenhang mit nichtlinearen Effekten und sich gegenseitig verstärkenden, heute aber noch ungenügend verstandenen Prozessen sind Klimaauswirkungen möglich, die deutlich über das für 2060 ausgewiesene Mass hinausgehen. Verschiedene Publikationen weisen darauf hin, dass wirklich breite und signifikante Wirkungen des Klimawandels erst gegen Ende des Jahrhunderts oder noch später spürbar werden dürften (siehe z.B. CH2014¹⁾). Zum Beispiel dürfte die Anpassung der Artenzusammensetzung der Biosphäre noch sehr lange Zeit in Anspruch nehmen.

Auswirkungen von Gefahren und Effekten

Die Risiken und Chancen des Klimawandels werden in der vorliegenden Studie primär anhand der Änderung von Klimaparametern im Sinne von Jahresmittelwerten oder saisonalen Mittelwerten abgeschätzt. Dies genügt im Allgemeinen, um längerfristige Entwicklungen auf derselben Zeitskala, die sich jährlich mehr oder weniger wiederholen, hinsichtlich ihrer Auswirkungen zu beurteilen. Die Erfassung von Auswirkungen auf kürzeren Zeitskalen von Minuten bis Wochen, d.h. Ereignissen, die gelegentlich und quasi zufällig eintreten, ist komplexer. Zu deren Quantifizierung sind Angaben zur Häufigkeit und Intensität notwendig, die zudem voneinander abhängig sind. Für seltene Extremereignisse (z.B. Extremniederschläge) fehlen oftmals auch unter heutigen Klimabedingungen klare Angaben zur Häufigkeit, Intensität und den Auswirkungen. Zudem wird ein seltenes Extremereignis mit grossen Auswirkungen oftmals stärker wahrgenommen als eine Folge von mehreren Einzelereignissen mit insgesamt den gleichen Auswirkungen. Die Interpretation der Ergebnisse ist umso anspruchsvoller, je mehr Entwicklungen und Ereignisse auf unterschiedlichen Zeitskalen zu den untersuchten Auswirkungen beitragen.

Belastbarkeit der Ergebnisse und Berücksichtigung von Unschärfen bzw. Unsicherheiten

Die Ergebnisse stützen sich auf die heute vorliegenden Kenntnisse und auf Abschätzungen, die auf möglichst plausiblen und mit Fachleuten abgestimmten Annahmen beruhen. Es handelt sich aber um einen Blick 50 Jahre in die Zukunft, der entsprechende Unsicherheiten und Unschärfen bezüglich der angenommenen Klimaentwicklung und deren Folgen beinhaltet. Oftmals sind auch die Auswirkungen unter heutigen Klimabedingungen mit grossen Unschärfen versehen; diese können sogar grösser sein als diejenigen durch den Klimawandel. Im Rahmen des vorliegenden Berichts nur am Rande thematisiert werden die Folgen sozio-ökonomischer Veränderungen. Diese beeinflussen zukünftige Entwicklungen oftmals stärker als der Klimawandel.

Unterscheidung von Irreversibilitäten und Beeinträchtigungen

Die Klimaänderung führt zu qualitativ unterschiedlichen Auswirkungen: Zum einen werden irreversible Folgen erwartet, wie z.B. vorzeitige Todesopfer, eine Veränderung der Artenzusammensetzung oder die Austrocknung von Feuchtgebieten. Auf der anderen Seite stehen „nieder-

1) http://www.ch2014-impacts.ch/res/files/CH2014-Impacts_report.pdf

schwelligere“ und teilweise vorübergehende Beeinträchtigungen, wie z.B. eine geringere Produktion landwirtschaftlicher Erzeugnisse oder geringere Sachschäden an Gebäuden und Infrastrukturen. Bei der Monetarisierung und Aggregation der Auswirkungen pro Auswirkungsbereich werden diese Unterschiede zwar mitbewertet, je nach Verwendung der Ergebnisse sollten Unterschiede bzgl. der Irreversibilität von Auswirkungen aber nicht unbeachtet bleiben.

1.2 Zusammenfassung pro Auswirkungsbereich

Nachfolgend werden in kurzer Form die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Studie für jeden einzelnen Auswirkungsbereich zusammengefasst, wobei Aussagen zu den Freiburger Voralpen entsprechend dem Fokus der Studie im Vordergrund stehen. Zahlenangaben zu den Auswirkungen des Klimawandels beziehen sich jeweils auf das Klimaszenario «2060 – stark », da dieses aufgrund der heute absehbaren Entwicklungen beim Ausstoss von Treibhausgasen wahrscheinlicher erscheint als das schwache Szenario.

1.2.1 Gesundheit

Durch den Klimawandel werden in den Freiburger Voralpen nur vergleichsweise geringe Auswirkungen auf die Gesundheit erwartet. Aufgrund der höheren Lage, den damit im Vergleich zum Mittelland niedrigeren Temperaturen sowie dem weitgehenden Fehlen von Wärmeinseln durch eine dichte Bebauung werden bis 2060 weiterhin nur vergleichsweise geringe Gesundheitsbelastungen durch Hitzewellen erwartet, z.B. in Form vorzeitiger Todesopfer unter Betagten. Auch die wirtschaftlichen Auswirkungen von Hitzewellen auf die Arbeitsleistung dürften gering bleiben. Im Gegensatz dazu sind diese Auswirkungen im Mittellandsteil wesentlich grösser, wie dies in der Fallstudie für den Kanton Aargau aufgezeigt wurde.

Infolge der verlängerten Vegetationsperiode dürfte die Dauer der Beschwerden für Pollenallergiker zunehmen, im Vergleich mit anderen Auswirkungen bewegen sich diese Auswirkungen jedoch auf relativ tiefem Niveau. Gleiches gilt für Personenschäden durch Naturgefahren bzw. Schnee und Eis: Während erstere auf tiefem Niveau zunehmen dürften, nehmen letztere ab.

1.2.2 Agriculture

La tradition agricole est encore bien présente dans les Préalpes fribourgeoises. La production agricole est particulièrement dépendante des conditions climatiques, ce domaine est donc vulnérable aux changements climatiques prévus.

L'augmentation de l'occurrence des dangers naturels (crues, laves torrentielles) menace les cultures, puisque 1.1% de surfaces agricoles du Plateau sont menacées par ces aléas, contre 4.2% sur la partie préalpine du canton. L'augmentation des extrêmes climatiques représente donc une

menace pour l'agriculture fribourgeoise, car ils peuvent participer à la réduction de la sécurité des rendements.

L'impact combiné de la modification des températures ainsi que des précipitations est difficile à déterminer, car l'interaction entre ces deux facteurs est complexe. De manière générale, une légère augmentation des températures est positive pour les rendements, mais passé un certain seuil (au-delà de 2-3°C), elle devient néfaste pour ces dernières, de même, une diminution des précipitations mène à une diminution des rendements. Dans le cadre de cette étude, nous avons pu néanmoins obtenir des informations quant à l'évolution du rendement des prairies, ces dernières recouvrant une grande partie des surfaces agricoles des Préalpes fribourgeoises. En considérant autant l'augmentation des températures que la modification du régime des précipitations, nous estimons que le rendement des prairies pourrait augmenter de 14%. Seule cette donnée a pu être quantifiée à ce stade, aucune donnée concernant la diminution des recettes n'a pu être extrapolée. Nous estimons que sans mesures d'adaptation (remplacement des cultures actuelles par des cultures plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques) et avec une probable diminution des précipitations en été, les recettes agricoles baisseront en plaine. D'où la nécessité d'adapter les cultures en cultivant des espèces adaptées aux nouvelles conditions.

Les changements climatiques pourraient également avoir des effets indirects sur les cultures, par la prolifération plus importante d'espèces nuisibles (insectes par exemple), avantagés par les températures plus élevées.

Les périodes de sécheresse ainsi que les vagues de chaleur représentent un risque majeur pour l'agriculture fribourgeoise, puisque l'eau est alors disponible en quantité limitée pour les plantes, le recours à l'irrigation est nécessaire pour limiter les dégâts pendant de tels épisodes. La quantité ainsi que la qualité des récoltes est menacée pendant de tels épisodes. Le bétail pâti également dans de telles conditions, les vaches laitières produisant par exemple moins de lait lorsqu'elles souffrent de stress thermique.

1.2.3 Wald/Waldwirtschaft

Negative Auswirkungen des Klimawandels auf Wald und Waldwirtschaft können in den Voralpen des Kantons Freiburg in Erscheinung treten, wenn sich bestätigen sollte, dass Stürme mit ihren Folgeschäden für den Wald häufiger oder intensiver werden. Aufgrund der zunehmenden Mitteltemperatur und den damit im Mittel verbesserten Brutbedingungen für Forstschädlinge (z.B. Borkenkäferarten wie den Buchdrucker) würden die Zwangsnutzungen schon bei gleichbleibender Sturmintensität zunehmen. Mit diesen Störungen nimmt auch die Schutzwirkung des Waldes ab. Um die bisher durch den Schutzwald geschützten Infrastrukturen (z. B. Strassen, Bahnlinien und Gebäude) weiterhin ausreichend sicher betreiben zu können, werden auf zunehmenden Flächen kostenintensive Verbauungen notwendig werden. Begünstigt durch die Zunahme von Störungsflächen (z. B. durch Stürme und Borkenkäferbefall) können Ereignisse wie

Intensivniederschläge eher zu Murgängen, Erdrutschen oder Hochwasser bei Wildbächen führen, welche wiederum erhöhte Schäden an Infrastrukturen zur Folge haben dürften.

Als positiver Effekt der erhöhten Mitteltemperatur werden infolge verlängerter Vegetationsperioden erhöhte Holzzuwächse erwartet. Diese Chance kann jedoch nur bei Holzpreisen realisiert werden, die eine wirtschaftliche Holznutzung erlauben und ist damit massgeblich von der sozio-ökonomischen Entwicklung abhängig.

1.2.4 Infrastrukturen und Gebäude

Auswirkungen auf Infrastrukturen und Gebäude, die vom Klimawandel beeinflusst werden können, betreffen vor allem zwei Bereiche: Schäden durch Naturgefahrenereignisse, wobei hier vor allem Gebäude mit der darin enthaltenen Fahrhabe betroffen sind, und Kosten für den Winterdienst bzw. die Reparatur von Frostschäden, insbesondere an der Strasseninfrastruktur.

Teilbereich Gebäude

Die Vermögensschäden infolge von Naturgefahrenereignissen im Bereich der Voralpen belaufen sich auf etwa Fr. 6 Mio./Jahr. Ca. zwei Drittel betreffen Gebäude sowie die darin enthaltene Fahrhabe. Davon entfallen knapp 60% auf Sturm- und Hagelereignisse; derzeit sind keine klaren Aussagen möglich, ob diese mit dem Klimawandel zu- oder abnehmen. 20% der heutigen Elementarschäden entfallen auf Sturz- bzw. Rutschungsprozesse (Steinschlag, Murgang, Erdrutsch). Für die Risiken infolge Steinschlag wird eine Abnahme erwartet, für Murgänge und Erdrutsche eine Zunahme; insgesamt ist eine mässige Zunahme zu erwarten. Prozentual am stärksten ist die erwartete Zunahme bei den Hochwasserrisiken (inkl. Oberflächenabfluss), auf die in den Freiburger Voralpen heute aber lediglich etwa 15% der Schäden entfallen. Die bereits heute geringen Schäden infolge von Lawinen und Schneedruck werden mit dem Klimawandel weiter abnehmen.

Als Fazit ist festzuhalten, dass bei den Naturgefahren Prognosen zum Einfluss des Klimawandels mit sehr grossen Unschärfen versehen sind, da die Entwicklungen bei den besonders massgeblichen Elementarereignissen Sturm und Hagel unklar sind.

Teilbereich Infrastruktur (inkl. Fahrzeuge)

Der Aufwand für den Winterdienst sowie zur Behebung von Frostschäden an Strassen dürfte mit der Zunahme der Durchschnittstemperatur im Winter und damit der geringeren Zahl von Tagen mit Schneefall bzw. Frostwechseln für die Voralpen von heute ca. 8 auf 3.3 Mio. Fr./Jahr zurückgehen. Die Entwicklung bei den Elementarschäden hängt stark von der Entwicklung der Hagelrisiken ab. Der Grund liegt darin, dass die heutigen Schäden von knapp Fr. 2 Mio./Jahr zu beinahe 80% auf Hagelschäden an Fahrzeugen entfallen. Auf Elementarschäden an der eigentlichen Infrastruktur entfallen lediglich etwa 0.4 Fr. Mio./Jahr. Klimawandel-bedingt dürften diese

geringfügig zunehmen (Zunahme bei Hochwasser, Murgängen und Erdbeben, Abnahme bei Sturzprozessen und Lawinen).

Im Bereich Infrastruktur überwiegen somit die Chancen des Klimawandels im Bereich Strassenunterhalt gegenüber den Risiken von zunehmenden Elementarschäden.

Gesamtbeurteilung für den gesamten Auswirkungsbereich

Ob die Auswirkungen des Klimawandels für den Auswirkungsbereich Infrastruktur & Gebäude insgesamt positiv oder negativ sind, ist stark von der Entwicklung der Schäden infolge von Hagel und Stürmen abhängig. Bleiben letztere weitgehend unverändert, so überwiegen die Chancen, nehmen sie jedoch deutlich zu, so überwiegen die Risiken.

1.2.5 Gestion de l'eau

Les ressources en eau sont abondantes dans les Préalpes fribourgeoises. Aucun problème d'approvisionnement n'a été relevé, même pendant les années particulièrement sèches telles que 2011. La qualité des eaux est également bonne dans l'ensemble, quelques épisodes de pollution ponctuelle due aux activités agricoles sont néanmoins relevés.

Le domaine de la gestion de l'eau est globalement impacté de manière modérée par l'évolution du climat dans le canton de Fribourg. Le bilan des risques et opportunités met en avant un certain nombre de risques, mais dont l'ampleur est limitée.

Les risques identifiés concernent principalement la qualité des eaux, qui peut être mise à mal par l'augmentation des températures, les épisodes de crues ainsi que les orages. Le canton est actuellement en train d'élaborer un plan sectoriel d'évacuation et d'épuration des eaux qui permettra d'avoir une gestion optimale des eaux sur le long terme et de disposer d'une infrastructure adaptée.

Les risques de pénurie d'eau sont faibles dans la partie préalpine du canton, les situations de rivalité d'usage de l'eau toucheront probablement les régions de plaine de façon plus marquée.

La production hydroélectrique sera également touchée par la modification de la disponibilité en eau, avec une possibilité de production accrue en hiver et au printemps et diminuée en été et en automne (pour des chiffres plus précis, voir chapitre sur l'énergie).

1.2.6 Tourisme

Les changements climatiques représentent à la fois un risque et une opportunité pour le tourisme préalpin fribourgeois. Le tourisme hivernal tire en effet une partie de ses revenus de l'exploitation des domaines skiables situés dans la région. Or ceux-ci sont menacés, à court terme déjà, par l'augmentation des températures, provoquant la remontée de la limite de la neige. À l'horizon 2060, seule deux des neuf domaines skiables parviendront encore à exploiter

leurs installations, et ceci uniquement grâce au recours à la production de neige artificielle. Ce bilan est alarmant et provoquera la disparition d'une source de revenus importante pour les acteurs touristiques de la région. Le manque à gagner pour la région des Préalpes est estimé à 5.5 Mio CHF. Le secteur hôtelier n'étant que peu lié à la pratique des sports de neige (attirant principalement les excursionnistes), les pertes financières sont limitées et ce secteur ne devrait pas souffrir du manque de neige.

Au contraire, il est probable que le tourisme estival se développe dans la région, les Préalpes représentant un « îlot de fraîcheur » pour les populations alentours, qui souffriront toujours plus des températures élevées en été et des vagues de chaleur. Les prestataires de services touristiques du district de la Gruyère (exploitants des remontées mécaniques et hôteliers principalement) pourraient ainsi voir leur chiffre d'affaire augmenter de 0.9 Mio de CHF.

Globalement, le secteur touristique est vulnérable aux changements climatiques, les risques semblent être plus importants que les opportunités. La diversification des activités touristiques sont une nécessité afin de limiter les pertes liées à l'évolution du climat dans la partie préalpine du canton. Le tourisme de plaine est lui bien moins touché par l'évolution climatique, qui n'aura que des impacts très limité sur cette région.

1.2.7 Energie

Im Bereich der Energie ist zu unterscheiden zwischen der Energieproduktion – für den Kanton FR hat die Wasserkraft die deutlich grösste Bedeutung - und den Energieverbrauch.

Aufgrund der prognostizierten Abnahme der Jahresniederschläge um ca. 5% ist mit einer proportional geringeren Energieproduktion aus Wasserkraft zu rechnen. Für den Bereich der Voralpen (Kriterium: Standort der Wasserkraftanlage) entspricht dies bei den heutigen Strompreisen einer Reduktion der jährlichen Erträge um ca. 0.7 Mio. Fr.

Wesentlich deutlicher ist der Klimateffekt im Bereich des Energieverbrauchs. Obwohl die Energie für Kühlzwecke auch ohne Berücksichtigung sozioökonomischer Veränderungen²⁾ infolge der Temperaturerhöhung stark ansteigen dürfte, dominiert der Effekt des geringeren Heizenergieverbrauchs. In den Voralpen wirkt sich der Effekt der höheren Temperaturen während der Heizperiode auf die Heizgradtage und damit auf die Heizenergie etwas stärker aus als im Mittellandsteil. Insgesamt ist für die Voralpen des Kantons FR bei den heutigen Energiepreisen mit einer Reduktion der jährlichen Kosten für die Heizung und Kühlung infolge Klimawandels um etwa 22 Mio. Fr. zu rechnen.

2) Sozioökonomische Veränderungen, hier z.B. das Bedürfnis, zukünftig Gebäude vermehrt zu kühlen, um in den Sommermonaten eine im Vergleich zu heute tiefere Innentemperatur zu haben, werden bei den Zukunftsprognosen generell nicht berücksichtigt. Die Abschätzung der Veränderung bei der zukünftigen Kühlenergie basiert somit lediglich auf Temperaturkenngrößen (z.B. Kühlgradtage) und nicht auch auf dem erwarteten Trend zur Zahl der Kühlaggregate.

Betrachtet man lediglich den Klimawandel, so sind die Chancen wesentlich grösser als die Risiken. Gerade im Bereich Energie ist darauf hinzuweisen, dass sozio-ökonomische Veränderungen, etwa in Bezug auf Energiepreise, einen wesentlich grösseren Einfluss haben können als der erwartete Klimawandel.

1.2.8 Biodiversité

La biodiversité est, de nos jours déjà, menacée par de nombreux facteurs tels que la perte de milieux naturels, l'intensification de l'agriculture, le mitage du territoire et le morcellement du paysage ou encore l'arrivée d'espèces invasives. Dans ce contexte, les changements climatiques représentent une pression supplémentaire, mettant en danger l'état de la diversité biologique.

L'impact des changements climatiques sur la biodiversité a été analysé uniquement de manière qualitative. Il ressort de l'analyse que de nombreux milieux naturels et espèces sont mis à mal par l'évolution climatique. C'est le cas par exemple des milieux aquatiques et zones humides, qui souffrent de la modification du régime des précipitations ainsi que de l'accroissement des périodes de sécheresse. Parallèlement, un des impacts majeurs des changements climatiques consiste en un décalage vers le haut des étages de végétation, menaçant ainsi les espèces cryophiles.

Au contraire, certaines espèces profitent des changements climatiques. C'est le cas tout particulièrement des espèces thermophiles, bien adaptées aux nouvelles conditions climatiques, ou des espèces invasives, particulièrement concurrentes, puisque souvent importées dans un écosystème sans leurs ennemis naturels.

L'inquiétude des experts ne porte pas seulement sur les effets des changements climatiques, mais aussi sur la multitude de pressions que subit la biodiversité. Le constat alarmant de la dégradation constante de l'état de la biodiversité en Suisse a mené à l'adoption d'une Stratégie Biodiversité accompagnée d'un plan d'action, dont le but est de garantir la pérennité de la biodiversité sur le territoire suisse.

1.3 Bezug zu Anpassungsmassnahmen

Die Höhe der klimabedingten Risiken und Chancen kann durch Anpassungsmassnahmen beeinflusst werden, die hier mit Ausnahme der Nutzung bestehender Einrichtungen oder Prozesse nicht berücksichtigt sind (vgl. Kapitel 3.6). Die aufgezeigten Risiken bzw. Chancen sind zu korrigieren, wenn es zukünftig gelingt, wirksame Anpassungsmassnahmen umzusetzen.

Bei den meisten der hier untersuchten Auswirkungen besteht auch ohne Klimawandel ein Bedarf nach Steuerung. Dies gilt beispielsweise für den Bereich der Naturgefahren, wo mittels ei-

ner Strategie des Bundes unter Einbezug der Kantone das Ziel verfolgt wird, die Schäden über einer breiten Palette von Massnahmen zu mindern.

Die in der vorliegenden Studie ausgewiesenen Risiken und Chancen sollen primär dazu dienen, die klimabedingten Auswirkungen für massgebliche Wirkungsbereiche in ihrer Grössenordnung korrekt und unter Berücksichtigung der Grösse und Merkmale des untersuchten Gebiets darzustellen und damit vergleichbar zu machen. Damit soll eine möglichst solide Grundlage geschaffen werden für die Diskussion möglicher Anpassungsmassnahmen und die notwendige Entscheidungsfindung (z.B. Priorisierung von Massnahmen).

Im Zusammenhang mit der Beurteilung von Anpassungsmassnahmen kann es angezeigt sein, einzelne Wirkungsbereiche hinsichtlich der massgeblichen Prozesse und Wirkungsketten einer vertieften Analyse, wenn möglich unter Bezug zusätzlicher Daten, zu unterziehen. Die heute beschränkten wissenschaftlichen Grundlagen bergen die Gefahr, dass nicht oder nur schwer fassbare Risiken und Chancen in der vorliegenden Studie unterrepräsentiert werden. Gerade bei diesen ist aber der Bedarf an weiterer Forschung und Analysen besonders ausgeprägt.

Teil II – Die Fallstudie

2 Étude de cas : canton de Fribourg

Contexte de l'étude et démarche en cours

Les contacts pris dans le cadre de cette étude de cas avec les différents Services du canton de Fribourg ont permis de préciser que le canton ne dispose actuellement d'aucune base de travail coordonnée dans le domaine des changements climatiques.

Différentes réflexions et études ont toutefois déjà été menées par les autorités et services dans certains domaines particulièrement sensibles. Le changement climatique n'est pas explicitement considéré dans la cartographie des dangers. Le canton conduit actuellement un projet pilote en collaboration avec la confédération concernant la gouvernance du risque. Ce projet vise à intégrer dans la gestion de l'aménagement du territoire la notion du risque tout en considérant l'influence du changement climatique et plus particulièrement de l'intensification probable des événements..

Dans le secteur du tourisme, la Stratégie de développement du tourisme fribourgeois «Vision 2030» de l'union fribourgeoise du tourisme mentionne très clairement les enjeux que représentent les changements climatiques pour la région des Préalpes. La présente étude est donc l'occasion d'aborder cette problématique à l'échelle cantonale et de fédérer les démarches et réflexions entreprises dans les différents domaines pertinents en intégrant les impacts des changements climatiques. L'enjeu pour le canton est de transformer cette prise de conscience sectorielle en processus intégré, permettant d'anticiper les conséquences des changements climatiques et de planifier des mesures d'adaptation concrètes dans les domaines sensibles.

Description de la région et périmètre d'étude

Le territoire du canton, d'une superficie totale de 1592 m² peut être subdivisé en deux zones géographiques principales, à savoir:

1. Le Plateau (ou Moyen Pays): partie Nord du canton.
2. Les Préalpes (ou Alpes fribourgeoises): partie Sud du canton.

Le réseau hydrographique principal comporte les cours d'eau de la Broye, la Glâne, la Sarine, la Singine (bassin du Rhin) et la Veveyse (bassin du Rhône) les limites nord du canton touchent aux lacs de Neuchâtel et de Morat. L'altitude varie entre 428 m au bord du lac de Neuchâtel jusqu'à 2389 m au sommet du Vanil Noir qui est aussi le point culminant de la chaîne des Préalpes.

La répartition des communes entre Plateau et Préalpes avait fait l'objet de discussion lors de l'élaboration des cartes des dangers naturels et est présentée ci-dessous (Figure 1). Cette répartition sert de base de travail à l'étude de cas et a été jugée pertinente par les répondants du canton. Elle ne correspond cependant pas à la répartition des grandes régions utilisée par Mé-

téoSuisse dans son rapport technique « Scénarios climatiques Suisse – un aperçu régional » ou par l’OFEV dans sa stratégie « Adaptation aux changements climatiques en Suisse », volet 1 et 2.

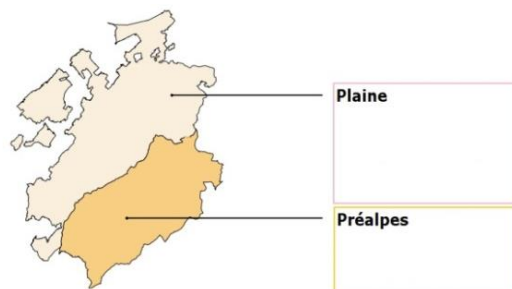


Figure 1 : Canton de Fribourg, régions du Plateau et des Préalpes³⁾

Focalisation sur les Préalpes

Cette étude de cas se concentre essentiellement sur la région des Préalpes fribourgeoises et servira de représentation pour la région géographique préalpine dans son ensemble. Le canton de Fribourg est cependant traité globalement et l’analyse de la région appartenant au Plateau se base principalement sur l’étude de cas du canton d’Argovie qui est l’étude représentative de la région géographique du Plateau suisse. Les données disponibles au niveau cantonal ont été utilisées lorsque cela était possible et pertinent.

3) Source: Rapport explicatif : carte des dangers naturels en zone préalpine du canton de Fribourg

3 Vorgehen und Elemente der Analyse

3.1 Übersicht zum Vorgehen

In der Fallstudie Freiburg werden die Risiken und Chancen für das Jahr 2060 analysiert, also mit einem Blick 50 Jahre in die Zukunft. Dazu werden zunächst Szenarien zu möglichen Klimaentwicklungen und zur Entwicklung des sozioökonomischen und demographischen Umfeldes entwickelt. Anschliessend werden die Auswirkungen des Klimawandels auf verschiedene Auswirkungsbereiche identifiziert. Die relevanten Auswirkungen sind wo möglich anhand von einheitlichen Indikatoren quantifiziert oder – wo dies nicht möglich ist – detailliert qualitativ beschrieben. Einen vollständigen Überblick über die Methode gibt EBP/SLF/WSL (2013).

3.2 Scénarios climatiques

3.2.1 Introduction

Dans l'étude de cas pour le canton de Fribourg, les risques et opportunités liés aux changements climatiques sont analysés pour l'horizon temporel 2060 (représentant la période allant de 2045 à 2074), par rapport à la période de référence 1981-2010 (parfois 1980-2009, pour les données provenant de CH2011 (2011)).

L'ampleur des changements climatiques dans un avenir proche est incertaine, car dépendante de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre. Il est par conséquent nécessaire de prendre en compte les résultats de différents scénarios climatiques, afin de pouvoir mieux évaluer l'étendue des conséquences possibles du changement climatique sur les différents domaines d'impact.

Les scénarios climatiques CH2011 représentent l'évolution du climat selon différents scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre. Leurs résultats ont été utilisés dans la présente étude.

L'OFEV, en concertation avec MétéoSuisse, a retenu deux scénarios climatiques devant être pris en compte dans toutes les études de cas portant sur les risques et opportunités liés aux changements climatiques.

Le premier scénario, appelé ici scénario climatique « faible », représente le climat tel qu'il pourrait être en 2060 si les émissions de gaz à effet de serre sont réduites de 50% au niveau mondial par rapport au niveau de 1990 d'ici à l'horizon 2050. Ce scénario est considéré comme

étant optimiste. Les estimations moyennes de l'évolution de la température et des précipitations du scénario RCP3PD sont prises en compte dans ce scénario.

Le scénario « fort » représente au contraire une continuation des tendances actuelles en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Il prend en compte les estimations supérieures du scénario climatique A1B pour ce qui est des températures tout au long de l'année ainsi que des précipitations en hiver et au printemps. En ce qui concerne les précipitations estivales et automnales, ce sont les estimations inférieures du scénario A1B qui sont prises en compte, ceci afin de pouvoir considérer les éventuelles fortes baisses des précipitations pendant ces deux saisons. Ces estimations supérieures, respectivement inférieures correspondent aux valeurs les plus extrêmes prévues par le scénario A1B.

Scénario climatique de faible amplitude : estimation moyenne RCP3PD 2060 (valeur moyenne 2045-2074) pour la température (chiffres arrondis à 0.1°C) et les précipitations (chiffres arrondis à 5%).

Scénario climatique de forte amplitude : estimation supérieure A1B 2060 (valeur moyenne 2045-2074 pour la température tout au long de l'année (chiffres arrondis à 0.1°C) et les précipitations (chiffres arrondis à 5%) en hiver et au printemps. Pour les précipitations en été et en automne, on applique l'estimation inférieure A1B afin de pouvoir prendre en compte une éventuelle forte baisse des précipitations.

Dans cette étude, une distinction sera faite entre la partie préalpine du canton de Fribourg et la partie située sur le Plateau. Les données climatiques utilisées seront donc uniquement représentatives de cette partie du canton. En ce qui concerne les risques et opportunités liées au changement climatique sur le Plateau, les résultats de l'étude de cas réalisée dans le canton d'Argovie (pour la région du Plateau) peuvent servir de base à la région du Plateau fribourgeois (EBP/SLF/WSL, 2013b).

Les données climatiques utilisées pour l'évaluation des risques et opportunités liés au changement climatique dans la région préalpine du canton de Fribourg proviennent de MétéoSuisse (2013). Ces dernières sont une adaptation des données de CH2011 (2011) pour une région géographique particulière (les Préalpes dans cette étude).

La température moyenne est un paramètre d'importance majeure lorsqu'il s'agit de définir l'évolution du climat. Elle permet de connaître rapidement l'ampleur du changement climatique dans une région donnée. Dans les Préalpes, la température a augmenté de plus de 1°C au cours des 100 dernières années. La tendance est à l'accélération de ce réchauffement puisqu'une

augmentation des températures de 1.3 à 5.3°C est attendue d'ici à l'horizon 2060 selon le scénario A1B (MétéoSuisse, 2013).

Nous analyserons ici non pas uniquement l'évolution des températures moyennes dans les Préalpes dans leur globalité, mais également par tranche d'altitude, la température étant fortement dépendante de cette dernière.

Climat actuel dans les Préalpes

Les figures et chiffres présentés ci-dessous représentent le climat actuel dans la grande région « Préalpes » (n'englobant donc pas uniquement les Préalpes fribourgeoises) pour le climat de référence (1981-2010).

Dans les Préalpes, les températures mensuelles moyennes oscillent entre 0 à -3°C pendant le mois le plus froid (janvier) et 11 à 19°C pendant le mois le plus chaud (juillet), selon les altitudes (Figure 2 à Figure 4).

Les Préalpes étant les premiers reliefs rencontrés par les masses d'air provenant de l'Atlantique, la quantité annuelle des précipitations y est importante. Celle-ci augmente avec l'altitude (1344 mm. de précipitations sont mesurés en moyenne annuellement en-dessous de 600 m., 1480 mm. entre 600 et 1000 m., 1724 mm. entre 1000 et 1500 m. et 1839 mm. au-dessus de 1500 m.). Un maximum des précipitations est observé pendant les mois d'été (juin – juillet – août), alors que les précipitations sont en général les plus faibles pendant les mois d'hiver (Figure 2 à Figure 4). Dans les Préalpes, les précipitations ont augmenté d'environ 20% en hiver au cours du 20ème siècle. Les scénarios climatiques actuels prévoient une diminution des précipitations estivales d'environ 7 à 12% (MétéoSuisse, 2013).

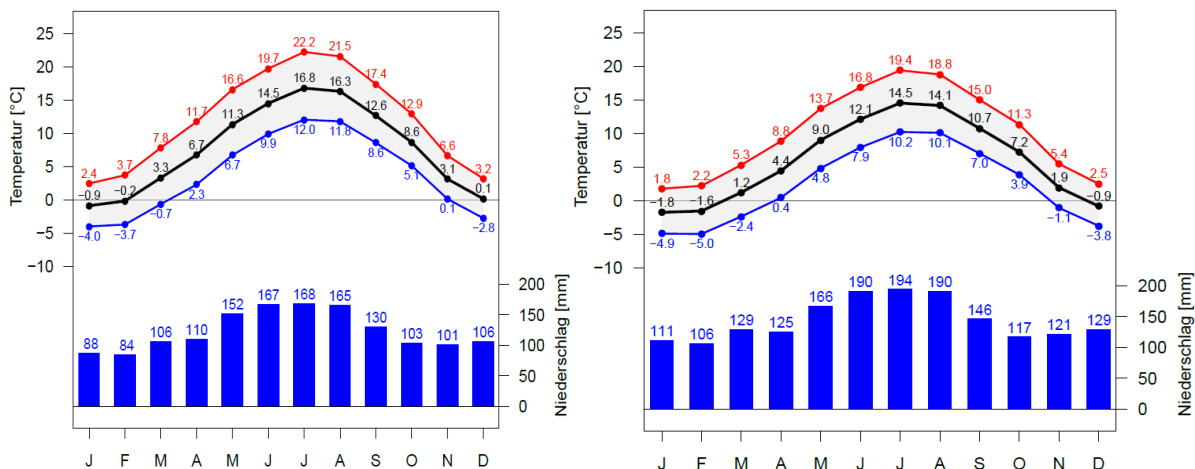


Figure 2 (gauche): en rouge: T°maximales, noir : T° moyennes, bleu: T°minimales et précipitations mensuelles moyennes (1981-2010) pour les Préalpes (600-1'000 m)

Figure 3 (droite): comme Figure 2, mais pour les altitudes comprises entre 1'000 et 1'500 m.

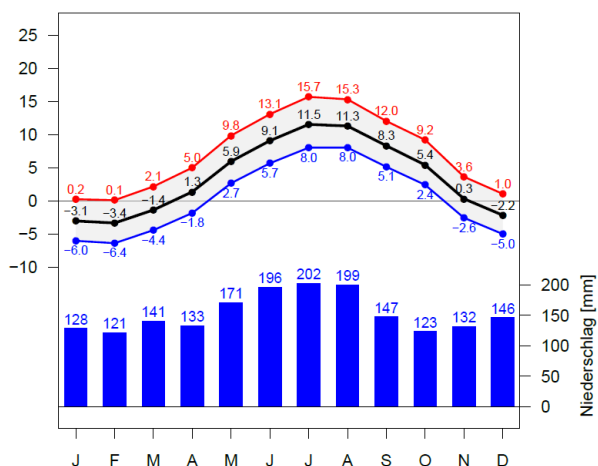


Figure 4: comme Figure 2, mais pour l'altitude > 1'500 m.

3.2.2 Températures saisonnières moyennes

L'augmentation de la température en Suisse est confirmée par tous les modèles. L'incertitude consiste en l'ampleur de cette augmentation, qui est dépendante du scénario d'évolution des émissions de gaz à effet de serre pris en compte par le modèle. Pour cette étude, les valeurs moyennes calculées par le scénario de stabilisation (RCP3PD) ont été prises en compte pour le scénario «faible» (valeurs arrondies à 0.1°C). Pour le scénario «fort», ce sont les valeurs supérieures du scénario A1B (représentant la continuation des tendances actuelles) qui ont été prises en compte.

Dans les deux scénarios, l'augmentation des températures est la plus importante pendant les mois d'été (juin – juillet – août), représentant respectivement un réchauffement de 1.6°C (scénario faible) et de 3.5°C (scénario fort) (Figure 5).

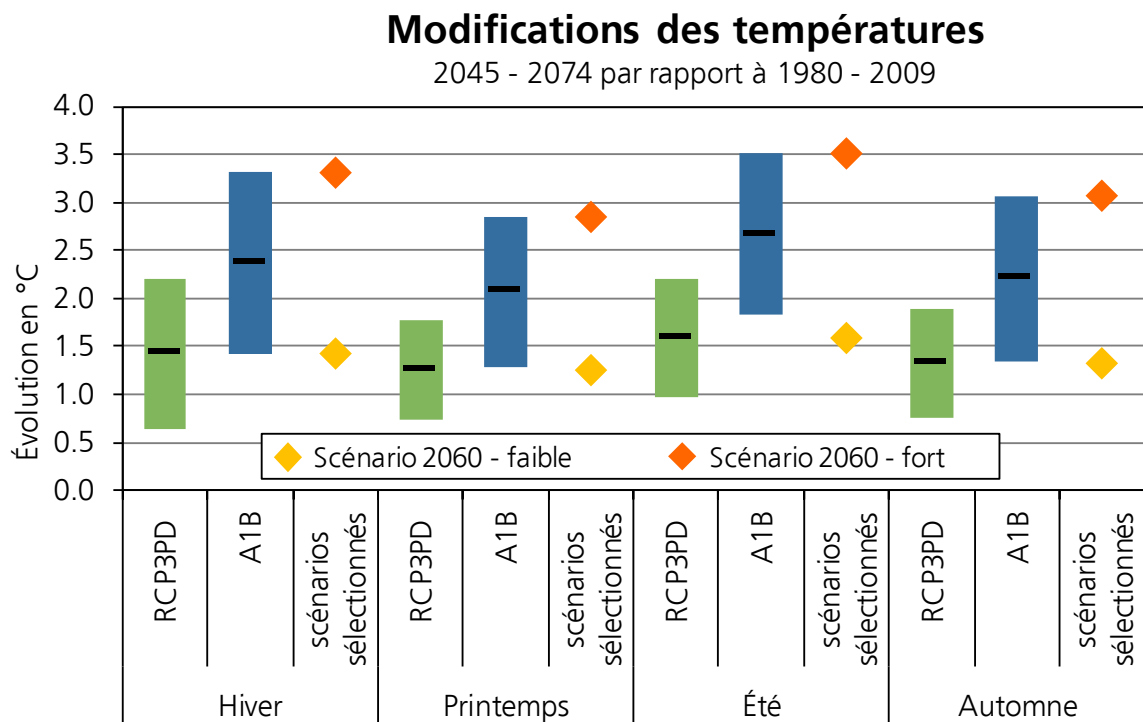


Figure 5: Modifications des températures moyennes dans les Préalpes entre 2045-2074 et 1980-2009 pour les scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre RCP3PD, A1B ainsi que pour les scénarios choisis pour cette étude. Les barres et les traits montrent les estimations inférieures, moyennes et supérieures.

3.2.3 Modification du régime des précipitations saisonnières

L'évolution du régime des précipitations est difficile à prédire, particulièrement pour la Suisse. Alors qu'au nord de l'Europe les précipitations vont s'intensifier, elles se feront toujours plus rares au Sud, particulièrement en été. La Suisse se trouve au printemps, en automne et en hiver près de la limite entre ces deux grandes régions. C'est pourquoi les projections sont particulièrement sensibles à la position de cette limite définie par les modèles (CH2011, 2011). Seule une réduction des précipitations moyennes estivales est clairement prévue par les modèles.

L'étude de Fischer et al. (2012) a montré, grâce à l'analyse de l'évolution des précipitations et des températures selon plusieurs modèles climatiques, que pour chaque région de Suisse et pour chaque saison, aussi bien une augmentation qu'une diminution des précipitations est possible.

Pour le scénario faible, l'OFEV a décidé de prendre en compte, tout comme pour les températures, la valeur moyenne du scénario de stabilisation (RCP3PD) (arrondi à 5%). Pour le scénario fort, les valeurs supérieures du scénario A1B ont été prises en compte pour définir l'évolution des précipitations en hiver et au printemps, traduisant une augmentation de la quantité des précipitations pendant ces saisons-là, alors que ce sont les valeurs inférieures qui ont été prises en compte pour l'été et l'automne, traduisant une diminution des précipitations.

Selon le scénario faible, le régime des précipitations n'évoluera que de manière limitée dans les Préalpes, puisque seule une légère diminution des précipitations estivales (-5%) est attendue. En revanche, le régime des précipitations pourrait changer de manière conséquente selon le scénario fort, puisque ce dernier prévoit une forte augmentation des précipitations en hiver et au printemps (+15%) ainsi qu'une forte diminution de ces dernières en été (-20%) et en automne (-15%) (Figure 6).

Par le choix de ces scénarios, les conséquences d'une possible baisse des précipitations en hiver et au printemps, respectivement d'une augmentation en automne et (peu probable) en été ne sont ainsi pas prises en compte dans cette étude. Il est par conséquent d'une importance capitale de bien définir les incertitudes quand il s'agit de communiquer les résultats de l'étude afin que les conséquences et en particulier les mesures d'adaptation soient envisagées et mises en œuvre de manière plus large.

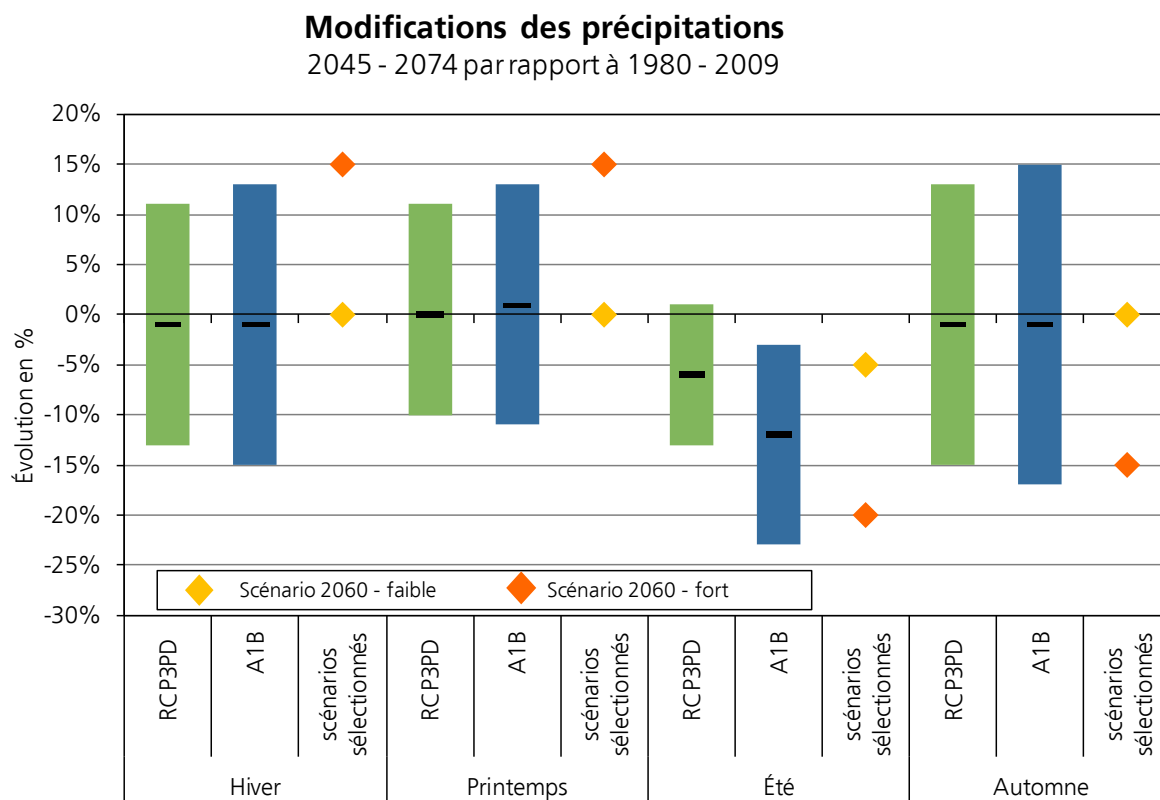


Figure 6: Modifications des précipitations moyennes dans les Préalpes entre 2045-2074 et 1980-2009 pour les scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre RCP3PD, A1B ainsi que pour les scénarios choisis pour cette étude (arrondis à 5%). Les barres et les traits montrent les estimations inférieures, moyennes et supérieures.

3.2.4 Indicateurs climatiques

Afin d'avoir une analyse plus fine de l'évolution du climat dans une région donnée, il est utile d'analyser l'évolution de différents indicateurs climatiques. Il s'agit d'indicateurs dérivés de la température et – dans le cas des jours de neige – des précipitations, et qui permettent de mieux caractériser le climat d'une région ainsi que son évolution au fil des ans.

Les indicateurs climatiques permettent d'avoir des informations plus précises sur l'évolution du climat dans une région donnée, et complètent donc les informations relatives aux modifications de températures et précipitations. Ils permettent par ailleurs une meilleure estimation des effets des changements climatiques sur les différents risques et opportunités analysés dans cette étude (Infras & Egli Engineering AG, 2014).

Plusieurs indicateurs climatiques sont pris en compte dans cette étude. Ceux-ci ont été définis pour la région « Préalpes » et sont considérés selon différents niveaux d'altitude (<800 m; 800-1200 m; 1200-1600 m; >1600 m.). Dans ce chapitre, les données de chaque seuil d'altitude ne

vont pas être analysées pour chaque indicateur, seules les données concernant le seuil d'altitude le plus pertinent en ce qui concerne l'indicateur en question seront détaillées.

Les indicateurs climatiques ont été calculés sur une base annuelle selon les deux scénarios faible et fort. Ils n'ont donc pas pour but de fournir des informations sur la variation saisonnière de tels paramètres climatiques. Cependant les indicateurs étant souvent représentatifs de phénomènes climatiques ayant lieu pendant une saison en particulier (p. ex. jours tropicaux, jours d'été et degrés-jours de climatisation sont des indicateurs liés à la saison estivale), de telles informations peuvent indirectement être déduites.

Pour chaque indicateur, les valeurs moyennes prévues par le scénario RCP3PD (scénario faible) ainsi que les valeurs extrêmes (supérieures pour les indicateurs liés à des températures élevées et inférieures pour les indicateurs liés à des températures faibles) prévues par le scénario A1B (scénario fort) ont été prises en compte.

Jours de chaleur

Les jours de chaleur correspondent aux jours dont la température maximale est égale ou supérieure à 25°C.

De nos jours, entre 0 et 32 jour(s) de chaleur par année sont mesurés dans les Préalpes selon l'altitude. On en dénombre en moyenne 14 entre 800 et 1200 mètres.

Ce type de journée sera toujours plus fréquent à l'avenir. On en dénombrera 25 (+11 jours), respectivement 42 (+28 jours) entre 800 et 1200 mètres à l'horizon 2060 selon les scénarios faible, respectivement fort. Notons que les jours de chaleur feront leur apparition à haute altitude (>1600 mètres), le scénario faible prévoit en effet en moyenne 1 jour de chaleur à telle altitude à l'horizon 2060, le scénario fort en prévoit 5 (Figure 7).

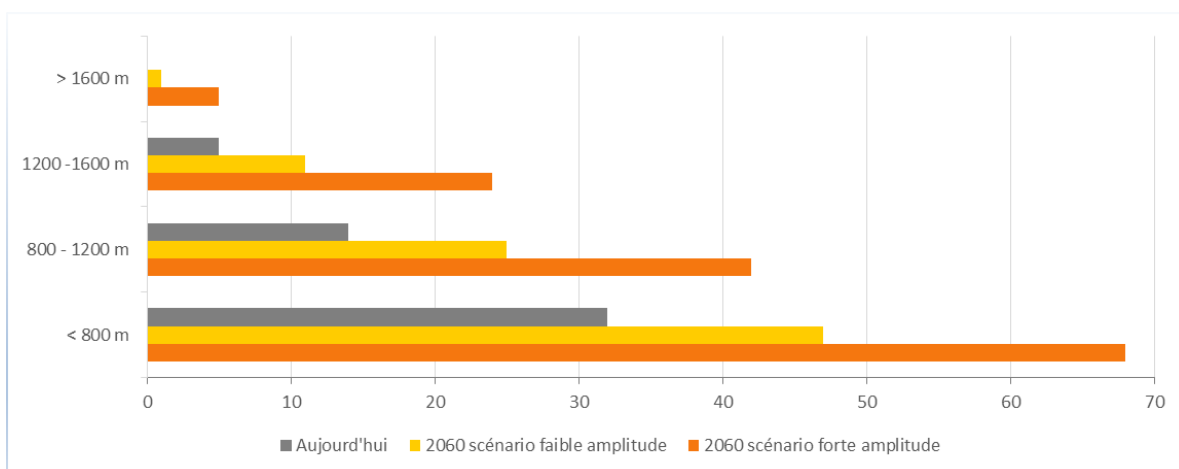


Figure 7: Jours de chaleur (nombre de jours/an) pour le climat actuel (1980-2009) et évolution selon le scénario faible et fort.

Jours tropicaux

Les jours tropicaux correspondent aux jours dont la température maximale est égale ou supérieure à 30°C.

Dans le climat actuel, les jours tropicaux sont très rares dans les Préalpes, on en compte en moyenne 3 par année en dessous de 800 mètres, 1 entre 800 et 1200 mètres, et aucun aux altitudes supérieures à 1200 mètres. Selon le scénario faible, ces températures élevées ne seront toujours pas mesurées au-dessus de 1200 mètres, mais se feront plus fréquentes aux altitudes plus basses (passant de 1 à 2 jours tropicaux entre 800 et 1200 mètres et de 3 à 8 en dessous de 800 mètres). Selon le scénario fort, les jours tropicaux feront leur apparition entre 1200 et 1600 mètres (2 jours par an), et deviendront également plus fréquent à plus basse altitude (passant de 1 à 7 jours entre 800 et 1200 mètres et de 3 à 20 jours en dessous de 800 mètres) (Figure 8).

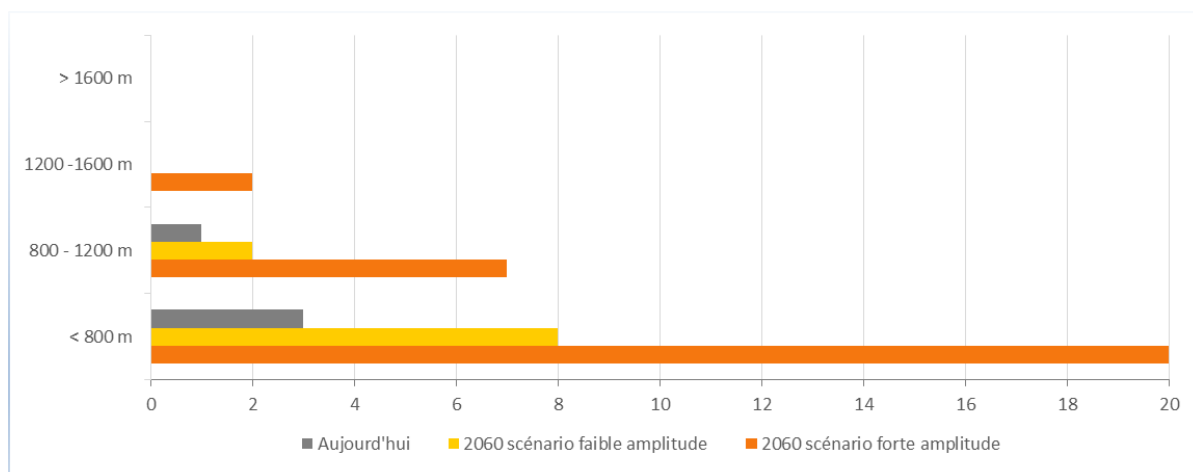


Figure 8 : Jours tropicaux (nombre de jours/an) pour le climat actuel (1980-2009) et évolution selon le scénario faible et fort.

Durée de la période de végétation

La durée de la période de végétation correspond au nombre de jours entre la première occurrence d'une période de 6 jours consécutifs avec des températures moyennes au-dessus de 5°C et la première occurrence d'une période de 6 jours avec une moyenne journalière de température inférieures à 5°C (MétéoSuisse, sans date).

Dans le climat actuel des Préalpes, la période de végétation dure entre 153 jours aux altitudes les plus élevées (>1600 mètres) et 238 jours à plus basse altitude (<800 mètres). Elle est de 222 jours en moyenne dans les régions situées entre 800 et 1200 mètres.

Cette période tendra à se rallonger selon les deux scénarios. Selon le scénario faible, la période de végétation comptera 23 jours de plus entre 800 et 1200 mètres (+10%) d'ici à 2060. Selon le scénario fort, elle s'allongera de 58 jours (+26%) (Figure 9).

L'allongement de la période de végétation impacte différents domaines, tels que l'agriculture ou la santé (allongement de la période d'allergies causées par les pollens).

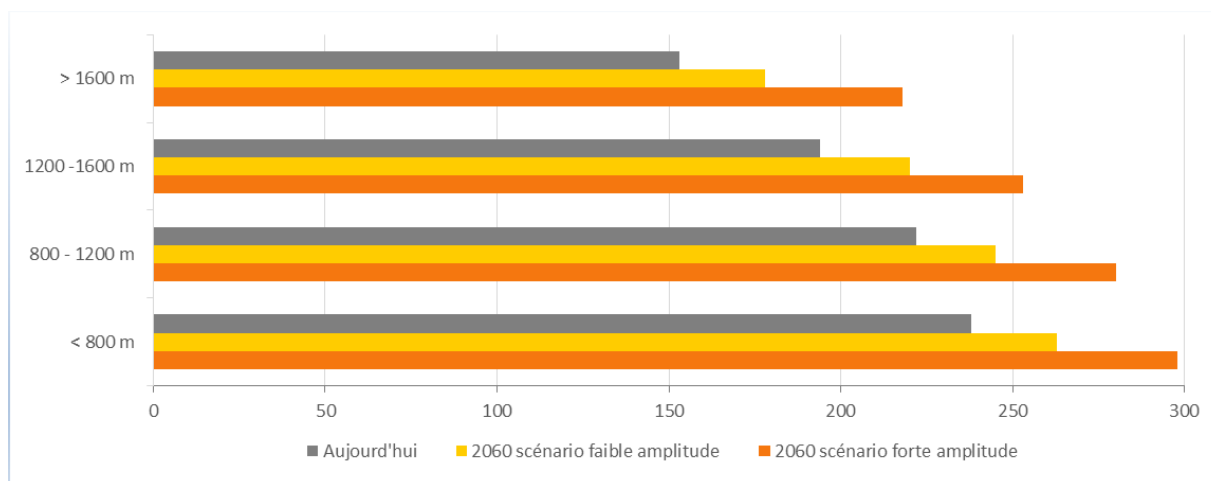


Figure 9 : Durée de la période de végétation (nombre de jours/an) pour le climat actuel (1980-2009) et évolution selon le scénario faible et fort.

Jours de gel

Les jours de gel correspondent aux jours dont la température minimale est inférieure à 0°C, induisant ainsi le gel.

Dans le climat actuel, les jours de gel sont nombreux dans les Préalpes, on en décompte en effet entre 104 (en-dessous de 800 mètres) et 173 (au-dessus de 1600 mètres). Entre 800 et 1200 mètres, 119 jours de gel sont décomptés en moyenne annuellement.

Contrairement aux autres indicateurs, les jours de gel vont se raréfier à l'avenir. Selon le scénario faible, on en dénomblera 27 en moins (-23%) entre 800 et 1200 mètres d'altitude d'ici à 2060

(en moyenne, 92 jours de gel seront mesurés annuellement). Cette diminution est encore plus importante selon le scénario fort puisqu'une diminution de 56 jours (-47%) est prévue à ces altitudes (en moyenne, 63 jours de gel seront mesurés annuellement) (Figure 10).

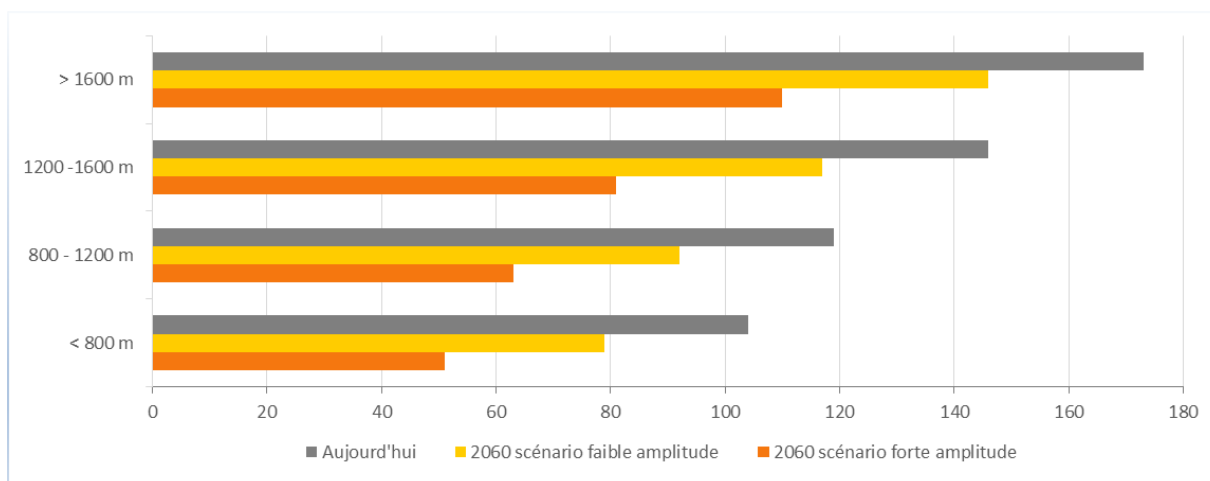


Figure 10 : Jours de gel (nombre de jours/an) pour le climat actuel (1980-2009) et évolution selon le scénario faible (RCP3PD) et fort (A1B).

Jours de gel-dégel

Les jours de gel-dégel représentent les jours pendant lesquels autant des températures négatives que positives ont été mesurées (température maximale supérieure à 0°C et température minimale égale ou inférieure à 0°C), engendrant ainsi des cycles de gel-dégel.

Dans le climat actuel, on dénombre en moyenne 87 jours de gel-dégel dans les régions des Préalpes situées entre 800 et 1200 mètres. Ce type de journées va se raréfier, on en dénombrera en moyenne 15 de moins (-17%) d'ici 2060 à ces altitudes selon le scénario faible (soit 72 jours de gel-dégel par an en moyenne), et 25 de moins selon le scénario fort (-40%, soit 52 jours de gel-dégel) (Figure 11).

Il est important de connaître l'évolution des jours de gel-dégel, car leur occurrence a un impact sur les dommages causés aux bâtiments et infrastructures par le phénomène de cryoclastie (Infras & Egli Engineering, 2014).

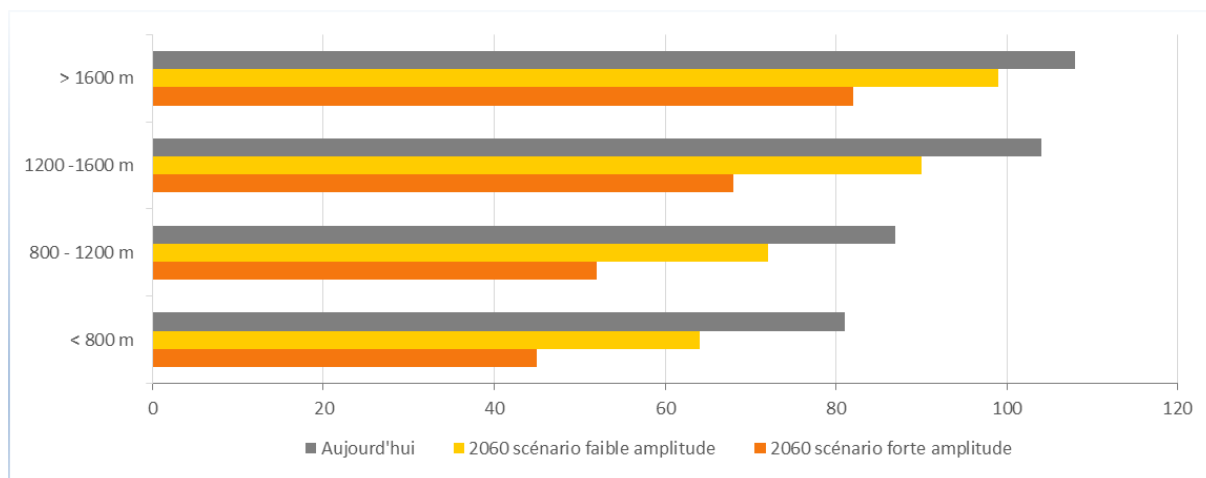


Figure 11 : Jours de gel-dégel (nombre de jours/an) pour le climat actuel (1980-2009) et évolution selon le scénario faible (RCP3PD) et fort (A1B).

Jours avec neige fraîche

Les jours avec neige fraîche correspondent aux jours pendant lesquels une température moyenne inférieure à 2°C a été mesurée ainsi que des précipitations égales ou supérieures à 1 mm.

Selon les scénarios climatiques, les jours avec neige fraîche vont se raréfier à l'avenir (CH2011, 2011), tout particulièrement à basse altitude, ceci pouvant avoir des conséquences importantes sur le maintien du tourisme hivernal dans le canton, les domaines skiables fribourgeois étant situés à faible altitude (bas des domaines en général situés à environ 1000 mètres d'altitude).

Les jours avec neige fraîche se feront toujours plus rares à l'avenir, ceci malgré l'augmentation prévue des précipitations en hiver. Leur raréfaction est principalement à mettre sur le compte de l'augmentation des températures, l'augmentation des précipitations hivernales ayant un effet négligeable sur l'occurrence des journées avec précipitations neigeuses.⁴⁾

Dans les Préalpes, le nombre de jours avec neige fraîche pourrait passer de 36 actuellement entre 800 et 1200 mètres à 26 (-28%), respectivement 15 (-58%) en 2060 selon le scénario faible, respectivement fort. Entre 1200 et 1600 mètres, on dénombre actuellement en moyenne 53 jours avec neige fraîche par année. Ceux-ci ne seront plus que 41 (-23%), respectivement 27 (-49%) selon le scénario faible, respectivement fort (Figure 12).

4) L'augmentation des précipitations hivernales influence la quantité de neige (indicateur qui n'est pas traité dans cette étude), plutôt que le nombre de jours avec neige fraîche, ceci particulièrement à haute altitude.

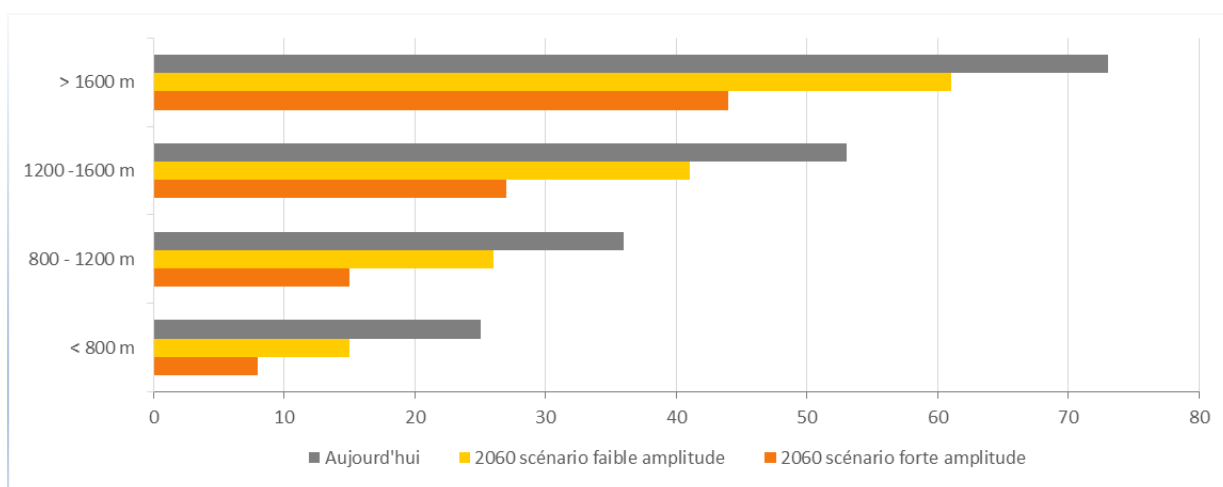


Figure 12 : Jours avec neige fraîche (nombre de jours/an) pour le climat actuel (1980-2009) et évolution selon le scénario faible (RCP3PD) et fort (A1B)

Degrés-jours de chauffage

On considère un jour comme « jour de chauffage » (pendant lequel la demande en chauffage pour les bâtiments est particulièrement élevée) lorsque la température journalière moyenne est inférieure à 12°C. Par degrés-jours de chauffage on comprend la somme annuelle des écarts de la température moyenne journalière à 20°C pour l'ensemble des jours de chauffage (MétéoSuisse, sans date).

Dans le climat actuel, on compte en moyenne 4286 degrés-jours de chauffage dans les régions des Préalpes situées entre 800 et 1200 mètres d'altitude.

Avec le réchauffement du climat, les scénarios climatiques prévoient une diminution du nombre de degrés-jours de chauffage. Ceux-ci atteindront le nombre de 3771, respectivement 3148 entre 800 et 1200 mètres selon le scénario faible (-12%), respectivement fort (-27%) (Figure 13).

La demande énergétique est en partie influencée par cet indicateur, tout comme par les degrés-jours de climatisation, c'est pourquoi il est important de les prendre en compte dans cette étude.

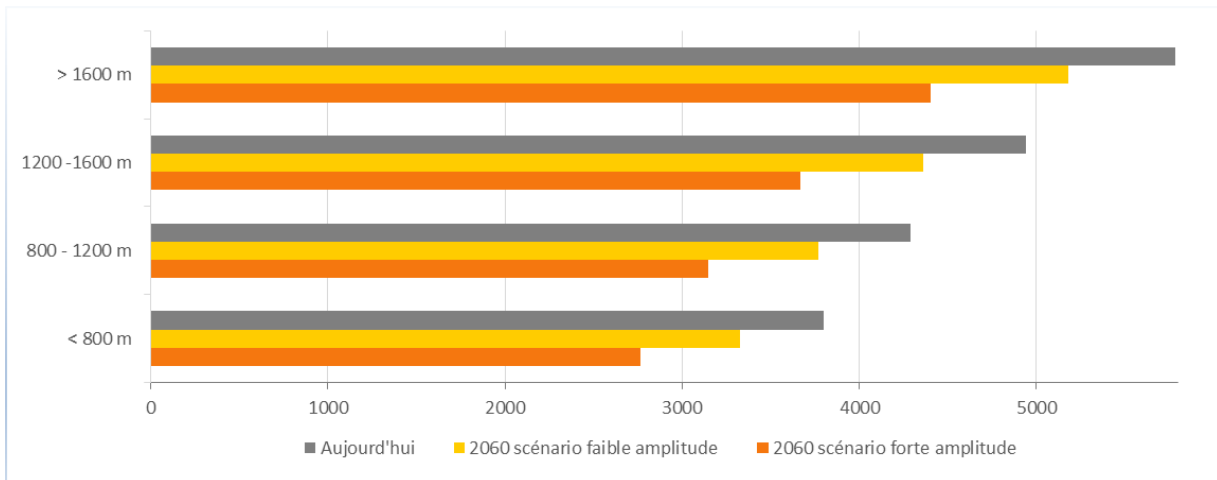


Figure 13 : Degrés-jours de chauffage (par an) pour le climat actuel (1980-2009) et évolution selon le scénario faible (RCP3PD) et fort (A1B)

Degrés-jours de climatisation

On considère un jour comme « jour de climatisation » (pendant lequel la demande en climatisation pour les bâtiments est particulièrement élevée) lorsque la température journalière moyenne est supérieure à 18.3°C. Par degrés-jours de climatisation on comprend la somme annuelle des écarts de la température moyenne journalière à 18.3°C pour l'ensemble des jours de climatisation.

Dans le climat actuel, on compte en moyenne 31 degrés-jours de climatisation dans les régions des Préalpes situées entre 800 et 1200 mètres. Avec le réchauffement du climat, les scénarios climatiques prévoient une augmentation du nombre de degrés-jours de climatisation. Ceux-ci atteindront le nombre de 73 à ces altitudes selon le scénario faible (+135%), et 162 selon le scénario fort (+423%) (Figure 14).

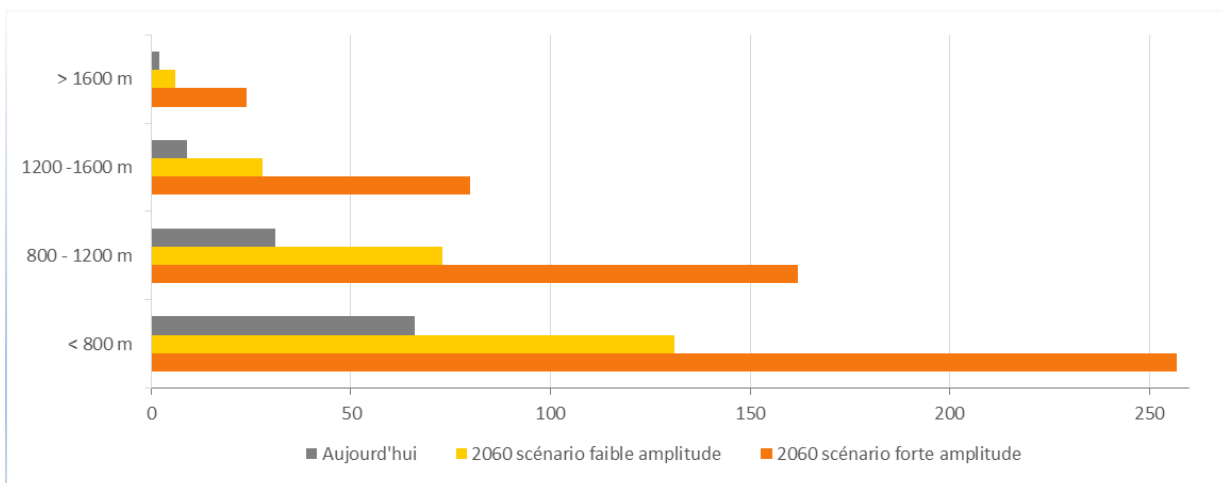


Figure 14 : Degrés-jours de climatisation (par an) pour le climat actuel (1980-2009) et évolution selon le scénario faible (RCP3PD) et fort (A1B)

3.2.5 Événements extrêmes

En plus de la modification de la température et des précipitations saisonnière, une modification de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes est aussi attendue. Or ceux-ci ont des conséquences sur la société, l'économie et l'environnement, il est donc utile de s'y intéresser. Les tempêtes - surtout hivernales -, les précipitations intenses et la grêle sont par exemple responsables d'une grande partie des dommages causés par les événements extrêmes en Suisse.

La Figure 15 (MétéoSuisse, 2013) présente l'état des connaissances actuelles concernant les impacts des changements climatiques sur les événements extrêmes d'un point de vue qualitatif. La figure présente l'état des connaissances concernant l'évolution prévue des différents événements extrêmes (cf. classifications sur l'axe y) ainsi que le type d'évolution attendu (augmentation / diminution) et son ampleur (cf. classification sur l'axe x). Les événements très locaux, tels que les orages, ne sont pas représentés dans cette figure, car les modèles actuels ne permettent pas de représenter de tels événements, aucune appréciation scientifique fondée ne peut donc être émise quant à l'évolution de ceux-ci.

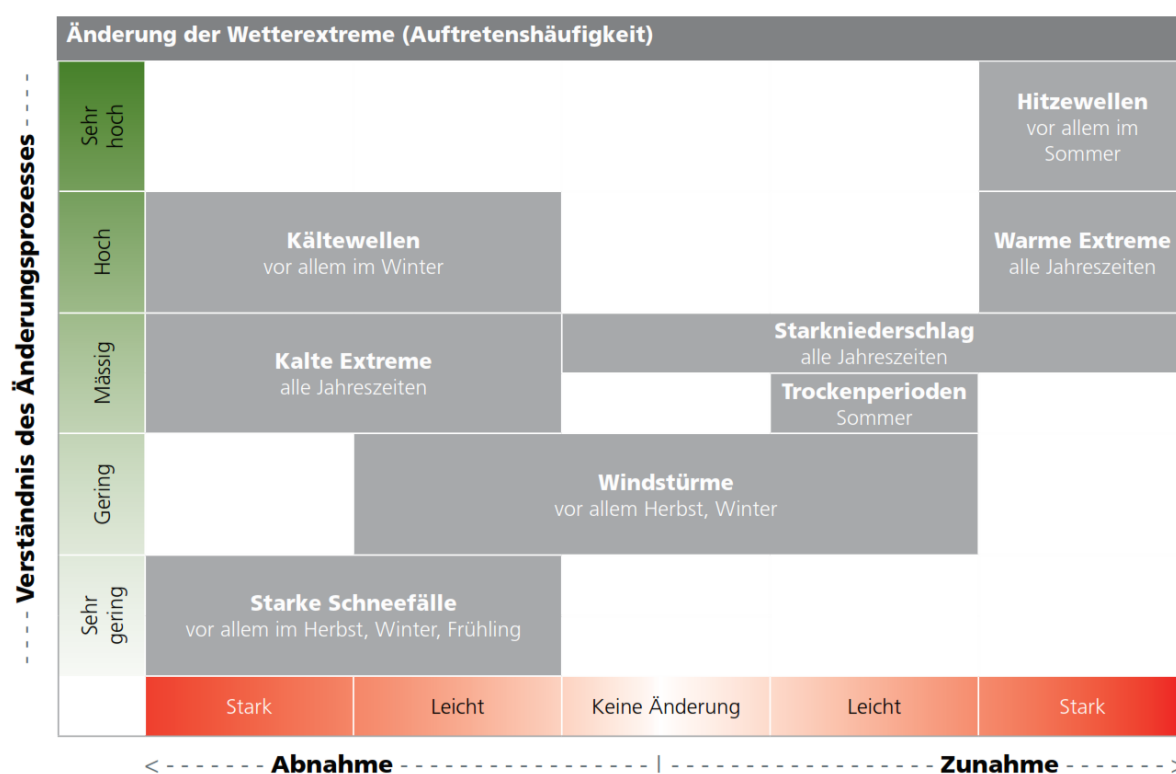


Figure 15 : Degré de l'augmentation ou diminution dans la fréquence d'événements extrêmes induite par les changements climatiques et connaissances des processus importants.

Les modèles climatiques prévoient une intensification des épisodes de précipitations en Suisse, surtout en automne, hiver et printemps (Rajczak et al., 2013). Selon geo7 (2014), les modifications suivantes des précipitations intenses sont attendues (p. ex. extrême de la quantité journalière de précipitation):⁵⁾

- Scénario climatique de faible amplitude (2060) : augmentation de 5% de l'intensité des précipitations intenses en hiver, printemps et automne, pas de modification en été.
- Scénario climatique de forte amplitude (2060) : augmentation de 10% de l'intensité des précipitations intenses en hiver, de 15% au printemps, de 5% en été et de 20% en automne.

Par conséquent, il faut s'attendre à une augmentation de la fréquence des fortes précipitations dont l'intensité est telle qu'elle provoque des dégâts.

Quant aux épisodes de tempêtes, il n'est pour l'instant pas possible de prévoir leur évolution future, les processus impliqués dans ces phénomènes étant pour le moment encore peu connus et le phénomène étant très variable d'une année à l'autre (Pilotprogramm Anpassung Klimawandel – Dokumentation Workshop Klimaszenarien 16-09-2014)

L'impact des changements climatique sur les épisodes orageux et de grêle est également encore inconnu.

3.2.6 Références

CH2011 (2011), Swiss Climate Change Scenarios CH2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zürich, Schweiz, 88 S.

EBP/SLF/WSL (2013a). Analyse klimabedingter Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz. Methodenbericht. Bundesamt für Umwelt, Bern.

EBP/SLF/WSL (2013b). Risiken und Chancen des Klimawandels im Kanton Aargau. Ergebnisbericht. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Fischer, A.; Croci-Maspoli, M., Scherrer, Simon; Liniger, M. (2012), Combined Changes of Temperature and Precipitation in the Swiss Climate Change Scenarios CH2011. Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss, Zurich, Switzerland, 9 S.

geo7 (2014), Klimasensitivität Naturgefahren, Teil 1: Methodenbericht Alpen, Voralpen und Südschweiz, Bundesamt für Umwelt, Bern.

5) Le rapport de geo7 (2014) travaille sur la base d'autres scénarios climatiques, notamment en matière de modification de la température moyenne ainsi que de modification des précipitations. Compte tenu des incertitudes dans les estimations en matière de fortes précipitations, on estime que les scénarios adoptés par geo7 (2014) et pertinents dans le cadre de cette étude de cas peuvent être cités et utilisés à des fins d'appréciation des risques et des opportunités.

Infras & Egli Engineering AG (2014), Klimabedingte Risiken und Chancen 2060, Regionale Fallstudie Kanton Uri, Berichtsentwurf (unpubliziert).

MeteoSchweiz (2013): Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht. Fachbericht MeteoSchweiz, 243, 36 S.

MeteoSchweiz, (sans date). Klimaindikatoren auf Basis gegitterter Klimadaten der MeteoSchweiz und Klimaszenarien der CH2011 Initiative – Begleitinformation zu den Daten.

Pilotprogramm Anpassung Klimawandel – Dokumentation Workshop Klimaszenarien 16-09-2014 (presentation Power Point)

Rajczak, J., P. Pall and C. Schär (2013): Projections of extreme precipitation events in regional climate simulations for Europe and the Alpine Region, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118 (9), 3610-3626

3.3 Scénario socio-économique et démographique

Un scénario socio-économique a été développé pour les différents domaines d'impacts analysés dans cette étude de cas. Celui-ci se base sur le scénario socio-économique pour la Suisse (EBP/SLF/WSL, 2013c). Le scénario présente des tendances d'évolution pour les différents domaines d'impact. Il se compose d'extrapolation qualitative des situations présentes, de tendances actuelles, de l'évolution politique actuelle ainsi que d'autres hypothèses. Les données ont été quantifiées quand cela était possible.

Le présent rapport se concentre sur les impacts des changements climatiques. Lorsque des paramètres socio-économiques ou démographiques ont un impact important pour l'interprétation des résultats, ceux-ci sont notés.

Ce chapitre présente l'entièreté du scénario socio-économique développé pour cette étude. L'état actuel (année de référence : 2010) de certains paramètres représentatifs des domaines d'impact traités dans cette étude, ainsi que leurs tendances d'évolution pour 2060 (quand les données le permettent) sont présentés. Ces tendances d'évolutions sont basées sur l'étude de la littérature.⁶⁾

6) Toutes les sources sont citées par domaine d'impact. Pour les paramètres liés à l'évolution de la population, les calculs réalisés sont basés sur les chiffres provenant des projections démographiques 2013-2035 élaborées par le service de la statistique de l'état de Fribourg (sauf indication contraire).

3.3.1 Santé

Nombre d'habitants et répartition sur le Plateau et les Préalpes

Aujourd'hui

En 2010, 278'493 personnes résidaient dans le canton de Fribourg, dont 78,4% dans les communes situées sur le Plateau et 21,6% dans celles situées dans les Préalpes.

2060

Selon les projections démographiques 2013-2035 élaborées par le service de la statistique de l'état de Fribourg, la population augmentera de 28% d'ici 2035 par rapport à la moyenne de 2013. La population fribourgeoise compterait donc 373'020 habitants en 2035. L'augmentation démographique n'est pas homogène entre les différents districts (par exemple +46% pour la Broye (Plateau), +33% pour la Gruyère (Préalpes), +9% pour la Singine (Plateau) ou +42% pour la Veveyse (mi Plateau, mi Préalpes).

Il semble que le taux d'accroissement de la population est donc très inégal entre les différents districts situés sur le Plateau (de +9% pour la Singine à 46% pour la Broye). En ce qui concerne les districts situés (en grande partie) dans les Préalpes, le taux d'accroissement de la population semble être un peu plus élevé que la moyenne suisse (+28% pour la moyenne suisse d'ici à 2035, +33% pour la Gruyère et +42% pour la Veveyse, dont près de la moitié du territoire est situé dans les Préalpes).

En admettant que le taux d'augmentation de la population entre 2035 et 2060 sera le même dans le canton de Fribourg que pour l'ensemble de la Suisse (pour laquelle il est de + 1,7%), alors nous supposons que le canton de Fribourg comptera près de 380'000 habitants en 2060 (373'020 habitants (en 2035) + 1,7%). Selon les projections démographiques 2013-2035 de l'état de Fribourg complétées par les pronostics d'évolution de la population de l'OFS, nous calculons un maintien de la répartition actuelle de la population entre la région des Préalpes (environ 22% en 2060) et le Plateau (environ 78% en 2060).

Population âgée

Aujourd'hui

En 2010, les personnes âgées de plus de 65 ans représentent 13,98% de la population fribourgeoise, celles de plus de 80 ans 3,65%. La proportion de personnes âgées est légèrement plus importante dans les communes des Préalpes que quand dans celles du Plateau (14,23% contre 13,91 % pour les plus de 65 ans). La moyenne fribourgeoise reste cependant largement en dessous de la moyenne suisse (17% de plus de 65 ans).

2060

La population âgée (>65 ans) augmentera fortement d'ici à 2035 dans le canton de Fribourg (atteignant un taux de 23% en 2035 (projections démographiques de l'état de Fribourg)).

Nous estimons que l'évolution de la proportion de personnes âgées sera la même dans le canton de Fribourg que dans l'ensemble de la Suisse (+8.8 %) entre 2035 et 2060. Les personnes âgées de plus de 65 ans représenteront donc 25% de la population fribourgeoise en 2060 (contre 28,3% pour l'ensemble de la Suisse). Nous émettons également l'hypothèse que cette proportion sera similaire dans les Préalpes et sur le Plateau.

Population active

Aujourd'hui

En 2010, près de 55% de la population fribourgeoise était active (temps plein ou partiel, 152'990 personnes au total). La proportion de personnes actives est très variable d'un district à l'autre, cependant aucune tendance ne peut être mise en avant quant à une répartition différenciée entre Plateau et Préalpes.

2060

A cause du vieillissement de la population, la part de la population active sera toujours moins importante en Suisse d'ici à 2060 (passant de 57,8% de la population en 2010 à 51% en 2060, soit une diminution de -12%).

Si nous émettons l'hypothèse que cette évolution sera similaire pour le canton de Fribourg (-12% de proportion de population active), alors nous estimons que la population active fribourgeoise représentera 48,5% de la population totale du canton en 2060, soit environ 184'412 personnes.

3.3.2 Énergie

Énergie hydraulique

Aujourd'hui

90% de l'électricité produite dans le canton de Fribourg est d'origine hydraulique. Les aménagements hydroélectriques en fonction dans le canton ont une puissance totale de 226,25 MW (71% de cette puissance est produite par des installations situées sur le Plateau, contre 29% produite par des installations situées dans les Préalpes). Notons cependant que les installations hydroélectriques fribourgeoises ne fournissent que 9% de l'énergie consommée par les Fribourgeois (le reste de l'énergie provenant donc d'autres sources électriques, des carburants ou des combustibles).

2060

En Suisse, les cours d'eau sont déjà fortement exploités pour la production d'électricité hydraulique. Le potentiel de développement de telles installations est donc limité. Dans le canton de Fribourg, 91% de la force hydraulique serait déjà exploitée. Le potentiel de développement serait de 58 GWh/an.

Sources énergétiques (mazout, gaz naturel, géothermie, chaleur à distance, etc.)

Aujourd'hui

La grande majorité (50%) des logements fribourgeois sont chauffés au mazout, le reste étant chauffé avec des pompes à chaleur (19.8%), à l'électricité (13.4%), au bois (11.2%), au gaz (4.1%). Une part tout à fait minime des bâtiments est chauffée au charbon ou avec des capteurs solaires.

Dans la majorité des bâtiments, l'eau est chauffée à l'électricité (47.8%) ou au mazout (37.6%), le reste étant chauffé par des pompes à chaleur (4.8%), au bois (4.6%) ou au gaz (3.7%).

3.3.3 Infrastructures et bâtiments

Habitations, bureaux, bâtiments voués à l'artisanat et l'industrie

Aujourd'hui

Le canton de Fribourg compte 52'910 bâtiments, dont près de 95% sont des bâtiments d'habitation (totale ou partielle). Le reste étant des bâtiments abritant des bureaux ou des industries. Trois quart des habitations se trouvent sur le Plateau (représentant une surface de 638 hectares), contre un quart dans les Préalpes (210 hectares). La répartition est encore plus inégale en ce qui concerne les bâtiments voués à l'industrie et à l'artisanat puisque 86% d'entre eux se trouvent sur le Plateau (466 hectares) contre 14% dans les Préalpes (14 hectares)⁷.

112'153 bâtiments sont assurés dans le canton de Fribourg, représentant un capital assuré total de 72,7 milliards de CHF.

Trois quart des habitations se trouvent sur le Plateau (représentant une surface de 638 hectares), contre un quart dans les Préalpes (210 hectares).

2060

Entre 2000 et 2012, 1000 bâtiments ont été construits en moyenne annuellement dans le canton de Fribourg. Nous estimons que ce rythme de construction va se maintenir à l'avenir.

⁷ Selon l'OFS les valeurs en hectares peuvent être très imprécises

Véhicules et utilisation des transports en commun

Aujourd'hui

En moyenne, on compte un peu plus d'une voiture pour deux habitants dans le canton (154'180 au total en 2010). On compte également 1'965 véhicules de transport de personnes, 11'334 véhicules de transport de marchandises, 9'732 véhicules agricoles, 1'869 véhicules industriels et 19'241 motocycles.

39.7% de la population fribourgeoise possède un abonnement pour les transports publics (AG, demi-tarif, abonnement d'une communauté tarifaire ou autre), ce qui est largement moins que la moyenne suisse (57%). Nous estimons que les personnes ayant un abonnement utilisent donc régulièrement les transports publics. À ceux-ci s'ajoutent les personnes qui ne possèdent pas d'abonnement mais qui utilisent malgré tout occasionnellement les TP (pas de chiffres disponibles concernant cette catégorie d'utilisateurs). Le taux de possession d'un abonnement de TP est le plus élevé dans l'agglomération fribourgeoise. En moyenne dans le canton de Fribourg, environ 18% des déplacements (en km) se font en transports publics.

2060

Il n'existe pas de données quant à l'évolution du nombre de véhicules ainsi que des utilisateurs des transports publics. Nous émettons par conséquent l'hypothèse que ces paramètres évoluent proportionnellement avec l'augmentation de la population.

3.3.4 Biodiversité

Diversité des espèces

Aujourd'hui

De nos jours, la biodiversité est mise sous pression par divers facteurs : perte de milieu naturel, intensification de l'agriculture, mitage du territoire et morcellement du paysage, arrivée d'espèces envahissantes, changements climatiques, etc.

Ceci est particulièrement le cas dans les régions du Plateau, où l'urbanisation est croissante et provoque une fragmentation toujours plus importante du paysage. Celle-ci menace les habitats et les espèces qui y vivent (la capacité de survie d'une espèce dépendant parfois de la surface de l'habitat). L'isolation des habitats peut également avoir des conséquences néfastes sur les espèces.

En altitude, il est prévu que le nombre d'espèces augmente suite à la migration des espèces en altitude à cause du réchauffement du climat.

La diminution de l'exploitation agricole dans les régions de montagne ainsi que le développement des zones de forêts représentent une menace pour le maintien de certaines espèces. Cette menace est tout aussi importante que les changements climatiques.

2060

En Suisse, il est supposé que la tendance à la perte de biodiversité se maintiendra d'ici à 2060. Cette tendance est similaire pour le canton de Fribourg.

Biotopes d'importance

Aujourd'hui

Suite à la disparition rapide et conséquente de nombreux milieux naturels (hauts et bas-marais, zones alluviales, etc.) au cours des dernières décennies, de nombreuses zones protégées (biotopes) ont été créés. On recense des bas-marais, haut-marais, sites marécageux, zones alluviales et prairies et pâturage secs d'importance nationale dans le canton de Fribourg. Ces biotopes se trouvent autant dans la partie préalpine du canton que sur le Plateau. La grande majorité des prairies et pâturages secs se trouvent dans les Préalpes. Leur maintien est dépendant de l'entretien de l'homme (fauche ou pâture extensive).

2060

Ces problématiques (mitage du territoire, préservation des biotopes d'importance, etc.) sont néanmoins dorénavant connues du grand public et des politiques. Il est admis que le développement territorial actuel n'est pas durable et que des changements de pratique sont nécessaires. Nous pouvons donc imaginer qu'une attention toujours plus importante sera portée au maintien de la biodiversité.

Cependant, malgré l'intérêt croissant pour la préservation de la biodiversité et les mesures de préservation mises en œuvre, le développement démographique continuera à exercer une pression sur l'environnement, et on peut s'attendre à ce que la surface des biotopes de grande importance diminue encore d'ici à 2060.

3.3.5 Tourisme

Signification économique du tourisme fribourgeois

Aujourd'hui

Fribourg est l'une des 13 régions touristiques reconnues sur le plan national, le tourisme est par conséquent une activité économique importante pour le canton. En 2011, 430'544 nuitées hôtelières étaient décomptées dans le canton, ainsi que 1'373'668 nuitées en parahôtellerie. Le tourisme est majoritairement estival dans le canton de Fribourg. Cela est également le cas dans la partie préalpine du canton. Dans le district de la Gruyère, les mois de juillet et août décomptent le plus de nuitées (le taux d'occupation des chambres atteint alors près de 60%).

Les sociétés de remontées mécaniques membres de l'association des remontées mécaniques des Alpes fribourgeoises⁸⁾ font en moyenne 6.9 Mio. CHF de chiffre d'affaire pour le transport de personnes annuellement (moyenne 2009-2013).

2060

Actuellement, l'offre en hébergement est insuffisante dans le canton. Nous pouvons donc émettre l'hypothèse que, ce constat ayant été fait, l'offre va se développer au cours des années à venir, permettant ainsi d'augmenter le nombre de nuitées annuelles. Les revenus ainsi que les emplois liés à la branche touristique augmenteraient par conséquent dans un premier temps avant de se stabiliser d'ici à 2060.

Type de tourisme

Aujourd'hui

Le tourisme fribourgeois est majoritairement un tourisme de loisir. L'excursionnisme et le tourisme d'affaire sont également importants dans le canton. L'excursionnisme serait 4 à 5 fois plus important que le tourisme de séjour. Dans les Préalpes, le tourisme hivernal n'est que partiellement lié à la pratique des sports de neige (attirant majoritairement des excursionnistes).

2060

Le sport d'hiver étant menacés par les changements climatiques, il est important pour les communes préalpines de développer un tourisme non-dépendant de l'enneigement. Nous émettons donc l'hypothèse que le tourisme estival se développera dans les régions préalpines d'ici à l'horizon 2060.

3.3.6 Gestion de l'eau

Utilisation des ressources en eau

Aujourd'hui

La consommation en eau potable de la population fribourgeoise atteint 20 millions de m³ par an, ce qui correspond à environ 220 litres par habitants et par jour.

L'agriculture consomme en Suisse en moyenne 70% de l'eau utilisée dans le pays.

Pour la consommation d'eau par la production d'énergie hydraulique, cf. énergie (chapitre 3.3.2)

8) Tous les domaines skiables fribourgeois, sauf celui du Mont-Gibloux.

2060

La consommation en eau est en baisse depuis une vingtaine d'année, nous émettons donc l'hypothèse qu'elle se stabilisera au niveau actuel d'ici à 2060. Cependant, de par l'augmentation de la population, la consommation totale de la population fribourgeoise augmentera (pour atteindre 30 millions de m³ si la consommation se stabilise au niveau actuel et selon l'évolution de la population prévue dans ce scénario).

Nous émettons l'hypothèse que la proportion de consommation d'eau pour l'agriculture (70%) restera stable d'ici à 2060.

3.3.7 Agriculture

Valeur de production brute et prix à la production

Aujourd'hui

La production de la branche agricole a rapporté 702 millions de CHF en 2010, dont 7.4 millions (environ 1%) proviennent de la transformation du lait (fromages et autres produits laitiers). Les 702 millions de valeur de la production totale du canton de Fribourg représentent 7% de la valeur totale de la production agricole nationale.

2060

Les scénarios d'évolution par branche économique prévoient que la valeur de production brute du secteur agricole diminue annuellement de -0.82% entre 2008 et 2030, selon le scénario d'évolution démographique A00.⁹⁾ Parallèlement, le nombre d'emploi lié à ce secteur diminuera entre 2008 et 2030 de -1.89% par an (ECOPLAN, 2011)

Les prix à la production sont plus ou moins stables depuis les années 2000. Il est prévu que le niveau des prix du marché suisse baisse d'environ 20% d'ici à 2025 (par rapport au niveau de 2001-2007) et se rapprochent à long terme de la valeur des prix du marché mondial, qui eux augmenteront. Nous émettons l'hypothèse que les prix vont baisser de 25% à l'horizon 2025-2060.

9) Scénario A00 : il s'agit d'un des scénario d'évolution de la population en Suisse. C'est le scénario jugé comme étant le plus plausible pour ces prochaines décennies. Il représente une prolongation des tendances socio-économiques des dernières décennies (OFS (2010), Les scénarios de l'évolution de la population de la Suisse 2010 – 2060).

Surfaces d'assolement

Aujourd'hui

Dans le canton de Fribourg, 59% du territoire est utilisé par l'agriculture. La surface agricole utile (SAU) est d'environ 76'040 ha (chiffres pour 2010, dont 72% en plaine et 28% en montagne). Bien que le nombre d'exploitations et le nombre d'emplois dans le secteur agricole aient fortement chuté au cours des décennies passées, la SAU n'a que très peu évolué.

Les surfaces d'assolement constituent environ 40% de la totalité des SAU du territoire suisse. Le canton de Fribourg possède 8% des surfaces d'assolement suisse, la majorité de ces surfaces sont situées en plaine. À noter que le canton de Fribourg n'atteint pas le quota de 35'800 hectares de surface d'assolement fixé par le plan sectoriel des surfaces d'assolement (-216 hectares).

2060

À l'avenir, nous émettons l'hypothèse que les surfaces d'assolement atteindront la surface fixée par le plan sectoriel des surfaces d'assolement et se maintiendront.

Nombre d'exploitations

Aujourd'hui

On dénombrait 3215 exploitations dans l'ensemble du canton en 2010, dont 70% sont situées en zones de plaine (à noter que la ville de Bulle et ses alentours sont considérés comme étant situés en zone de plaine, malgré leur situation géographique dans les Préalpes) et 30% en zone de montagne. Cette année-là, le secteur agricole dénombrait 9109 emplois (74% en zone de plaine et 26% en montagne). Au cours des dernières décennies, le nombre d'exploitations a fortement baissé (on en dénombrait plus de 6300 en 1975, environ 5000 en 1990, 3800 en 2000 et 2973 en 2013, ce qui représente une diminution de 53% entre 1975 et 2013). Le nombre d'emplois dans le domaine agricole a donc également chuté (-53% également). La diminution est relativement similaire entre les régions de plaine et de montagne.

Notons que la diminution du nombre d'exploitations est à nuancer. En effet, le nombre d'exploitations avec une grande surface d'exploitation augmente, alors que celle possédant une petite surface d'exploitation se font toujours plus rare. Le nombre total d'exploitation diminue donc, mais les surfaces par exploitation augmentent. Notons qu'en moyenne, les exploitations fribourgeoises sont de plus grande taille que la moyenne suisse (53% des exploitations ont une SAU supérieure à 20 ha, contre 32% au niveau national).

2060

La tendance semble continuer, puisqu'uniquement entre 2010 et 2013, 242 exploitations ont fermé. Nous émettons donc l'hypothèse que cette diminution du nombre d'exploitation se poursuivra à l'avenir, jusqu'à un certain seuil.

3.3.8 Références

Santé

Annuaire statistique du canton de Fribourg 2013 (p.98), disponible en ligne: <http://www.fr.ch/sstat/files/pdf59/Ann-2013-ANNUAIRE2.pdf>

Etat de Fribourg, Service de la statistique (2014) : Projections démographiques 2013-2035 – Canton de Fribourg et ses districts.

OFS, Communiqué de presse (29.03.2011) : Scénarios de l'évolution de la population des cantons de 2010 à 2035

OFS, Evolution future de la population par groupe d'âge quinquennal, par sexe, par nationalité, par année et selon le scénario ou la variante (tableaux individualisés de STAT-TAB) (pour chiffre évolution population entre 2035 et 2060) ;

OFS, Evolution future des taux d'activité et de la population active par âge, par sexe, par nationalité, par année et selon le scénario ou la variante (tableaux individualisés de STAT-TAB)

OFS, Population résidante selon Année, Type de population, Canton, District, Commune et Age (tableaux individualisés de STAT-TAB).

OFS, Scénarios démographiques cantonaux 2010-2035, Scénario AR-00-2010 (tableaux individualisés de STAT-TAB)

Énergie

Annuaire statistique du canton de Fribourg 2010

Annuaire statistique du canton de Fribourg 2011

Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions (2010) : Evaluation et gestion de la force hydraulique du canton de Fribourg – rapport de synthèse

Etat de Fribourg, Annuaire statistique du canton de Fribourg 2015

Etat de Fribourg (2012) : Résultats du microrecensement 2010 sur le comportement de la population fribourgeoise en matière de transports.

OFS, Nouveaux bâtiments avec logements selon canton, commune, type de bâtiment et année (tableaux individualisés de STAT-TAB).

OFS, Parc de véhicules routiers: voitures de tourisme / véhicules de transport de personnes / véhicules de transport de choses / véhicules agricoles / véhicules industriels / motos, selon Canton, Année de 1^{ière} mise en circulation et année (tableaux individualisés de STAT-TAB).

OFS, Statistique de la superficie: Nomenclature standard (NOAS04) par district et commune, en hectares (tableaux individualisés de STAT-TAB).

Infrastructures et bâtiments

Etat de Fribourg, annuaire statistique du canton de Fribourg 2013

Etat de Fribourg, annuaire statistique du canton de Fribourg 2015

Biodiversité

ARE (2005). Rapport 2005 sur le développement territorial

Etat de Fribourg : Service de la nature et du paysage, Gestion des biotopes, https://www.fr.ch/snp/fr/pub/protection_biotopes.htm, consulté le 23.02.2015

OFEV (2014). La biodiversité en Suisse, Résumé du cinquième rapport national remis au secrétariat de la Convention sur la diversité biologique.

OFEV (2013). MBD Facts n°6 : Évolution de la diversité végétale.

OFEV (2012). MBD Facts n°4 : Changement climatique.

OFEV (2009). Etat de la biodiversité en Suisse, synthèse des résultats du Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD)

Tourisme

Etat de Fribourg, Service de la statistique (2013) : Annuaire statistique du canton de Fribourg 2013.

OFS 2015, HESTA.

Union Fribourgeoise du tourisme (2009), Stratégie de développement du tourisme fribourgeois « Vision 2030 », Résumé / Synthèse.

Mail de P. Fragnière (Remontées Mécaniques Alpes Fribourgeoises) du 12.03.2015

Gestion de l'eau

Eau potable, <http://www.trinkwasser.ch>, consulté le 23.02.2015

Etat de Fribourg : Domaine de l'eau, http://www.fr.ch/eau/fr/pub/eaux_souterraines.htm, consulté le 23.02.2015

Agriculture

ECOPLAN (2011), Branchenszenarien 2008-2030.

Etat de Fribourg: Service de l'agriculture,

http://www.fr.ch/sagri/fr/pub/agriculture_fribourg.htm, consulté le 20.02.2015

OFAG (2010). Agriculture et filière alimentaire 2025, Document de discussion élaboré par l'Office fédéral de l'agriculture en vue d'une orientation stratégique de la politique agricole.

OFS, comptes régionaux de l'agriculture (tableaux individualisés de STAT-TAB)

OFS, exploitations agricoles, surfaces agricoles utiles (SAU) et animaux au niveau de classification 1 selon année, canton, zone et variable, (tableaux individualisés de STAT-TAB)

Rapport 2013-DIAF-88 (17 février 2014) du Conseil d'Etat au Grand Conseil sur le postulat 2013.121 Glauser Fritz/Losey Michel concernant les surfaces d'assolement (disponible en ligne :

https://www.fr.ch/publ/files/pdf62/2013-DIAF-88_rapport_fr.pdf, consulté le 20.02.2015

3.4 Analyse und Bewertung qualitativer und quantitativer Informationen

Die erwarteten Auswirkungen des Klimawandels wurden zunächst für jeden Auswirkungsbereich auf Basis einer Literaturanalyse zusammengestellt. Alle Klimafolgen, durch die ein massgeblicher Einfluss auf die Entwicklung der Risiken und Chancen erwartet wurde, wurden wenn möglich quantitativ analysiert. Dabei wurden die Auswirkungen eines mittleren Jahres gemäss Klimaszenario und – bei Naturgefahren - eines erwarteten 100-jährlichen Ereignisses berücksichtigt.

Die vorliegende Studie verfolgt nicht das Ziel, „exakte“ Werte für die einzelnen Risiken und Chancen für den Zeithorizont 2060 auszuweisen. Vielmehr sollen die klimabedingten Auswirkungen zwischen den Auswirkungsbereichen vergleichbar gemacht und in ihrer Grössenordnung korrekt eingeschätzt werden. Dies geschieht mit dem Ziel, eine solide Grundlage für die Diskussion rund um das Thema „Anpassungsmassnahmen“ bereitzustellen.

Zunächst werden in einer Tabelle pro Auswirkungsbereich die quantitativ analysierten und die nicht quantitativ analysierten Auswirkungen zusammengestellt. Die Einstufung richtet sich nach der in Tableau 2 dargestellten Skala. In der folgenden Beschreibung der Auswirkungen werden die massgeblichen Risiken und Chancen qualitativ oder quantitativ analysiert. Schliesslich werden die Auswirkungen der einzelnen Gefahren und Effekte auf die betroffenen Indikatoren zur Messung der Auswirkungen bewertet. Bei quantitativ analysierten Gefahren/Effekten erfolgt dies anhand der monetarisierten Auswirkungen in eine von sieben Ausmass-Klassen (vgl. fol-

gende Tabelle). Bei Naturgefahren, bei denen sowohl jährliche Erwartungswerte als auch 100-jährliche Ereignisse analysiert wurden, wird jeweils geprüft, welcher dieser beiden Werte zur höheren Ausmassklasse führt. Die Bewertung der Auswirkungen folgt dieser Klasse.

	Jährlicher Erwartungswert		100-jährliches Ereignis	
	qual. Skala	quant. Skala	qual. Skala	quant. Skala
q3	sehr positiv	>50 Mio.	sehr gross	>500 Mio.
q2	positiv	10 bis 50 Mio.	gross	100 bis 500 Mio.
q1	eher positiv	2 bis 10 Mio.	erheblich	20 bis 100 Mio.
q0	neutral	+/- 2 Mio.	neutral	+/- 20 Mio.
q-1	eher negativ	-2 bis -10 Mio.	erheblich	-20 bis -100 Mio.
q-2	negativ	-10 bis -50 Mio.	gross	100 bis -500 Mio.
q-3	sehr negativ	>-50 Mio.	katastrophal	>-500 Mio.

Tableau 2 : Ausmassklassen für die Bewertung der qualitativ und quantitativ analysierten Auswirkungen

Die qualitativ analysierten Auswirkungen von Gefahren/Effekten auf die Indikatoren werden ebenfalls Ausmassklassen zugeordnet. Dabei wird die qualitative Skala der Tabelle verwendet. Um eine Vergleichsgrösse zu haben, wie gravierend die Auswirkungen sein müssen, um in die jeweilige Klasse zu gehören, kann ein Vergleich mit der quantitativen Skala erfolgen.

Schliesslich werden die Auswirkungen auf die einzelnen Indikatoren zu einem Gesamtwert pro Klimaszenario und Gefahr/Effekt aggregiert. Dabei wird so vorgegangen, dass bei bis zu drei Indikatoren jeweils die höchste Klasse als Gesamtwert übernommen wird, unabhängig davon ob es sich um quantitativ oder qualitativ bewertete Risiken und Chancen handelt. Treten bei einer Gefahr bzw. einem Effekt positive und negative Auswirkungen auf, werden diese miteinander entsprechend den quantitativen Werten in der Skala verrechnet.

In die Beurteilung der Ergebnisse für jeden Wirkungsbereich fliessen sowohl die quantitativ als auch die nicht quantitativ betrachteten Auswirkungen gleichberechtigt ein.

3.5 Gefahren und Effekte

Im Rahmen von Analysen der klimabedingten Risiken und Chancen in der Schweiz sind folgende primäre Auswirkungen des Klimawandels zentral: Veränderungen in Temperaturen, Niederschlag und Windbewegungen. Je nachdem, wie diese Veränderung wirkt, sind unterschiedliche Gefahren und Effekte betroffen. Diese sind in Figure 16 dargestellt und hinsichtlich ihrer Dauer auf der Zeitachse charakterisiert. Es wird deutlich, dass die ganze Bandbreite von plötzlichen Ereignissen (z. B. Gewitter) bis hin zu langsamen Veränderungen (z. B. Zunahme der Durchschnittstemperatur) relevant ist. Hier ist die ganze Bandbreite der Gefahren/Effekte dargestellt.

Die Auswahl der in der Fallstudie FR relevanten Gefahren und Effekte ist in Figure 16 dargestellt.

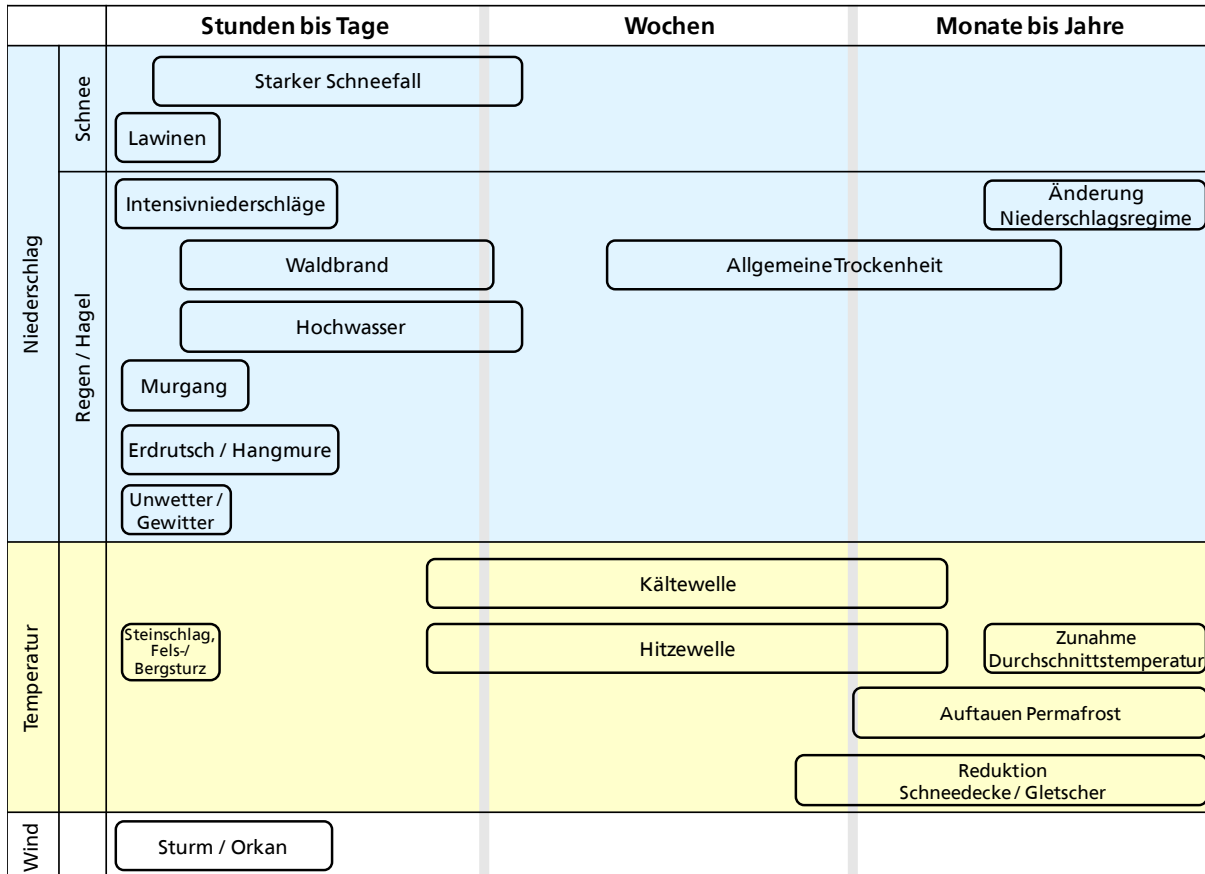


Figure 16 : Übersicht über die Gefahren und Effekte

3.6 Berücksichtigung von Anpassungsmassnahmen

Die Studie soll die klimabedingten Risiken und Chancen im Jahr 2060 ohne eine Anpassung an den Klimawandel zeigen. Sie soll aufzeigen, welche Wirkungen auftreten, wenn keine Anpassungsmassnahmen getroffen werden. Sie soll damit eine Entscheidungsgrundlage bieten für die Frage, wo Anpassungsmassnahmen besonders wichtig sind.

Eine gewisse Anpassung wird aber auch ohne neue Anpassungsmassnahmen stattfinden, z. B. durch intensiveres Nutzen bestehender Bewässerungsanalysen in der Landwirtschaft. Diese Art der Anpassung wurde in dieser Analyse berücksichtigt. Dazu gehört z. B. auch der Baumartenwechsel in der Waldwirtschaft im Rahmen der normalen Bewirtschaftung. Diese Massnahmen haben häufig schon einen grossen risikomindernden Effekt.

3.7 Indikatoren

Die Auswirkungen des Klimawandels werden anhand von Indikatoren quantifiziert. Um die verschiedenen Auswirkungsbereiche vergleichen zu können, werden die in Tableau 3 dargestellten, einheitlichen Indikatoren verwendet. Die Methode (vgl. EBP/SLF/WSL 2013b) sieht noch weitere, hier nicht dargestellte Indikatoren vor, die jedoch in den Voralpen nicht relevant sind und hier nicht verwendet wurden.

	Indikator	Einheit	Beschreibung
Wirtschaft	Erträge	in Fr.	Erträge, die infolge der berücksichtigten Gefahren/Effekte zusätzlich anfallen bzw. Verringerung von Aufwendungen, z. B. Veränderungen der Produktivität (z. B. aufgrund höherer Zuwächse in Land- und Waldwirtschaft)
	Aufwendungen	in Fr.	Aufwendungen, die infolge der berücksichtigten Gefahren/Effekte zusätzlich entstehen, bzw. Reduktion von Erträgen, z. B. zusätzliche Kosten für Trinkwasseraufbereitung
	Vermögensschäden und Bewältigungskosten	in Fr.	Schäden an Sachwerten (z. B. Gebäudeschäden infolge Naturgefahren) oder finanziellem Vermögen (z. B. Kosten von Einsatzkräften zur Räumung von Übermürungen).
Gesellschaft	Hitzebetroffene	Anzahl Personentage	Anzahl Hitzetage (max. Temperatur >30°C) x Anzahl der von Hitzetagen negativ betroffenen Personen
	Von Allergien Betroffene	Anzahl Personentage	z. B. Dauer der Pollensaison x Anzahl Pollen-Allergiker
	Verletzte und Erkrankte	Anzahl	Alle Verletzungs- oder Krankheitsfälle, die vollständig oder massgeblich durch die entsprechende Gefahr oder Entwicklung hervorgerufen werden.
	Tote	Anzahl	Alle Todesfälle, die vollständig oder massgeblich durch die entsprechende Gefahr oder Entwicklung hervorgerufen werden.
	Evakuierte	Anzahl	Anzahl Personen, die infolge der berücksichtigten Gefahren/Effekte evakuiert werden müssen.
Umwelt	Qualitative Beurteilung der Veränderung von Artenvielfalt und der Fläche wertvoller Biotope		

Tableau 3: Indikatoren zum Messen der Auswirkungen

3.8 Risiken und Chancen, Erwartungswerte, Ereignisfolgen und Wildcards

Risiken und Chancen

Als Risiko wird das Produkt von Eintretenswahrscheinlichkeit und Schadensausmass eines Ereignisses oder einer Entwicklung bezeichnet, als Chance das Produkt von Eintretenswahrscheinlichkeit und positiver Folge eines Ereignisses oder einer Entwicklung. Risiken und Chancen werden hier für unterschiedliche Zeitpunkte bestimmt: für den heutigen Zustand (ca. 2010) sowie für das Jahr 2060 (zwei unterschiedliche Klimaszenarien, vgl. Kapitel 3.2). Dies sind die Risiken und Chancen der einzelnen Gefahren und Effekte. Die Risiken und Chancen des Klimawandels ergeben sich aus der Veränderung der Risiken zwischen 2010 und 2060 (vgl. Kapitel 1.1).

Erwartungswerte

Hier wird das Risiko meist auf die Summe aller möglichen Ereignisse einer Gefahr oder eines Effektes des Klimawandels über ein Jahr bezogen. Risiken und Chancen können in sogenannten Erwartungswerten dargestellt werden, um sie vergleichbar zu machen. Diese entsprechen dem Schaden bzw. dem Nutzen aller Ereignisse einer Gefahr bzw. eines Effektes, der im Mittel pro Jahr zu erwarten ist (z. B. die Summe aller in einem Jahr auftretenden Hochwasserschäden). So werden beispielsweise in kaum einem Jahr die Hochwasserschäden dem Erwartungswert entsprechen, da in vielen Regionen in den meisten Jahren kaum Hochwasserschäden auftreten, während sehr selten sehr grosse Hochwasserschäden auftreten (z. B. 2005 auf der Alpennordseite in der Schweiz). Der Erwartungswert ist der Mittelwert dieser vergleichsweise seltenen Jahre mit grossen Schäden und den vielen Jahren ohne oder mit sehr geringen Schäden.

Wildcards

Neben diesen erwarteten Klimafolgen, die auch in den quantifizierten Risiken und Chancen enthalten sind, sind für die meisten Auswirkungsbereiche noch deutlich gravierendere klimabedingte Folgen möglich, die jedoch nicht unbedingt eintreten werden. Solche sog. Wildcards sind hier ebenfalls beschrieben, um einschätzen zu können, ob die abgeschätzten Risiken auch noch deutlich übertroffen werden können.

3.9 Berücksichtigung von Unschärfen

Um eine gewisse Vergleichbarkeit von Ergebnissen zwischen verschiedenen Auswirkungsbereichen und Fallstudien zu gewährleisten, werden in der vorliegenden Fallstudie FR die relevanten Kenngrössen pro Auswirkungsbereich sowie die daraus abgeleiteten Risiken und Chancen des Klimawandels nach Möglichkeit quantitativ ausgewiesen, ergänzt um Aspekte, die nur qualitativ

berücksichtigt und beschrieben werden können. Diese Quantifizierung auf der Basis beschränkten Wissens und lückenhafter Daten in den untersuchten Auswirkungsbereichen sowie zu den Auswirkungen der zugrunde gelegten Klimaszenarien ist naturgemäss mit beträchtlichen Unschärfen¹⁰⁾ versehen, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden sollten.

Folgende Beiträge zu den Unschärfen in den ausgewiesenen Risiken und Chancen des Klimawandels sind zu unterscheiden:

- Unschärfen in den Abschätzungen der massgeblichen Auswirkungen (über die Indikatoren aus Kapitel 3.7) pro Auswirkungsbereich unter den heutigen klimatischen, aber auch sozio-ökonomischen Bedingungen (z.B. jährliche Vermögensschäden bzw. Bewältigungskosten infolge von Naturgefahrenereignissen). Es muss festgehalten werden, dass diese Unschärfen je nach den Randbedingungen (z.B. zur Verfügung stehende Daten und deren Variabilität, Stellenwert von seltenen Extremereignissen etc.) grösser sein können als die erwarteten Veränderungen aufgrund des Klimawandels.
- Unschärfen in den Auswirkungen der zugrunde gelegten Klimaänderung, welche in Form von Klimaszenarien definiert sind. So ist z.B. das Wissen sehr beschränkt, wie sich die Häufigkeit, Dauer und Intensität von Extremereignissen (z.B. Hitzewelle, Extremniederschläge) für ein definiertes Klimaszenario entwickeln werden und was dies für einzelne Auswirkungsbereiche bedeutet (z.B. Zunahme der Schäden infolge Naturgefahren).

Die Unschärfen im Klimawandel selber werden ausschliesslich berücksichtigt, indem zwei unterschiedliche Klimaszenarien analysiert werden. Diese Unschärfedimension wird somit rein „Szenario-technisch“ berücksichtigt; ein direkter Vergleich oder gar eine Aggregation mit den obigen Unschärfen wird nicht vorgenommen.

Im Rahmen des vorliegenden Berichts nur am Rande thematisiert werden die Unschärfen bei den sozio-ökonomischen Veränderungen. Diese können für die Unschärfen zukünftiger Entwicklungen möglicherweise bedeutsamer sein als der Klimawandel. Beispielsweise kann aufgrund des heutigen Wissens davon ausgegangen werden, dass sozio-ökonomische Veränderungen in den Strompreisen wesentlich schwieriger vorhersagbar sind als die zukünftig produzierte Energiemenge aus Wasserkraft, welche u.a. vom Klimawandel beeinflusst wird. Veränderungen in den Erträgen von Wasserkraftanlagen sind dadurch stärker von Unwägbarkeiten in den sozio-ökonomischen Entwicklungen abhängig als vom Klimawandel.

Um den Grad der inhärenten Unschärfen in Bezug auf die beiden obigen Aspekte für verschiedene Auswirkungsbereiche für die Interpretation der Ergebnisse fassbar und vergleichbar zu machen, werden sie vier verschiedenen Kategorien zugeordnet. Diese Zuordnung hängt zudem

10) Hier wird der Begriff „Unschärfen“ verwendet. Alternativ wird auch der Begriff „Unsicherheit“ verwendet.

davon ab, ob die Auswirkungen quantitativ mittels der Indikatoren aus Kapitel 3.7 oder qualitativ beurteilt werden.

Vorgehen bei quantitativer Beurteilung

Die Beurteilung bzgl. Unschärfen erfolgt pro Wirkungsbereich, bei dem quantitative Einschätzungen vorgenommen wurden, wie folgt:

- Es werden vier verschiedene Unschärfekategorien unterschieden, die in Tableau 4 über einen Unschärfebereich bzgl. der quantitativen Auswirkungen für die relevanten Indikatoren definiert sind.
- Für die beiden obigen Unschärfedimensionen wird pro Gefahr/Effekt je eine Experteneinschätzung in Bezug auf die zutreffende Unschärfekategorie vorgenommen.
- Die aggregierten Auswirkungen über alle Gefahren/Effekte wird wie folgt bestimmt: Ausgehend von den erwarteten heutigen bzw. zukünftigen Auswirkungen pro Indikator werden die oberen bzw. unteren Grenzen durch Multiplikation bzw. Division mit dem bzw. den obigen Faktoren (z.B. 1.3 für Kategorie 1) bestimmt. Die Aggregation der oberen bzw. unteren Grenzen erfolgt durch einfache Addition der zugehörigen Beiträge (z.B. über mehrere Gefahren/Effekte oder Indikatoren).

Kategorie	Beschreibung	Unschärfebereich (bezogen auf die über Indikatoren erfassten quantitativen Auswirkungen)
0	sehr gering	0.91 – 1.1 (d.h. bis Faktor 1.1 höher oder tiefer)
1	gering	0.77 – 1.3 (d.h. bis Faktor 1.3 höher oder tiefer)
2	mittel	0.5 – 2 (d.h. bis Faktor 2 höher oder tiefer)
3	gross	<0.5 bzw. >2 (d.h. um > Faktor 2 höher oder tiefer)

Tableau 4 : Kategorisierung des Grades an Unschärfe für quantitativ beurteilte Wirkungsbereiche mittels 4 Kategorien 0 - 3

Vorgehen bei qualitativer Beurteilung

Bei einer qualitativen Beurteilung der Auswirkungen des Klimawandels können die Unschärfen nicht über Zahlenwerte definiert werden. Zudem ist eine klare Trennung nach den beiden obigen Unschärfedimensionen nicht möglich bzw. eine solche macht keinen Sinn, da die Risiken bzw. Chancen des Klimawandels nicht über eine Differenz zwischen Indikatorwerten (z.B. Erträge oder Aufwendungen) unter zukünftigen bzw. heutigen Klimabedingungen ermittelt werden. Unschärfen in der Beurteilung äussern sich vielmehr darin, dass die qualitativ beschriebenen

Auswirkungen des Klimawandels nicht eindeutig einer der sieben verschiedenen Klassen gemäss Tableau 2 (von „sehr positiv“ bis „sehr negativ“) zugeordnet werden können. Folgende Zuordnung von Unschärfeklassen wird verwendet:

Kategorie	Beschreibung	Unschärfe in Bezug auf die Zuordnung der Auswirkungsklassen gemäss Tableau 2
A	sehr gering	Die Auswirkungen des Klimawandels lassen sich eindeutig einer Klasse zuordnen.
B	gering	Die Auswirkungen des Klimawandels lassen sich ziemlich eindeutig einer Klasse zuordnen. Es wäre aber möglich, dass die tatsächlichen Auswirkungen um eine Klasse höher oder tiefer liegen.
C	mittel	Die Zuordnung der Auswirkungsklasse ist zwar plausibel, die Auswirkungen des Klimawandels könnten aber auch eine Klasse höher oder tiefer liegen.
D	gross	Die Unschärfe ist so gross, dass die Auswirkungen des Klimawandels ebenso gut eine oder gar zwei Klassen höher oder tiefer liegen können.

Tableau 5 : Kategorisierung des Grades an Unschärfe für qualitativ beurteilte Auswirkungsbereiche mittels 4 Kategorien A - D

Für Kategorie C bedeutet dies beispielsweise, dass die Auswirkungen des Klimawandels anstelle von „eher negativ“ auch mit „neutral“ oder „negativ“ eingeschätzt werden können.

Teil III – Analysen pro Auswirkungsbereich

4 Gesundheit

4.1 Kurzbeschreibung

Der Kanton Freiburg lässt sich im Norden dem Mittelland, im Süden den Voralpen zuordnen. Für die angeführten Ergebnisse werden nur die Voralpengemeinden berücksichtigt. In den Gemeinden der Voralpen leben rund 61'000 Personen der insgesamt 291'000 Einwohner (BFS, 2010).

4.2 Klimaänderungsbedingte Auswirkungen auf die Gesundheit

Die nachfolgende Tabelle fasst die Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Gesundheit der Freiburger Bevölkerung im Voralpengebiet zusammen.

Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen	Nicht quantitativ analysierte Auswirkungen
Hitzewelle		<ul style="list-style-type: none"> • Vorzeitige Todesopfer durch Herz-Kreislaufprobleme, Hitzeschlag, Dehydrierung, Hyperthermie und ozonbedingte Atemwegserkrankungen • Hitzebetroffene • Geringere Leistungsfähigkeit: Rückgang der mentalen und körperlichen Arbeitsleistung
Veränderung Mitteltemperatur	<ul style="list-style-type: none"> • Pollen-Betroffene: Die verlängerte Pollensaison beeinträchtigt viele Allergiker über eine zunehmende Zeitdauer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Todesopfer und Verletzte im Strassenverkehr aufgrund von Schnee und Eis • Todesopfer und Verletzte bei Freizeitunfällen aufgrund von Schnee/ Eis • Über Lebensmittel und Wasser übertragene Infektionskrankheiten können sich bei höheren Temperaturen besser entwickeln (z.B. Salmonellen). • Veränderung vektorübertragener Infektionskrankheiten bei Mensch und Tier • Bei den Zecken wird eine Ausbreitung erwartet, bei der Zeckenzephalitis hingegen ein Rückgang aufgrund der Wärmeempfindlichkeit der Viren.
Hochwasser		<ul style="list-style-type: none"> • Todesopfer und Verletzte
Mure/ Erd-rutsch/ Hangmure		<ul style="list-style-type: none"> • Todesopfer und Verletzte
Gewitter		<ul style="list-style-type: none"> • Todesopfer und Verletzte
Sturm/ Orkan		<ul style="list-style-type: none"> • Todesopfer und Verletzte

Tableau 6: Übersicht über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit

Die Wirkungskette der wichtigsten Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit ist in Figure 17 aufgezeigt.

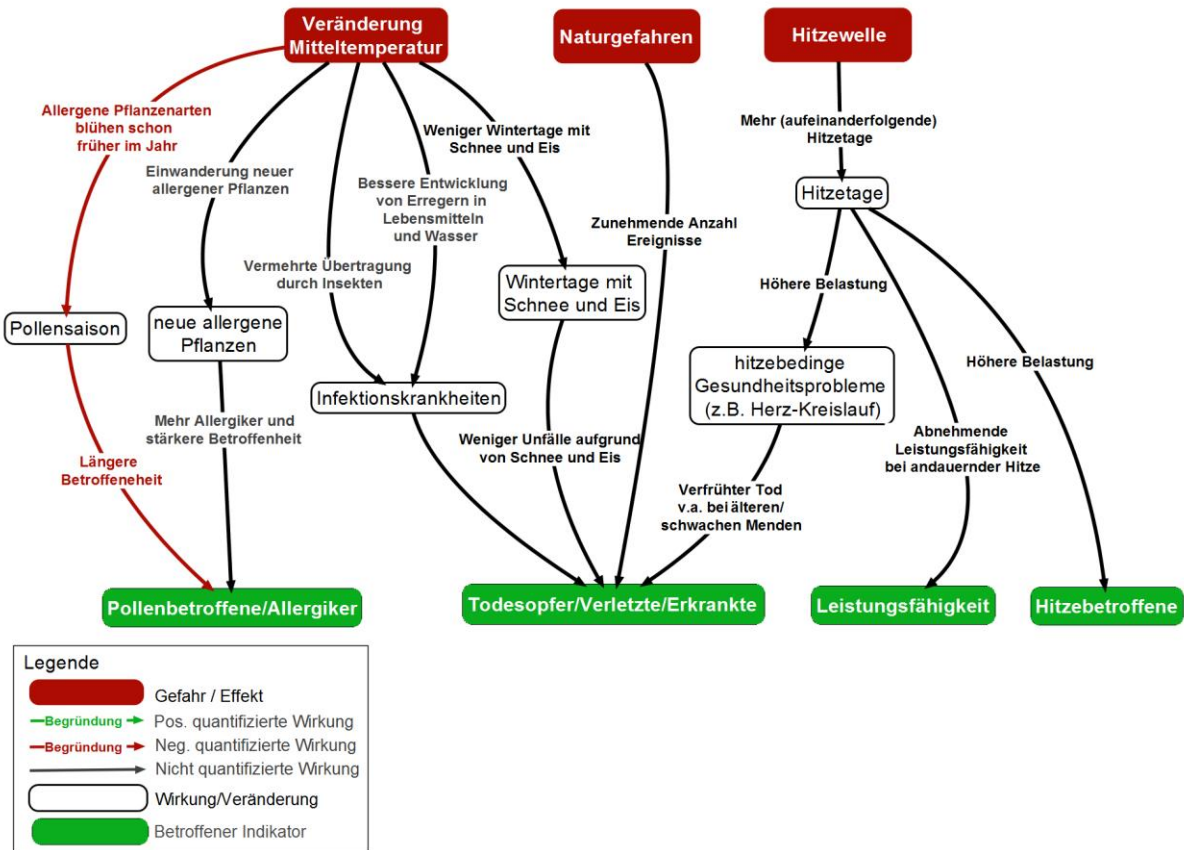


Figure 17 : Wirkungskette der durch den Klimawandel voraussichtlich veränderten Gefahren/Effekte bis hin zu den in dieser Studie verwendeten Indikatoren

Wild Cards

Möglicherweise sind noch nicht alle Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit der Bevölkerung be- und erkannt. Aufgrund ihrer Ungewissheit sind solche möglichen Entwicklungen (Wild Cards) nicht bei den im Folgenden näher betrachteten, (erwarteten) Auswirkungen des Klimawandels weiter berücksichtigt. Denkbar sind beispielsweise folgende Entwicklungen, die wesentliche Auswirkungen auf den Bereich Gesundheit hätten:

- Auftreten neuer, bisher unbekannter Krankheiten, z. B. vektorübertragene Krankheiten, die sich aufgrund der höheren Temperaturen entlang der Verkehrs-/ Mobilitätsachsen in den Kanton Freiburg ausbreiten können.
- Neue allergene Pflanzenarten könnten einwandern, beispielsweise aus dem Mittelmeerraum (Zypresse, Glaskraut, evtl. Olive). Die neuen allergenen Arten können die Dauer des Auftretens von Allergiesymptomen verlängern oder auch bei zusätzlichen Personen zu Allergien führen.

Der Einfluss des Klimawandels auf die Gesundheit ist mit grossen Unsicherheiten behaftet. Sozi-ökonomische, demographische, technische (z. B. klimatisierte Räume) und politische Faktoren beeinflussen die Exposition, Anfälligkeit und Anpassungsfähigkeit der einzelnen Menschen. Inwieweit sich der Mensch an die Klimaänderungen (insbesondere die veränderte Mitteltemperatur) anpassen kann, ist weitgehend unbekannt. Die Unsicherheit der Effekte des Klimawandels ist im Bereich Gesundheit auch deshalb besonders gross, da wenige Daten zu den Auswirkungen von Klimaparametern auf die Gesundheit vorliegen.

4.3 Auswirkungen von Hitzewellen

Hitzewellen sind Verbindungen aus Hitzetagen ($>30^{\circ}\text{C}$) und Tropennächten ($>20^{\circ}\text{C}$). Sie werden mit dem Klimawandel häufiger auftreten und sie werden intensiver werden. Auf einer Höhenstufe von 800 bis 1200 m wird die Anzahl Hitzetage im Kanton Freiburg von heute einem Hitzetag auf im Mittel zwei Hitzetage (schwache Erwärmung, mittlerer Bereich von RCP3PD) bzw. sieben Hitzetage (starke Erwärmung; oberer Bereich von A1B) im Zeitraum um 2060 deutlich steigen. In Figure 7 sind die Zahlen auch für andere Höhenstufen angegeben. In den höhergelegenen Voralpen wird es im Betrachtungszeitraum bis 2060 also weiterhin nur wenige Hitzetage und noch seltener eine Verbindung von mehreren Hitzetagen mit Tropennächten geben. Daher wird hier auf eine quantitative Betrachtung verzichtet.

Schon heute stellen Hitzewellen für viele Personen wesentliche Beeinträchtigungen im Wohlbefinden dar (sog. Hitzebetroffene). Auch in den erhöhten Lagen der Voralpen sind Teile der Bevölkerung an wenigen Tagen pro Jahr von Hitze betroffen, möglicherweise werden hier schon geringere Temperaturen als unangenehm warm empfunden, als im Mittelland oder auf der Alpensüdseite, wo man hohe Temperaturen eher gewohnt ist. Die Zahl der Hitzebetroffenen wird mit der Klimaerwärmung voraussichtlich deutlich zunehmen. Im Vergleich mit anderen Auswirkungen bleibt die Hitzebetroffenheit aber sicher eine geringe Belastung im Voralpengebiet.

Insgesamt wird der Einfluss des Klimawandels auf die Auswirkungen von Hitzewellen im Voralpenteil des Kantons sowohl beim Klimaszenario 2060-schwach als auch beim Szenario 2060-stark so eingestuft, dass er in den Bereich der Bewertungsklasse „neutral“ fällt (vgl. Bewertungsklassen im Kapitel 3.4).

Insgesamt ist die Unschärfe in der heutigen Situation der Kategorie 2 zuzuordnen. Die Unschärfe infolge des Klimawandels wird ebenfalls mit Kategorie 2 eingestuft.

4.4 Auswirkungen einer ansteigenden Mitteltemperatur

Pollenbelastung

Mit steigender Mitteltemperatur verlängert sich die Vegetationsperiode und damit die Gesamtdauer der Pollensaison, mit entsprechenden Auswirkungen für Allergiker. Die Dauer der Vegetationsperiode für unterschiedliche Höhenstufen ist in Figure 9 abgebildet.

Für eine Höhenstufe von 800-1200 m sind die Werte für die Vegetationsperiode bzw. die angenommene Dauer der Pollensaison in Tableau 7 dargestellt. Dabei wird pragmatisch jeweils davon ausgegangen, dass die Pollensaison um 30 Tage kürzer ist als die Vegetationsperiode.

	heute	2060-schwach	2060-stark
Vegetationsperiode (Anzahl Tage)	222	245	280 Tage
Pollensaison (Anzahl Tage)	180	215	250

Tableau 7: Dauer der Vegetationsperiode in einer Höhenstufe von 800-1200 m heute und in Abhängigkeit von den Klimaszenarien

Die Annahmen zur Anzahl Allergiker und Asthmatiker können von der Studie Kanton Aargau (EBP/SLF/WSL 2013d) übernommen werden: Demnach sind rund 15% der Erwachsenen und rund 10% der Kinder Pollenallergiker. Für den Kanton Freiburg wird die Anzahl Allergiker auf dieser Basis auf rund 42'000 geschätzt ($0.1 \cdot 68'379$ Kinder + $0.15 \cdot 223'106$ Erwachsene (Amt für Statistik des Kantons Freiburg, 2013)). Es wird angenommen, dass der Anteil Pollenallergiker im Mittelland und in den Voralpen gleich ist und somit anteilmässig 14% oder rund 8700 Personen im Voralpengebiet betroffen sind.

Die Anzahl der Tage, an denen Personen von Pollen-Allergien betroffen sind (Personentage) und die monetarisierte Belastung sind in Tableau 8 abgeschätzt. Dabei wird jeder Personentag mit 10 Fr. monetarisiert. Da die meisten Allergiker nur auf Pollen einzelner Pflanzen oder auf einzelne Pollentypen (z. B. Gräser, Frühblüher etc.) reagieren, wird angenommen, dass starke, leistungsvermindernde Beschwerden an ca. 10% der Pollensaison-Tage auftreten.

	2010	2060-schwach	2060-stark
Anzahl Allergiker	8706		
Dauer Pollensaison	180	215	250
Anteil der Pollensaison-Tage mit erheblichen Beschwerden	10%		
Anzahl Personentage	156'708	187'179	217'650
Monetariserte Belastung	1.6 Mio. Fr.	1.9 Mio. Fr.	2.2 Mio. Fr.

Tableau 8: Abschätzung der Betroffenheit der Bevölkerung durch Pollen-Allergien. Ein Personentag wird mit 10 Fr. monetarisiert.

Weitere Effekte

Aufgrund der höheren Temperaturen und der gemäss Klimaszenarien abnehmenden Anzahl an Tagen mit Neuschnee (vgl. Figure 12) wird es im Kanton Freiburg seltener vereiste und verschneite Strassenzustände geben, weshalb mit einer verringerten Anzahl Todesopfer und Verletzte im Strassenverkehr gerechnet werden kann.

Wie bereits in den Fallstudien Aargau und Uri erwähnt (EBP/SLF/WSL 2013b; INFRAS/Egli Engineering 2014), könnten höhere Mitteltemperaturen darüber hinaus einen Einfluss auf durch Lebensmittel und Wasser sowie vektorübertragene Infektionskrankheiten haben. Es besteht die Möglichkeit, dass neue, allergene Pflanzenarten in den Kanton Freiburg einwandern und somit zusätzliche Personen von Allergien betroffen sind (vgl. Wild Cards).

Eine weitere mögliche Veränderung ergibt sich durch die von Zecken übertragenen Krankheiten Lyme-Borreliose und Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME). Zecken kommen in der ganzen Schweiz bis auf einer Höhe von zirka 1500 Meter über Meer vor. Im Gegensatz zur starken Verbreitung in der Ostschweiz, kommen FSME-infizierte Zecken im Kanton Freiburg nur um den Neuenburgersee und Murtensee vor, vor allem in den Gemeinden Salvenach, Ulmiz, Kerzers, Portalban und Autavaux (Kantonsarztamt FR, 2015), die alle im Mittelland-Teil des Kantons liegen.

Es wird erwartet, dass sich Zecken in höher gelegene Regionen ausbreiten und sich so das Gebiet, in dem eine Infektion mit Lyme-Borreliose und FSME möglich ist, vergrössert. Aufgrund der Wärmeempfindlichkeit der Viren wird bei der FSME jedoch insgesamt ein Rückgang erwartet, der allerdings vor allem das Mittelland betrifft.

Beurteilung

Die Unsicherheit bei der Quantifizierung des Einflusses der sich verändernden Mitteltemperatur auf die Gesundheit der Bevölkerung der Freiburger Voralpen ist sehr gross (Unschärfen-Kategorie 3). Entsprechend schwierig ist der Vergleich mit den nicht-quantifizierten Effekten.

Unter Berücksichtigung der positiven und negativen Auswirkungen einer ansteigenden Mitteltemperatur werden die Auswirkungen infolge des Klimawandels als „neutral“ eingestuft (vgl. Bewertungsklassen im Kapitel 3.4).

4.5 Auswirkungen von Naturgefahren

Sturm / Orkan

Die Klimaszenarien gehen nicht von relevanten Veränderungen der Sturmaktivität in der Schweiz aus. Da bereits in vorangehenden Fallstudien auch deutliche Zu- bzw. Abnahmen der Sturmaktivität nicht zu relevanten Veränderungen des Gesamtbildes der klimabedingten Risiken und Chancen im Bereich Gesundheit geführt hat, wird vereinfachend davon ausgegangen, dass sich sturmbedingte Gesundheitswirkungen nicht wesentlich verändern werden.

Gewitter

Die Klimaszenarien gehen nicht von relevanten Veränderungen der Gewitteraktivität in der Schweiz aus. Da bereits in vorangehenden Fallstudien auch deutliche Zu- bzw. Abnahmen der Gewitteraktivität nicht zu relevanten Veränderungen des Gesamtbildes der klimabedingten Risiken und Chancen im Bereich Gesundheit geführt hat, wird vereinfachend davon ausgegangen, dass sich durch Gewitter bedingten Gesundheitswirkungen nicht wesentlich verändern werden.

Hochwasser/Murgang

Aufgrund der geringen Anzahl von Personenschäden infolge Hochwasser oder Murgang wird hier auf eine quantitative Betrachtung verzichtet. Insgesamt kann aber von einer leicht zunehmenden Tendenz bei den Personenschäden ausgegangen werden.

Beurteilung

Insgesamt ist im Kanton Freiburg weiterhin mit wenigen Personenschäden infolge von Naturereignissen zu rechnen. Zwar gibt es gelegentlich Ereignisse mit Verletzten und auch Todesopfern, im langjährigen Mittel sind diese Risiken jedoch gering. Die Veränderung der Risiken durch den Klimawandel wird so eingeschätzt, dass sich an der Bedeutung der gesundheitlichen Auswirkungen durch Naturgefahren im Vergleich zu den sonstigen Risiken nicht viel ändert.

Insgesamt wird der Einfluss des Klimawandels hier für beide Klimaszenarien als leicht zunehmend, aber noch im Rahmen der Bewertungsklasse „neutral“ eingestuft (vgl. Bewertungsklassen im Kapitel 3.4). Die Unschärfe dieser Einstufung wird der Kategorie B zugeordnet.

4.6 Übersicht und Bewertung der Auswirkungen

4.6.1 Auswirkungen im Voralpenteil

Die jährlichen Kosten der quantifizierten Auswirkungen werden auf 1.6 Mio. Fr. heute, 1.9 Mio. Fr. im Jahr 2060 mit dem schwach veränderten Klima und 2.2 Mio. Fr. mit dem stark veränderten Klima geschätzt (Figure 18). Dabei muss berücksichtigt werden, dass diese Ergebnisse nicht direkt mit ökonomischen Studien zur Krankheitslast und Todesfällen im Gesundheitswesen verglichen werden können, da diese meist andere methodische Ansätze verfolgen.

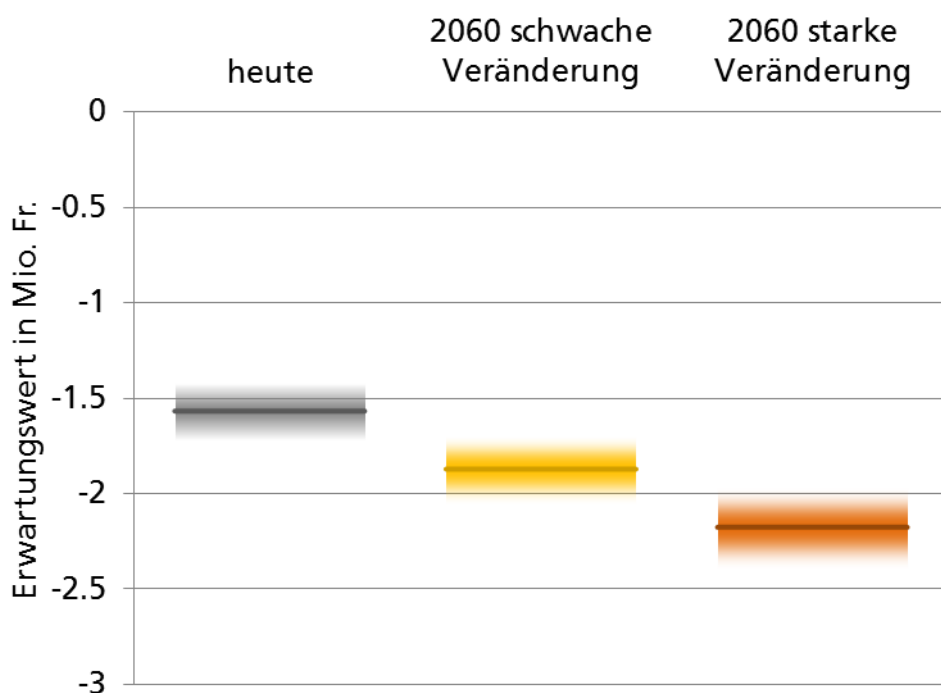


Figure 18 : Erwartungswert mit Unsicherheitsbalken der durch den Klimawandel generierten, monetarisierten Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung im Voralpenteil des Kantons Freiburg infolge Pollenbelastung

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit sind in den Voralpen des Kantons Freiburg eher gering. Als belastender Faktor nimmt infolge der sich verlängernden Vegetationsperiode auch die Dauer der Pollenbelastung zu. Hitzewellen stellen aufgrund der höheren Lage im Vergleich mit dem Mittelland im Betrachtungszeitraum keine grosse Bedrohung dar. Personen-

schäden durch Naturgefahren werden voraussichtlich etwas zunehmen, dies wird aber durch eine leichte Abnahme der Verkehrstoten durch Unfälle infolge Eis-/Schneeglätte zumindest teilweise kompensiert. Im Vergleich mit anderen Auswirkungsbereichen sind die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit in den Voralpen eher gering.

4.6.2 Auswirkungen des Klimaszenarios 2060-schwach

Die Auswirkungen durch die einzelnen Gefahren/Effekte und pro Indikator sind für das Klimaszenario 2060-schwach in Tableau 9 dargestellt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Auswirkungsbereich Gesundheit sind demnach in den Voralpen des Kantons Freiburg vergleichsweise gering.

Die ebenfalls in Tableau 9 dargestellten Folgen für den Mittelland-Teil wurden aus der Fallstudie Aargau mithilfe einer Skalierung über die Bevölkerungszahl übertragen. Demnach sind erhebliche Folgen durch Hitzewellen zu erwarten (Todesopfer, Hitzebetroffene). Diese Auswirkungen auf den Auswirkungsbereich Gesundheit prägen auch klar die Beurteilung für den gesamten Kanton.

Indikator	Gefahr/ Effekt		
	Hitzewelle	Veränderung Mitteltemperatur	Naturgefahren
Von Allergien betroffene		-0.3	
Hitzebetroffene	q0		
Tote			q0
Summe Voralpen FR	q0	-0.3	q0
Mittelland FR	-17.36	1.22	-0.009
Kanton FR	q-2	q0	q0

Tableau 9: Auswirkungen des Klimaszenarios 2060-schwach über die einzelnen Gefahren/Effekte auf die Indikatoren im Bereich Gesundheit (vgl. Bewertungsklassen im Kapitel 3.4)

4.6.3 Auswirkungen des Klimaszenarios 2060-stark

Die Auswirkungen durch die einzelnen Gefahren/Effekte und pro Indikator sind für das Klimaszenario 2060-stark in Tableau 10 dargestellt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Auswirkungsbereich Gesundheit sind demnach in den Voralpen des Kantons Freiburg vergleichsweise gering.

Die ebenfalls in Tableau 10 dargestellten Folgen für den Mittelland-Teil zeigen sehr schwerwiegende Folgen durch Hitzewellen (Todesopfer, Hitzebetroffene). Diese Auswirkungen auf den Auswirkungsbereich Gesundheit prägen auch klar die Beurteilung für den gesamten Kanton.

Indikator	Gefahr/ Effekt		
	Hitzewelle	Veränderung Mitteltemperatur	Naturgefahren
Von Allergien betroffene		-0.6	
Hitzebetroffene	q0		
Tote			q0
Summe Voralpen FR	q0	-0.6	q0
Mittelland FR	-67.37	-1.032	-0.028
Kanton FR	q-3	q0	q0

Tableau 10: Auswirkungen des Klimaszenarios 2060-stark über die einzelnen Gefahren/Effekte auf die Indikatoren im Bereich Gesundheit (vgl. Bewertungsklassen im Kapitel 3.4)

4.6.4 Beurteilung der Unschärfen

Die Unschärfe infolge des Klimawandels wird mit Kategorie B eingestuft. Das heisst, es ist sehr wahrscheinlich, dass die Auswirkungsklasse zutreffend ist, es wäre aber möglich, dass die tatsächlichen Auswirkungen einer Klasse höher oder tiefer liegen (z.B. q+1 oder q-1 anstelle von q0).

4.7 Bezug zur Anpassungsstrategie

Verschiedene Ziele und Massnahmen sind in der Anpassungsstrategie des Bundes definiert, um die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels zu begrenzen. Diese setzen dort an, wo ein Handlungsspielraum besteht, nämlich bei den Infektionskrankheiten und den Folgen von Hitzewellen (vgl. Figure 19).

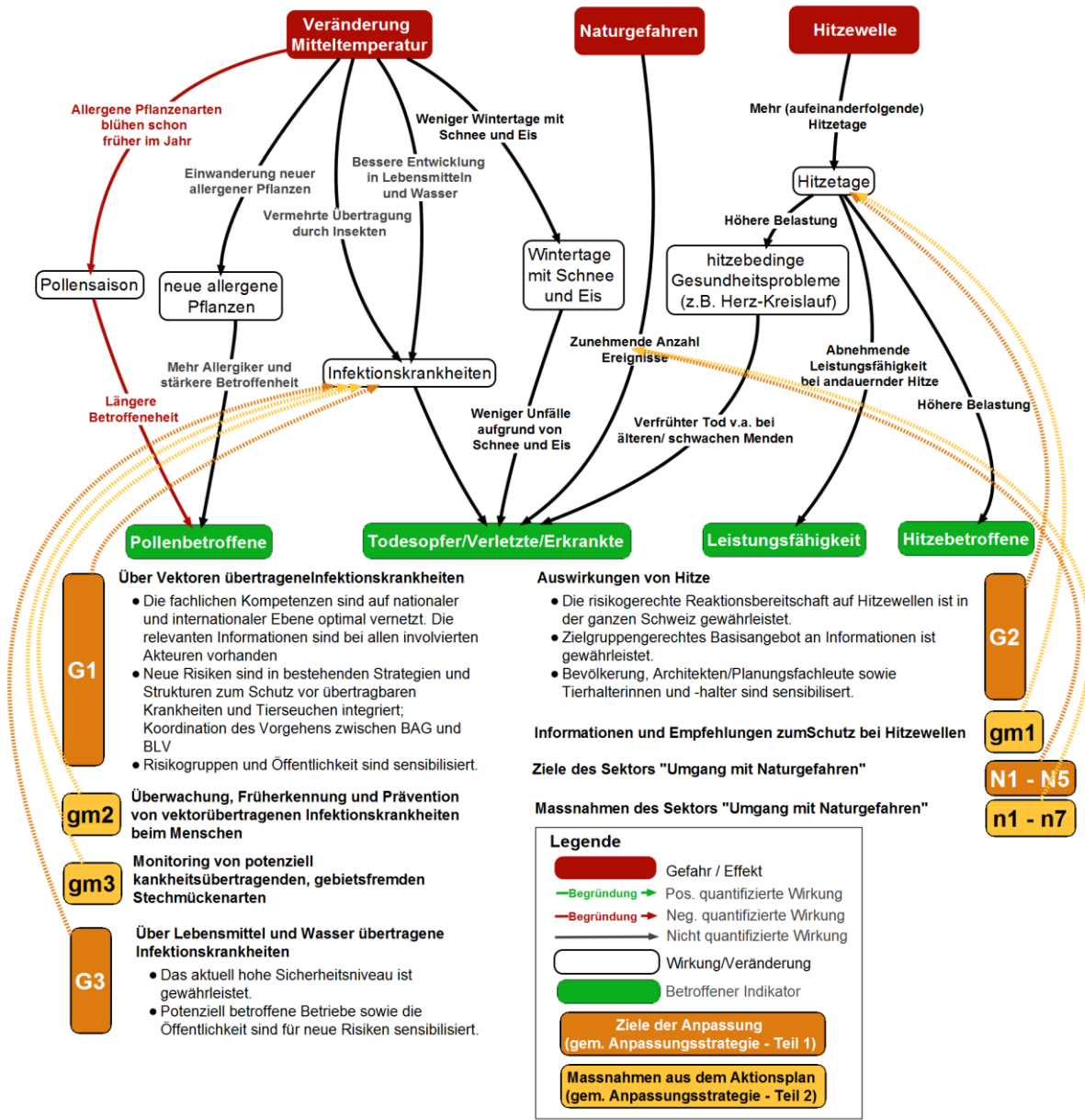


Figure 19: Ansatzpunkte der Ziele der Anpassung und der Massnahmen zur Anpassung in der Wirkungskette

4.8 Auswirkungen des sozioökonomischen Szenarios

Das sozioökonomische und demographische Szenario geht von einer Zunahme der Bevölkerung im Kanton Freiburg allein bis 2035 um 28% aus. Diese Zunahme wird im Voralpenteil stärker ausgeprägt sein als im Mittellandteil des Kantons. Beim Anteil der über 65-jährigen Personen wird mit einer Zunahme von heute 14% auf ca. 25% im Jahr 2060 gerechnet. Während die gesundheitlichen Auswirkungen infolge des Bevölkerungswachstums proportional zu diesen zunehmen werden, dürfte der höhere Anteil der älteren Personen besonders bei der Anfälligkeit gegenüber Hitzebelastung zu prozentual grösseren Auswirkungen führen. Da Hitzewellen aufgrund der höheren Lage der Voralpen eine geringere Rolle spielen, dürfte dieser Effekt jedoch absolut gesehen begrenzt bleiben.

4.9 Literatur

Amt für Statistik des Kantons Freiburg, 2013: Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg 2014

Amt für Statistik des Kantons Freiburg, 2014: Projections démographiques 2013-2035 - Canton de Fribourg et ses districts, S. 9.

EBP/SLF/WSL, 2013b: Risiken und Chancen des Klimawandels im Kanton Aargau, Methodenbericht.

EBP/SLF/WSL, 2013d: Risiken und Chancen des Klimawandels im Kanton Aargau, Anhänge zum Ergebnisbericht.

INFRAS/ Egli Engineering, 2014: Klimabedingte Risiken und Chancen 2060, Regionale Fallstudie Kanton Uri.

Kantonsarztamt FR, 2015: Zecken Hirnhautentzündung (oder Frühsommer-Meningoencephalitis).

http://www.fr.ch/smc/de/pub/infektionskrankheiten/krankheiten/zecken_enzephalitis.htm (abgerufen am 11.5.2015).

5 Agriculture

5.1 Paramètres de base

Le canton de Fribourg est perçu comme étant un canton avec une forte tradition agricole. La surface agricole actuelle représente encore 59% de la surface totale du canton et 3'033 exploitations se partagent cette surface¹¹⁾ de 75'835 hectares (en 2012). En moyenne, une exploitation travaille 23.65 ha de surface agricole utile (SAU), la moyenne suisse étant de 17.8 ha, les exploitations fribourgeoises peuvent donc être considérées comme étant de grande taille par rapport à cette moyenne. En 2010, la surface agricole utile du canton était de 54'885 ha en plaine et 21'175 en montagne, ce qui représente en tout le 7% de la SAU nationale. Les prairies et pâturages en représentent à eux seuls près de 70 % consacrés principalement à la production du lait. Avec cette agriculture tournée vers le secteur laitier, les éleveurs du canton produisent près de 10 % du lait suisse.¹²⁾

En zone de montagne, les 90% de la SAU se trouvent sous forme de pâturage et prairies, cette valeur est de 38% pour les zones de plaine (Tableau 11). La SAU diminue dans le canton, de manière similaire à la moyenne nationale (-0.15% par année).¹³⁾

La valeur totale de la production agricole fribourgeoise, pour l'année 2010 correspond à environ 702 millions de francs. Ce montant représente le 7% de la valeur totale de la production agricole nationale. La valeur relative de la production animale représente 61% de la valeur totale soit 14% de plus que la valeur nationale. Ceci confirme l'importance économique prépondérante de la production animale dans le canton de Fribourg.¹⁴⁾ La valeur totale de la production animale suisse dépasse les 4.7 milliards de francs. Avec une valorisation monétaire d'environ 0.43 milliards de francs, la part du canton de Fribourg atteint environ 9% de la valeur de la production nationale.

Le canton affiche une perte d'emploi dans le secteur primaire de l'ordre de 17% entre 2001 et 2008 alors que les secteurs secondaire et tertiaire augmentaient de 13% respectivement 11% dans la même période. Il apparaît clairement que les petites et moyennes exploitations disparaissent au profit d'exploitations de plus grande taille. La proportion des exploitations de 30 à 50 ha

11) Rapport agricole quadriennal 2014, Direction des institutions, de l'agriculture et des forêts, page 13

12) http://www.fr.ch/sagri/fr/pub/agriculture_fribourg.htm

13) La surface totale de la Suisse est de 41'285 km².

14) Rapport agricole quadriennal 2014, Direction des institutions, de l'agriculture et des forêts, page 17-18

est passée de 17 à 24% et celle de plus de 50 ha de 2,5 à 8%. Cette progression s'est réalisée principalement au détriment des exploitations de 10 à 20 ha (de 33 à 24%).¹⁵⁾

Production végétale 2000 - 2010	Plaine (31 + 41) ha		Montagne (51-54) ha		Canton ha	CH
	2000	2010	2000	2010	2010	2010
Surface agricole utile	55'430	54'885	21'923	21'175	76'060	1'051'747
Prairies naturelles, pâturages	20'429	20'949	19'600	19'197	40'146	611'884
Terres assolées	34'026	33'331	2'142	1'932	35'261	404'522
prairies artificielles	9'672	11'365	1'028	1'168	12'533	132'554
Terres ouvertes	24'354	21'966	1'114	764	22'728	271'968
céréales panifiables	9'066	7'614	107	93	7'705	86'341
céréales fourragères	7'075	5'238	525	259	5'497	65'171
légumineuses	198	422	3	10	432	3'816
cultures sarclées	3'196	2'747	78	35	2'782	29'640
oléagineux	755	1'389	3	3	1'392	25'393
matière première renouvelable	82	80			80	1'100
légumes de plein champ	667	747			747	9'460
maïs ensilage	3'175	3'526	398	364	3'890	46'759
jachères	140	203	0		203	2'385
Cultures permanentes	136	101	0	11	113	21'790
Solde SAU (haies, serres, ...)	839	504	181	35	540	13'551
surfaces de compensation écologiques	4'090	4'947	1'777	1'720	6'667	121'535
production biologique	878	1'633	332	873	2'506	110'445

Sources : OFAG, rapport agricole annuel

Tableau 12: Production végétale par culture et par région, canton de Fribourg et Suisse.
Rapport agricole quadriennal 2014

5.2 Impacts liés aux changements climatiques dans le domaine de l'agriculture

Les effets et aléas liés aux changements climatiques et leurs incidences sur l'agriculture font l'objet d'une analyse quantitative et qualitative. Le Tableau 13 répertorie les différents impacts des changements climatiques sur le domaine de l'agriculture.

15) Rapport agricole quadriennal 2014, Direction des institutions, de l'agriculture et des forêts, page 13

Aléa / effet	Évaluation quantitative	Évaluation qualitative
Crues		Perte des cultures due aux événements, chiffrable en m ² .
Laves, glissement de terrain, coulée de boue		Perte des cultures due aux événements, chiffrable en m ² .
Orage - Grêle		<ul style="list-style-type: none"> Dégâts aux cultures, surtout sur le Plateau.
Modification du régime des précipitations		<ul style="list-style-type: none"> Erosion, moins de matière organique Modification de la croissance des plantes fourragères, pertes en quantité et qualité des récoltes. Problème d'apport d'eau pour le bétail.
Sécheresse générale		<ul style="list-style-type: none"> Types d'espèces qui ne sont plus cultivables Pertes dans la quantité et la qualité des récoltes (fourrage). Problème d'apport d'eau pour le bétail.
Vague de chaleur		Atteinte au bien-être des animaux, stress thermique.
Vague de froid		<ul style="list-style-type: none"> Allongement de la période de végétation Prolifération de certaines espèces nuisibles
Gel		Augmentation de la saison de végétation et du rendement des récoltes (si diminution du nombre de jours de gel).
Réduction du manteau neigeux		Etalement vers le haut des étages de végétation avec nouvelles possibilités de culture.
Modifications de la température moyenne	Hausse de la productivité en raison du prolongement de la période de végétation	<ul style="list-style-type: none"> Apparition et/ou développement d'agents pathogènes qui deviennent contraignants pour l'agriculture et l'élevage. Augmentation du rendement des récoltes. Etalement vers le haut des étages de végétation avec nouvelles possibilités de culture.

Tableau 13: *Aperçu des impacts des changements climatiques sur le domaine de l'agriculture dans le canton de Fribourg (Analysés quantitativement ou qualitativement)*

D'autres risques que ceux liés aux changements climatiques peuvent avoir des impacts encore plus importants sur l'agriculture :

- Introduction d'espèces invasives par le biais des transports
- Abandon de la pratique agricole

Importance de l'impact des changements climatiques

Dans le domaine d'impact Agriculture, les indicateurs permettant de quantifier les changements climatiques sont les suivants :

- Augmentation des rendements/réduction des dépenses (par exemple : grâce à une augmentation du nombre de récoltes)
- Diminution des rendements /augmentation des dépenses (par exemple par la baisse des rendements pendant les périodes sèches).

Faute de données, la majorité des aléas / effets seront analysés de manière qualitative.

La Figure 20 schématise les interactions entre les différents aléas/effets et leurs impacts sur les activités agricoles.

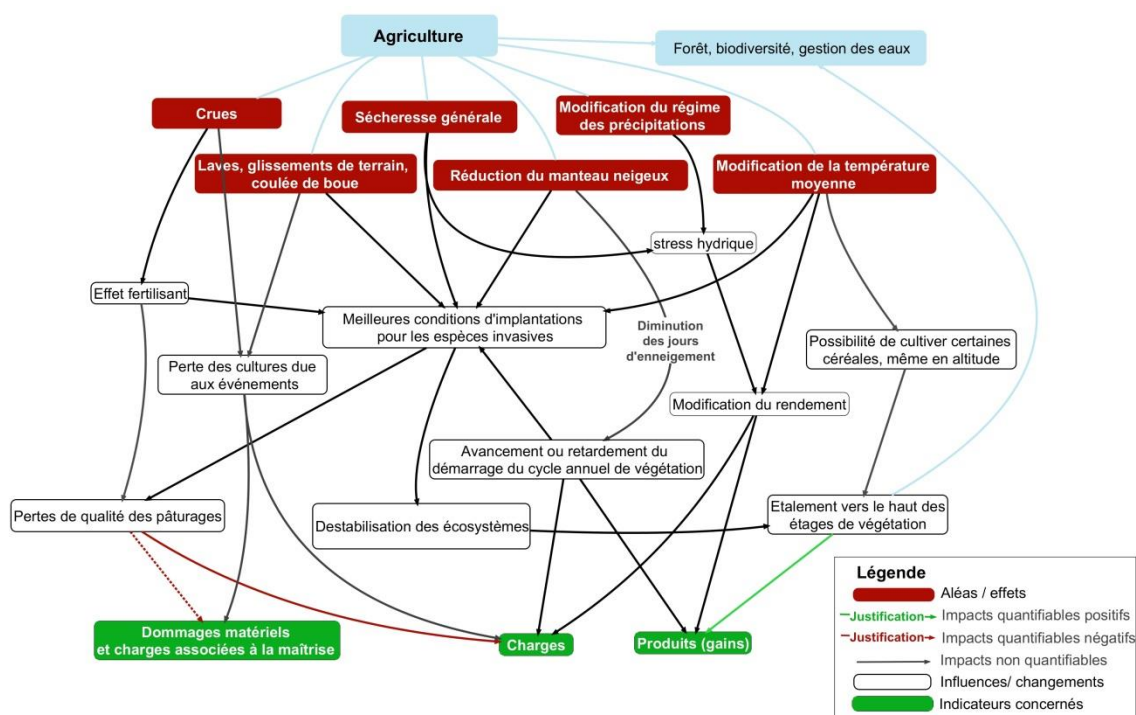


Figure 20 : Chaîne d'impact des aléas/effets modifiés par les changements climatiques et leurs impacts sur les indicateurs utilisés dans cette étude.

5.3 Impacts des dangers naturels (crues, laves torrentielles)

L'augmentation des risques liés aux crues et laves torrentielles aura un impact direct sur les surfaces agricoles autant en plaine qu'en montagne puisqu'ils impliquent une perte de revenu de par la destruction des cultures.

Afin d'identifier les surfaces potentiellement en danger, la carte des dangers et la carte des surfaces exploitées ont été superposées dans un système d'information géographique. Les cartes pour la plaine et les Préalpes sont présentées ci-dessous (Figure 21 et Figure 22).

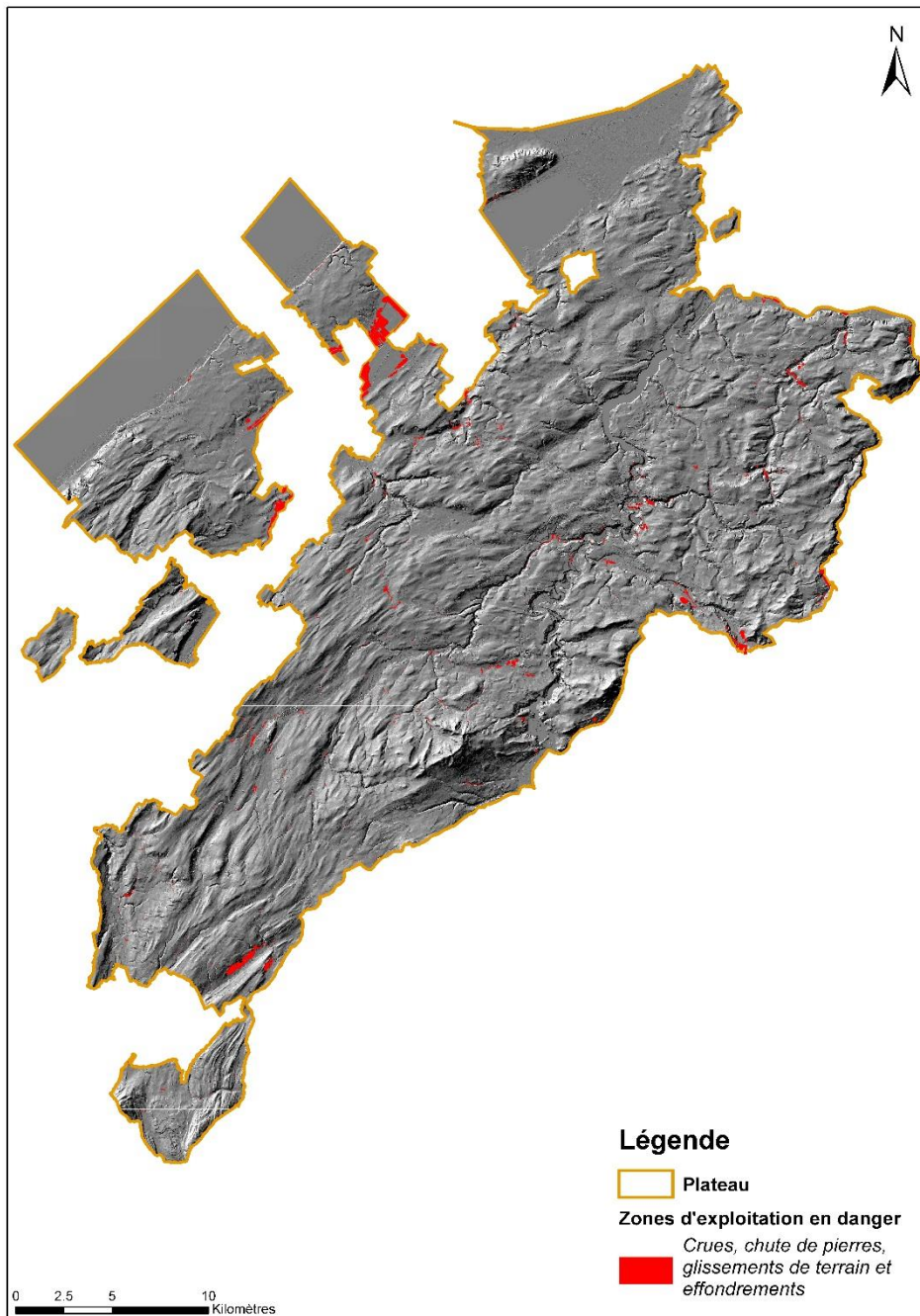


Figure 21 : Superposition de la carte des dangers¹⁶⁾ avec la carte des surfaces exploitées sur le Plateau

16) Carte des dangers datant de février 2015, transmise par le Service des constructions et de l'aménagement SeCA.

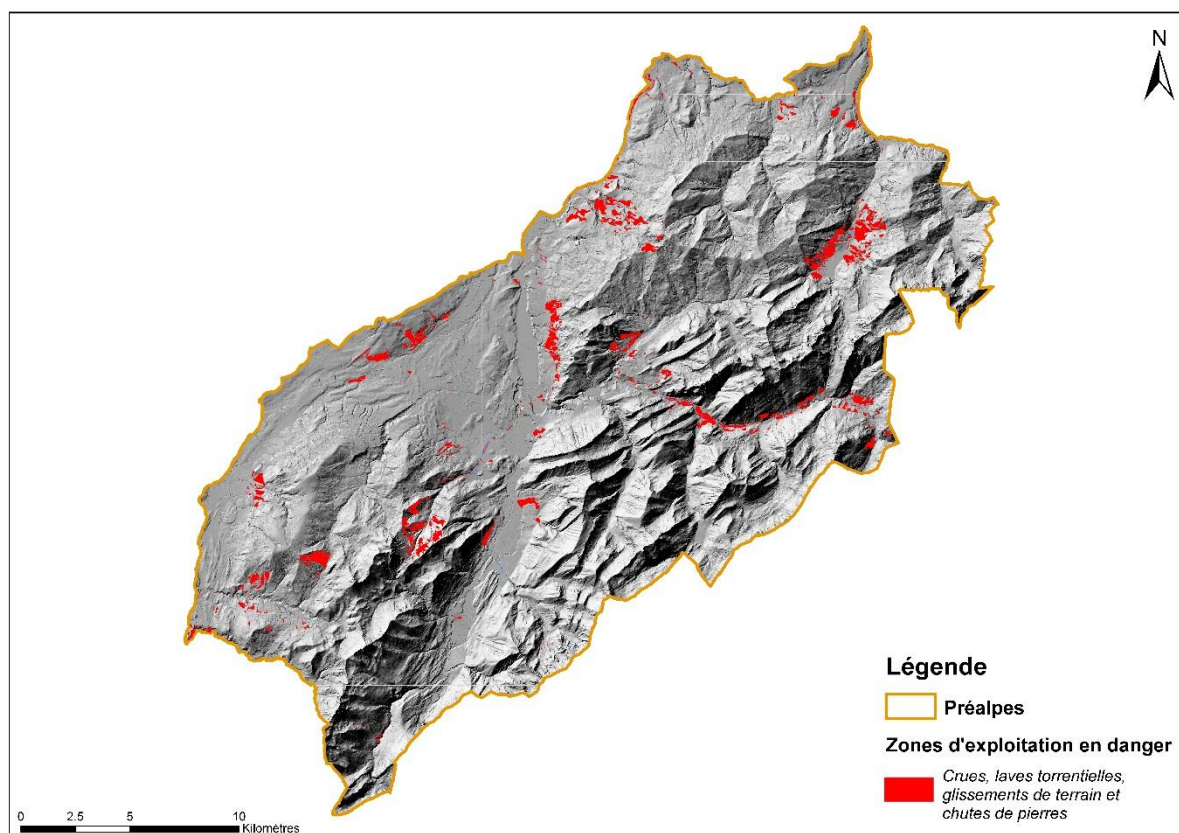


Figure 22 : Superposition de la carte des dangers¹⁷⁾ avec la carte des surfaces exploitées dans les Préalpes

La Figure 21 et la Figure 22 nous permettent de mettre en avant les zones agricoles les plus menacées par les dangers naturels. Sur le Plateau, ce sont particulièrement les régions de Saint-Aubin et Dompierre (district de la Broye) et de la Verrerie (district de la Veveyse) qui sont menacées. Dans les Préalpes, ce sont principalement les fonds de vallées (par exemple Charmey et région du lac Noir) qui sont les régions les plus menacées.

Le pourcentage des surfaces agricoles potentiellement en danger est de 1,1% pour le Plateau et de 4,2% pour la partie préalpine. Ces valeurs sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 14).

17) Carte des dangers datant de février 2015, transmise par le Service des constructions et de l'aménagement SeCA.

	Surface en danger (m ²)	Surface d'exploitation totale (m ²)	Surface en danger (%)
Plateau	7'683'992	686'793'959	1.1
Préalpes	13'676'798	323'547'877	4.2

Tableau 14: Surfaces agricoles potentiellement en danger

Actuellement, aucune étude concernant les retombées économiques des changements climatiques dans les Préalpes dans le secteur de l'agriculture n'est disponible. Nous ne nous risquons donc pas à avancer des chiffres quant aux pertes agricoles à venir. De manière qualitative, nous pouvons tout de même dire que la survenue d'épisodes extrêmes en augmentation devront être considérés comme un risque pour l'agriculture préalpine et devront être pris en compte très sérieusement à l'avenir pour limiter les pertes. L'ordre de grandeur des coûts engendrés par ces épisodes d'inondation pourrait être estimé annuellement. Pour cela, un indice moyen lié à la production végétale (les revenus engendrés par la production végétale sont très variables selon les différentes cultures), ainsi qu'un scénario de crues sont nécessaires.

Étant donné la complexité des données nécessaires, ce calcul n'est pas proposé dans le cadre de cette analyse de risque. Nous pouvons cependant supposer qu'une augmentation des dommages aux cultures causés par des crues plus fréquentes est à attendre et nous estimons ainsi que globalement et pour les deux scénarios climatiques, l'impact des dangers naturels amplifiés par les changements climatiques aura un effet négatif sur l'agriculture.

Les inondations peuvent également causer des dommages, aux bâtiments et aux infrastructures, cette thématique est abordée dans le domaine d'impact infrastructures et bâtiments (chapitre 7).

5.3.1 Appréciation des incertitudes

La superposition des cartes de dangers avec la carte des surfaces exploitées représente une analyse relativement précise de la situation actuelle, les incertitudes sont donc faibles. Ces surfaces (tant les surfaces exploitées que celles menacées par les dégâts naturels) évolueront au fil du temps, une mise à jour régulière des cartes sera nécessaire afin d'avoir une vision actualisée des risques.

5.4 Impacts des orages et de la grêle

La grêle ainsi que les fortes précipitations mesurées pendant les épisodes orageux (et contribuant au phénomène d'érosion) peuvent causer des dégâts importants aux cultures. Dans le canton de Fribourg, ce sont particulièrement les zones agricoles situées en plaine qui sont menacées par ces phénomènes, les régions de montagne sont plus épargnées.

Pour donner un aperçu des conditions actuelles, l'évolution temporelle du nombre de communes ayant subi des dommages liés à la grêle et à l'agriculture en Suisse est illustrée dans la figure ci-dessous.¹⁸⁾ Les cinq « jours extrêmes » enregistrés sont répartis assez régulièrement le long de la période 1920-1999. La distribution des « fortes » chutes de grêle, touchant entre 100 et 200 communes, devient un peu plus dense après 1980.

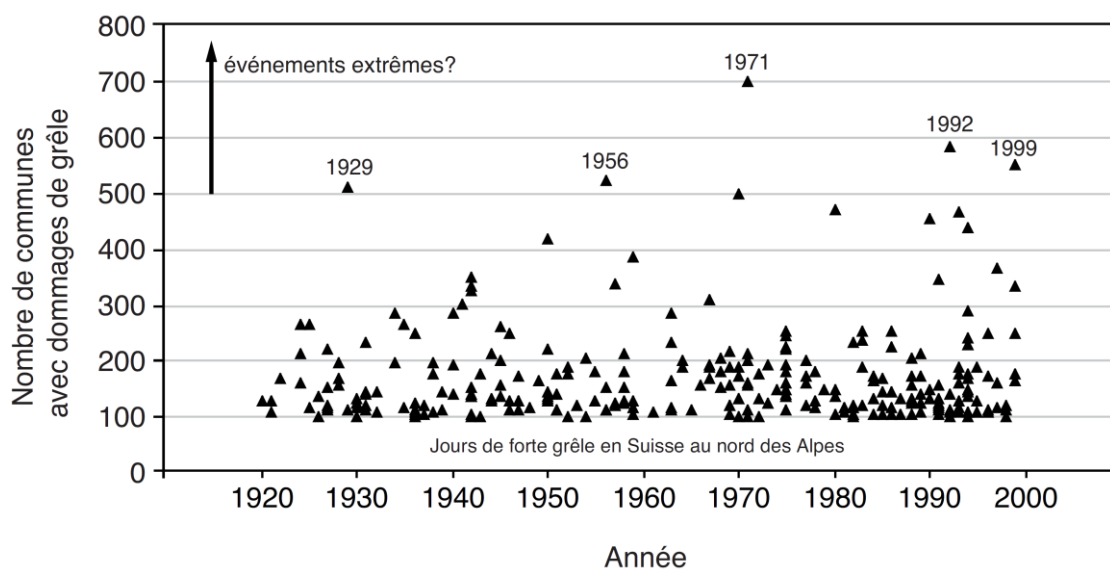


Figure 23 Jours où la grêle a provoqué des dommages à l'agriculture dans 100 ou davantage de communes suisses du nord des Alpes de 1920 à 1999.

Dans le canton de Fribourg, des événements ponctuels ont notamment été enregistrés en juillet 2010 (20 Mio CHF de dommages en Suisse)¹⁹⁾, en juillet 2014 (3 Mio CHF de dommages en Suisse)²⁰⁾ et en août 2015 (non chiffré).²¹⁾ Des données historiques permettent aussi de mettre en

18) http://www.occc.ch/reports/Extremereignisse03/PDF_F/2-06-Grêle.pdf

19) <http://www.rts.ch/info/suisse/1053480-la-grêle-coutera-plus-de-300-millions.html>

20) <http://hagel.ch/fr/medien/actualites/listenansicht/news/2014/07/07/orages-de-grêle-du-4-et-du-6-juillet-2014/>

21) <http://www.beratung-fr.ch/index.php/fr/documentation/production-vegetal/544-degats-de-grêle-dans-vos-cultures>

lumières des tempêtes de grêles importantes (non-chiffrées) en 1520, 1642, 1809 et 1942 dans le canton de Fribourg.²²⁾

Avec les changements climatiques, il n'est ici pas possible de définir clairement l'évolution des dégâts causés par des épisodes d'orages et de grêle, étant donné que les modèles ne permettent pas de définir l'évolution de tels événements. Nous pouvons toutefois nous baser sur les coûts d'épisodes de grêle passés, afin de connaître l'ordre de grandeur des coûts liés aux dégâts provoqués par ce genre d'intempérie. L'évènement de grêle du 23 juillet 2009 fut particulièrement destructeur. Dans le canton de Fribourg, on estime que l'ensemble des coûts des dégâts s'élevait à 80 millions de CHF.²³⁾ Pour l'ensemble des cantons touchés par la grêle lors de cet épisode, les dégâts pour l'agriculture ont été estimés à 20 millions de CHF. Plus récemment, les 4 et 6 juillet 2014, des épisodes de grêle se sont abattus sur plusieurs cantons, dont Fribourg, le montant des dommages aux cultures agricoles s'est alors élevé à 3 millions de francs pour l'ensemble des cantons touchés²⁴⁾ (Vaud, Fribourg, Berne, Bâle, et Argovie). Les coûts des dommages sont donc très variables selon les épisodes de grêle.

Les fortes précipitations liées aux orages peuvent mener à l'érosion des sols ainsi qu'à des glissements de terrain, particulièrement dans les zones escarpées des Préalpes. L'érosion des sols mène à la perte de potentiel agricole de ceux-ci.

Ces risques sont cependant difficilement quantifiables. En outre, selon les dernières déclarations de MétéoSuisse, aucune prévision scientifique du développement de la fréquence et de l'intensité des orages et de la grêle dans le contexte du changement climatique n'est possible (voir section 3.2.5). C'est pourquoi, nous les analysons uniquement de manière qualitative, et estimons que l'impact des changements climatiques sur les épisodes d'orages et de grêle dans le domaine de l'agriculture est jugé comme étant neutre pour les deux scénarios climatiques car nous ne sommes pas en mesure de les estimer. Nous pouvons en outre ajouter que d'après l'étude menée pour le canton d'Argovie (extrapolation Plateau), la grêle n'avait pas été identifiée comme un aléa dont les risques pour les cultures augmentent avec les changements climatiques. En effet, comme l'évolution des phénomènes de grêle est encore incertaine, il a été considéré que les risques restent constants, leur ampleur est donc similaire actuellement et dans le futur.

5.4.1 Appréciation des incertitudes

Dans les conditions actuelles, les tempêtes de grêle observées ponctuellement en Suisse et dans le canton de Fribourg ne permettent pas de tracer une tendance claire en termes de fréquence et/ou d'intensité. De plus, aucune prévision scientifique du développement de la fréquence et de

22) http://irv.ch/kgvonline/media/IRV/Downloads/Ereignisanalyse-Hagel-Website_2012-03-23_V1-3f.pdf

23) Union des paysans fribourgeois, rapport d'activité 2009

24) Suisse Grêle, <http://hagel.ch/fr/medien/actualites/listenansicht/news/2014/07/07/orages-de-grele-du-4-et-du-6-juillet-2014/>

l'intensité des orages et de la grêle dans le contexte du changement climatique n'est possible. Par conséquent, les incertitudes sont jugées grandes.

5.5 Impacts de la modification du régime des précipitations

La modification du régime des précipitations peut avoir divers impacts sur le fonctionnement des activités agricoles, les principales étant les suivants :

- Erosion suite à des épisodes de précipitations intenses, perte de matière organique (cf. point 0, orages et grêle),
- Modification de la croissance des plantes fourragères, pertes en quantité et qualité des récoltes (cf. point 5.6, modification de la température moyenne),
- Problèmes d'apport d'eau pour le bétail (cf. point 5.10, sécheresse générale et vagues de chaleur).

5.6 Impacts de la modification de la température moyenne

La température et les précipitations jouent un rôle prédominant sur les rendements agricoles. L'influence des deux facteurs est cependant très complexe. Si l'on suppose des précipitations constantes ainsi qu'un approvisionnement en eau adéquat et des températures modérément élevées, on tendra à avoir des rendements plus élevés sur les cultures fourragères (prairies). Ceci concerne en priorité les Préalpes. De manière générale, les espèces plus résistantes (tolérant mieux les températures plus élevées par exemple) seront favorisées dans leur ensemble. En Suisse, des cultures de soja ou de riz pourraient par exemple devenir toujours plus nombreuses (espèces bien adaptées aux nouvelles conditions climatiques) au détriment d'espèces qui ne parviennent pas à s'adapter aux changements climatiques tel que l'avoine par exemple (OCCC et ProClim, 2007).

Dans la partie préalpine du canton, une grande partie des surfaces agricoles est composée de prairies naturelles et de pâturages. L'allongement de la période de végétation, provoquée par l'augmentation des températures moyennes, mènera à une augmentation du rendement de ces surfaces. Parallèlement, la modification du régime des précipitations (principalement une diminution des précipitations estivales) limitera cette augmentation du rendement.

Le Tableau 15 représente la modification du rendement potentiel par hectares dans les Préalpes pour l'année 2060 (scénarios faible et forte amplitudes) en comparaison avec la période de référence. Notons qu'il s'agit ici d'estimations grossières qui ont été mises à disposition pour la réali-

sation de cette étude (communication de J. Fuhrer, 2015). De manière générale, l'augmentation de la température moyenne, combinée à la modification du régime des précipitations, aura un effet positif sur la production agricole.

	Scénario climatique faible amplitude	Scénario climatique forte amplitude
Prairies	+ 0.67 t/ha (+ 10.4%)	+ 1.70 t/ha (+ 26.1%)
Prairies, avec considération de la modification du régime des précipitations	+ 0.51 t/ha (+ 7.8%)	+ 0.93 t/ha (+ 14.3%)

Tableau 15: Modification du rendement annuel potentiel par hectare (Préalpes).

Ces modifications de rendements pourraient représenter un gain de 4,2 Mio CHF²⁵⁾ pour le scénario de faible amplitude et 7,7 Mio CHF²⁶⁾ pour celui de forte amplitude.

Cette augmentation des rendements des prairies impactera positivement l'élevage puisqu'il bénéficiera d'une quantité de fourrage accrue, ce qui pourrait augmenter le potentiel de production animale (OcCC et ProClim, 2007).

Les impacts des changements climatiques sur les cultures étant fortement dépendants de la situation géographique de ces dernières, et au vu de l'hétérogénéité spatiale du canton de Fribourg, aucune estimation quant aux modifications de rendement des autres types de culture n'a pu être réalisée pour cette étude. Cependant, sans mesures d'adaptations et avec une probable diminution des précipitations en été, nous pouvons nous attendre à une baisse des recettes agricoles en plaine.

Les interrelations entre la température et le taux de précipitation et leurs impacts sur la production agricole sont complexes et ne peuvent que partiellement être modélisées sur les bases des connaissances actuelles. Certaines combinaisons de température et de précipitations (par exemple, température moyenne élevée et faibles précipitations annuelles) et leur répartition dans l'année (par exemple chaud / humide ou froid / sec entre mai et juin) ont des effets distincts sur les différentes cultures.

De manière générale, une diminution des précipitations peut avoir tendance à entraîner une diminution du rendement, tandis qu'une augmentation limitée (jusqu'à 2-3°C) de la tempéra-

25) 19'197 hectares de prairies naturelles et pâturages en montage (c.f. Tableau 11) x 2'800 CHF/ha (valeur moyenne de production végétale) x 0,078 (7,8% d'augmentation du rendement)

26) 19'197 hectares de prairies naturelles et pâturages en montage (c.f. Tableau 11) x 2'800 CHF/ha (valeur moyenne de production végétale) x 0,143 (14,3% d'augmentation du rendement)

ture peut signifier une légère augmentation de celui-ci en moyenne pour tous les types de cultures. Au contraire, une augmentation importante des températures (au-delà de 2-3°C) pourrait avoir des conséquences néfastes pour les cultures, puisque l'évapotranspiration provoquée par ces températures élevées limiterait la quantité d'eau à disposition pour celles-ci (OcCC et ProClim, 2007).

En outre, les propriétés chimiques de l'air (par exemple la teneur en CO₂, O₃, NO_x, NH_y) ont également un impact sur la productivité (Wenkel et al., 2011; Finger et al., 2010). Pour les surfaces herbagères, des études ont montré que le rendement est corrélé positivement au taux de CO₂ dans l'air. Sans apport supplémentaire de CO₂, les rendements seraient susceptibles de diminuer (Finger et al., 2010). On ne peut cependant pas généraliser les résultats de l'étude pour l'entièreté du canton de Fribourg.

Le réchauffement de la température moyenne pourra mener à l'aggravation des dégâts causés par les insectes nuisibles. L'allongement de la période de végétation leur sera bénéfique : un nombre plus élevé de génération pourront se développer annuellement. Certains germes pathogènes fongiques et bactériens pourraient également être avantagés par les températures plus clémentes. Notons cependant que cette évolution ne touche pas l'ensemble des organismes nuisibles puisque certaines maladies régresseront suite à la diminution des taux d'humidité en été par exemple (OcCC et ProClim, 2007).

5.7 Impacts de la sécheresse générale et des vagues de chaleur

Les aléas sécheresse générale et vagues de chaleur sont traités de manière conjointe puisque les deux aléas ont souvent lieu simultanément. Leurs impacts sur l'agriculture sont par conséquent relativement similaires.

L'augmentation des périodes de sécheresse ainsi que des vagues de chaleur posera des problèmes majeurs en ce qui concerne la disponibilité en eau pour les plantes (humidité du sol). Les besoins en irrigation seront toujours croissants. L'étude de Fuhrer (2010) a montré que les besoins annuels moyens en irrigation sont de 10,4 Mio de m³ pour le canton de Fribourg. Ceux-ci s'élèvent à 23,8 Mio de m³ pendant les années sèches.²⁷⁾ Les besoins en irrigation ont même quadruplé pendant l'année caniculaire de 2003, ils s'élevèrent alors à 40,6 Mio de m³. Notons que les besoins en irrigations sont plus importants sur le Plateau que dans les régions des Préalpes. Avec l'augmentation des périodes de sécheresse et des vagues de chaleur, les besoins en irrigation augmenteront dans le futur.

27) Années présentant les besoins en irrigations les plus élevés (90^{ème} quantile) pendant la période de référence 1980-2006.

Selon Keller et Fuhrer (2004), les recettes des récoltes suisses ont diminué en moyenne de 20% pendant l'été caniculaire de 2003 (en comparaison avec les années 1991-1999), représentant une perte économique de 500 millions de francs dans l'ensemble du pays (estimation de l'Union suisse des paysans).

Nous estimons par conséquent que les rendements baisseront si les zones agricoles ne sont pas irriguées, particulièrement dans les régions agricoles du Plateau. La qualité des récoltes (fourrage) pourra également pâtir lors des épisodes de sécheresse.

Certaines espèces ne supporteront pas les sécheresses à répétition, leur culture sera de plus en plus difficile. D'autres variétés (méditerranéennes par exemple), plus résistantes à ces conditions devront donc être cultivées afin de limiter les pertes de productivité.

Le manque d'eau en période de sécheresse ainsi que les températures élevées pendant les vagues de chaleur peuvent également nuire au bien-être du bétail. Celui-ci peut en effet souffrir de stress thermique, menant à des cas de déshydratation, voire dans des cas extrêmes à la mort des animaux fragiles.²⁸⁾ De plus, le stress thermique réduit la production de lait des vaches laitières.²⁹⁾

De manière générale, nous estimons que les périodes de sécheresse et de vagues de chaleur ont actuellement un effet plutôt négatif sur la production agricole, tant animale que végétale. Nous estimons que l'augmentation de l'occurrence des périodes de sécheresse et des vagues de chaleur aura un impact négatif sur la production agricole selon le scénario faible amplitude et très négatif selon le scénario forte amplitude.

5.8 Impacts des vagues de froid et du gel

Certaines espèces ont besoin de période de froid pour le bon fonctionnement de leur cycle de végétation (pour le déclenchement de la phase de reproduction par exemple). Le manque de froid peut donc avoir des conséquences négatives sur certaines espèces (qualité péjorée par exemple). De plus, les hivers peu rigoureux peuvent être favorables au développement de certains animaux nuisibles aux récoltes (rongeurs principalement). En outre, les hivers doux provoquent le déclenchement plus précoce de la saison de printemps, exposant ainsi les espèces à des risques plus importants de vagues de froid ou gel tardifs.

Mais la diminution des périodes de grand froid ainsi que du nombre de jours de gel n'a pas que des conséquences négatives. En effet, la diminution des vagues de froid et des jours de gel per-

28) http://www.organiccentre.ca/DOCs/AnimalWelfare/AWTF/Heat_stress_ruminants_f.pdf

29) http://www.agrarforschungschweiz.ch/archiv_11fr.php?id_artikel=1749

mettront la culture d'espèces plus sensibles à ces phénomènes. Elle permettra également l'augmentation du rendement de certaines espèces au vu de l'allongement de la période de végétation (cf. point 5.6).

La diminution des vagues de froid ainsi que du nombre de jours de gel représente donc à la fois un risque (diminution de la productivité des espèces ayant besoin d'une période de froid pour déclencher leur phase de reproduction, prolifération d'espèces néfastes aux cultures) et une opportunité (culture de nouvelles espèces, plus sensibles au froid) pour l'agriculture fribourgeoise. Il est difficile de savoir si les impacts négatifs sont plus importants que les positifs au vu de l'incertitude de l'évolution de ces différents phénomènes. Nous n'allons par conséquent pas nous risquer à émettre un jugement fondé sur un nombre important de suppositions.

5.9 Impacts de la réduction du manteau neigeux

La réduction du manteau neigeux provoque un étalement des étages de végétation vers le haut. Ce phénomène permet le développement de nouvelles cultures à des altitudes plus élevées et représente donc une opportunité pour l'agriculture préalpine fribourgeoise. Cet impact est cependant difficilement quantifiable.

Le processus d'étalement des étages de végétation vers le haut suite à la réduction du manteau neigeux est traité dans le domaine d'impact biodiversité (chapitre 11). Les impacts de ces changements sur l'agriculture sont similaires à ceux identifiés pour la biodiversité.

5.10 Aperçu et évaluation des impacts

Au vu des données disponibles, nous avons réalisé une analyse des risques pour la période actuelle ainsi que selon les deux scénarios climatiques (analyse majoritairement qualitative).

5.10.1 Risques actuels

Les risques les plus importants actuellement dans les Préalpes sont ceux induits par les périodes de sécheresse générale et les vagues de chaleur.

5.10.2 Risques selon le scénario climatique 2060-faible amplitude

Le Tableau 16 résume les risques engendrés par les différents aléas/effets selon le scénario faible amplitude.

Indicateur	Aléa / Effet			
	Crues, laves, glissement de terrain, coulée de	Orage, Grêle	Sécheresse générale	Modification de la température moyenne
Produits				4.2
Dommages matériels et charges associées à la maîtrise	q-1	q0	q-2	
Somme Préalpes FR	q-1	q0	q-2	4.2
Plateau FR	q0	q0	q-2	
Canton FR	q0	q0	q-2	

Tableau 16 : Impacts de la modification des principaux aléas / effets par les changements climatiques sur les différents indicateurs (Description des classes dans le chapitre 3.4)

Il en ressort que les aléas les plus négatifs pour l'agriculture fribourgeoise sont les conséquences des périodes de sécheresse et des vagues de chaleur ainsi que les dangers naturels. Au contraire, la modification de la température moyenne a quant à elle un effet positif sur les rendements.

Cependant, sans modèle intégrant les relations complexes entre la distribution et l'ampleur des paramètres climatiques par année et les besoins de l'agriculture en termes de température et d'eau, aucune conclusion fiable ne peut être tirée à ce stade des connaissances. Les approximations faites sur une base quantitative donnent cependant une tendance qui doit être interprétée avec prudence.

En ce qui concerne la production végétale, part importante de l'agriculture fribourgeoise et base pour la production animale, une augmentation limitée des températures mènerait à une augmentation des rendements. Cependant, une augmentation trop importante des températures aurait des conséquences négatives sur la production agricole.

La production animale est également touchée par les changements climatiques, puisque le bétail risque de souffrir de la chaleur et du manque d'eau.

D'autres phénomènes sont étroitement liés aux modifications des températures moyennes. Il s'agit par exemple de la propagation d'espèces invasives et de ravageurs, néfastes pour les cultures indigènes.

Outre les impacts liés aux modifications des températures, d'autres paramètres menacent l'agriculture de façon importante, par exemple la succession d'étés aux conditions climatiques néfastes pour les cultures (vagues de chaleur ou sécheresse) pourrait mener à l'abandon de certaines exploitations, les exploitants ayant du mal à faire face à de telles situations.

L'augmentation des extrêmes climatiques représente également une menace de taille pour l'agriculture fribourgeoise, de tels évènements réduisant de façon importante la sécurité des rendements.

5.10.3 Risques selon le scénario climatique 2060-forte amplitude

Le Tableau 17 résume les risques engendrés par les différents aléas/effets selon le scénario forte amplitude. De manière générale, les risques sont les mêmes que ceux décrits pour le scénario faible amplitude, mais leur ampleur est plus importante.

<i>Indicateur</i>	<i>Aléa / Effet</i>			
	<i>Crues, laves, glissement de terrain, coulée de boue</i>	<i>Orage, Grêle</i>	<i>Sécheresse générale</i>	<i>Modification de la température moyenne</i>
Produits				7.7
Domages matériels et charges associées à la maîtrise	q-1	q0	q-3	
Somme Préalpes FR	q-1	q0	q-3	7.7
Plateau FR	q-1	q0	q-3	
Canton FR	q-1	q0	q-3	

Tableau 17 : Impacts de la modification des principaux aléas / effets par les changements climatiques sur les différents indicateurs (Description des classes dans le dans le chapitre 3.4)

5.10.4 Evaluation des incertitudes

Les incertitudes liées aux changements climatiques ont été classées dans la catégorie C. Ce signifie que les impacts pourrait également être attribués à une classe plus favorable ou défavorables. (P.ex. q-1 ou q-3 au lieu de q-2).

5.11 Liens avec la stratégie d'adaptation

La Figure 24 représente les liens avec les différents champs d'action et mesures du plan d'action de la stratégie nationale d'adaptation aux changements climatiques.

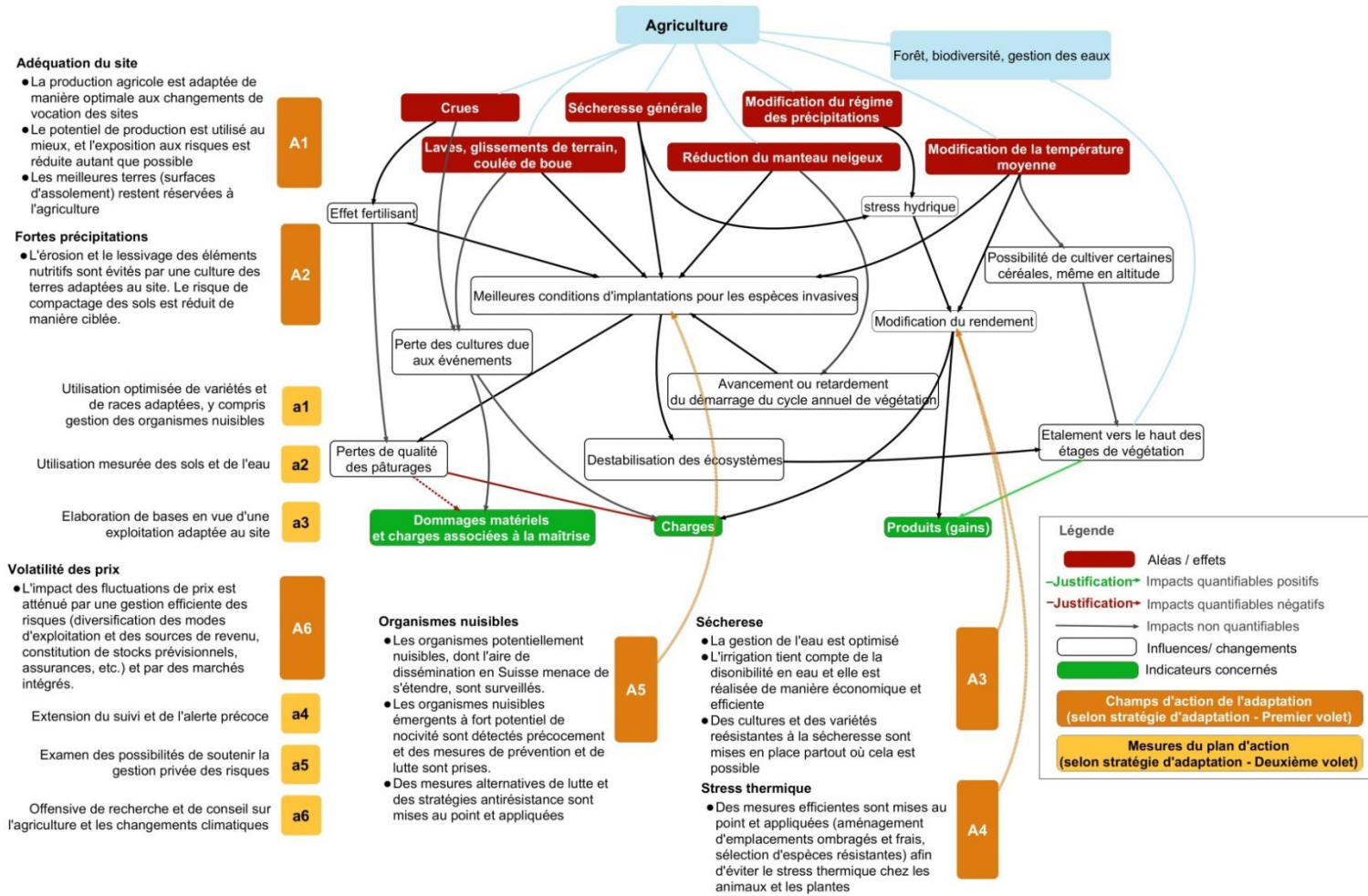


Figure 24: Liens avec les champs d'action et mesures du plan d'action de la stratégie d'adaptation du Conseil Fédéral

Les impacts mis en avant dans cette analyse du risque concordent avec les champs d'action de la stratégie d'adaptation (adéquation du site, organismes nuisibles, sécheresse, stress thermique, fortes précipitations). La stratégie mentionne également un champ d'action d'ordre plus socio-économique : la volatilité des prix. Les mesures mettent tout particulièrement l'accent sur la culture d'espèces adaptées aux nouvelles conditions climatiques et au site de production ainsi que sur la prévention et gestion des risques et sur la recherche dans le domaine agricole. Utilisation mesurée des ressources, adéquation des cultures aux nouvelles conditions et gestion des risques semblent donc être les deux concepts majeurs pour l'adaptation du domaine agricole aux modifications du climat.

5.12 Impacts du scénario socio-économique

L'analyse de l'évolution du système agricole suisse doit également prendre en compte des aspects politiques et économiques. En effet, l'agriculture suisse s'insère dans un système agricole à plus grande échelle puisque la Suisse importe et exporte de grandes quantités de produits agricoles. Les conséquences des changements climatiques dans ces autres pays auront par conséquent également une influence sur la production en Suisse. L'évolution du marché international pourrait donc avoir des impacts de grande importance sur la production agricole suisse.

Par ailleurs, la politique agricole influence également de manière conséquente la pratique agricole en Suisse. Un accord de libre-échange entre la Suisse et l'Union européenne dans le secteur agroalimentaire est par exemple en négociation. Sa mise en œuvre pourrait avoir des répercussions d'importance majeure sur l'agriculture suisse.

À l'horizon 2020-2050, il est par conséquent probable que les changements d'origine économique et politique soit plus importants que les changements climatiques pour le secteur agricole (OcCC et ProClim, 2007)

5.13 Références

Carte des dangers: Alexandre Ruffieux, SeCA, CDN Diffusion reçue le 27.02.2015

Carte des surfaces d'exploitation : David Aeschlimann, AGR12505_SURFACE_EXPLOITATION.shp, reçue le 07.05.2015

Finger, R., Lazzarotto, P., Calanca, P. 2010: Bio-economic assessment of climate change impacts on managed grassland production, *Agricultural Systems*, 103(9), 666-674

Fuhrer J. (2010). Estimation des besoins en irrigation pour l'agriculture suisse, rapport final du 8 mars 2010. Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et les cantons BE, LU, FR, AG, VD, VS, GE et ZH représentés par Dr. Fritz Zollinger, Office de l'agriculture, Zürich.

Keller, F. et Fuhrer, J. (2004). Die Landwirtschaft und der Hitzesommer 2003. Agrarforschung 11, pp. 403-410.

OcCC et ProClim (2007). Les changements climatiques et la Suisse en 2050, impacts attendus sur l'environnement, la société et l'économie.

Wenkel, K.O., Mirschel, W., Berg, M., Nendel, C., Wieland, R. und Köstner, B. 2011: Klimawandel. Fluch oder Segen für die Landwirtschaft. Was die LandCaRe-Simulationen sagen. In: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.) Forschungsreport, 2, 2011, 4-8.

6 Wald/Waldwirtschaft

6.1 Kurzbeschreibung

Rund 26% des Kantons Freiburg sind mit Wald bedeckt. Die Waldfläche beträgt rund 43'300 Hektaren (gemäss LFI4). Davon sind 17'200 ha Nadelwald, 7'100 ha Nadelmischwald, 7'500 ha Laubmischwald, 10'500 ha Laubwald. 24'000 Hektaren liegen im Voralpen-Teil des Kantons 16'000 ha davon sind Schutzwald. Davon wiederum wurden vom Kanton Fribourg 3'000 ha mit der Methode SilvaProtect-CH (Losey und Wehrli, 2013)- als Schutzwälder ausgewiesen, die gegen Steinschlag, Lawinen, Rutschung schützen. Weitere 13'000 ha schützen gegen Gerinne-Prozesse. Ein Viertel des Schutzwaldes besteht aus standortgerechten Waldgesellschaften, ein weiteres Viertel aus eher standortgerechten Waldgesellschaften, die Hälfte gilt jedoch als nicht standortgerecht.

55% der Waldfläche ist öffentlicher Wald, 45% ist Privatwald. Die Waldfläche nimmt leicht zu, vor allem durch Einwuchs von ehemals landwirtschaftlichen Flächen im Berggebiet.

In den 97 Forstbetrieben mit 238 Beschäftigten werden jährlich rund 25 Mio. Fr erwirtschaftet (Betriebseinnahmen), davon 6.1 Mio. Fr als Beiträge für öffentliche Leistungen (Bundesamt für Statistik 2010).

6.2 Klimaänderungsbedingte Auswirkungen auf Wald und Waldwirtschaft

In der folgenden Tabelle werden die Auswirkungen des Klimawandels sogenannten „Gefahren“ oder „Effekten“ zugeordnet und stichwortartig beschrieben. Ab Abschnitt 6.3 werden die bedeutendsten Auswirkungen detaillierter analysiert.

Gefahr/Effekt	Auswirkungen (alle nicht quantitativ analysiert)
Lawinen	<ul style="list-style-type: none"> • Tendenziell Verminderung der Lawinentätigkeit und der damit verbundene Schäden an Wald und Waldinfrastrukturen (Waldwege, Brücken etc.)
Starker Schneefall	<ul style="list-style-type: none"> • Tendenziell Zunahme starker Schneefälle und damit verbundener Schneedruck-Schäden im Wald
Mure / Erdbeben / Hangmure	<ul style="list-style-type: none"> • Mögliche Veränderung der Häufigkeit und Intensität von Murgängen etc. und deren Auswirkungen auf Wald und Waldinfrastrukturen (v.a. Waldwege, -strassen).
Gewitter	<ul style="list-style-type: none"> • Mögliche Veränderung der Häufigkeit und Intensität von Hagelschäden
Allg. Trockenheit	<ul style="list-style-type: none"> • Schwächung und dadurch begünstigte Insektenkalamitäten führen zu Baumsterblichkeit, Reduktion der Bestandesstabilität und ggf. verminderte Schutzleistung • Erhöhte Waldbrandgefahr, v.a. auf kalkreichen Untergrund • Rückgang Zuwachs
Waldbrand	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigung der Schutzfunktion und indirekte Schäden oder Kosten (z. B. Verbauungskosten) • Betriebswirtschaftliche Schäden durch Holzverlust und Verjüngungskosten • Störungsflächen (s.u.)
Steinschlag, Fels-/Bergsturz	<ul style="list-style-type: none"> • Veränderung der Häufigkeit von Schäden für Waldinfrastrukturen
Hitzewelle	<ul style="list-style-type: none"> • Phytotoxischer Stress durch hohe Ozonkonzentrationen in der Luft • Absterben von Jungpflanzen durch Überhitzung der Bodenoberfläche • Absterben von Blättern und Trieben oder gar ganzen Bäumen • Rindenbrand
Veränderung Mitteltemperatur	<ul style="list-style-type: none"> • Zunahme Zuwachs aufgrund verlängerter Vegetationsperiode und höherer Mitteltemperatur (zumindest bei Klimaszenario schwach, bei Szenario stark abhängig von ausreichender Wasserversorgung) • Veränderung der Verbreitung und Reproduktionsrate von Waldschädlingen und -nützlingen (Pflanzen, Tiere, Pilze, Viren, Rickettsien, Bakterien, auch invasive Arten) könnte zu zu- oder abnehmenden Waldschäden führen mit Folgen für die Waldleistungen Holz, Kohlenstoffspeicherung, Erholung und Schutz, und für den Bekämpfungsaufwand von Kalamitäten • Tendenziell höhere Reproduktionsrate bei Schadinsekten, z. B. dem Buchdrucker führt tendenziell zu zunehmenden Waldschäden • Höhere mittlere Temperaturen im Winter führen zu weniger Frosttagen und höherer Empfindlichkeit der Böden gegenüber Befahren bei der Holzernte. Höhere Niederschläge im Winter tragen zusätzlich dazu bei. • Abnahme der Zuwächse bei regelmässigem Trockenstress (erhöhte Evapotranspiration, Abnahme Niederschläge in Klimaszenario 2060-stark) • Langfristige Veränderung der Baumarten-Zusammensetzung und ggf. der Waldfläche
Änderung im Niederschlagsregime	<ul style="list-style-type: none"> • Zwangsnutzungen infolge Insektenkalamitäten • Schadholzanfall durch Trockenstress und Insektenbefall • Vorübergehende Abnahme im Holzzuwachs bei regelmässigem Trockenstress (v.a. bei Klimaszenario stark relevant), siehe Zunahme der Mitteltemperatur
Sturm / Orkan	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebswirtschaftliche Schäden durch Sturm- und Käferholz (→ Schadholz) • Verbauungs-Kosten, um Schutzfunktion auf Störungsflächen sicherzustellen. • Störungsflächen (s.u.)

Tableau 18: Übersicht über die Auswirkungen des Klimawandels auf Wald und Waldwirtschaft im Kanton Freiburg

Weitere Informationen zu Auswirkungen	
Indirekte Effekte / nicht klar zuordenbar	<ul style="list-style-type: none"> • Klimatische Änderungen können auf verschiedenen Wegen zu einer verminderten Bestandesstabilität führen, die besonders in Wäldern mit Schutzfunktion problematisch ist • Veränderung der Standortsbedingungen und damit der potentiell natürlichen Vegetation. Daraus entstehen ggf. Kosten zur Überführung in angepasste Bestände (Kosten der Anpassung). • Rückgang der Senken- und Speicherfunktion von CO₂ • Auswirkungen auf die Filterleistung des Waldbodens und damit auf das Trinkwasser • Auswirkungen auf Biodiversität im Wald (zunächst voraussichtlich Zunahme infolge häufigerer Störungen (eher Chance als Risiko)) • Arbeitsplätze in Wald- und Holzwirtschaft können durch folgende Aspekte beeinflusst werden: <ul style="list-style-type: none"> - Tendenziell geringere Erträge aufgrund höherem Anteil Zwangsnutzung und aufwendigerer Verjüngung und ggf. Pflege - Voraussichtlich mehr Arbeitskapazität notwendig für Verjüngung (bei Baumartenwechsel vermehrt künstliche Verjüngung), Bewältigung von Störereignissen und Schutzwaldpflege - Ggf. höherer Aufwand für Verbauung zur Sicherstellung des Schutzes vor Naturgefahren
Wild Cards (mögliche schwerwiegende Auswirkungen des Klimawandels mit hoher Ungewissheit)	<ul style="list-style-type: none"> • Auftreten von neuen Schadorganismen (Pilze, Insekten etc.) oder zunehmender Pathogenität, die zu massiven Schäden im Wald führen können. Sollte z. B. eine mit der Eschenwelke vergleichbare Krankheit im Kanton FR zu verbreiteten Schäden an der Fichte führen, so hätte dies verheerende Auswirkungen auf den Wald. Der Beitrag, den der Klimawandel zu solch einer Entwicklung leistet, ist unklar, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass enge Zusammenhänge bestehen. • Fatale Abfolgen von Gefahren und Effekte, z. B. von Sturmwurf, Trockenheit und Hitzewellen und anschliessenden Waldbrände, können zu schwerwiegenden Folgen für Wald und Waldwirtschaft führen. • Eine Folge mehrerer trockener Jahre mit heissen Sommern kann die Regenerationsfähigkeit der bestehenden Waldgesellschaften übersteigen, so dass schwere Schäden in allen Entwicklungsstufen (Verjüngung bis Altholz) entstehen und grossflächige Waldschäden auftreten. • Spät im Frühjahr auftretender Frost kann zum Problem werden, wenn im späten Winter/frühen Frühling warme Temperaturen zum Austrieb geführt haben. Ob sich das Risiko solcher Situationen im Zusammenhang mit dem Klimawandel verändern wird, ist bisher unklar.
Spätfolgen (nach Betrachtungshorizont 2060)	<ul style="list-style-type: none"> • Die Klimaveränderung führt dazu, dass Baumarten über längere Zeit unter nicht idealen Standortsbedingungen wachsen müssen: Entweder sie sind in ihrer Jugend standortgerecht, dafür im Alter nicht, oder umgekehrt. • Bei erforderlichem Baumartenwechsel könnten auf vielen Flächen keine geeigneten Samenbäume für Naturverjüngung vorhanden sein, so dass kostenintensive Pflanzungen notwendig sind.

Tableau 19: Übersicht über indirekte Effekte, mögliche Klimafolgen und Spätfolgen im Kanton Freiburg

Mehrere Gefahren und Effekten führen zu **Störungsflächen**, die meist folgende Eigenschaften aufweisen:

- Schadholz: Schadholz entsteht durch Windwurf oder –bruch, durch Insekten- oder Pilzbefall etc. Die Qualität und damit der Verkaufserlös können dadurch deutlich herabgesetzt sein. Durch flächigen Anfall von Schadholz nimmt zudem der Holzzuwachs auf den betroffenen Flächen vorübergehend ab.
- Nitratbelastung des Grundwassers: Auf Kahlflächen, wie sie z. B. infolge von Sturmereignissen entstehen, wird organisches Material beschleunigt abgebaut, was zu hohen Stickstofffrachten im Trinkwasser führen und so dessen Qualität beeinträchtigen kann (Hegg et al. 2004).
- Erosion: Auf Freiflächen, die durch Störungen wie Stürme oder Waldbrände entstehen, ist der Boden teilweise wenig vor Wind- oder Wassererosion geschützt. Eine Erosion des humus- und nährstoffreichen Oberbodens kann die Bodenfruchtbarkeit und damit die Ertragskraft des Standortes verringern.
- Erholungsleistung: Mögliche Veränderung aufgrund Einfluss auf Landschaftsbild und vorübergehend unzugängliche Gebiete.
- Senken- und Speicherfunktion von CO₂: Rasche Freisetzung von ober- und unterirdisch in Biomasse gespeichertem Kohlenstoff (Kohlenstoff-Speicher) nach Störereignissen. Auch die Senkenleistung (Holzwachstum und Nutzung) kann durch Störungen deutlich eingeschränkt sein.
- Biodiversität im Wald: Zunächst voraussichtlich Zunahme infolge häufigerer Störungen, und Zunahme von Totholz, evtl. aber Verlust bisher heimischer Arten
- Sekundärschäden: Durch Insekten (v. a. Borkenkäfer), Rindenbrand etc.

Die Wirkungskette der wichtigsten Auswirkungen des Klimawandels auf Wald und Waldwirtschaft sind in Figure 25 aufgezeigt.

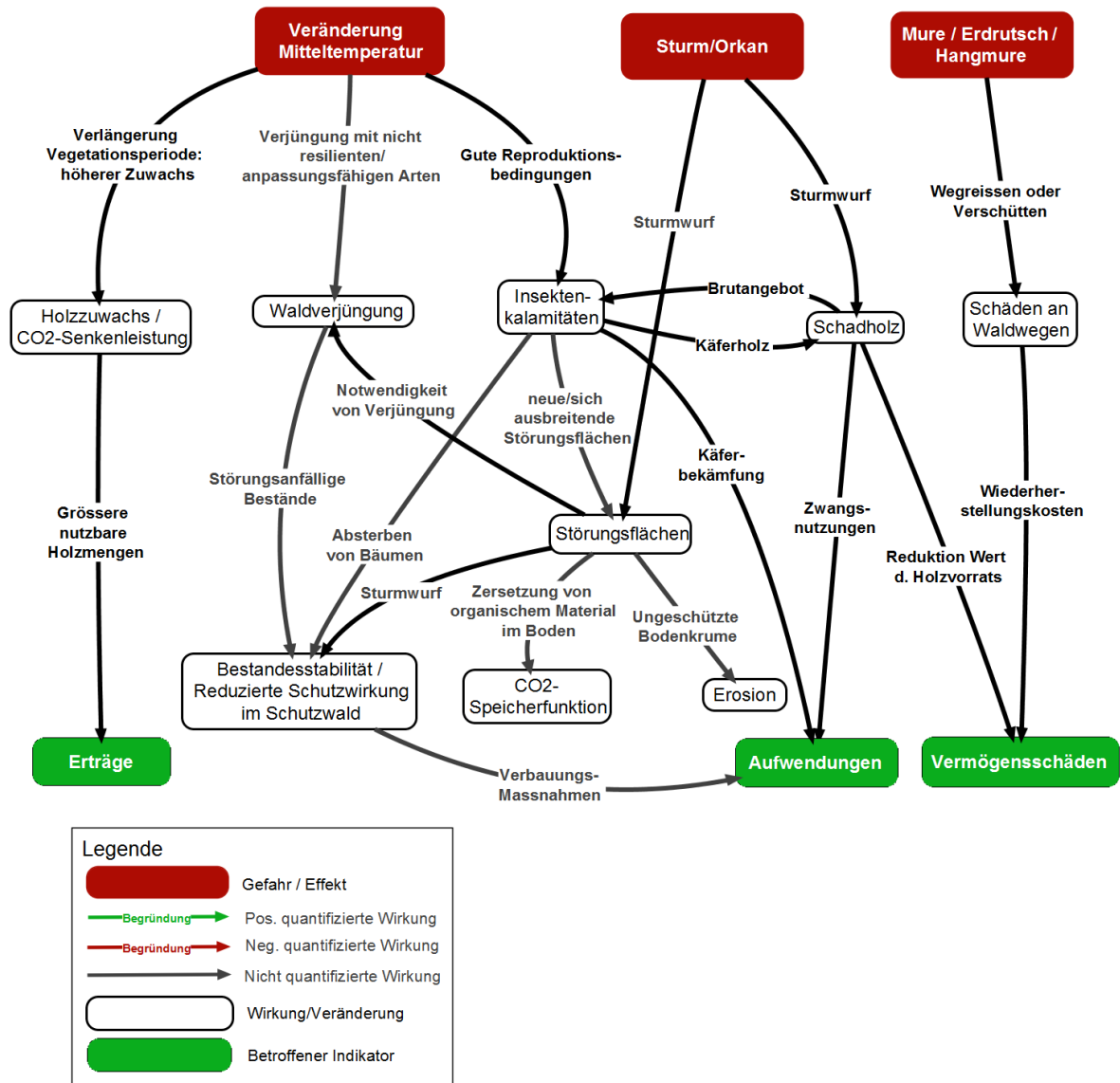


Figure 25 : Wirkungskette der durch den Klimawandel voraussichtlich veränderten Gefahren/Effekte bis hin zu den in dieser Studie verwendeten Indikatoren

Qualitative Analyse

In der Klimarisikoanalyse sollen die Folgen des Klimawandels auf die Auswirkungsbereiche betrachtet werden, ohne dabei Anpassungsmassnahmen zu berücksichtigen. Aus diesem Grund wurde in der ersten Fallstudie im Kanton Aargau für das Mittelland der Vermögensschaden durch Holzverlust oder –entwertung, z. B. durch Sturmbruch oder Borkenkäferkalamitäten, abgeschätzt. Dies geschah anhand des entgangenen erntekostenfreien Holzerlöses. Ausserdem wurden Kosten für Holzlagerung und Käferbekämpfung berücksichtigt.

Im Voralpen-Teil der Kantons Freiburg spielen neben der Holznutzung vor allem die Schutz-, aber auch die Erholungsfunktion des Waldes eine wesentliche Rolle. Eine umfassende Quantifizierung der Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes in den Freiburger Voralpen ist im Rahmen dieser Studie nicht möglich und würde auch die Vergleichbarkeit mit den anderen bisherigen Fallstudien erschweren. Um die Bedeutung dieser Aspekte hervorzuheben, werden im Folgenden exemplarische Quantifizierungen vorgenommen und in der Gesamtbewertung der Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigt.

Die Holzerlöse und Holzerntekosten heben sich gegenseitig weitgehend auf, so dass kaum ein erntekostenfreier Holzerlös verbleibt. Damit ist auch eine Abschätzung der Vermögensschäden durch Holzverlust oder –entwertung nicht sinnvoll.

6.3 Auswirkungen von Störungsereignissen und Störungsflächen

6.3.1 Geringerer Holzwert, höhere Zwangsnutzungen

Infolge von Störungsereignissen im Wald, v. a. Stürmen, bricht der Holzpreis aufgrund des hohen Holzangebotes üblicherweise ein. Häufig folgen auf Störungsereignisse Insektenkalamitäten, wie z. B. durch den Buchdrucker. Dadurch wird die Menge des Schadholzes weiter erhöht. Für die Bekämpfung von Insektenkalamitäten entstehen zudem erhebliche Kosten.

Zur Wiederbewaldung von Störflächen gilt Folgendes: Dort wo bestehende Baumarten in den Folgebestand übernommen werden, kann ohne Pflanzkosten mit Naturverjüngung verjüngt werden. Dort wo ein Baumarten-Wechsel herbeigeführt werden soll, würden diese Kosten irgendwann auch ohne Störungsereignisse anfallen. Sie sind daher nicht den Störungsereignissen zugerechnet.

6.3.2 Verlust von Waldfunktionen auf Störungsflächen

CO₂-Speicherung

Auf Störungsflächen geht ein Teil oder die gesamte lebende, oberirdische Biomasse in tote Biomasse über und sie wird häufig entfernt. Mit dem Verlust der Biomasse nimmt der CO₂-Speicher auf diesen Flächen schlagartig und deutlich ab. Der im Boden gespeicherte Kohlenstoff wird auf Störungsflächen in der Regel verstärkt abgebaut und nimmt damit ebenfalls in der Zeit nach einem Störungsereignis ab.

Bisher wird die Kohlenstoff-Senkenleistung des Waldes vor allem im nationalen Treibhausgas-Inventar erfasst. Eine relevante Verringerung der Kohlenstoff-Speicher würde also den Emissionsreduktionszielen der Schweiz entgegenwirken. Laut der im Februar 2015 im Rahmen des internationalen Klimaschutzes veröffentlichten Mitteilung der Klimaschutzziele, wird die Senken-

leistung des Waldes, bzw. bei Holznutzung oder bei Störungsflächen die Emissionsquelle, auch weiterhin im Treibhausgasinventar erfasst.

Die Möglichkeit der Anrechnung und Vergütung der Senkenleistung des Waldes auf Betriebs-ebene ist seit langem in der Diskussion. Ende 2012 wurde die Möglichkeit eines Wald-Klimafonds vom BAFU abgelehnt. Angenommen, eine Anrechenbarkeit bzw. Vergütung würde zukünftig umgesetzt, könnten Störungsereignisse - je nach CO₂-Zertifikatswert und Betriebsgrösse - relevante Mindererträge zur Folge haben. Diese Gefahr wird jedoch erheblich gemindert durch den Ausschluss grosser Störungsereignisse aus der verpflichtenden Klimaberichterstattung zuhanden des Kyoto-Protokolls, den die Schweiz in der 2. Verpflichtungsperiode gewählt hat.

Erosionsschutz

Auf Störungsflächen, die z. B. durch Stürme oder Waldbrände entstehen, ist der Boden weniger vor Wind- und Wassererosion geschützt. Wie stark dieser Effekt ist, hängt davon ab wie flächig solche Störungsflächen sind und ob diese geräumt werden oder nicht. Eine Erosion des humus- und nährstoffreichen Oberbodens kann die Bodenfruchtbarkeit und damit die Ertragskraft des Standortes über längere Zeiträume verringern. Eine Abschätzung des Ausmasses und der Konsequenzen von Erosion in Folge zunehmender Störungsereignisse ist im Rahmen dieser Analyse nicht möglich.

Schutz vor Naturgefahren

Rund 2'900 ha der rund 24'000 ha Wald in den Voralpen des Kantons Freiburg sind Schutzwälder, die direkten Schutz von Menschenleben und Sachwerten gegen Lawinen, Steinschlag und Rutschungen bieten. Weitere 12'800 ha bieten meist indirekten Schutz gegen Hochwasser- und Wildbachprozesse aus bewaldeten, kleineren Einzugsgebieten. Auf Störungsflächen – ob durch Sturm, Trockenheit, andere meteorologische Einflüsse oder durch Insektenkalamitäten hervorgerufen – ist die Schutzwirkung des Waldes häufig für längere Zeit deutlich reduziert. Um den Schutz der darunterliegenden Siedlungen oder Infrastrukturen vor Lawinen und Steinschlag aufrecht zu erhalten, müssen allenfalls technische Verbauungen vorgenommen werden. Dort wo sich solche Störungsflächen auf den Klimawandel zurückführen lassen, stellen solche Verbauungen streng genommen Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel dar. Solche werden in der Studie prinzipiell nicht berücksichtigt. Stattdessen würden die steigenden Schäden durch Naturgefahren in Siedlungen und bei Infrastrukturen berücksichtigt. Diese entziehen sich allerdings aufgrund erheblicher Unsicherheiten über die künftig entstehenden Schäden einer Quantifizierung.

Als Vergleichsgrösse des Schadens durch Verlust der Schutzwirkung kann folgende Überschlagskalkulation dienen:

Eine technische Verbauung kostet je nach Art und Standortverhältnissen rund 0.5 bis 1 Mio. Fr. pro Hektare. Bei einem Amortisationszeitraum von 40 Jahren ergeben sich jährliche Kosten in der Grössenordnung von rund 20'000 Fr./ha.

Erholungsfunktion

Die Erholungsfunktion des Schweizer Waldes kann durch Störungsereignisse erheblich eingeschränkt werden. Der Wert der Erholungsfunktion wurde zuletzt auf Basis des Waldmonitorings soziokulturell (WaMos 2) monetär bewertet (Von Grünigen et al. 2014). Aufgrund der Anzahl in der Schweiz wohnhafter Personen ergibt sich ein Gesamtwert des Erholungsnutzens der Schweizer Wälder von rund 1.9 bis 3.9 Milliarden CHF/Jahr (Mittel: 2.75 Mia. CHF/Jahr) für die über 18-jährige Bevölkerung. Bei einer Waldfläche in der Schweiz von 12'800 km² entspricht im Mittel einen Wert in Höhe von rund 2000 Fr./ha.

Die Erholungsnutzung ist in der Schweiz sehr ungleich verteilt. Eine Karte von Hanewinkel (2011) zeigt die tatsächliche Intensität der Erholungsnutzung basierend auf Daten des LF13 (vgl. Figure 26)

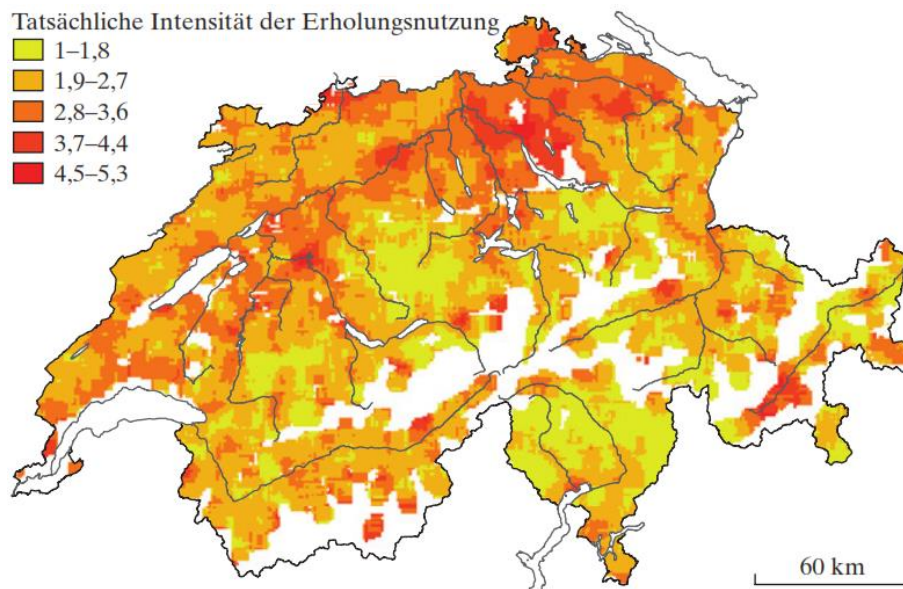


Figure 26 : *Tatsächliche Intensität der Erholungsnutzung, basierend auf einer Auswertung von LF13-Daten (Quelle: Hanewinkel 2011); je dunkler die Einfärbung, desto höher die Intensität der Erholungsnutzung*

Daraus ergibt sich, dass die Intensität der Erholungsnutzung in weiten Teilen der Voralpen im Kanton Freiburg unterdurchschnittlich ist. Für eine Bewertung der auf Störungsflächen verlorenen Erholungsleistungen müsste daher von einem geringeren Wert ausgegangen werden.

Insgesamt wird der Einfluss des Klimawandels hier bei beiden Klimaszenarien als „eher negativ“ eingestuft (vgl. Bewertungsklassen im Kapitel 3.4).

Eine quantitative Abschätzung der Störungsflächen wird hier aufgrund der erheblichen Unsicherheiten über die Grösse und Lage der künftig entstehenden Störungsflächen nicht vorgenommen. Die Werte geben jedoch einen Eindruck von möglichen Grössenordnungen der klimabedingten Risiken.

6.4 Auswirkung von den Veränderungen der Mitteltemperatur und des Niederschlagsregimes

6.4.1 Baumartenzusammensetzung

Mit den sich ändernden Mitteltemperaturen und Niederschlägen ändern sich auch die Standortbedingungen für die Baumarten. Während dies in unbewirtschafteten Wäldern langfristig von selbst zu einer veränderten Artenzusammensetzung führen würde, können in den bewirtschafteten Wäldern der Voralpen gezielt angepasste Baumarten gefördert werden. In Tableau 20 sind der aktuelle und der im Jahr 2060 erwartete Flächenanteil einzelner Baumarten als vorherrschende Baumart im Kanton Fribourg angegeben (Expertenschätzung).

Baumart	Fläche als vorherrschende BA in % (berechnet auf Basis der Flächenanteile gemäss LF13)	Annahme Fläche als vorherrschende BA 2060 in % (rein gutachterliche Abschätzung)
Fichte	49%	45%
Tanne	10%	10%
Restwald Nadelholz	3%	3%
Buche	27%	35%
Esche	7%	0%
Restwald Laubholz	4%	7%
Gesamt	100%	100%

Tableau 20: Flächenverteilung auf Baumarten im Kanton Fribourg für heute (basierend auf LF13-Daten) und Annahme der Verteilung im Jahr 2060

6.4.2 Zuwachs

Es liegen keine wissenschaftlichen Studien vor, aus denen die Veränderung der Zuwächse gut abzuleiten wäre. Daher werden hier Überlegungen dargelegt, anhand derer eine Abschätzung der Veränderung des Zuwachses vorgenommen wird. Dabei handelt es sich nicht um eine Prognose, sondern um eine mögliche Entwicklung, die dem Projektteam plausibel erscheint.

Klimaszenario 2060-schwach: Die erwartete Temperaturerhöhung um +1.3°C würde zu einer mittleren Verlängerung der Vegetationsperiode um rund 25 Tage führen (vgl. Figure 9). Die

Vegetationszeit dauert in der Höhenstufe von 800-1200 m heute im Mittel 222 Tage. D.h. die Vegetationszeit nimmt um rund 10% zu. Die Niederschläge werden sich im Rahmen des Klimaszenario 2060-schwach kaum verändern (nur im Sommer -8%, in allen anderen Quartalen +/- 1-2%). Es wird angenommen, dass die erhöhte Evapotranspiration durch die +1.3°C nicht zu einem Wassermangel führt. Damit ergeben sich aus Mitteltemperatur und mittlerem Niederschlag keine Gründe für geringere Zuwächse.

Annahme: Die Zunahme der Vegetationszeit entspricht der Zunahme des Zuwachses (bei allen Baumarten gleich). Damit würden die Zuwächse um rund 10% zunehmen. Aufgrund der marginalen erntekostenfreien Holzerlöse ist jedoch eine Bewertung dieser Zuwachsänderung für die vorliegende Studie nicht relevant.

Klimaszenario 2060-stark: Die erwartete Temperaturerhöhung von 3.1 °C führt zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode um im Mittel 58 Tage. Im Winter und Frühjahr werden gemäss Klimaszenario 2060-stark jeweils 16-17% mehr Niederschläge fallen. Dementsprechend wird angenommen, dass im Mittel zumindest bis in den frühen Sommer von ausreichend Wasser für das Wachstum der Bäume verfügbar ist. Im Klimaszenario wird für den Sommer und Herbst (bisher niederschlagsreichste Quartale) jeweils von einer deutlichen Reduktion der Niederschläge um -24% im Sommer und -15% im Herbst ausgegangen. Die Niederschläge nehmen also vor allem in den warmen Sommermonaten ab, in einer Zeit also, in der die Evapotranspiration und damit der Wasserbedarf am höchsten ist. Da die absoluten Niederschläge in den Voralpen jedoch recht hoch sind, wird im Sinne einer Hypothese davon ausgegangen, dass die Reduktion der Niederschläge nicht zu einer markanten Beeinträchtigung des Zuwachses führt.

Annahme: Die Zunahme des Zuwachses entspricht rund 75% Zunahme der Vegetationszeit. Damit würden die Zuwächse um rund 20% zunehmen. Aufgrund der marginalen erntekostenfreien Holzerlöse ist jedoch eine Bewertung dieser Zuwachsänderung für die vorliegende Studie nicht relevant.

6.4.3 Schadholz

Mit steigenden Temperaturen verbessern sich die Reproduktionsbedingungen für viele Insektenarten. Mit der Zunahme der Vegetationsperiode kann sich die Entwicklung z. B. von Borkenkäfer-Populationen durch das Möglichwerden einer zusätzlichen Brut pro Jahr potenzieren. Zudem dürften zusätzliche Wälder in höheren Lagen als Lebensraum für Schadinsekten geeignet werden.

Die Reduktion der Niederschläge in Sommer und Herbst dürften bei häufigeren Trockenstress-Situationen für die Baumarten zu einer Erhöhung des Brutangebotes führen.

Die Höhe der Zwangsnutzungen im Kanton Freiburg liegt seit 2007 zwischen 15'000 und 35'000 m³, wobei viel Totholz im Wald verbleibt, so dass diese Zahlen nicht das gesamte Schadholz abdecken. Infolge von Schadereignissen, z. B. Sturm, sind jedoch über Jahre deutlich höhere Werte zu verzeichnen. Infolge des Orkans Lothar von 1999 und die anschliessende Massenvermehrung des Buchdruckers lagen die Zwangsnutzungen im Mittel der Jahre 2001-2006 bei etwa 130'000 m³. Der Hauptteil dieser Mengen fällt im Voralpen-Teil des Kantons an.

Aus den steigenden Temperaturen und der Reduktion der Niederschläge in Sommer und Herbst heraus ist künftig mit zunehmenden Schäden und damit Zwangsnutzungen durch Kalamitäten von Schadinsekten zu rechnen. Während diese Zunahme im Klimaszenario schwach noch eher gering sein dürfte, ist im Klimaszenario stark eine markante Zunahme der Zwangsnutzungen zu erwarten.

6.4.4 Beurteilung

Insgesamt wird der Einfluss des Klimawandels im Bereich Veränderungen der Mitteltemperatur und des Niederschlagsregimes bei beiden Klimaszenarien als „neutral“ eingestuft (vgl. Bewertungsklassen im Kapitel 3.4). Die Unschärfe dieser Einstufung wird der Kategorie C zugeordnet (vgl. Unschärfe-Kategorien im Kapitel 3.9).

6.5 Auswirkungen von Muren, Erdbeben und Hangmuren

Durch Muren, Erdbeben und Hangmuren drohen vor allem Schäden an Infrastrukturen. Im Wald sind dies häufig Waldstrassen und -wege, Betriebsgebäude und Schutzbauten. Im Kanton Freiburg wird der Wert dieses Inventars wie folgt abgeschätzt (Amt für Wald, Wild und Fischerei WALDA 2015): Waldstrassen und Waldwege 300 - 400 Mio. Fr. (rund 1'400 km); Betriebsgebäude 30 - 50 Mio. Fr., Schutzbauten und -massnahmen 30 - 40 Mio. Fr.

Folgen solcher Schäden sind die Wiederherstellungskosten und die Nichtverfügbarkeit der Infrastrukturen und entsprechende Folgekosten.

Die Kosten für einen Laufmeter Waldweg betragen zwischen 300 und 500 Fr. (Mitteilung W. Eyer). Bei Beschädigung oder Zerstörung von Waldwegen entstehen zudem Folgekosten für die Waldbewirtschaftung.

Ausserhalb des Waldes können vor allem Strasseninfrastruktur (Strassen, Brücken etc.), Gebäude, Leitungen und landwirtschaftliche Nutzfläche betroffen sein. Diese werden im Wirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude berücksichtigt (vgl. Kapitel 7).

Insgesamt wird der Einfluss des Klimawandels im Bereich Auswirkungen von Muren, Erdbeben und Hangmuren beim schwachen Klimaszenario als „neutral“, beim starken Klimaszenario als

„eher negativ“ eingestuft (vgl. Bewertungsklassen im Kapitel 3.4). Die Unschärfe dieser Einstufung wird der Kategorie C zugeordnet (vgl. Unschärfe-Kategorien im Kapitel 3.9).

6.6 Übersicht und Bewertung der Auswirkungen

6.6.1 Auswirkungen des Klimaszenarios 2060-schwach

Die Auswirkungen durch die einzelnen Gefahren/Effekte und pro Indikator sind für das Klimaszenario 2060-schwach in Tableau 21 dargestellt.

Negative Auswirkungen des Klimawandels auf Wald und Waldwirtschaft werden in den Voralpen des Kantons Freiburg demnach vor allem durch Stürme und deren Folgeschäden ausgelöst. Zwar wird durch erhöhte Zuwächse mit Chancen bei den Holzerträgen gerechnet, diese werden aber durch einen höheren Anteil der Zwangsnutzungen infolge Schädlingsbefall zumindest teilweise kompensiert.

Die ebenfalls in Tableau 21 dargestellten Folgen für den Mittelland-Teil wurden aus der Fallstudie Aargau mithilfe einer Skalierung über die Waldfläche übertragen. Über den gesamten Kanton betrachtet, werden vor allem infolge von Stürmen und deren Folgeschäden negative Auswirkungen erwartet.

Indikator	Gefahr/ Effekt				
	Mure / Erdbeben / Hangmure	Gewitter	allg. Trockenheit	Veränderung Mitteltemperatur	Sturm / Orkan
Erträge	q0	q0		q1	q0
Aufwendungen	q0	q0		q0	q-1
Vermögensschäden/Bewältigungsk.	q0	q0		q-1	q-1
Summe Voralpen FR	q0			q0	q-1
Mittelland FR		q0	q0	0.38	0.076
Kanton FR	q0	q0	q0	q0	q-1

Tableau 21: Auswirkungen des Klimaszenarios 2060-schwach über die einzelnen Gefahren/Effekte auf die Indikatoren (vgl. Bewertungsklassen im Kapitel 3.4)

6.6.2 Auswirkungen des Klimaszenarios 2060-stark

Die Auswirkungen durch die einzelnen Gefahren/Effekte und pro Indikator sind für das Klimaszenario 2060-stark in Tableau 22 dargestellt. Neben den Gefahren und Effekten des schwachen Klimaszenarios nehmen voraussichtlich auch die Schäden durch Muren, Erdbeben und Hangmuren in relevantem Umfang zu.

Die ebenfalls in Tableau 22 dargestellten Folgen für den gesamten Kanton werden vor allem durch Schäden infolge von Muren etc., sowie durch Stürmen und deren Folgeschäden negativ geprägt.

<i>Indikator</i>	<i>Gefahr/ Effekt</i>				
	<i>Mure / Erdrutsch / Hangmure</i>	<i>Gewitter</i>	<i>allg. Trockenheit</i>	<i>Veränderung Mitteltemperatur</i>	<i>Sturm / Orkan</i>
Erträge	q0	q0		q1	q0
Aufwendungen	q0	q0		q0	q-1
Vermögensschäden/Bewältigungsk.	q-1	q0		q-1	q-1
Summe Voralpen FR	q-1			q0	q-1
Mittelland FR		q0	0.002	0.34	-0.1
Kanton FR	q-1	q0	q0	q0	q-1

Tableau 22: *Auswirkungen des Klimaszenarios 2060-stark über die einzelnen Gefahren/Effekte auf die Indikatoren (vgl. Bewertungsklassen im Kapitel 3.4)*

6.6.3 Beurteilung der Unschärfen

Die Unschärfe infolge des Klimawandels wird mit Kategorie C eingestuft. Das heisst, die Zuordnung der Auswirkungsklasse dürfte zutreffend sein, die tatsächlichen Auswirkungen könnten aber auch eine Klasse höher oder tiefer liegen (z.B. q0 oder q-2 anstelle von q-1).

6.7 Bezug zur Anpassungsstrategie

Verschiedene Ziele und Massnahmen sind in der Anpassungsstrategie des Bundes definiert, um die Auswirkungen des Klimawandels auf Wald und Waldwirtschaft zu begrenzen. Diese setzen dort an, wo ein Handlungsspielraum besteht, nämlich bei der Förderung resilienter und anpassungsfähiger Waldbestände, einer Förderung der Verjüngung und Bestandesstabilität sowie Verhinderung von Massenvermehrungen von Schadorganismen in kritischen Schutzwäldern, wo dies notwendig ist (vgl. Figure 27). Wenn diese Massnahmen wirksam umgesetzt werden, dürften damit auch andere Folgen, wie negative Einflüsse auf CO₂-Speicherfunktion und Erosion, gemildert werden.

Die infolge des Klimawandels erwartete Zunahme von Intensivniederschlägen sollte – falls dies nicht schon geschieht – künftig insbesondere auch bei der Instandstellung oder Verbesserung von Infrastrukturen der Wald- und Alperschliessung berücksichtigt werden. Hier besteht Handlungsbedarf insbesondere bei der Querung von Wildbach- und anderen Kleingerinnen, in Form von tausenden, oft unterbemessenen Durchlässen.

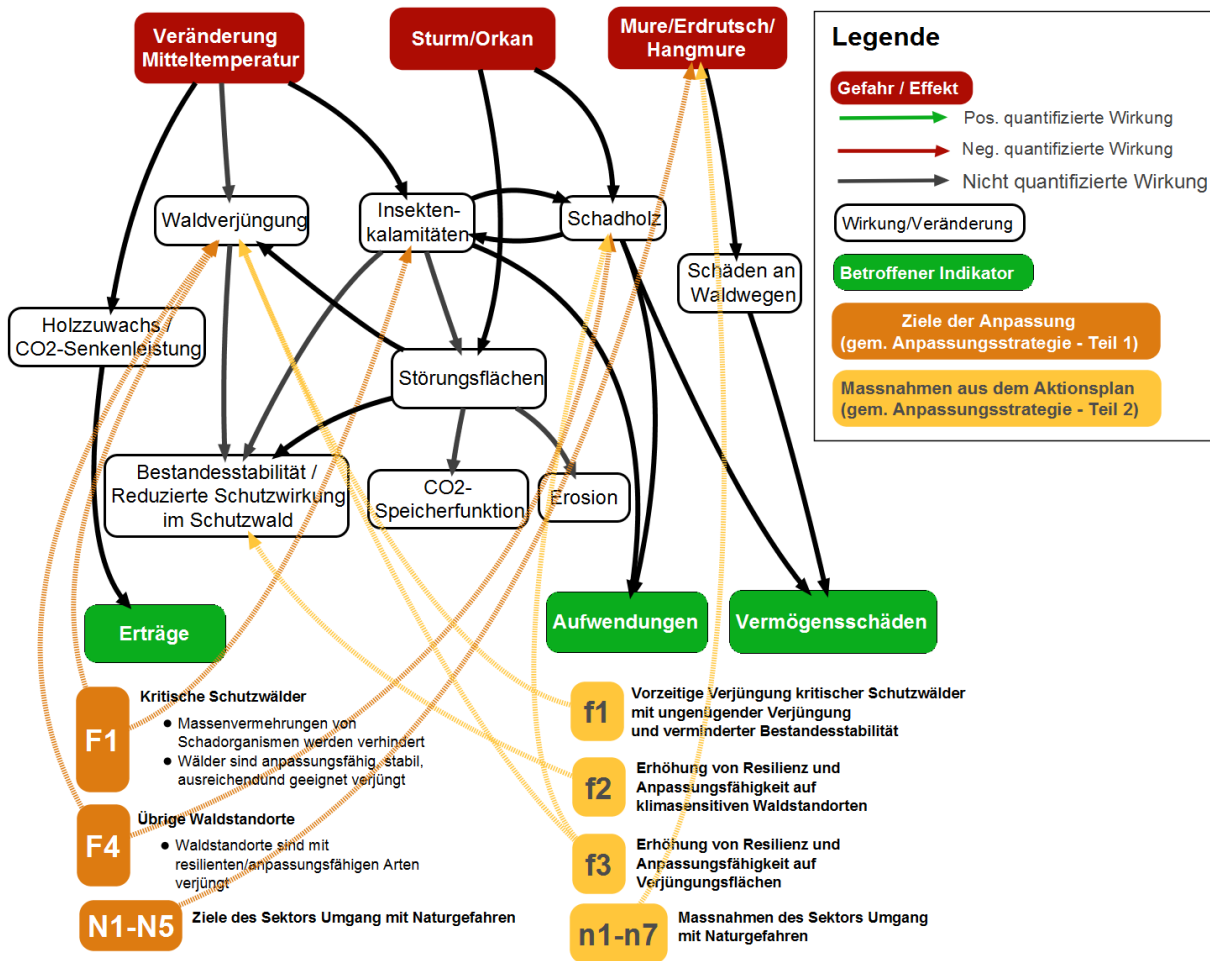


Figure 27 : Ansatzpunkte der Ziele der Anpassung und der Massnahmen zur Anpassung in der Wirkungskette

6.8 Auswirkungen des sozioökonomischen Szenarios

Für die Waldwirtschaft wird von grosser Bedeutung sein, wie sich vor allem die Holzpreise aber auch die Kosten bei Verjüngung, Pflege und Ernte sowie der Erschliessung in Zukunft entwickeln werden. Daneben wird sehr relevant sein, wie sich die Nutzung und die Ansprüche der Bevölkerung an den Wald entwickeln. Beides hat starken Einfluss darauf, welche Leistungen von den Waldbesitzern unter welchen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erbracht werden sollen und können.

6.9 Literatur

Amt für Wald Graubünden (2008): Waldwege in Graubünden, Voraussetzung für eine nachhaltige Waldpflege. Faktenblatt 13, Erste Ausgabe 7/2008. Amt für Wald Graubünden, Chur.

Amt für Wald, Wild und Fischerei WALDA (2015): Forstliche Infrastrukturen. www.fr.ch/sff/de/pub/wald/forstliche_infrastrukturen.htm (abgerufen am 22.5.2015).

Von Grünigen S., Montanari D., Ott W. 2014: Wert der Erholung im Schweizer Wald. Schätzung auf Basis des Waldmonitorings soziokulturell (WaMos 2). Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1416: 46 S.

Hanewinkel, M. (2011): Multifunktionalität des Waldes. Forum für Wissen 2011: 7–14. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.

Hegg, C.; Jeisy, M.; Waldner, P. (2004): Wald und Trinkwasser. Eine Literaturstudie. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL.

MeteoSchweiz (2015): Klimadaten und Grafiken für die Klimarisiken-Fallstudie Kanton Freiburg.

7 Infrastrukturen und Gebäude

7.1 Kurzbeschreibung

Auswirkungen auf Infrastrukturen und Gebäude, die vom Klimawandel beeinflusst werden können, gehen vor allem von den Naturgefahren aus, die im Zusammenhang mit starken Niederschlägen (als Regen oder Hagel) oder starkem Windaufkommen stehen. Über 90% der Gebäudeschäden infolge von Naturgefahren entfallen im Kt. FR derzeit auf die drei Gefahrenarten „Hochwasser“, „Sturm“ und „Hagel / Gewitter“. Diese Gefahrenarten dürften auch zukünftig unter Berücksichtigung des erwarteten Klimawandels im Kt. FR den grössten Teil der Schäden an Gebäuden bzw. Infrastrukturen ausmachen. Zusätzlich sind – vor allem in den Voralpen - Sturz und Rutschungsprozesse von einer gewissen Bedeutung, auch wenn weniger als 10% der Schäden auf solche entfallen. In Bezug auf Fahrzeuge (primär private Personenwagen) sind heute und auch in Zukunft vor allem Hagelschäden von Bedeutung.

Auswirkungen des Klimawandels im Bereich des Energieverbrauchs in Gebäuden bzw. im Bereich von Fahrzeugen und Infrastrukturen (z.B. Reduktion der Heizenergie oder Zunahme der Kühlenergie) werden beim Auswirkungsbereich „Energie“ untersucht.

Ebenfalls betrachtet werden die Aufwendungen für den Winterdienst sowie für die Reparatur von Frostschäden an Strassen; diese werden in Zukunft abnehmen.

Im Auswirkungsbereich „Infrastrukturen und Gebäude“ werden somit folgende Indikatoren im Zusammenhang mit dem Klimawandels näher betrachtet:

- Vermögensschäden (Sachschäden) infolge von Naturgefahren
- Aufwendungen für den Winterdienst sowie für die Reparatur von Frostschäden
- Anzahl Evakuierte infolge von Naturgefahrenereignissen (nur qualitativ).

7.2 Klimaänderungsbedingte Auswirkungen auf Infrastrukturen & Gebäude

In der nachfolgenden Tabelle sind die quantitativ sowie die qualitativ untersuchten Auswirkungen im Auswirkungsbereich „Infrastrukturen & Gebäude“ dokumentiert.

Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen	Nicht quantitativ analysierte Auswirkungen
Hochwasser	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeschäden • Schäden an Fahrhabe • Sachschäden an der Verkehrsinfrastruktur (Bahn, Strasse) 	<ul style="list-style-type: none"> • Folgen von Gebäudeschäden (z.B. Produktionsausfall) • Evakuierte + Betroffene • Schäden an restlicher Infrastruktur (inkl. Hochwasserschutzbauten) und an Fahrzeugen • Indirekte Schäden wegen eines Infrastrukturausfalls
Sturm / Orkan	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeschäden • Schäden an Fahrhabe • Schäden Bahninfrastruktur 	<ul style="list-style-type: none"> • Folgen von Gebäudeschäden (z.B. Produktionsausfall) • Schäden an Fahrzeugen • Evakuierte + Betroffene • Schäden an restlicher Infrastruktur • Indirekte Schäden wegen eines Infrastrukturausfalls
Gewitter / Hagel	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeschäden • Schäden an Fahrhabe • Schäden an Fahrzeugen 	<ul style="list-style-type: none"> • Folgen von Gebäudeschäden (z.B. Produktionsausfall) • Evakuierte + Betroffene • Schäden Infrastruktur • Indirekte Schäden wegen eines Infrastrukturausfalls
Sturz- und Rutschungsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeschäden • Schäden an Fahrhabe • Sachschäden an der Verkehrsinfrastruktur (Bahn, Strasse) 	<ul style="list-style-type: none"> • indirekte Folgen von Gebäude- und Infrastrukturschäden • Evakuierte + Betroffene • Schäden an restlicher Infrastruktur und an Fahrzeugen
Zunahme Durchschnittstemperatur	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwand für den Winterdienst an Strassen • Frostschäden an Strassen (im Zusammenhang mit Wechsel zwischen Frost- und Tauphasen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwand für den Winterdienst an der Eisenbahninfrastruktur • Frostschäden an Fahrzeugen (z.B. Dieselfahrzeuge) • Frostschäden an Bahninfrastruktur, Wasserleitungen und Gebäudeinfrastruktur
Waldbrand	<ul style="list-style-type: none"> • keine 	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeschäden und indirekte Folgen davon (z.B. Betriebsausfall) • Schäden an Fahrhabe

Tableau 23: Quantitativ sowie qualitativ untersuchte Auswirkungen pro Gefahr/Effekt im Auswirkungsbereich Infrastrukturen & Gebäude

Der Zusammenhang zwischen den betrachteten Gefahren/Effekten, den Wirkungen und den für die Erfassung der Risiken und Chancen verwendeten Indikatoren ist in Figure 28 dargestellt.

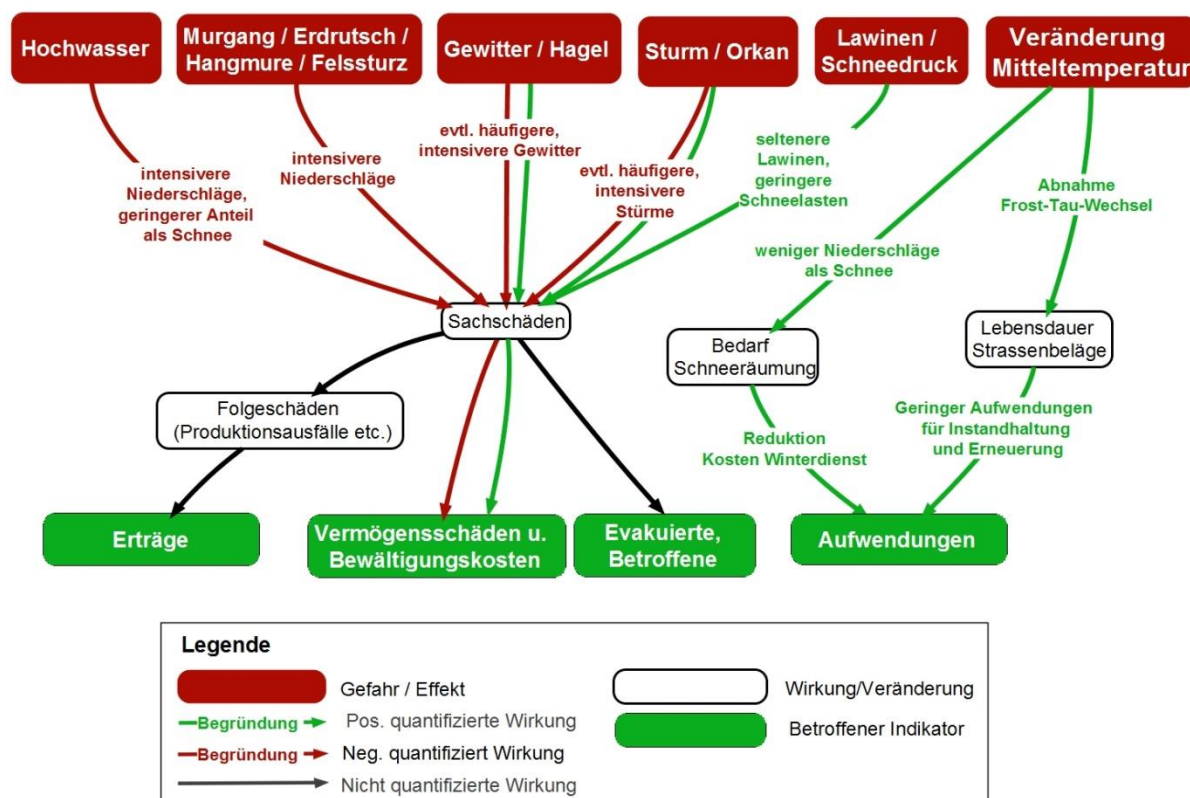


Figure 28 : Zusammenhang zwischen den betrachteten Gefahren/Effekten, den Wirkungen und den für die Erfassung der Risiken und Chancen verwendeten Indikatoren

Es muss festgehalten werden, dass speziell im Bereich der Naturgefahren die möglichen Folgen von Extremereignissen unter veränderten Klimabedingungen wegen lückenhaften wissenschaftlichen Grundlagen schwer einzuschätzen sind und grosse Unschärfen beinhalten. So ist zum Beispiel eine belastbare Aussage zur Entwicklung von Hochwasser-, Murgang-, Lawinen- und Steinschlagprozessen, aber auch von Stürmen und Hagelereignissen, nicht abschliessend möglich, auch wegen nicht quantifizierbaren Nichtlinearitäten zwischen der Intensität von zukünftigen Ereignissen (falls diese z.B. zunimmt) und der damit verbundenen Änderung bei den Schäden.

7.3 Auswirkungen von Hochwasser

7.3.1 Heutige Jahresschäden

Die heutigen jährlichen Auswirkungen infolge von Hochwasserereignissen basieren auf statistischen Daten (Gebäudeschäden, Fahrhabeschäden, Schäden an der Bahn- und Strasseninfrastruktur). Für die restlichen Bereiche (Fahrzeuge, weitere Infrastruktur) liegen keine aus-

wertbaren Daten vor; aus Erfahrung sind die Schäden hier jedoch insgesamt von untergeordneter Bedeutung und werden deshalb nur qualitativ bewertet. Mangels Daten können auch die indirekten Auswirkungen von Gebäudeschäden und Infrastrukturschäden (z.B. Betriebsausfälle) nur qualitativ bewertet werden.

Folgende Daten standen für die Abschätzung der heutigen Jahresschäden zur Verfügung:

- Langjährige Daten der ECAB (Etablissement cantonal d'assurances des bâtiments), der kantonalen Gebäudeversicherung im Kt. FR, zu Hochwasserschäden an versicherten Gebäuden im Kt. FR
- Daten von Privatversicherern zu Hochwasserschäden an der Fahrhabe (inkl. Hausrat)³⁰⁾
- Daten der SBB zu Hochwasserschäden an der Bahninfrastruktur
- Daten des Tiefbauamts des Kt. FR zu Frost- und Elementarschäden (ohne detaillierte Gliederung nach Elementarschadenart) an der Strasseninfrastruktur

Angaben zur Zahl der Personen, die infolge eines Hochwasserereignisse bzw. der damit verbundenen Schäden an Gebäuden evakuiert werden müssen, sind praktisch nicht verfügbar, so dass diese nur qualitativ eingeschätzt werden.

Figure 29 zeigt die jährlichen Gebäudeschäden infolge von Hochwasser, die von der ECAB zwischen 1980 und 2012 verzeichnet wurden. Der Selbstbehalt der Versicherten ist eingerechnet, zudem sind die Daten um die Bauteuerung bereinigt (Umrechnung auf Werte im Jahr 2010). Ebenfalls dargestellt ist eine lineare Trendfunktion. Unter Berücksichtigung des steigenden Trends ist basierend auf den statistischen Daten seit 1980 aktuell mit mittleren jährlichen Gebäudeschäden infolge von Hochwasser im Umfang von ca. 1.8 Mio. Fr. zu rechnen. Aufgrund der Datenlage ist anzunehmen, dass Grossereignisse seit 1980 in der Statistik eher unterrepräsentiert sind. Es war für die ECAB nicht möglich, Daten zu den maximal zu erwartenden jährlichen Schäden (Referenz: 100-jähriges Ereignis) zu liefern. Die maximalen jährlichen Schäden dürften 100 Mio. Fr. nicht überschreiten (Schätzung Projektteam); naturgemäss kann es sich hier nur um eine sehr grobe Schätzung handeln, welche grosse Unschärfen beinhaltet. Es wird angenommen, dass der mittlere jährliche Schaden unter Berücksichtigung von seltenen Grossereignissen Fr. 3 Mio. beträgt (Annahme Projektteam).

30) Quelle: Schweizerischer Versicherungsverband VSS, Die Versicherung von Elementarschäden durch die privaten Sachversicherer in der Schweiz, Dr. Max Gretener, 2011

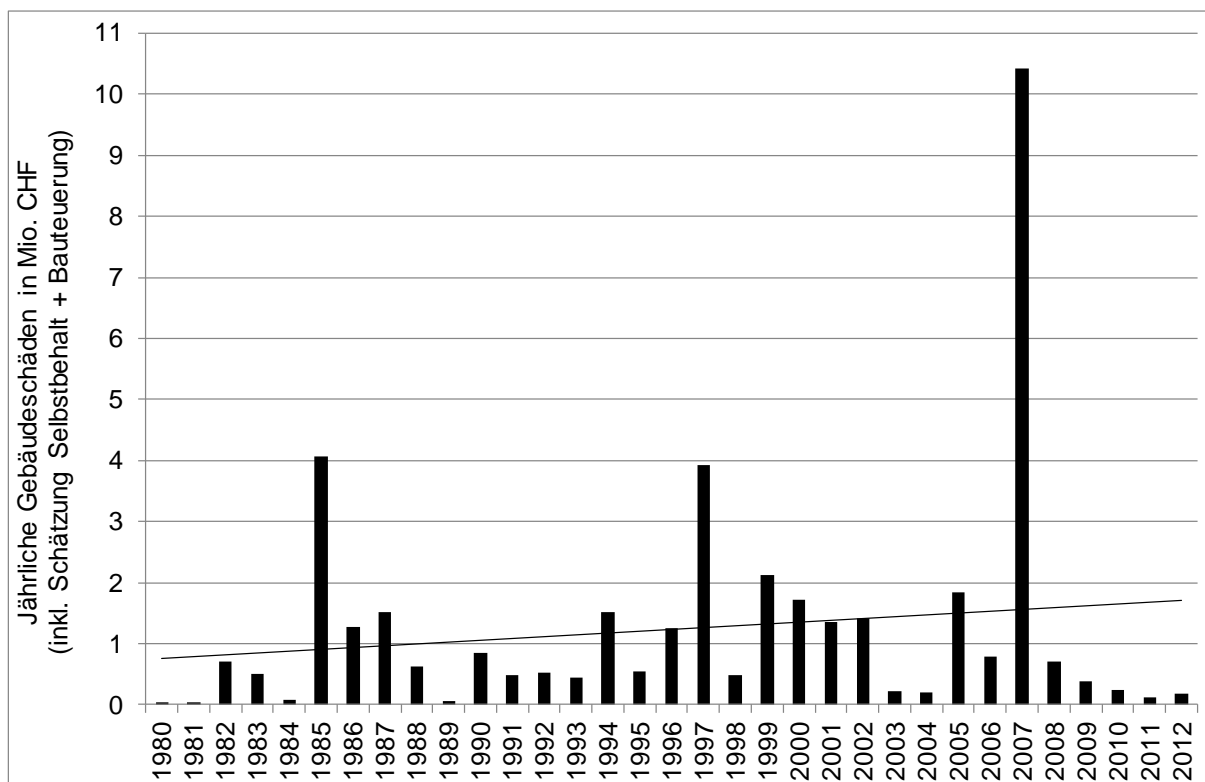


Figure 29 : *Jährliche Gebäudeschäden infolge von Hochwasserereignissen zwischen 1980 und 2012 im Kt. FR (inkl. Selbstbehalt und bauteuerungsbereinigt), Quelle: ECAB*

Vergleicht man in Bezug auf Hochwasserereignisse Schadendaten der öffentlich-rechtlichen Gebäudeversicherer an Gebäuden mit Schadendaten der Privatversicherer im Bereich Fahrhabe / Hausrat, so zeigt sich, dass letztere im Mittel 66% der ersteren ausmachen. Dies bedeutet, dass auf Fahrhabe mittlere jährliche Schäden von ca. Fr. 2 Mio. Fr. entfallen.

Gemäss Angaben der SBB verursachen Hochwasserereignisse netzweit im Mittel einen Schaden von Fr. 3.4 Mio. pro Jahr. Auf den Kt. FR dürften ca. 4% (Längenanteil am Schienennetz der SBB) entfallen, d.h. ca. 0.14 Mio. Fr./Jahr. Auch unter Berücksichtigung der Privatbahnen dürften diese Schäden den Wert von 0.3 Mio. Fr./Jahr nicht überschreiten, so dass der Stellenwert im Vergleich zu den Gebäudeschäden gering ist. Es liegen keine aussagekräftigen Daten zu Hochwasserschäden an Strassen im Kt. FR vor; erfahrungsgemäss dürften die Werte nicht wesentlich über denen der Bahnen liegen. Die Daten einzelner Privatversicherer zeigen, dass Hochwasserschäden an Fahrzeugen vernachlässigbar sind.

Gemäss Einschätzung der ECAB entfallen im Mittel 12% der Hochwasserschäden an Gebäuden auf das Gebiet der Voralpen. Gleiches kann für die Fahrhabe sowie – da der Stellenwert an den Gesamtschäden gering ist – auch für die Schäden an der Verkehrsinfrastruktur angenommen werden. In Bezug auf die maximalen Schäden (100-jähriges Schadenjahr) wird angenommen,

dass diese im Mittelland gleich gross sind wie bezogen auf den gesamten Kanton; für die Voralpen wird ein halb so grosser Wert zugrunde gelegt (Schätzung Projektteam).³¹⁾

In der nachfolgenden Tabelle sind die mittleren und maximalen jährlichen Hochwasserschäden für den gesamten Kanton, die Voralpen und den Mittellandsteil im Kt. FR unter den heutigen klimatischen Bedingungen zusammengestellt.

	jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden [Mio. CHF]					
	Kanton FR		Voralpen FR		Mittelland FR	
geschädigte Objekte	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
Gebäude	3.0	100	0.4	50	2.6	100
Fahrhabe	2.0	70	0.2	35	1.8	70
Verkehrsinfrastruktur	0.7	25	0.08	13	0.6	25
total	6	195	0.7	98	5	195

Tableau 24: *Jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden infolge Hochwasser unter den heutigen klimatischen Bedingungen*

7.3.2 Veränderungen aufgrund des Klimawandels

Basierend auf den Ausführungen im Kapitel 3.2.5 ist für beide Klimaszenarien von einer Zunahme der Intensität von Starkniederschlägen (z.B. Extreme der 1-Tages-Niederschlagsmenge) auszugehen. Entsprechend ist auch mit einer höheren Häufigkeit von Starkniederschlägen einer gegebenen, schadenrelevanten Intensität zu rechnen, was zu einer Zunahme der Jahresschäden führt. Für diesen nicht linearen Zusammenhang - die Häufigkeit von Hochwasserereignissen mit Schadenfolgen und damit auch die Jahresschäden nehmen um einen Faktor 4 – 5 stärker zu als die Intensität von Starkniederschlägen - werden analoge Annahmen getroffen wie in der Fallstudie Alpen / Kt. Uri (vgl. p. 81 – 83). Im Einzelnen werden folgende Zahlenwerte zugrunde gelegt:

Klimaszenario 2060-schwach: Die Intensität von Starkniederschlägen nimmt um 5% zu, die Hochwasserfrequenz sowie die jährlichen Sachschäden infolge Hochwasser um 25%.

Klimaszenario 2060-stark: Die Intensität von Starkniederschlägen nimmt um 15% zu, die Hochwasserfrequenz sowie die jährlichen Sachschäden infolge Hochwasser um 60%.

31) Die jährlichen Mittelwerte der Schäden für die Voralpen und das Mittelland addieren sich zu den Werten für den Gesamtkanton. Dies gilt jedoch nicht für die maximalen Schäden, da diese primär in einem der beiden Gebiete anfallen dürften. Für die vorliegende Analyse wird jeweils angenommen, dass die maximalen Schäden im langfristig betrachtet stärker betroffenen Kantonsteil (für Hochwasser, Sturm und Hagel das Mittelland, für alle Formen von Sturz- und Rutschungsprozessen die Voralpen) gleich sind wie für den gesamten Kanton.

Aufgrund dieser Zunahmen ergeben sich für das Klimaszenario 2060-schwach bzw. –stark die in Tableau 25 bzw. Tableau 26 dargestellten Werte für die mittleren und maximalen jährlichen Hochwasserschäden für den gesamten Kanton FR, die Voralpen und den Mittellandsteil.

geschädigte Objekte	jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden [Mio. CHF]					
	Kanton FR		Voralpen FR		Mittelland FR	
	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
Gebäude	3.8	125	0.5	62.5	3.3	125
Fahrhabe	2.5	88	0.3	44	2.2	88
Verkehrsinfrastruktur	0.9	31	0.11	16	0.8	31
total	7	244	0.9	122	6	244

Tableau 25: Schätzung der jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden infolge Hochwasser für das Klimaszenario 2060-schwach

geschädigte Objekte	jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden [Mio. CHF]					
	Kanton FR		Voralpen FR		Mittelland FR	
	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
Gebäude	4.8	160	0.6	80	4.2	160
Fahrhabe	3.2	112	0.4	56	2.8	112
Verkehrsinfrastruktur	1.1	40	0.13	20	1.0	40
total	9	312	1.1	156	8	312

Tableau 26: Schätzung der jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden infolge Hochwasser für das Klimaszenario 2060-stark

7.3.3 Beurteilung der Unschärfen

Insgesamt ist die Unschärfe für die mittleren jährlichen Vermögensschäden infolge von Hochwasserereignissen in der heutigen Situation der Kategorie 1 zuzuordnen. Für die Maximalschäden eines 100-jährigen Ereignisses ist Unschärfekategorie 2 angemessen.

Die Unschärfe infolge des Klimawandels (Veränderung Extremniederschläge) wird mit Kategorie 2 eingestuft.

7.4 Auswirkungen von Stürme und Orkane

7.4.1 Heutige Jahresschäden

Für die Einschätzung der heutigen Schäden aus Sturmereignissen stehen dieselben Datenquellen wie für Hochwasserereignisse zur Verfügung, vgl. die Ausführungen in Kapitel 7.3.1.

Figure 30 zeigt die um die Bauteuerung bereinigten (d.h. auf das Jahr 2010 bezogenen) jährlichen Gebäudeschäden inkl. Selbstbehalt infolge von Sturmereignissen, die von der ECAB zwischen 1980 und 2012 verzeichnet wurden. Mit dem Sturm Lothar Ende 1999 ist auch ein Grossereignis, welches nur ca. alle 100 Jahre auftreten dürfte, statistisch erfasst. Ein klarer Trend ist in den Daten nicht auszumachen.

Der mittlere Schaden zwischen 1980 und 2012 von 3.1 Mio. Fr./Jahr stellt einen sinnvollen Schätzwert für die langfristig zu erwartenden mittleren Schäden unter den derzeitigen klimatischen Verhältnissen dar, da 100-jährige Ereignisse wie der Wintersturm Lothar in der ausgewerteten Periode eher überrepräsentiert, 30-jährige Ereignisse aber nicht vorgekommen und damit unterrepräsentiert sind. Als Extremereignis werden die Schadendaten aus dem Jahrhundertsturm Lothar herangezogen.

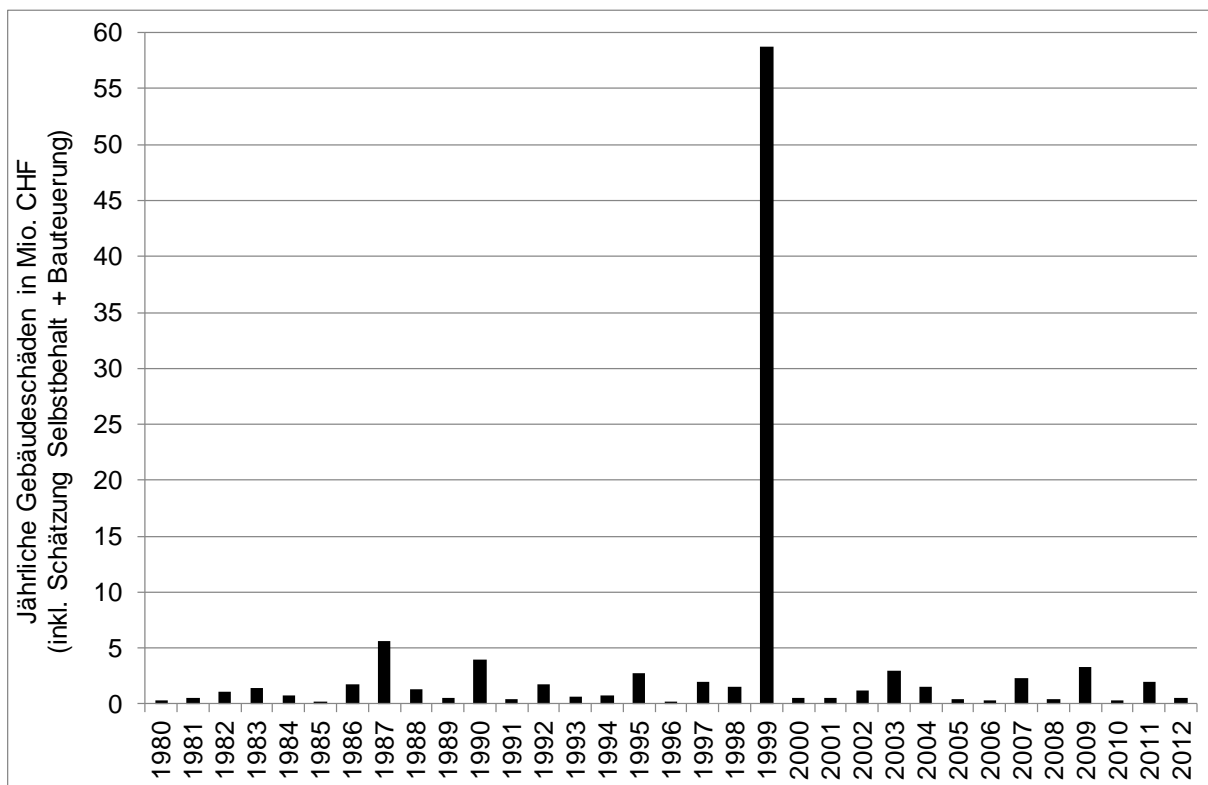


Figure 30 : Jährliche Gebäudeschäden infolge von Sturmereignissen zwischen 1980 und 2012 im Kt. FR (inkl. Selbstbehalt und bauteuerungsbereinigt), Quelle: ECAB

Vergleicht man in Bezug auf Sturmereignisse Schadendaten der öffentlich-rechtlichen Gebäudeversicherer an Gebäuden mit Schadendaten der Privatversicherer im Bereich Fahrhabe / Hausrat, so zeigt sich, dass letztere im Mittel 22% der ersteren ausmachen. Dies bedeutet, dass auf Fahrhabe im Kt. FR mittlere jährliche Schäden von ca. Fr. 0.7 Mio. und Maximalschäden in der Gröszenordnung von Fr. 13 Mio. entfallen.

Gemäss Angaben der SBB verursachen Sturmereignisse netzweit im Mittel einen Schaden von Fr. 360'000.- pro Jahr. Auch unter Berücksichtigung der Privatbahnen dürfte der jährliche Schaden am Schienennetz im Kt. Fr. 50'000.- nicht überstiegen; er ist somit vernachlässigbar. Dies gilt in noch stärkerem Masse für Schäden an der restlichen Verkehrsinfrastruktur. Daten einzelner Privatversicherer zeigen zudem, dass Sturmschäden (ohne Hagel) an Fahrzeugen vernachlässigbar sind. Im Folgenden werden deshalb nur Sturmschäden an Gebäuden sowie an der Fahrhabe / am Hausrat quantitativ ausgewiesen.

Gemäss Einschätzung der ECAB entfallen im Mittel 26% der Sturmschäden an Gebäuden auf das Gebiet der Voralpen. Gleiches kann für die Fahrhabe angenommen werden. In Bezug auf die maximalen Schäden (100-jähriges Schadenjahr) wird angenommen, dass diese im Mittelland gleich gross sind wie bezogen auf den gesamten Kanton; für die Voralpen wird ein Wert von einem Drittel zugrunde gelegt (Schätzung Projektteam).

In der nachfolgenden Tabelle sind die mittleren und maximalen jährlichen Sturmschäden für den gesamten Kanton, die Voralpen und den Mittellandsteil im Kt. FR unter den heutigen klimatischen Bedingungen zusammengestellt.

geschädigte Objekte	jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden [Mio. CHF]					
	Kanton FR		Voralpen FR		Mittelland FR	
	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
Gebäude	3.1	60	0.8	20	2.3	60
Fahrhabe	0.7	13	0.2	4	0.5	13
total	3.8	73	1.0	24	2.8	73

Tableau 27: *Jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden infolge Sturm unter den heutigen klimatischen Bedingungen*

7.4.2 Veränderungen aufgrund des Klimawandels

Über die zukünftige Entwicklung der Intensität bzw. Häufigkeit von schadenrelevanten Stürmen können zurzeit keine wissenschaftlich gesicherten Aussagen gemacht werden, da das Verständnis der Klimawandel-bedingten Veränderungen in den massgeblichen Prozessen und in den zugehörigen statistischen Verteilungen noch zu gering ist. Deshalb wird wie schon bei den anderen Fallstudien eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Unter der Annahme, dass die Jahresschäden von Stürmen um 50% zu- bzw. abnehmen oder unverändert bleiben wird aufgezeigt, wie

sich dies auf die Ergebnisse im Auswirkungsbereich Infrastrukturen & Gebäude auswirkt. Die Ergebnisse sind im Kapitel 7.8 dargestellt.

7.4.3 Beurteilung der Unschärfen

Insgesamt ist die Unschärfe für die mittleren jährlichen Vermögensschäden infolge von Sturmergebnissen in der heutigen Situation der Kategorie 1 zuzuordnen. Für die Maximalschäden eines 100-jährigen Ereignisses ist Unschärfekategorie 2 angemessen.

Die Unschärfe infolge des Klimawandels (Veränderung der Böenspitzen bei extremen Sturmergebnissen, Änderung der Häufigkeit von Stürmen) wird mit Kategorie 3 eingestuft, da nicht nur das Ausmass der Veränderung, sondern auch dessen Vorzeichen derzeit unbekannt ist.

7.5 Auswirkungen von Hagel und Gewitter

7.5.1 Heutige Jahresschäden

Für die Einschätzung der heutigen Schäden aus Hagelereignissen stehen dieselben Datenquellen wie für Hochwasserereignisse zur Verfügung, vgl. die Ausführungen in Kapitel 7.3.1.

Figure 31 zeigt die um die Bauteuerung bereinigten (d.h. auf das Jahr 2010 bezogenen) jährlichen Gebäudeschäden inkl. Selbstbehalt infolge von Hagelereignissen, die von der ECAB zwischen 1980 und 2012 verzeichnet wurden.

Auffallend ist der Extremwert von beinahe 120 Mio. Fr., der im 2009 verzeichnet wurde. Er ist primär auf das Hagelereignis am 23. Juli 2009 zurückzuführen, der in den Kantonen Waadt, Freiburg, Bern und Luzern Gesamtschäden von ca. 270 Mio. Fr. (netto, d.h. ohne Selbstbehalt) verursachte. Für den am schwersten betroffenen Kanton Freiburg handelte es sich um ein absolutes Ausnahmeereignis, wie es in der Geschichte der ECAB bisher noch nie eingetreten war und bzgl. Schadensatz (Schäden pro Versicherungssumme) sogar der Sturm «Lothar» um beinahe einen Faktor 4 übertraf. Betroffen war vor allem der Mittellandsteil; die grössten Schäden konzentrierten sich zwischen Romont und Marly (Quelle: Ereignisanalyse „Hagel 2009“). Es darf angenommen werden, dass Schäden in der Grössenordnung der Werte von 2009 im Kt. FR etwa alle 70 - 100 Jahre eintreten. Zum Vergleich: Das Hagelereignis vom 12./13. Juli 2011, das den Kt. AG betraf, verursachte Schäden von 145 Mio. Fr. (netto, ohne Selbstbehalt) und wurde als 50-jähriges Ereignis eingestuft (Quelle: Ereignisanalyse „Hagel 2011“). Bei einer grob vergleichbaren Hagelgefahr (vgl. Karte „Hagelgefahr in der Schweiz“) und Siedlungsstruktur im Bereich des Mittellands ist damit zu rechnen, dass aufgrund der kleineren besiedelten Fläche der Kt. FR etwa halb so oft von Hagelschäden in diesem Ausmass betroffen ist wie der Kt. AG. Es wird deshalb angenommen, dass das 100-jährige Hagelereignis im Kt. FR einen Schaden von ca. 150 Mio. Fr. verursacht.

Obwohl das extreme Schadenjahr 2009 in der ausgewerteten Periode von 33 Jahren zu stark repräsentiert ist, wird angenommen, dass der mittlere Schaden von 4.9 Mio. Fr. den langjährigen Mittelwert für das derzeitige Klima gut wiedergibt. Es wird deshalb ein gerundeter Wert von 5 Mio. Fr. für den Kt. FR zugrunde gelegt.

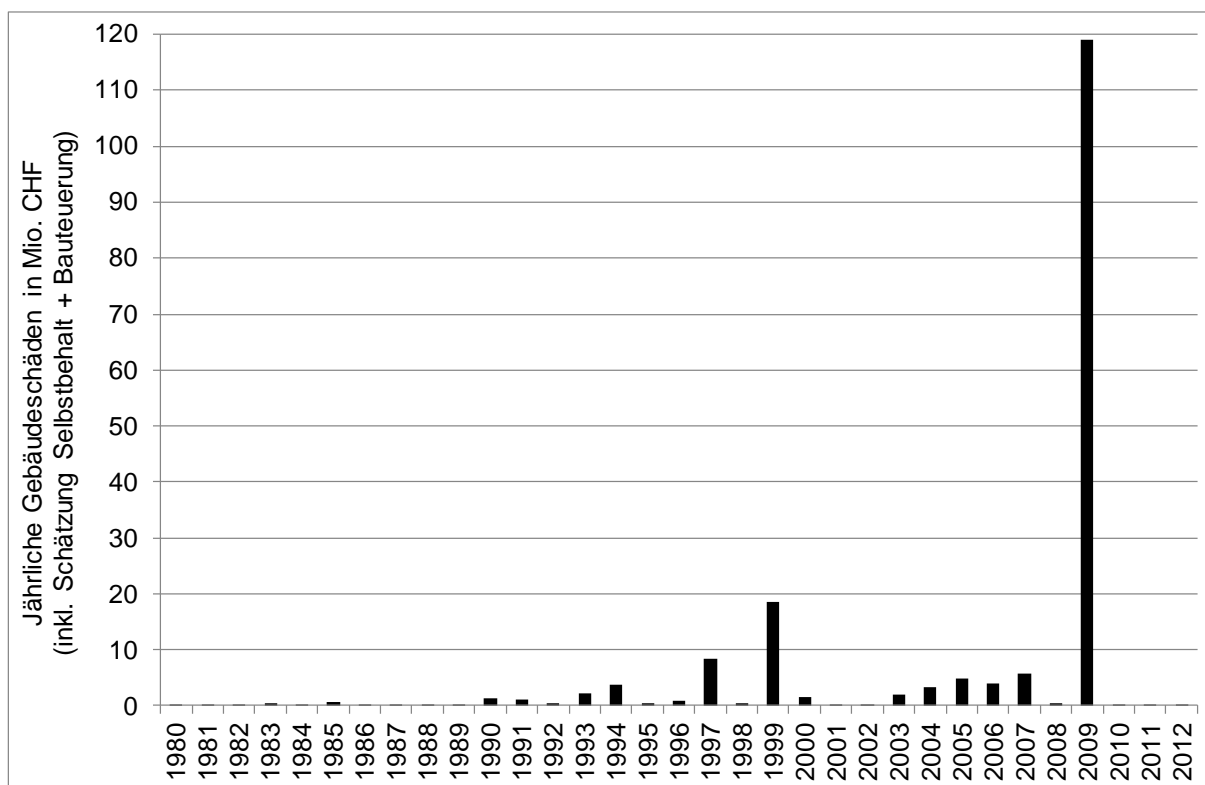


Figure 31 : *Jährliche Gebäudeschäden infolge Hagel zwischen 1980 und 2012 im Kt. FR (inkl. Selbstbehalt und bauteuerungsbereinigt), Quelle: ECAB*

Vergleicht man in Bezug auf Hagelereignisse Schadendaten der öffentlich-rechtlichen Gebäudeversicherer an Gebäuden mit Schadendaten der Privatversicherer im Bereich Fahrhabe / Hausrat, so zeigt sich, dass letztere im Mittel 7% der ersteren ausmachen. Dies bedeutet, dass auf Fahrhabe mittlere jährliche Hagelschäden von Fr. 0.4 Mio. und Maximalschäden in der Grössenordnung von Fr. 11 Mio. entfallen.

Um die jährlichen Hagelschäden an Fahrzeugen zu ermitteln, wurden im Rahmen der Fallstudie „Mittelland“ (Kt. AG) Schadendaten der vier Privatversicherer Allianz, Nationale Suisse, Axa Winterthur und Mobilier zusammengetragen. Die Analyse ergab mittlere jährliche Hagelschäden von Fr. 16 Mio. für den Kt. AG. Angesichts der im Kt. AG und FR in etwa vergleichbaren Hagelgefährdung (vgl. Karte „Hagelgefahr in der Schweiz“) kann angenommen werden, dass die jährlichen Schäden proportional zur Zahl der zugelassenen Personenwagen sind. Gemäss Daten des Bundesamts für Statistik beträgt das Verhältnis zwischen den im Kt. FR und Kt. AG zugelassenen

Personenwagen 0.46. Entsprechend ist im Kt. FR mit jährlichen Hagelschäden von ca. 7.4 Mio. Fr. zu rechnen. Bzgl. der maximalen Schäden wird dasselbe Verhältnis zu den mittleren Schäden zugrunde gelegt wie für Gebäude; gerundet ergeben sich so maximale Fahrzeugschäden von Fr. 220 Mio./Jahr.

Hagelschäden an der Verkehrsinfrastruktur sind gemäss Daten der SBB sowie des Tiefbauamts des Kt. FR vernachlässigbar.

Gemäss Einschätzung der ECAB entfallen im Mittel 20% der Hagelschäden an Gebäuden auf das Gebiet der Voralpen (dies entspricht ziemlich genau dem Bevölkerungsanteil). Gleiches kann für die Fahrhabe und für Fahrzeuge angenommen werden. In Bezug auf die maximalen Schäden (100-jähriges Schadenjahr) wird angenommen, dass diese im Mittelland gleich gross sind wie bezogen auf den gesamten Kanton; für die Voralpen wird ein Anteil von 40% zugrunde gelegt (Schätzung Projektteam).

In der nachfolgenden Tabelle sind die mittleren und maximalen jährlichen Hagelschäden für den gesamten Kanton, die Voralpen und den Mittellandsteil im Kt. FR unter den heutigen klimatischen Bedingungen zusammengestellt.

geschädigte Objekte	jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden [Mio. CHF]					
	Kanton FR		Voralpen FR		Mittelland FR	
	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
Gebäude	5.0	150	1.0	60	4.0	150
Fahrhabe	0.4	11	0.1	4	0.3	11
Strassenfahrzeuge	7.4	220	1.5	88	5.9	220
total	13	381	2.6	152	10	381

Tableau 28: Jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden infolge Hagel unter den heutigen klimatischen Bedingungen

7.5.2 Veränderungen aufgrund des Klimawandels

Gemäss Klimaexperten können derzeit keine belastbaren Aussagen gemacht werden, ob die Häufigkeit und / oder Intensität von Gewittern und Hagelschlag mit der Klimaveränderung zu- oder abnimmt oder unverändert bleibt. Um den Einfluss möglicher Änderungen der Hagelschäden zu berücksichtigen, wird im Sinne einer Sensitivitätsanalyse der Einfluss der drei Fälle „Erhöhung bzw. Verminderung der Hagelschäden um den Faktor 1.5“ bzw. „unveränderte Hagelschäden“ zu einer wesentlichen Veränderung des Gesamtbildes der Risiken im Auswirkungsbe- reich „Infrastrukturen & Gebäude“ führt. Die Ergebnisse sind im Kapitel 7.8 dargestellt.

7.5.3 Beurteilung der Unschärfen

Insgesamt ist die Unschärfe für die mittleren jährlichen Vermögensschäden infolge von Hagel-schlag in der heutigen Situation der Kategorie 1 – 2 zuzuordnen. Für die Maximalschäden eines 100-jährigen Ereignisses ist Unschärfekategorie 2 - 3 angemessen.

Die Unschärfe infolge des Klimawandels (Veränderung der Hagelkorngrossen bei starken Gewit-tern, Ausdehnung von Gewitterzellen und Änderung in der Häufigkeit von Wetterlagen mit Gewittergefahr) wird mit Kategorie 3 eingestuft, da nicht nur das Ausmass der Veränderung, sondern auch dessen Vorzeichen derzeit unbekannt ist.

7.6 Auswirkungen von Sturz- und Rutschungsprozessen

7.6.1 Heutige Jahresschäden

Auf Schäden an Gebäuden infolge von Sturz- und Rutschungsprozessen (Lawinen, Steinschlag, Erdbeben, Murgang) sowie die nicht separat ausgewiesenen Folgen von hohen Schneelasten entfielen im Kt. FR zwischen 1980 und 2012 im Mittel 0.9 Mio. Fr. /Jahr, was 8% der Schäden von Naturgefahrenereignissen entspricht. Damit ist der Stellenwert von Sturz- und Rutschungsprozessen für den gesamten Kanton eher klein. Da diese Gefahren im Bereich der Voralpen je-doch einen deutlich grösseren Stellenwert haben wird auf sie nachfolgend in kurzer Form ein-gegangen.

Figure 32 zeigt die um die Bauteuerung bereinigten (d.h. auf das Jahr 2012 bezogenen) jährli-chen Gebäudeschäden inkl. Selbstbehalt infolge von Sturzprozessen und Rutschungen, die von der ECAB zwischen 1980 und 2012 verzeichnet wurden. In Figure 33 sind dieselben Informati-onen für Lawinen und Schneedruck dargestellt.

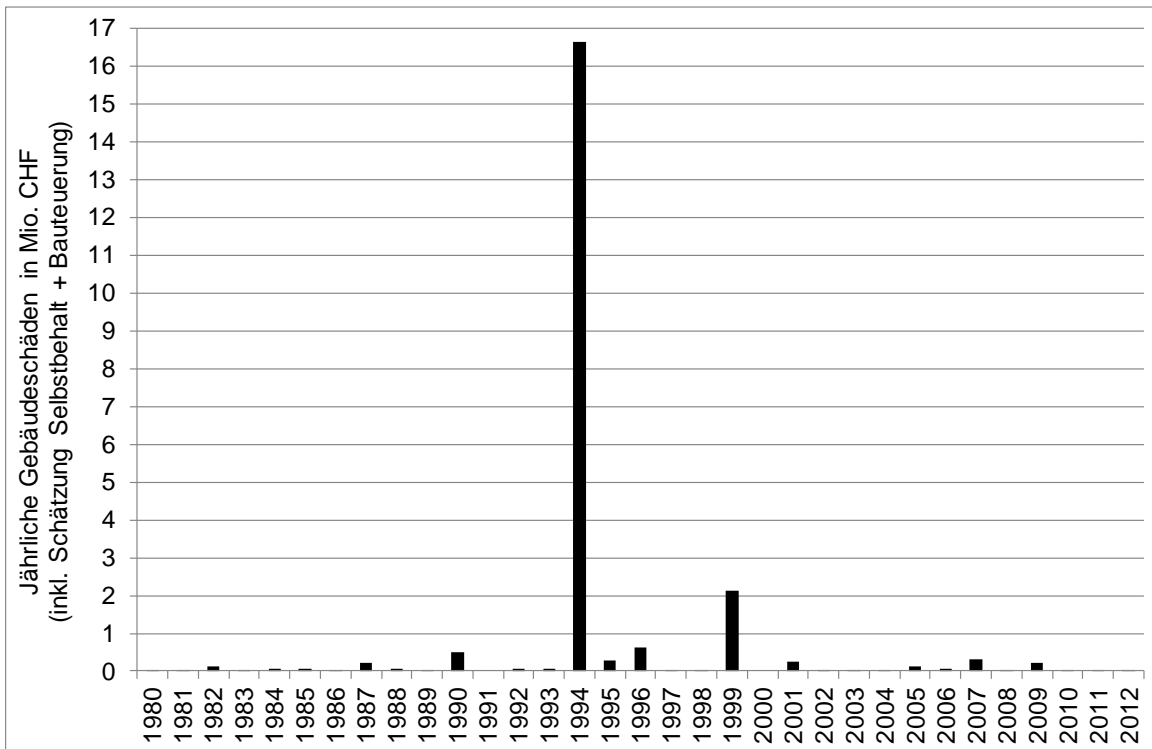


Figure 32 : *Jährliche Gebäudeschäden infolge von Sturzprozessen und Rutschungen (ohne Lawinen) zwischen 1980 und 2012 im Kt. FR (inkl. Selbstbehalt und bauteuerungsbereinigt), Quelle: ECAB*

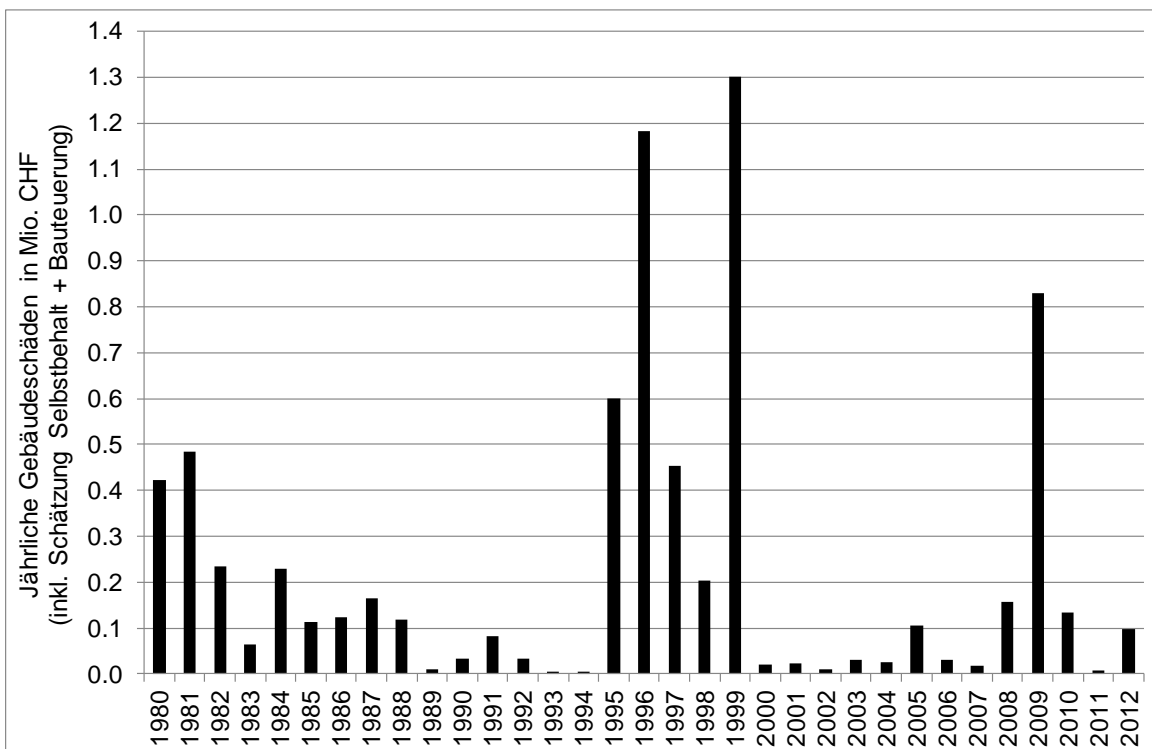


Figure 33 : *Jährliche Gebäudeschäden infolge von Lawinen und Schneedruck zwischen 1980 und 2012 im Kt. FR (inkl. Selbstbehalt und bauteuerungsbereinigt), Quelle: ECAB*

In Tableau 29 sind die mittleren und maximalen jährlichen Schäden infolge von Sturzprozessen und Rutschungen bzw. Lawinen und Schneedruck für den gesamten Kanton, die Voralpen und den Mittellandsteil im Kt. FR unter den heutigen klimatischen Bedingungen zusammengestellt. Mangels Daten zu Schäden an der Verkehrsinfrastruktur sowie zu den maximalen Schäden (100 jähriges Ereignis) mussten vom Projektteam zahlreiche Abschätzungen vorgenommen werden, welche grosse Unschärfen aufweisen. Auf folgende Annahmen wird speziell hingewiesen:

- Im Lawinenwinter 1999 betrug das Verhältnis zwischen Lawinenschäden an Fahrhabe / Hausrat und solchen am Gebäude 26:74 (Quelle: SLF 2000). Dasselbe Verhältnis wird auch in der vorliegenden Studie für die in diesem Kapitel behandelten Gefahren zugrunde gelegt.
- Gemäss Einschätzung der ECAB entfallen im Mittel 86% der Gebäudeschäden infolge von Sturzprozessen und Rutschungen (ohne Lawinen) bzw. 74% der Gebäudeschäden infolge von Lawinen sowie Schneedruck auf das Gebiet der Voralpen.

		jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden [Mio. CHF]					
		Kanton FR		Voralpen FR		Mittelland FR	
Gefahr/Effekt	geschädigte Objekte	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
Sturzprozesse/ Rutschungen	Gebäude	0.7	25	0.6	25	0.1	10
	Fahrhabe	0.2	8.8	0.2	8.8	0.0	3.5
	Verkehrsinfrastruktur	0.4	9.0	0.3	9.0	0.1	3.6
	total	1.3	43	1.2	43	0.2	17
Lawinen/ Schneedruck	Gebäude	0.3	10	0.2	10	0.1	2.0
	Fahrhabe	0.1	3.5	0.1	3.5	0.0	0.7
	Verkehrsinfrastruktur	0.1	4.0	0.1	4.0	0.0	0.8
	total	0.5	18	0.4	18	0.1	3.5

Tableau 29: *Jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden infolge von Sturzprozessen / Rutschungen bzw. Lawinen / Schneedruck unter den heutigen klimatischen Bedingungen*

7.6.2 Veränderungen aufgrund des Klimawandels

In der Fallstudie Kt. UR werden folgende Annahmen in Bezug auf die Änderung der Schäden durch Sturzprozessen bzw. Rutschungen infolge des Klimawandels zugrunde gelegt:

- Sturzprozesse: Abnahme um 5% (Szenario schwach) bzw. 10% (Szenario stark)
- Murgang / Erdbeben / Hangmure: Zunahme um 7% (Szenario schwach) bzw. 20% (Szenario stark)

Da in den Voralpen (und erst recht im Mittelland) Rutschungen in Bezug auf die Schäden tendenziell einen höheren Stellenwert haben dürften als Sturzprozesse (Annahme: 2/3 der Schäden entfallen auf Rutschungen), werden für die vorliegende Studie folgende Annahmen in Bezug auf die kumulierten Schäden aus Sturzprozessen und Rutschungen zugrunde gelegt: Zunahme der Schäden um 3% (Szenario schwach) bzw. 10% (Szenario stark).

In der Fallstudie Kt. UR werden folgende Annahmen in Bezug auf die Änderung der Lawinenaktivität infolge des Klimawandels (mehr Niederschläge im Winter, jedoch geringerer Anteil als Schneefall) zugrunde gelegt (vgl. p. 90):

- tiefen Lagen: Abnahme der Lawinenaktivität um 15% (Szenario schwach) bzw. 30% (Szenario stark)
- hohe Lagen: keine Veränderung

Gemäss Figure 12 nimmt die Zahl der Schneefalltage zwischen 1'200 und 1'600 m.ü.M. um ca. 20% (Szenario schwach) bzw. ca. 50% (Szenario stark) ab.

Aufgrund dieser Grundlagen werden im Rahmen der vorliegenden Studie für die kumulierten Schäden aus Lawinen und Schneedruck folgende Veränderung infolge des Klimawandels angenommen: Abnahme der Schäden um 15% (Szenario schwach) bzw. 30% (Szenario stark).

Aufgrund der obigen Daten und Annahmen ergeben sich für das Klimaszenario 2060-schwach bzw. –stark die in Tableau 30 bzw. Tableau 31 dargestellten Werte für die mittleren und maximalen jährlichen Schäden infolge von Sturzprozessen / Rutschungen bzw. Lawinen / Schneedruck für den gesamten Kanton FR, die Voralpen und den Mittellandsteil.

		jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden [Mio. CHF]					
		Kanton FR		Voralpen FR		Mittelland FR	
Gefahr/Effekt	geschädigte Objekte	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
Sturzprozesse/ Rutschungen	Gebäude	0.7	26	0.6	26	0.1	10.3
	Fahrhabe	0.3	9.0	0.2	9.0	0.0	3.6
	Verkehrsinfrastruktur	0.4	9.3	0.4	9.3	0.1	3.7
	total	1.4	44	1.2	44	0.2	18
Lawinen/ Schneedruck	Gebäude	0.3	8.5	0.2	8.5	0.1	1.7
	Fahrhabe	0.1	3.0	0.1	3.0	0.0	0.6
	Verkehrsinfrastruktur	0.1	3.4	0.1	3.4	0.0	0.7
	total	0.4	15	0.3	15	0.1	3.0

Tableau 30: Schätzung der jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden infolge von Sturzprozessen / Rutschungen bzw. Lawinen / Schneedruck für das Klimaszenario 2060-schwach

		jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden [Mio. CHF]					
		Kanton FR		Voralpen FR		Mittelland FR	
Gefahr/Effekt	geschädigte Objekte	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
Sturzprozesse/ Rutschungen	Gebäude	0.8	28	0.7	28	0.1	11.0
	Fahrhabe	0.3	9.7	0.2	9.7	0.0	3.9
	Verkehrsinfrastruktur	0.4	9.9	0.4	9.9	0.1	4.0
	total	1.5	47	1.3	47	0.2	19
Lawinen/ Schneedruck	Gebäude	0.2	7.0	0.2	7.0	0.1	1.4
	Fahrhabe	0.1	2.5	0.1	2.5	0.0	0.5
	Verkehrsinfrastruktur	0.1	2.8	0.1	2.8	0.0	0.6
	total	0.4	12	0.3	12	0.1	2.5

Tableau 31: Schätzung der jährliche Sach- bzw. Vermögensschäden infolge von Sturzprozessen / Rutschungen bzw. Lawinen / Schneedruck für das Klimaszenario 2060-stark

7.6.3 Beurteilung der Unschärfen

Insgesamt ist die Unschärfe für die mittleren jährlichen Vermögensschäden infolge von Sturzprozessen/Rutschungen bzw. Lawinen/Schneedruck in der heutigen Situation der Kategorie 1 zuzuordnen. Für die Maximalschäden eines 100-jährigen Ereignisses ist Unschärfekategorie 2 angemessen.

Die Unschärfe infolge des Klimawandels (u.a. Veränderung starker Niederschläge und zugehörige Temperatur) wird mit Kategorie 2 eingestuft.

7.7 Impacts de la modification des températures moyennes

7.7.1 Conséquences actuelles

L'augmentation des températures moyennes en hiver a entre autre des effets sur les infrastructures dans les domaines suivants:

- Les dépenses pour le service d'hiver se modifient (dénégement après des chutes de neige, salage et épandage de gravier en cas de gel ou de chute de neige).
- Modification des dommages causés à la chaussée par le gel suite à la modification du nombre d'épisode de gel – dégel (tout particulièrement lorsque celle-ci est déjà endommagée et que des fissures sont existantes).

Coûts pour le service d'hiver

Les données suivantes sont à disposition pour l'estimation des coûts actuels (voir Tableau 32) :

- Coûts du service d'hiver pour les routes nationales, cantonales et communales (valeur moyenne pour les dernières années pour le Plateau ainsi que les Préalpes du canton de Fribourg. Source : mail de A. Magnin, service des ponts et chaussées, du 17.12.2014 et mail de C. Egger du 05.01.2014)
- L'entièreté de ces coûts comprend tant les coûts fixes que les coûts variables (liés à l'utilisation). Or nous ne prenons en compte dans cette étude que les coûts liés à l'utilisation, ceux-ci étant dépendants des conditions climatiques. Nous estimons que les coûts fixes représentent environ 45% des dépenses (selon mail C. Egger du 23.02.2015) pour les routes situées sur le Plateau. La part des coûts fixes diminuant avec le nombre de jours d'utilisation des machines, ils représentent donc une part moins importante du coût final dans les Préalpes que sur le Plateau (environ 35% pour la partie préalpine du canton).

Catégorie de routes	Préalpes			Plateau		
	longueur [km]	coûts [Fr./km/an]	totalité des coûts [Mio. Fr./an]	longueur [km]	coûts [Fr./km/an]	totalité des coûts [Fr./an]
Routes nationales	30	46'700	1.4	60	35'000	2.1
Routes cantonales	173	10'400	1.8	467	6'200	2.9
Routes communales	800 ³²⁾	10'200 ³³⁾	8.2	3'130	10'200	32
total : coûts						
- fixes			4.0			16.7
- variables)			7.4			20.3

Tableau 32: Estimation des coûts fixes annuels ainsi que des coûts variables (c.-à-d. coûts liés à l'utilisation) pour le service d'hiver sur les routes du canton de Fribourg

32) Estimation réalisée en considérant que l'entièreté des routes du district de la Gruyère ainsi que la moitié de celles du district de la Veveyse se trouvent dans les Préalpes.

33) La valeur a été calculée à l'aide des coûts moyens annuels pour le service d'hiver calculés à 1.70 Fr./m² de surface de route (Source : Service des ponts et chaussées SPC du canton de Fribourg). La largeur moyenne des routes communales a été estimée à 6 mètres. Dans les coûts totaux, aucune différence n'est faite entre les routes communales situées dans les Préalpes et celles situées sur le Plateau.

Coûts liés aux dommages dus au gel sur les routes

Les données suivantes sont à notre disposition pour l'estimation des coûts actuels:

- Coûts liés aux dégâts dus au gel pour les routes nationales et cantonales (valeur moyenne pour les dernières années) sur le Plateau et dans les Préalpes (Source : mail de A. Magnin (SPC) du 17.12.15, complété par C. Egger, 05.01.2015). Les coûts engendrés par les dommages dus au gel sur les routes nationales sont négligeables comparés aux coûts des dommages pour les routes cantonales et communales.

Faute de données pour les routes communales, nous estimons que les coûts par kilomètre sont similaires que pour les routes nationales et cantonales. Les différents coûts sont représentés dans le Tableau 33.

Catégorie de routes	Préalpes			Plateau		
	longueur [km]	coûts [Fr./km/an]	totalité des coûts [Mio. Fr./an]	longueur [km]	coûts [Fr./km/an]	totalité des coûts [Fr./an]
Routes cantonales	173	580	0.10	467	430	0.2
Routes communales	800	580	0.46	3'130	430	1.3
total			0.56			1.5

Tableau 33: Estimation des coûts annuels des réparations dues aux dégâts causés par le gel sur les routes du canton de Fribourg

7.7.2 Modifications suite aux changements climatiques

Selon les données de MétéoSuisse, on compte dans le climat actuel en moyenne 36 jours avec de la neige fraîche (≥ 1 cm) dans les Préalpes (entre 800 et 1200 mètres³⁴) et 13 sur le Plateau (<500 m d'altitude). Le nombre de jours avec neige fraîche va diminuer à l'avenir pour atteindre le nombre de jours suivant (voir Figure 12 pour les Préalpes):

- Scénario 2060-faible : réduction à 26 jours/an (-30%) pour les Préalpes, à 7 jours/an (-45%) pour le Plateau

34) Cette tranche d'altitude étant celle qui représente, selon nous, au mieux l'altitude moyenne des Préalpes fribourgeoises.

- Scénario 2060-fort : réduction à 15 jours / an (-60%) pour les Préalpes, à 3 jours/an (-75%) pour le Plateau.

En ce qui concerne les coûts dus aux dégâts causés par le gel, nous estimons que ceux-ci diminueront de manière proportionnelle à la diminution du nombre de jours avec gel et dégel. Dans le climat actuel, nous comptons 87 jours avec gel et dégel dans les Préalpes et 59 sur le Plateau. À l'avenir, les conséquences suivantes sont attendues (voir Figure 11 pour les Préalpes) :

- Scénario 2060-faible : réduction à 72 jours/an (-15%) pour les Préalpes, et à 45 jours/an (-25%) pour le Plateau
- Scénario 2060-fort : réduction à 52 jours/an (-40%) pour les Préalpes, et à 27 jours/an (-55%) pour le Plateau.

Le Tableau 34 représente des coûts pour les impacts analysés dans ce chapitre.

Climat	Coûts [Mio. Fr./an] pour:	Canton FR	Préalpes FR	Plateau FR
Aujourd'hui	Service d'hiver	27.7	7.4	20.3
	Réparations dégâts dus au gel	2.1	0.6	1.5
	Total	29.8	8.0	21.8
Scénario climatique faible amplitude	Service d'hiver	16.3	5.2	11.2
	Réparations dégâts dus au gel	1.6	0.5	1.1
	Total	18.0	5.7	12.3
Scénario climatique forte amplitude	Service d'hiver	8.0	3.0	5.1
	Réparations dégâts dus au gel	1.0	0.4	0.7
	Total	9.1	3.3	5.8

Tableau 34: Récapitulation des coûts du service d'hiver ainsi que des réparations des dégâts dus au gel sur les routes

7.7.3 Beurteilung der Unschärfen

Die Unschärfe in den jährlichen Aufwendungen für den Strassenunterhalt (Winterdienst und Reparatur Frostschäden) ist eher gering und u.a. geprägt durch die Variabilität der Niederschläge und der Temperatur im Winter. Insgesamt ist die Unschärfe für die heutigen Aufwendungen im Bereich des untersuchten Strassenunterhalts der Kategorie 1 zuzuordnen.

Die Unschärfe infolge des Klimawandels (Veränderung Temperaturen und Niederschläge im Winter) wird ebenfalls mit Kategorie 1 eingestuft.

7.8 Übersicht und Bewertung der Auswirkungen

Die über alle quantitativ analysierten Gefahren und Effekte kumulierten Auswirkungen (Vermögensschäden infolge von Naturgefahren, Aufwendungen für den Unterhalt von Strassen) inkl. Unschärfebereiche sind für den heutigen Zustand sowie die beiden betrachteten Klimaszenarien schwach und stark in Figure 34 (Voralpen) bzw. Figure 35 (gesamter Kanton) dargestellt. Dabei wurden lediglich die mittleren jährlichen Auswirkungen berücksichtigt und nicht mögliche Schäden eines seltenen Extremereignisses (diese werden unten thematisiert). Bei den Schäden infolge von Stürmen und Hagel, für die derzeit der klimabedingte Trend unklar ist, wird angenommen, dass die Schäden infolge Klimawandel weder zu noch abnehmen.

Unter den obigen Annahmen übersteigen die Chancen infolge geringerer Aufwendung im Strassenunterhalt (primär beim Winterdienst) und – zu einem geringeren Teil – infolge geringerer Schäden infolge von Lawinen und Schneedruck die tendenziell zunehmenden Risiken infolge von Hochwasser, Sturzprozessen und Rutschungen. Dies gilt in ähnlichem Masse sowohl für die Voralpen als auch für den gesamten Kanton. Sofern die Schäden infolge von Sturm und Hagel klimabedingt um etwa 50% zunehmen, so ist sowohl für die Voralpen als auch für das gesamte Kantonsgebiet damit zu rechnen, dass sich die Chancen und Risiken des Klimawandels etwa die Waage halten.

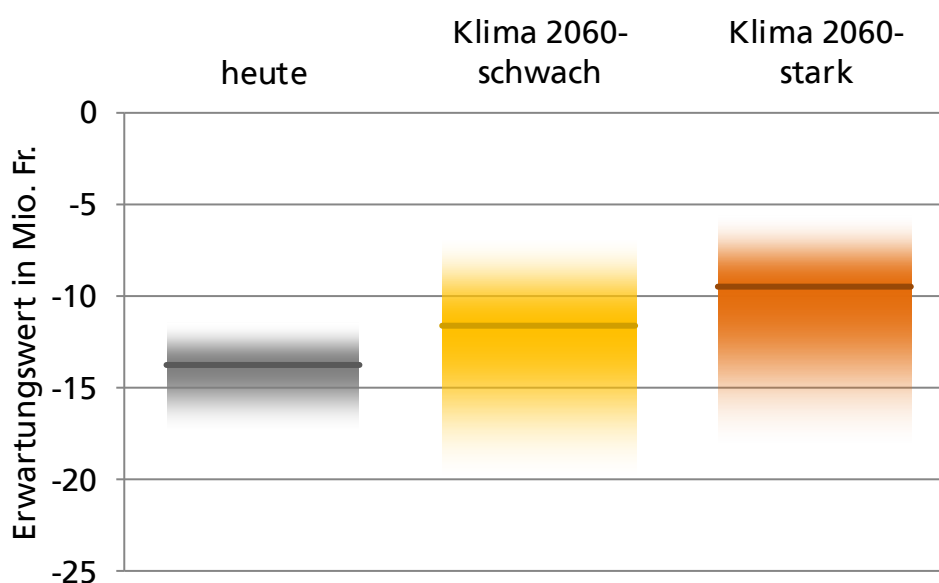


Figure 34 : Mittlere jährliche Auswirkungen im Wirkungsbereich Infrastrukturen & Gebäude für die Voralpen im Kt. FR (Annahme: unveränderte Schäden infolge Sturm und Hagel)

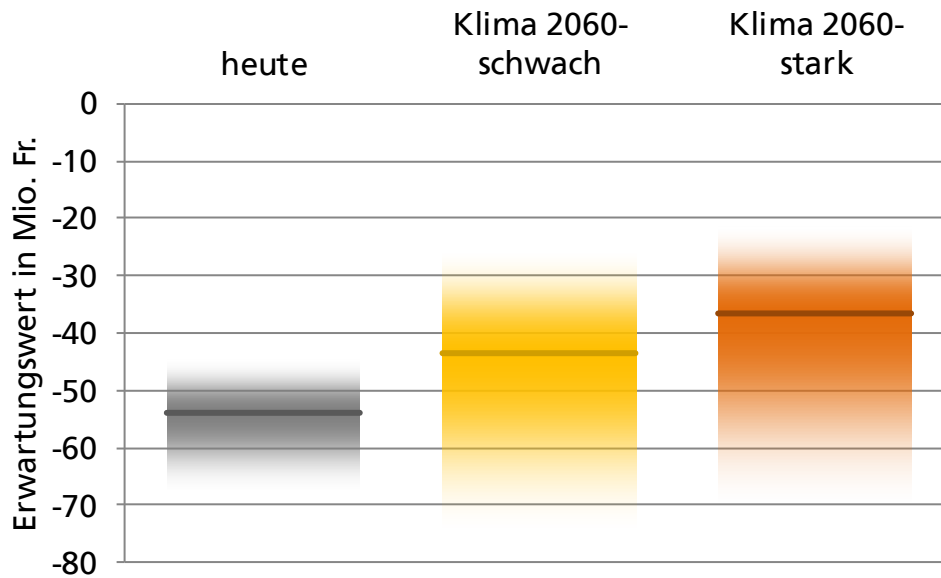


Figure 35: Mittlere jährliche Auswirkungen im Wirkungsbereich Infrastrukturen & Gebäude für den gesamten Kanton FR (Annahme: unveränderte Schäden infolge Sturm und Hagel)

Die Auswirkungen der untersuchten Gefahren/Effekte gemäss Tableau 23 sind pro Indikator für das Klimaszenario 2060-schwach in Tableau 35, für das Klimaszenario 2060-stark in Tableau 36 dargestellt. Massgeblich ist die über die Farbe dargestellte Klasseneinteilung gemäss Figure 1, welche auch allfällige Auswirkungen beinhaltet, die nur qualitativ beurteilt wurden. Wo quantitative Abschätzungen vorliegen, sind diese im Sinne einer Zusatzinformation eingetragen. Bei allen quantitativ untersuchten Naturgefahren sind die grob geschätzten Maximalausmasse eines 100-jährigen Ereignisses eingesetzt worden, da diese für die Zuordnung der Klasse, welche die Veränderung der Risiken beschreibt, massgeblich sind.

Klima 2060-schwach		Gefahr/Effekt										
		Hochwasser	Zunahme 50% mit Klimawandel	unverändert	Abnahme 50% mit Klimawandel	Zunahme 50% mit Klimawandel	unverändert	Abnahme 50% mit Klimawandel	Lawinen / Schneedruck	Erdrutsch / Murgang / Steinschlag	Zunahme Durchschnittstemperatur	Waldbrand
Gebiet	Indikator											
Voralpen FR	Aufwendungen										2.3	
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.	-24	-12	0	12	-76	0	76	2.6	-1.3		q0
	Evakuierte	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0		q0
	alle	q-1	q0	q0	q0	q-1	q0	q1	q0	q0	q1	q0
Mittelland FR	Aufwendungen										9.5	
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.	-49	-37	0	37	-190	0	190	0.5	-0.5		q0
	Evakuierte	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0		q0
	alle	q-1	q-1	q0	q1	q-2	q0	q2	q0	q0	q1	q0
Kanton FR	Aufwendungen										12	
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.	-49	-37	0	37	-190	0	190	2.6	-1.3		q0
	Evakuierte	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0		q0
	alle	q-1	q-1	q0	q1	q-2	q0	q2	q0	q0	q2	q0

Tableau 35: Auswirkungen des Klimawandels für die untersuchten Gefahren/Effekte pro Indikator und Gebiet (Beschreibung der Klassen gemäss Tableau 2) für das Klimaszenario 2060-schwach. Hinweis: Bei den Naturgefahren wird jeweils das 100-jährige Schadenereignis zugrunde gelegt, da für Klasseneinteilung massgeblich.

Klima 2060-stark		Gefahr/Effekt										
		Hochwasser	Zunahme 50% mit Klimawandel	unverändert	Abnahme 50% mit Klimawandel	Zunahme 50% mit Klimawandel	unverändert	Abnahme 50% mit Klimawandel	Lawinen / Schneedruck	Erdrutsch / Murgang / Steinschlag	Zunahme Durchschnittstemperatur	Waldbrand
Gebiet	Indikator											
Voralpen FR	Aufwendungen										4.7	
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.	-60	-12	0	12	-76	0	76	5.3	-4.3		q0
	Evakuierte	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0		q0
	alle	q-1	q0	q0	q0	q-1	q0	q1	q0	q0	q1	q0
Mittelland FR	Aufwendungen										16	
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.	-120	-37	0	37	-190	0	190	1.1	-1.7		q0
	Evakuierte	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0		q0
	alle	q-2	q-1	q0	q1	q-2	q0	q2	q0	q0	q2	q0
Kanton FR	Aufwendungen										21	
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.	-120	-37	0	37	-190	0	190	5.3	-4.3		q0
	Evakuierte	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0	q0		q0
	alle	q-2	q-1	q0	q1	q-2	q0	q2	q0	q0	q2	q0

Tableau 36: Auswirkungen des Klimawandels für die untersuchten Gefahren/Effekte pro Indikator und Gebiet (Definition der Klassen gemäss Tableau 2) für das Klimaszenario 2060-stark. Hinweis: Bei den Naturgefahren wird jeweils das 100-jährige Schadenereignis zugrunde gelegt, da für Klasseneinteilung massgeblich.

Auch in dieser Darstellung zeigt sich, dass die Zunahme der Durchschnittstemperatur, primär im Winter, die wichtigste Chance des Klimawandels darstellt. Zunehmende Maximalschäden infolge von Hochwasser stellt aus Sicht Klimawandel das Hauptrisiko dar. Ob der Klimawandel zu höheren oder tieferen Vermögensschäden infolge von Stürmen oder Hagel führt, lässt sich derzeit nicht sagen. Ob die Auswirkungen des Klimawandels im Wirkungsbereich Infrastruktur & Gebäude insgesamt positiv oder negativ sind, ist stark von der Entwicklung der Schäden infolge von Hagel und Stürmen abhängig, so dass auch hier derzeit keine verlässliche Aussage möglich ist.

7.9 Bezug zur Anpassungsstrategie

Figure 36 zeigt, wo die Ziele der Anpassungsstrategie und die Massnahmen des Aktionsplans im Wirkungsbereich Infrastruktur & Gebäude ansetzen.

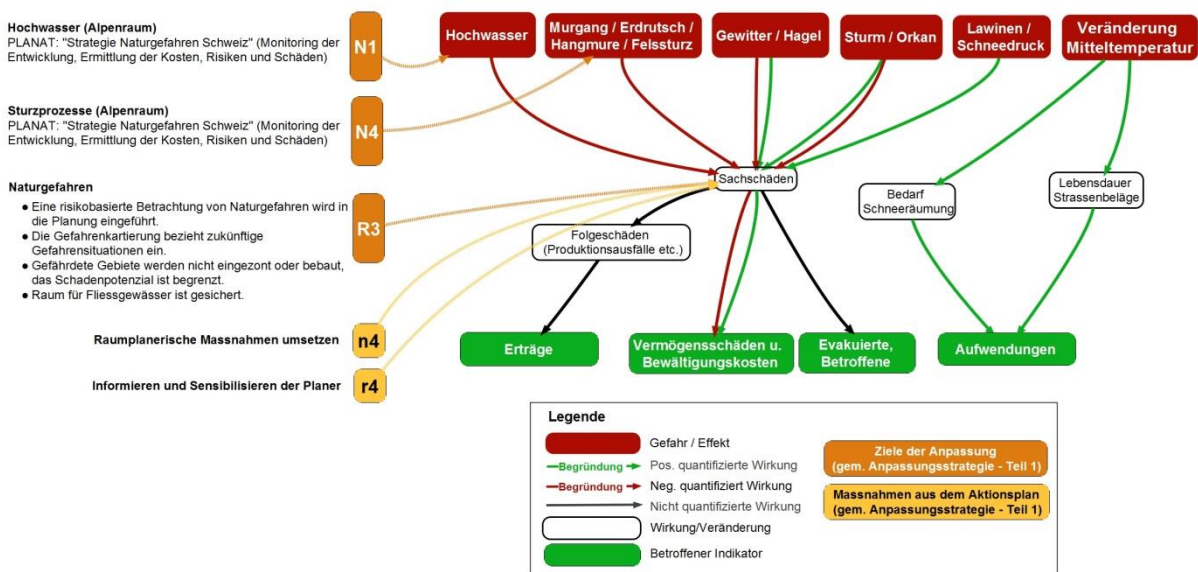


Figure 36 : Ansatzpunkte der Ziele der Anpassung und der Massnahmen zur Anpassung in der Wirkungskette für den Wirkungsbereich Infrastruktur & Gebäude

7.10 Auswirkungen des sozioökonomischen Szenarios

Bei den sozioökonomischen Entwicklungen in Bezug auf die Wirkungen von Naturgefahren stehen folgende Aspekte im Vordergrund:

- Zunahme der Versicherungssumme der versicherten Gebäude im Kt. FR sowie der Werte der Fahrhabe / des Hausrats

- Zunahme des Werts der Fahrzeuge (primär im Hinblick auf Hagelschäden)
- Entwicklung bei der Vulnerabilität von Gebäuden, die massgeblichen Naturgefahren ausgesetzt sind. Je nach Naturgefahrenart sind hier verschiedene Aspekte massgeblich (z.B. Veränderungen beim Einsatz von hagelempfindlichen Materialien oder bei den Anforderungen an den Hochwasserschutz bei Gebäuden in gelben und blauen Gefahrenzonen etc.).
- Entwicklung bei der Vulnerabilität der Verkehrsinfrastruktur in Bezug auf Rutschungen, Sturzprozess, Lawinen und Hochwasser, wobei Veränderungen hier aufgrund des eher beschränkten Stellenwerts der Risiken im Vergleich zu Gebäuden einen eher untergeordneten Stellenwert haben.

In Bezug auf die Aufwendungen für den Winterdienst sowie die Behebung von Frostschäden ist primär massgeblich, wie stark sich die Fläche des Strassennetzes verändert.

7.11 Literatur

Ereignisanalyse „Hagel 2009“, Untersuchung der Hagelunwetter vom 26. Mai und 23. Juli 2009, Interkantonaler Rückerversicherungsverband IRV, 2012

Ereignisanalyse „Hagel 2011“, Untersuchung des Hagelunwetters vom 12. / 13. Juli 2011 im Kanton Aargau, Interkantonaler Rückerversicherungsverband IRV, 2015

Karte „Hagelgefahr in der Schweiz“, Versicherung „Schweizer Hagel“
(http://hagel.ch/fileadmin/customer/Diverses/3052_Hagelkarte.jpg)

SLF 2000: Der Lawinenwinter 1999. Ereignisanalyse. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos

8 Gestion de l'eau

8.1 Introduction

L'évaluation de l'impact des changements climatiques dans le domaine de la gestion de l'eau met l'accent sur l'approvisionnement en eau potable. L'impact sur les eaux de surface est décrit de manière succincte puisqu'il est lié à la production d'électricité, qui est traitée dans le chapitre dédié au domaine d'impact énergie (chapitre 10) et au domaine de la biodiversité (chapitre 11). La problématique de l'irrigation est quant à elle traitée dans le chapitre «Agriculture» (chapitre 5) et les dommages liés aux crues dans le chapitre «Infrastructures et bâtiments» (chapitre 7).

8.2 Paramètres de base

L'eau potable du canton de Fribourg est distribuée via plusieurs réseaux publics. Ces réseaux sont actuellement au nombre de 200 et ils sont gérés par des communes, des services industriels ou des distributeurs d'eau. Chaque distributeur fonctionne de manière locale, il n'y a donc que peu d'interactions entre eux. L'état de la ressource « eau » sur le territoire fribourgeois est donc difficile à estimer dans sa globalité.³⁵⁾ La société suisse de l'industrie du gaz et de l'eau (SSIGE), contactée dans le cadre de cette étude, ne reçoit les données que d'une dizaine de communes ce qui est insuffisant pour pouvoir donner des chiffres au niveau cantonal.

La consommation en eau potable de la population du canton est estimée à 20 millions de m³ par an, ce qui représente environ 220 l par habitant et par jour (eaux d'usage industriel comprises).³⁶⁾ L'agriculture est également un grand consommateur d'eau, puisqu'en moyenne 70% de l'eau consommée en Suisse est destinée au secteur agricole. En ce qui concerne l'évolution de l'approvisionnement en eau, il peut être supposé que la consommation dans le canton de Fribourg suit la même tendance que celle admise pour la Suisse, à savoir en légère diminution depuis quelques années.

Les besoins en eau potable et en eau industrielle du canton sont couverts de la manière suivante :

35) https://www.fr.ch/saav/fr/pub/securite_alimentaire/eau_potable.htm

36) https://www.fr.ch/eau/fr/pub/eaux_souterraines.htm

- 35 % eaux de sources
- 40 % eaux de puits
- 25% eaux des lacs

Les puits et les sources représentent l'approvisionnement par les eaux souterraines. Ces points de prélèvement sont au nombre de 8'680 pour l'ensemble du territoire cantonal.

Gruyère énergie SA (GESA) est le principal acteur de distribution de l'eau dans les Préalpes fribourgeoises avec une production annuelle de plus de 4 Mio m³ d'eau, alimentant environ 20% de la population du canton et puisant son eau dans deux aquifères alluviaux. Ces deux aquifères sont très productifs et permettent à la région des Préalpes d'avoir une excellente disponibilité en eau (Gruyère énergie SA, 2015).



Figure 37 : Zone de desserte de Gruyère énergie SA. Extrait de www.gruyere-energie.ch

Sur le plan qualitatif, la GESA ne rencontre pas de problème particulier (Gruyère énergie SA, 2015). Le canton estime que la qualité de l'eau dans son ensemble est relativement bonne, mais il arrive tout de même de rencontrer des pollutions ponctuelles, principalement causées par les activités agricoles. Dans certains cas extrêmes, des captages ont dû être abandonnés, mais il a toujours été possible pour les communes concernées de se raccorder à une autre source, exempte de pollution.³⁷⁾ Certaines eaux superficielles et certains captages doivent toutefois faire l'objet de traitements afin de répondre aux exigences sanitaires, mais cela reste des cas minoritaires dans le canton.

37) https://www.fr.ch/eau/fr/pub/eaux_souterraines.htm

8.3 Impacts liés aux changements climatiques dans le domaine de la gestion de l'eau

Les effets et aléas liés aux changements climatiques et leurs incidences sur la gestion des eaux font l'objet d'une analyse uniquement qualitative.

Aléa / effet	Évaluation qualitative
Crues (y.c. chutes de neige intenses)	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination des captages d'eau • Dommages aux installations d'approvisionnement et d'élimination des eaux usées
Orage (y c. érosion) / grêle	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution de la recharge des aquifères à cause de pertes par ruissellement • Surcharge des réseaux d'évacuation • Pollution liée au lessivage d'engrais de ferme
Sécheresse générale	<ul style="list-style-type: none"> • Pénuries ponctuelles • Baisse du niveau des nappes phréatiques, avec un risque qu'elles ne puissent plus se régénérer • Problèmes qualitatifs (prolifération de bactéries) • Vulnérabilité des sources karstiques, tarissement temporaire • Réduction des débits des cours d'eau • Conflit sur l'utilisation de l'eau (loisirs, agriculture, protection des biotopes), plutôt sur le Plateau.
Modification du régime de précipitations	<ul style="list-style-type: none"> • Modification des débits des cours d'eau
Modification du type de précipitation (neige/pluie)	<ul style="list-style-type: none"> • Modification des « stocks » d'eau • Modification des débits des cours d'eau et du régime
Réduction du manteau neigeux	<ul style="list-style-type: none"> • Modification des débits des cours d'eau et du régime
Modification de la température moyenne	<ul style="list-style-type: none"> • Baisse de la qualité des eaux de sources karstiques et des eaux souterraines • Oxygénation de l'eau

Tableau 37: *Aperçu des impacts des changements climatiques sur le domaine de la gestion de l'eau dans le canton de Fribourg*

La Figure 38 schématise les interactions entre les différents aléas/effets et leurs impacts sur les activités de gestion de l'eau.

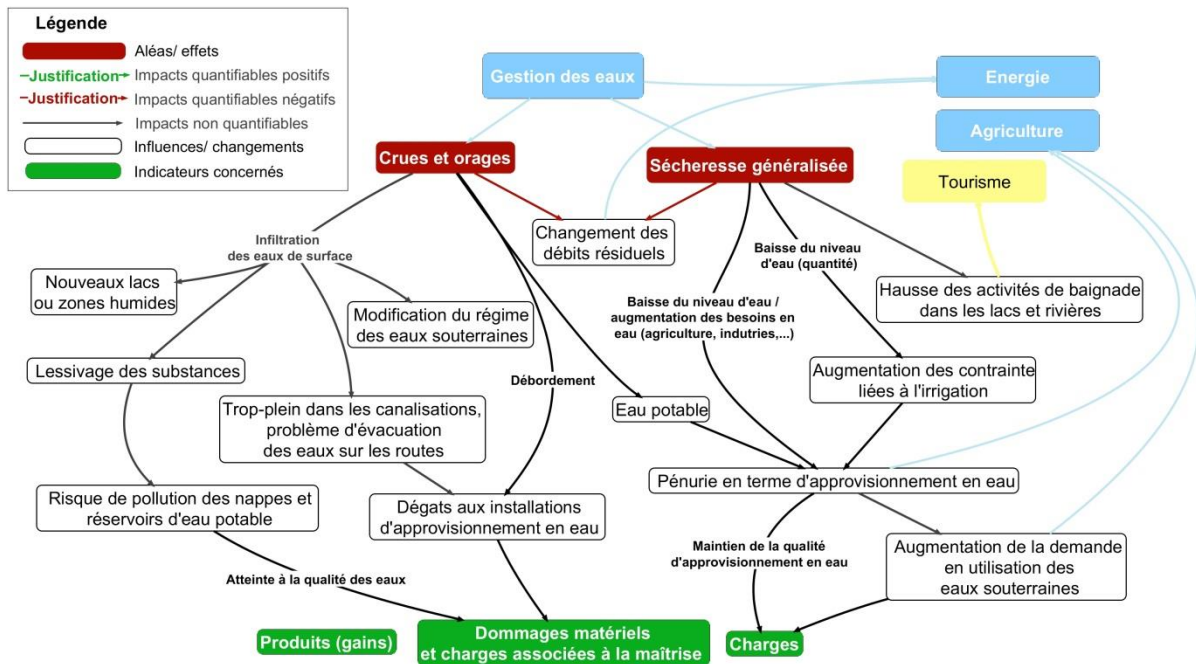


Figure 38 : Chaîne d'impact des aléas/effets modifiés par les changements climatiques et leurs impacts sur les indicateurs utilisés dans cette étude.

8.4 Impacts des crues

Les crues représentent un risque de contamination des captages d'eau ainsi que de dommages aux installations d'approvisionnement et d'élimination des eaux.

Des crues plus importantes sont à prévoir dans les Préalpes et sur le Plateau. L'un des deux captages principaux de la GESA a été touché lors de crues en 2004. Le cours d'eau de la Jogne a inondé le captage. Suite à cette incident, des travaux de protection contre les crues ont été entreprises afin d'éviter qu'un tel scénario ne se produise à l'avenir. Les travaux devraient être terminés prochainement. Le second captage à Grandvillard n'est pas vulnérable aux crues car il est suffisamment éloigné de la rivière. GESA ne manifeste pas d'inquiétude par rapport à cette problématique.

Globalement, l'impact des changements climatiques sur les crues dans le domaine de la gestion de l'eau est jugé neutre.

Les risques pour la région du Plateau ont été analysés dans l'étude de cas réalisée pour le canton d'Argovie ainsi que son extrapolation pour la région du Plateau (EBP/WSL/SLF 2013), selon la classification utilisée dans ce rapport (cf. chapitre 3.4), nous estimons que ces risques sont plutôt négatifs pour la région du Plateau selon les deux scénarios climatiques.

8.4.1 Appréciation des incertitudes

Dans les conditions actuelles, il est difficile de dégager une tendance puisqu'une seule inondation de captage par le cours d'eau de la Jogne a été répertorié en 2004. De plus, bien qu'aucun incident majeur n'aie été reporté, il n'est pas clair si les installations d'approvisionnement et d'élimination des eaux des communes sont bien résistantes aux crues. Dans le contexte des changements climatiques, les crues sont des événements occasionnels dont l'occurrence est difficile à évaluer. Par conséquent, les incertitudes sont jugées grandes.

8.5 Impacts des orages

Les changements climatiques provoqueront une augmentation de l'intensité des pics de précipitations. Le canton de Fribourg établit actuellement un plan sectoriel d'évacuation et d'épuration des eaux afin d'élaborer une gestion optimale des eaux sur le long terme et de disposer d'une infrastructure adaptée.

En cas d'orages, il est possible que les réseaux d'évacuation arrivent à saturation, particulièrement dans le cas de réseaux unitaires, mélangeant eaux usées et eaux de pluie. Dans ce cas de figure, des eaux non traitées et donc polluées peuvent être déversées dans l'environnement et menacer les milieux récepteurs.

Au vu de l'évolution incertaine des épisodes orageux, nous estimons que les risques sont les mêmes pour les scénarios faible et forte amplitude. L'impact des changements climatiques sur les épisodes orageux est jugé comme étant neutre dans le domaine de la gestion de l'eau, tant aujourd'hui que pour les deux scénarios climatiques dans les Préalpes et sur le Plateau.

8.6 Impacts des périodes de sécheresse générale

Des pénuries locales peuvent se présenter en cas de sécheresse. Avec la nouvelle loi sur l'eau potable du 6 juin 2011 (LEP), le canton a la possibilité d'obliger les communes à collaborer pour l'approvisionnement en eau en situation de crise et ainsi de limiter les risques en cas d'épisode de sécheresse.

La GESA n'a pas eu de problème d'approvisionnement depuis la réalisation du second captage en 2005, même durant les années sèches telle que 2011.

Les pénuries d'eau pourraient être aggravées par des besoins accrus pendant ces périodes, notamment dans le domaine de l'agriculture (cf. chapitre 5). Des situations de conflits d'usages

pourraient résulter dans de telles situations, particulièrement sur le Plateau en raison de la multiplicité des usages de l'eau dans cette région et des besoins importants pour l'agriculture.

Notons qu'en période de canicule, des campagnes de sensibilisation de la population sont mises en œuvre afin de rendre attentive cette dernière aux comportements à adopter dans une telle situation. Les usages superflus de l'eau (arrosage de pelouses, remplissage de piscines, lavage de voiture, etc.) sont dissuadés et la population est encouragée à refréner de tels usages afin d'économiser l'eau et de préserver au mieux la ressource pour les besoins vitaux.

De plus, le niveau des nappes phréatiques ainsi que des lacs baisse fortement pendant de tels épisodes. Or certaines nappes abaissées suite à des périodes de sécheresse ont besoin de plusieurs années de pluviométrie normale ou excédentaire pour retrouver leur niveau d'origine. Les sources karstiques sont également particulièrement vulnérables aux périodes de sécheresse, et peuvent se tarir de façon temporaire dans de telles conditions.

La réduction des débits des cours d'eau, engendrée par les périodes de sécheresse, aura un impact négatif sur la faune aquatique (cf. chapitre 11). De plus, une dégradation du rapport de dilution entre l'eau des rivières et l'eau usée épurée peut engendrer une pollution plus importante des cours d'eau récepteurs.

Les périodes de sécheresses générales peuvent donc avoir des impacts négatifs tant sur la distribution de l'eau que sur la qualité des milieux naturels. Ces impacts augmentent avec les changements climatiques. Nous estimons que globalement, l'impact des changements climatiques sur les périodes de sécheresses générales est jugé comme étant plutôt négatif pour les deux scénarios dans le domaine de la gestion de l'eau. Les risques pour le Plateau sont plus importants encore.

8.7 Impacts de la modification du régime et du type de précipitation ainsi que de la réduction du manteau neigeux

La modification du régime et du type de précipitation ainsi que la réduction du manteau neigeux aura un impact sur les débits des cours d'eau et sur les « stocks » saisonniers d'eau souterraine. L'augmentation des précipitations en hiver, la diminution des précipitations sous forme de neige (et ainsi la diminution du manteau neigeux) va induire une augmentation des débits des cours d'eau par rapport à leur niveau actuel en hiver mais une diminution de ceux-ci à la fin de l'été et au début de l'automne. Les périodes d'étiage estivales seront plus longues et plus marquées sur le Plateau. Parallèlement, les besoins en eau seront plus élevés, augmentant ainsi les risques de conflits d'usage de la ressource.

De manière générale, les volumes d'eau disponibles annuellement dans les cours d'eau suisses ne seront que très peu modifiés au cours des deux décennies à venir. À plus long terme (2085),

ces ressources diminueront très légèrement. Les modifications du régime des cours d'eau consistent donc pour l'essentiel en une modification de la répartition saisonnière des débits (OFEV, 2012).

Cette augmentation saisonnière des débits peut être bénéfique pour la faune aquatique et la production d'énergie mais défavorable pour les infrastructures en cas de crues extrêmes, susceptibles de créer des dommages (cf. chapitre 7 infrastructures et bâtiments). La diminution des débits durant la fin de l'été et au début de l'automne aura quant à elle des répercussions défavorables tant pour la production d'hydroélectricité dans les centrales d'accumulation que dans celles au fil de l'eau (OcCC/ProClim, 2007).

Les réserves en eau souterraine vont également diminuer par le cumul des trois facteurs à la fin de l'été / début de l'automne. Malgré cela, la GESA affirme que l'approvisionnement en eau pourra être suffisant durant ces mois secs (cf. point 8.5).

Globalement, l'impact des changements climatiques sur la modification du régime et du type de précipitation ainsi que sur la réduction du manteau neigeux est neutre pour les deux scénarios climatiques dans le domaine de la gestion des eaux.

8.8 Impacts de l'augmentation des températures moyennes

L'augmentation de la température de l'air, combinée aux modifications saisonnières des débits influencera l'état des cours d'eau.

L'augmentation de la température des cours d'eau et des eaux souterraines peut avoir un impact sur la qualité de l'eau, avec une activité biologique bactérienne en augmentation, une mise en solution de certains contaminants plus importante et une modification des paramètres physico-chimiques (de l'oxygène notamment).

Parallèlement, des hivers plus humides et plus chauds permettent aux bactéries du sol de rester plus actives et de minéraliser davantage d'azote, lequel est ensuite transporté dans les cours d'eau et dans l'eau souterraine par le biais des précipitations du printemps, menant à une péjoration de la qualité des eaux, voire dans les cas les plus graves à une eutrophisation. (Astrid Björnsen Gurung and Manfred Stähli 2014).

Globalement, nous estimons que l'impact de l'augmentation des températures moyennes dans le domaine de la gestion des eaux est plutôt négatif, pour les deux scénarios, ceci au vu des menaces pesant sur les milieux naturels.

8.9 Aperçu et évaluation des impacts

8.9.1 Risques selon le scénario climatique 2060-faible amplitude

Le Tableau 38 résume les risques engendrés par les différents aléas/effets selon le scénario faible amplitude.

<i>Indicateur</i>	<i>Aléa / Effet</i>				
	Crues	Orages	Modification du régime et du type de précipitations ainsi que réduction du manteau neigeux	Sécheresse générale	Modification de la température moyenne
Charges			q0	q-1	
Dommmages matériels et charges associées à la maîtrise	q0				
Menace sur les milieux naturels		q0		q-1	q-1
Somme Préalpes FR	q0	q0	q0	q-1	q-1
Plateau FR	q-1	q0		q-1	
Canton FR	q-1	q0	q0	q-1	q-1

Tableau 38 : Impacts de la modification des aléas / effets par les changements climatiques sur les différents indicateurs (Description des classes dans le chapitre 3.4)

Dans le domaine de l'eau potable, les risques de pénuries liées au changement climatique sont faibles dans les Préalpes. Les mois secs de la fin de l'été ne poseront vraisemblablement que peu de problèmes. Ces risques sont cependant plus élevés dans la région du Plateau (cf. EBP/WSL/SLF, 2013).

Le canton de Fribourg établit actuellement un plan sectoriel des ressources en eaux afin d'élaborer une gestion optimale des eaux à long terme et de disposer d'une infrastructure adaptée. Des données sur l'état actuel et futur du réseau d'évacuation et d'épuration des eaux ne sont pas disponibles.

De plus, des risques existent en matière de qualité des eaux. L'augmentation de la température, les périodes de sécheresse ainsi que les crues et les orages dans une moindre mesure menacent la qualité physico-chimique ainsi que biologique des eaux.

Au niveau de la production hydroélectrique, les changements climatiques mèneront à une diminution de la possibilité de production d'énergie hydraulique durant la fin de l'été et au début de l'automne, mais à une augmentation de celle-ci en hiver et au printemps, tant pour les centrales d'accumulation que celles au fil de l'eau (OcCC/ProClim, 2007).

Nous estimons que globalement, le domaine de la gestion des eaux sera globalement impacté de manière modérée par les changements climatiques dans les Préalpes fribourgeoises.

8.9.2 Risques selon le scénario climatique 2060-forte amplitude

Le Tableau 39 résume les risques engendrés par les différents aléas/effets selon le scénario forte amplitude. Ces risques sont similaires à ceux présentés au point précédent, mais leur ampleur est légèrement plus importante.

Indicateur	Aléa / Effet				
	Crues	Orages	Modification du régime et du type de précipitations ainsi que réduction du manteau neigeux	Sécheresse générale	Modification de la température moyenne
Charges			q0	q-2	
Dommages matériels et charges associées à la maîtrise	q0				
Menace sur les milieux naturels		q0		q-2	q-1
Somme Préalpes FR	q0	q0	q0	q-2	q-1
Plateau FR	q-1	q0		q-2	
Canton FR	q-1	q0	q0	q-2	q-1

Tableau 39 : Impacts de la modification des aléas / effets par les changements climatiques sur les différents indicateurs (Description des classes dans chapitre 3.4)

8.9.3 Evaluation des incertitudes

Les incertitudes liées aux changements climatiques ont été classées dans la catégorie C. Ce signifie que les impacts pourrait également être attribués à une classe plus favorable ou défavorables. (P.ex. q-1 ou q-3 au lieu de q-2).

8.10 Liens avec la stratégie d'adaptation

La Figure 39 et la Figure 40 représentent les liens avec les différents champs d'action et mesures du plan d'action de la stratégie nationale d'adaptation aux changements climatiques. Afin de simplifier la lecture des figures, nous avons choisi de réaliser deux chaînes d'impacts présentant les mesures de protection qualitative des eaux (Figure 39) ainsi que les mesures de protection quantitative des eaux (Figure 40).

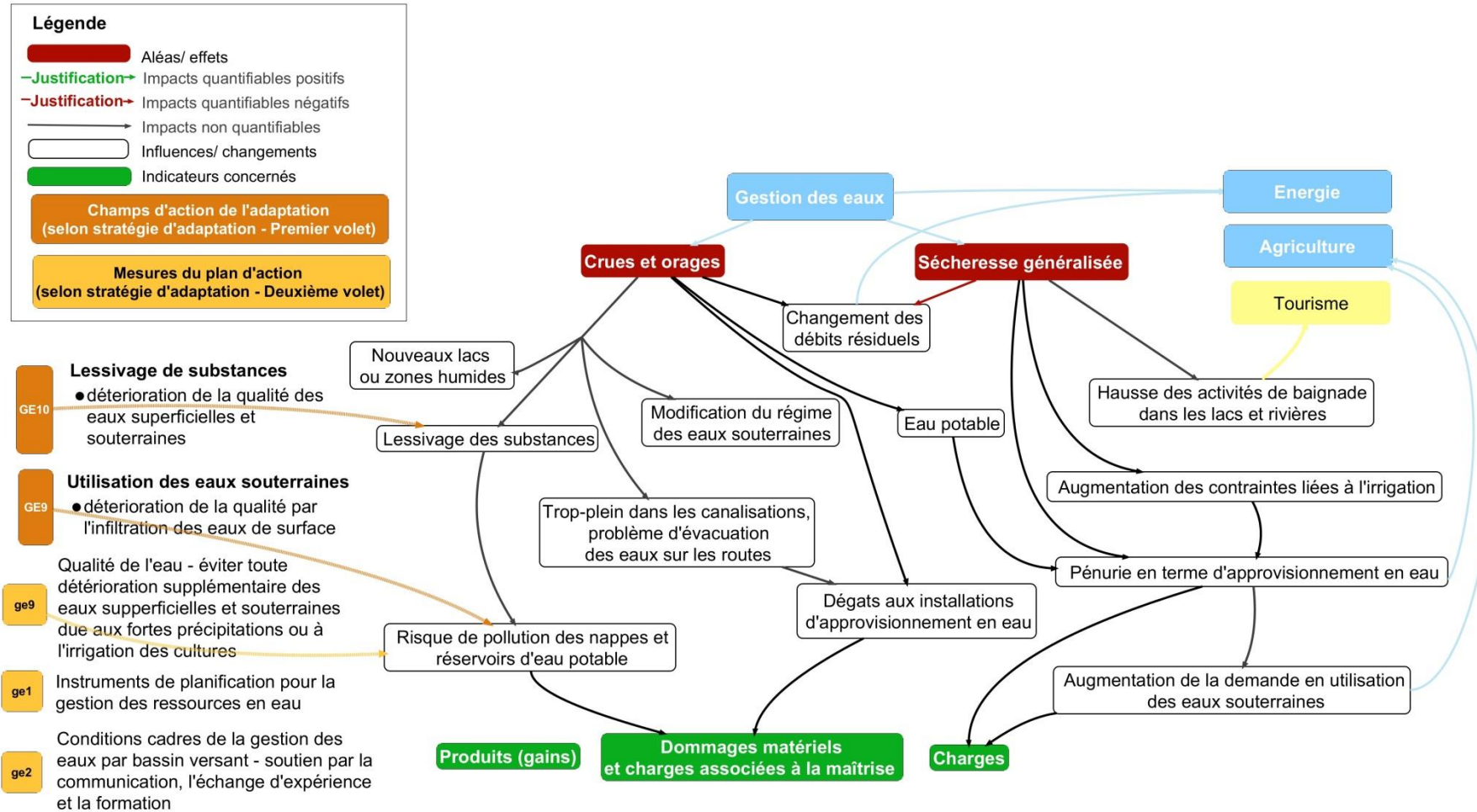


Figure 39 : Liens avec les champs d'action et mesures du plan d'action de la stratégie d'adaptation du Conseil Fédéral (critères qualitatifs)

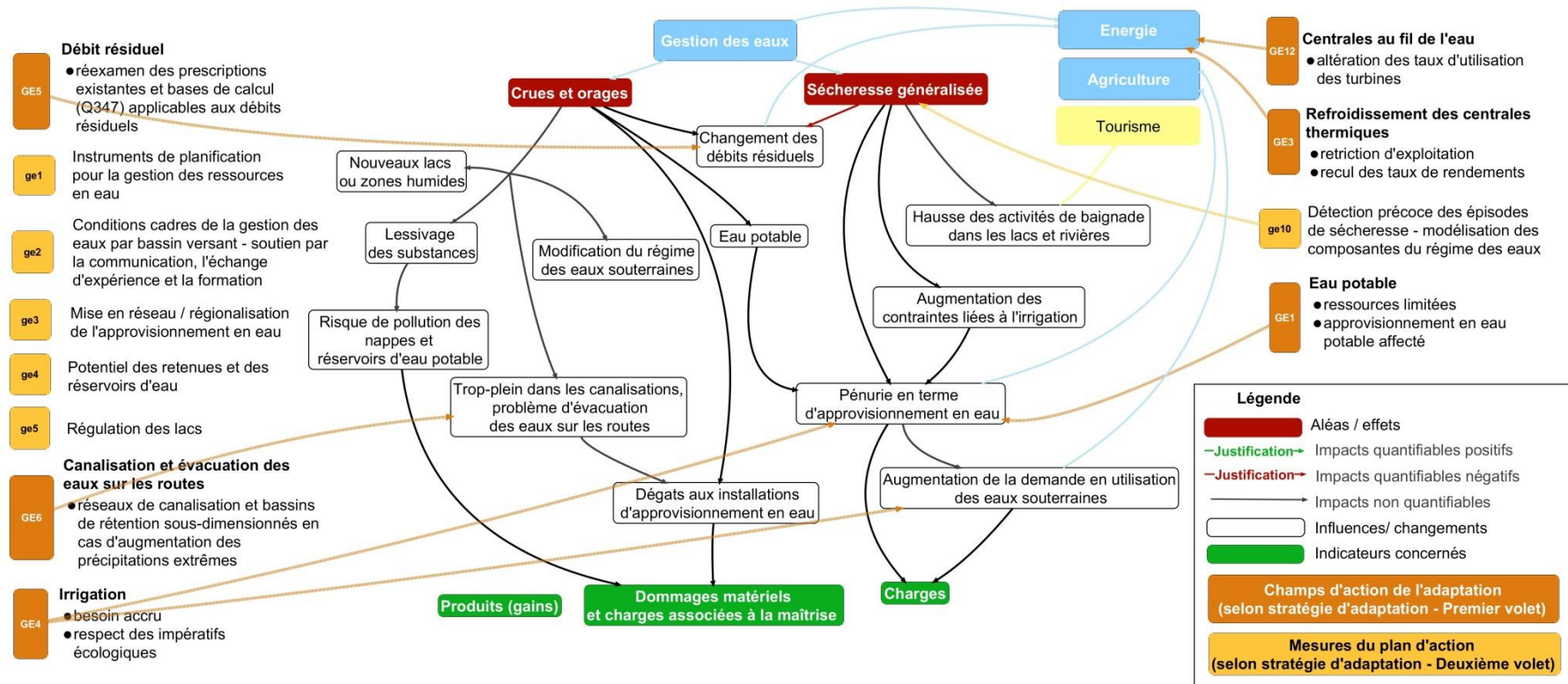


Figure 40 : Liens avec les champs d'action et mesures du plan d'action de la stratégie d'adaptation du Conseil Fédéral (critères quantitatifs)

Les impacts mis en avant dans cette analyse du risque concordent avec les champs d'action de la stratégie d'adaptation. Il s'agit tant de la protection qualitative que quantitative des eaux (souterraines et superficielles). Les différents usages de l'eau, tels que l'irrigation, l'approvisionnement des ménages ou encore l'eau en tant que milieu naturel par exemple sont pris en compte dans la stratégie.

8.11 Impacts du scénario socio-économique

L'accroissement démographique du canton de Fribourg prévu à l'horizon 2035 figure parmi les plus élevés de Suisse, avec un accroissement estimé à 28% (par rapport à la moyenne de 2013, selon le service de la statistique de l'état de Fribourg). Il est très probable que ce paramètre aura un impact plus important sur la demande en eau que les changements climatiques.

De même, l'urbanisation toujours croissante du canton engendrera vraisemblablement une pression plus forte sur la ressource que celle liée au changement climatique.

8.12 Références

EBP, WSL, SLF (2013). Risiken und Chancen des Klimawandels im Kanton Aargau. Ergebnisbericht. Office fédéral de l'environnement, Berne.

Etat de Fribourg, domaine de l'eau, <https://www.fr.ch/eau>, consulté le 05.04.2015.

Etat de Fribourg, Service de l'environnement, <http://www.fr.ch/sen> consulté le 05.04.2015.

Gruyère énergie SA. 2015. Entretien téléphonique. 02.04.2015

Gruyère énergie SA. <http://www.gruyere-energie.ch> consulté le 06.04.2015.

OcCC/ProClim (Hrsg.) (2007). Les changements climatiques et la Suisse en 2050, impacts attendus sur l'environnement, la société et l'économie. Berne.

OFEV (2012). Impacts des changements climatiques sur les eaux et les ressources en eau, Rapport de synthèse du projet « Changement climatique et hydrologie en Suisse » (CCHydro).

OFS (2011). Vers une croissance démographique pour l'ensemble des cantons lors des 25 prochaines années. Communiqué de presse 29.03.2011. Office fédéral des statistiques, Neuchâtel.

Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux. <http://www.svgw.ch> consulté le 05.04.2015.

9 Tourisme

Dans ce chapitre, une distinction sera faite entre le tourisme fribourgeois dans sa globalité et le tourisme ayant lieu dans les Préalpes fribourgeoises en particulier. L'accent sera mis sur l'analyse des impacts liés aux changements climatiques sur le tourisme préalpin. Les données étant en général disponibles pour les différents districts et non pas pour l'ensemble de la partie préalpine du canton, les données du district de la Gruyère seront parfois considérées comme étant représentatives du tourisme ayant lieu dans la partie préalpine du canton.

9.1 Paramètres de base

Fribourg est l'une des 14 régions touristiques reconnues sur le plan national. Le canton est très diversifié et divisé en trois régions géographiques principales: Plateau, Préalpes et Lac.

En 2011, le canton de Fribourg comptait 126 établissements (hôtels et établissements de cure) qui comptabilisaient 430'544 nuitées. 64% de ces nuitées étaient réalisées par des hôtes provenant de Suisse, le reste par des hôtes de l'étranger (36%). Dans le district de la Gruyère, 126'015 nuitées étaient réalisées cette année-là (62% par des Suisses, 38% par des étrangers). Parallèlement, 1'373'668 nuitées étaient enregistrées en parahôtellerie (chalets et logements de vacances, résidences secondaires, campings, colonies de vacances, institutions à service hôtelier), dont 430'484 dans le district de la Gruyère (Etat de Fribourg, 2013).

Notons que l'offre en hébergement est actuellement quantitativement insuffisante dans le canton (UFT, 2009). La capacité d'hébergement atteint son maximum dans certaines régions du canton durant la période estivale. La stratégie de développement du tourisme fribourgeois prévoit donc la création de 1000 nouvelles chambres hôtelières d'ici à 2030 (contre un peu plus de 2000 actuellement) afin de palier à ce problème, soit une augmentation de 50% de la capacité actuelle.

Dans le canton de Fribourg, les hôtes étrangers proviennent en majorité d'Allemagne (26.5%) et de France (21.8%), puis d'autres pays européens (Italie: 5.9%, Grande-Bretagne: 5%, Espagne: 4.4%, Autriche: 3.5%) ou des Etats-Unis (4.9%) (Etat de Fribourg, 2013).

La majorité des visiteurs viennent dans le canton de Fribourg pendant les mois estivaux (juillet – août sont les mois comptabilisant le plus de nuitées) alors que les mois les moins fréquentés sont ceux de novembre à février (Etat de Fribourg, 2013). Ceci est également le cas dans le district de la Gruyère, malgré l'offre importante en activités de sport d'hiver. Il n'existe en effet pas de lien fort entre activités de sport d'hiver et nuitées hôtelières et para-hôtelière, ceci car les utilisateurs

des remontées mécaniques sont pour la plupart des excursionnistes provenant des bassins de populations voisins (cantons de Fribourg, Berne et Vaud).

Les hôtes ne restent dans le canton que pour des courts séjours de 1.71 jours en moyenne (UFT, 2009).

Au niveau cantonal, c'est le tourisme de loisir qui prédomine. En ville de Fribourg et dans certains « établissements périphériques » le tourisme d'affaire est plus fréquent. L'excursionisme serait 4 à 5 fois plus important que le tourisme de séjour. Les revenus générés par le tourisme d'excursion seraient donc équivalents à ceux générés par le tourisme de séjour (UFT, 2009). L'importance de l'excursionisme est en partie à mettre sur le compte de la situation géographique du canton de Fribourg, proche de grands bassins de population (région de Berne, bassin lémanique).

Dans les Préalpes, le tourisme hivernal est lié aux sports d'hiver. On décompte 9 domaines skiables, tous situés entre 900 et 2000 mètres d'altitude :

- La Berra (5 installations, 25 km de pistes, altitude 747 m - 1635 m)
- Schwarzsee (5 installations, 20 km de pistes, altitude 1050 m - 1800m)
- Charmey (5 installations, 30 km de pistes, altitude 1044 m - 1678 m)
- Jaun (4 installations, 25 km de pistes, altitude 1050 m - 1580 m)
- La Chia (2 installations, 3 km de pistes, altitude 800 m - 1280 m)
- Le Moléson (5 installations, 30km de pistes, altitude 1100 m - 2002 m)
- Rathvel (4 installations, 8 km de pistes, altitude 1265 m - 1496 m)
- Les Paccots (11 installations, 20 km de piste, altitude 1061 m - 1568 m)
- Mont-Gibloux (2 installations, 1 km de pistes, altitude 810 m - 1200 m)

9.2 Impacts liés aux changements climatiques dans le domaine du tourisme

Le tourisme est considéré comme étant très sensible au climat, car étroitement lié à celui-ci. Les effets et aléas liés aux changements climatiques ainsi que leurs impacts sur le domaine touristique sont listés dans le tableau ci-dessous. Les différents aléas/effets étant fortement liés (tout particulièrement la modification de la température moyenne, la modification du régime des précipitations ainsi que la réduction du manteau neigeux), leurs impacts sur le domaine touristique sont parfois similaires et donc traités de manière commune.

Certains aléas/effets ont des conséquences très différentes selon les saisons. De manière générale, la saison hivernale risque de souffrir de l'évolution du climat, alors que cette évolution représente plutôt une opportunité pour la saison estivale. Les impacts de certains aléas/effets seront donc parfois analysés de manière différenciée selon les saisons.

Notons que ce sont les impacts des changements climatiques sur la partie préalpine du canton de Fribourg qui sont détaillés ici.

Aléa / effet	Évaluation quantitative	Évaluation qualitative
Modification du régime des précipitations	<ul style="list-style-type: none"> • Opportunité pour le tourisme estival 	
Vagues de chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • Attrait renforcé des zones d'altitude pour leur climat plus frais 	
Réduction du manteau neigeux	<ul style="list-style-type: none"> • Manque à gagner pour les domaines skiables 	<ul style="list-style-type: none"> • Remise en question de la viabilité des domaines skiables • Diversification des activités touristiques
Modification de la température moyenne	<ul style="list-style-type: none"> • Manque à gagner pour les domaines skiables (hiver) • Opportunité pour le tourisme estival 	<ul style="list-style-type: none"> • Réorientation du tourisme hivernal vers d'autres activités, diversification des activités touristiques
Avalanches, laves torrentielles, glissements de terrain, etc.		<ul style="list-style-type: none"> • Dommages aux bâtiments et infrastructures, notamment aux installations de remontées mécaniques, aux sentiers pédestres et de VTT

Tableau 40: *Aperçu des impacts des changements climatiques sur le domaine du tourisme dans le canton de Fribourg (Analysés quantitativement ou qualitativement)*

La Figure 41 schématise les interactions entre les différents aléas/effets et leurs impacts sur les activités touristiques.

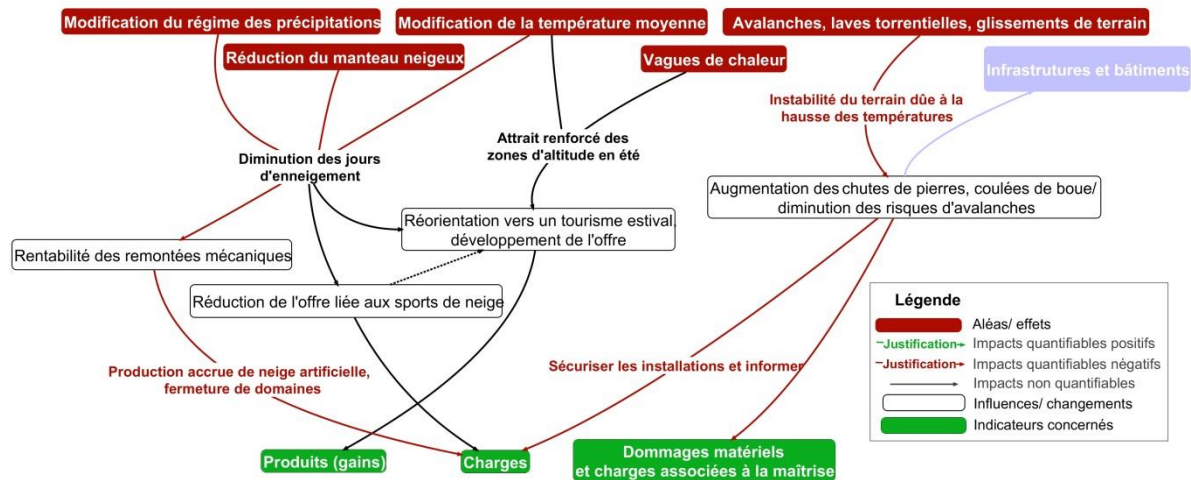


Figure 41 : Chaîne d'impact des aléas/effets modifiés par les changements climatiques et leurs impacts sur les indicateurs utilisés dans cette étude.

9.3 Impacts de la réduction du manteau neigeux

9.3.1 Impacts sur les activités touristiques hivernales

L'augmentation des températures moyennes va provoquer la remontée de la limite pluie-neige d'environ 150 mètres par degré de réchauffement (OFEV, 2012). Le scénario faible amplitude prévoyant une augmentation de la température moyenne hivernale de 1.5°C et le scénario forte amplitude de presque 3.5°C d'ici à 2060, nous calculons une remontée théorique de la limite pluie-neige de 225 mètres, respectivement 525 mètres.

Le maintien d'un manteau neigeux de qualité est également dépendant du nombre de jours avec précipitations neigeuses. Or ce type de journée se fera de plus en plus rare. On en compte environ 53 de nos jours dans les Préalpes entre 1200 et 1600 mètres. Selon le scénario faible amplitude, on en comptera plus que 41 en 2060, et 27 selon le scénario forte amplitude.

L'évolution de la quantité de neige fraîche tombant annuellement dans un endroit donné est aussi un bon indicateur de l'état du manteau neigeux. L'utilisation de modèles climatiques a permis de prédire cette évolution à différentes altitudes dans la région du Moléson (Mani, 2012.³⁸) À 1500 mètres, on compte de nos jours environ 130 cm de chute de neige annuellement. Cette hauteur de neige sera d'environ 90 cm en 2060. À 2000 mètres, 230 cm de neige sont mesurés annuellement, contre environ 175 cm en 2060 selon les modèles.

38) Basé sur les valeurs moyennes d'évolution de températures et précipitations selon le scénario A1B pour l'horizon temporel 2060, provenant des scénarios climatiques CH2011.

La date de fonte des neiges peut également être utilisée pour évaluer l'état du manteau neigeux. L'utilisation de modèles a également permis de déterminer l'évolution de cette date (Mani, 2012.³⁹⁾ De nos jours, dans la région du Moléson, la fonte des neiges commence aux alentours du 12 mars à une altitude de 1500 mètres. En 2060 elle aura lieu avant le 1^{er} mars. À 2000 mètres elle passera de mi-avril (actuellement) à mi-mars (2060) et à 2500 mètres de fin mai (actuellement) à début mai (2060). Ce qui correspond à un décalage moyen d'un mois.

La remontée du manteau neigeux et la diminution du nombre de journées avec précipitations neigeuses représentent une diminution de la sécurité d'enneigement des domaines skiables fribourgeois et par conséquent une réduction de la période d'exploitation de ceux-ci. Ces évolutions sont d'autant plus préoccupantes que les domaines skiables fribourgeois sont situés à des faibles altitudes, critiques en matière d'enneigement. Et finalement, il est plus important pour les stations de ski qu'il y ait de la neige pendant les vacances scolaires (par exemple à Noël) alors que la fonte des neiges au printemps aura moins de répercussions étant donné que les stations font beaucoup de leur chiffre d'affaire fin décembre.

Le manque de neige peut être partiellement comblé par la production de neige artificielle. Il est probable que les stations fribourgeoises aient à l'avenir toujours plus recours aux canons à neige afin de garantir un enneigement minimal. L'utilisation de telles installations représente cependant un coût financier important. L'enneigement d'un kilomètre de piste coûte en moyenne 60'000 francs, le coût des investissements pour l'installation de matériel d'enneigement technique s'élève à environ 1 million de francs par kilomètre (Remontées Mécaniques Suisses, 2014).

Pour le moment, seules trois des neuf stations fribourgeoises possèdent des canons à neige (La Berra, Schwarzsee et Jaun). À la Berra, 4 kilomètres de pistes sont enneigés artificiellement, 3 kilomètres à Jaun et 12 kilomètres à Schwarzsee. Au total, environ 19 kilomètres de pistes sont enneigés artificiellement dans les Préalpes fribourgeoises, pour un coût annuel estimé à 1.1 Mio. CHF.

Il est probable qu'à l'avenir, certains des domaines de petite taille et situés à faible altitude, doivent être fermés par manque de neige et soient dans l'incapacité de produire de la neige artificielle. En effet, certaines conditions météorologiques doivent être réunies afin de permettre la production de neige artificielle (température extérieure inférieure à -2°C). Or ces conditions se feront toujours plus rares avec le réchauffement du climat.

En outre, il est considéré que l'exploitation des remontées mécaniques n'est rentable qu'à partir du moment où la station a un enneigement d'au moins 30 centimètres pendant 100 jours entre début décembre et mi-avril, ceci pendant six années sur dix. Dans les conditions climatiques actuelles, toutes les stations situées dans les Alpes vaudoises et fribourgeoises (17 domaines au

39) Idem

total) bénéficient d'un enneigement naturel fiable. Cependant, ce chiffre pourrait chuter à 11 avec un réchauffement de 1°C, à 9 avec 2°C et à 1 avec 4° de réchauffement (OECD, 2007). Ces chiffres sont inquiétants et montrent la précarité de la situation des domaines skiables situés à basse altitude.

La période d'exploitation des domaines skiables sera réduite par la diminution de la durée d'enneigement et mènera à la perte de revenu économique. De nos jours, les sociétés de remontées mécaniques membres de l'association des remontées mécaniques des Alpes fribourgeoises⁴⁰⁾ font en moyenne 6.9 Mio. CHF de chiffre d'affaire pour le transport de personnes annuellement (moyenne 2009-2013). Faute de données plus précises, nous émettons l'hypothèse que 70% de ce chiffre d'affaire est réalisé pendant la saison hivernale.

9.3.2 Impacts quantitatifs et qualitatifs

Afin de faciliter la compréhension du lecteur sur la méthodologie utilisée pour la réalisation des différents calculs permettant de chiffrer les coûts engendrés par la réduction du manteau neigeux et par l'augmentation des températures sur le domaine touristique, nous présentons dans le Tableau 41 les chiffres utilisés pour la réalisation de cette analyse.

HIVER (Préalpes fribourgeoises)	Situation actuelle	2060 faible	2060 fort
Chiffre d'affaire			
Remontées mécaniques Alpes fribourgeoises, chiffre d'affaire annuel (en Mio CHF)	6.9		
Estimation du chiffre d'affaire réalisé actuellement en hiver (70% du chiffre d'affaire annuel)	4.8		
Nombre de stations			
Nombre de stations actuellement en fonction	9		
Estimation du nombre de stations qui fermeront (sur les 9 actuellement en fonction)		3	7
Manque à gagner pour cause de fermeture de certains domaines (en Mio CHF)		1.6	3.8
Enneigement artificiel			
Kilomètres de pistes enneigés artificiellement actuellement et estimations pour le futur	19	38	19
Coût enneigement d'un kilomètre de piste (en Mio CHF)	0.06	0.06	0.06
Coût d'enneigement actuel et estimé pour le futur (en Mio CHF)	1.1	2.3	1.1
Durée période d'ouverture hivernale			
Période d'ouverture actuelle et prévisions pour le futur (en semaines)	12	9	8
Manque à gagner réduction période d'enneigement (en Mio CHF)		0.8	0.4

Tableau 41: **Chiffres utilisés pour l'analyse des coûts engendrés par la réduction du manteau neigeux et la modification de la température moyenne**

40) Tous les domaines skiables cités plus haut, sauf celui du Mont-Gibloux.

Scénario faible amplitude

Nous estimons qu'en 2060, seules trois stations fribourgeoises bénéficieront encore d'un enneigement naturel fiable⁴¹⁾ et émettons l'hypothèse que trois stations supplémentaires parviendront à maintenir un niveau d'enneigement suffisant à l'aide de production de neige artificielle. Les trois domaines skiables restants seront fermés. Nous considérons ici, par souci de simplification, que chaque station contribue pour une part égale au chiffre d'affaire réalisé par les membres de l'association des remontées mécaniques des Alpes fribourgeoises.⁴²⁾ La fermeture de trois domaines représente donc un manque à gagner de 1.6 Mio. CHF.

Le recours aux canons à neige sera donc accru et nous émettons l'hypothèse que le nombre de kilomètres de pistes enneigées artificiellement doublera d'ici à 2060. Les coûts de ces installations s'élève à 20 Mio. CHF⁴³⁾, et le coût d'exploitation annuel supplémentaire (par rapport à aujourd'hui) de 1.1 Mio. CHF.

Nous estimons que les stations fribourgeoises sont actuellement en fonction pendant environ 12 semaines en hiver (mi-décembre à mi-mars). Malgré le recours à la production de neige artificielle, la période d'exploitation des remontées mécaniques sera réduite de 3 semaines au vu de l'arrivée plus tardive des chutes de neige en début d'hiver et de la date avancée de la fonte des neiges. Considérant que 70% du chiffre d'affaire est réalisé en hiver, et que seules six des neuf stations fribourgeoises seront encore en fonction, nous calculons un manque à gagner de 0.8 Mio. CHF suite à la réduction de la durée de la saison hivernale.

Des pertes d'emplois ainsi qu'une diminution des revenus du domaine de la restauration pourraient résulter de la fermeture des domaines skiables. Celles-ci sont évaluées de manière qualitative. Nous considérons qu'elles sont plus faibles que la somme des impacts quantifiables⁴⁴⁾ (EBP/SLF/WSL, 2013a).

Comme il n'existe pas de lien statistique entre la pratique des sports d'hiver et les nuitées hôtelières et para-hôtelières, nous considérons que le secteur hôtelier ne souffrira que de manière très limitée du manque de neige, ce secteur n'est donc pas pris en compte dans cette analyse.

41) Hypothèses basées sur le rapport de l'OCDE, 2007

42) Le Mont-Gibloux ne fait pas partie de l'association des remontées mécaniques des Alpes fribourgeoises. Cependant, au vu de la petite taille du domaine, nous estimons que les revenus générés par ce domaine sont minimes par rapport aux revenus générés par les autres domaines. Nous estimons ainsi que la somme totale du chiffre d'affaire ne serait que peu modifiée si le Mont-Gibloux était pris en compte et estimons donc que les 6.9 Mio. CHF représente le chiffre d'affaire total de l'ensemble des stations fribourgeoises.

43) Nous ne prenons pas en compte le coût de ces investissements dans l'analyse, seuls les coûts d'utilisation sont considérés

44) La méthodologie développée par EBP/SLF/WSL (2013a) permet de classer les impacts évalués qualitativement en différentes classes de gravité qui indiquent l'importance de l'ensemble des impacts non quantifiés par rapport à l'ensemble des impacts quantifiés (gravité plus grande, comparable, plus faible, nettement plus faible). Un facteur de conversion est attribué à chaque classe de gravité (gravité plus grande = 3, comparable = 1, plus faible = 1/3, nettement plus faible = 1/10), permettant de réaliser une évaluation globale du coût de l'ensemble des impacts analysés, tant qualitatifs que quantitatifs.

Scénario forte amplitude

Nous estimons qu'en 2060 aucune station fribourgeoise ne bénéficiera encore d'un enneigement naturel fiable⁴⁵⁾ et émettons l'hypothèse que seules 2 stations parviendront à maintenir un niveau d'enneigement suffisant à l'aide de production de neige artificielle. Les sept domaines skiables restants seront fermés. Considérant que chaque station contribue pour une part égale au chiffre d'affaire réalisé par les membres de l'association des remontées mécaniques des Alpes fribourgeoises, la fermeture de sept domaines représente donc un manque à gagner de 3.8 Mio. CHF.

Nous estimons que le recours à la production de neige artificielle sera accru dans les deux stations encore exploitées. Cependant, au vu de la fermeture d'un nombre important de domaine, nous émettons l'hypothèse que le nombre de kilomètre de pistes enneigées artificiellement sera similaire à aujourd'hui (coûts : 1.1 Mio/an).

Malgré le recours à la production de neige artificielle, la période d'exploitation des remontées mécaniques sera réduite de 4 semaines au vu de l'arrivée plus tardive des chutes de neige en début d'hiver et de la date avancée de la fonte des neiges. Considérant que seules deux des neuf stations fribourgeoises seront encore en fonction, nous calculons un manque à gagner de 0.4 Mio. CHF.

Des pertes d'emplois ainsi qu'une diminution des revenus de la restauration pourraient résulter de la fermeture des domaines skiables. Celles-ci sont évaluées de manière qualitative. Nous considérons qu'elles sont plus faibles que la somme des impacts quantifiables.

Comme il n'existe pas de lien statistique entre la pratique des sports d'hiver et les nuitées hôtelières et para-hôtelières, nous considérons que le secteur hôtelier ne souffrira que de manière très limitée du manque de neige, ce secteur n'est donc pas pris en compte dans cette analyse.

Le Tableau 42 présente les bénéfices réalisés par le tourisme hivernal (remontées mécaniques uniquement) dans les Préalpes fribourgeoises aujourd'hui ainsi que pour les scénarios faible et forte amplitude.

45) Hypothèses basées sur le rapport de l'OCDE, 2007

Coûts et bénéfices 2060 : Evènement moyen annuel Mio. CHF		
	Coûts / bénéfices	Incertitude classifiée
Aujourd'hui	3.7 ⁴⁶⁾	0
Scénario faible amplitude	-1.1 ⁴⁷⁾	1
Scénario forte amplitude	-1.8 ⁴⁸⁾	1

Tableau 42: Coûts et bénéfices 2060 causés par la réduction du manteau neigeux et l'augmentation des températures moyennes pendant la saison hivernale dans le domaine du tourisme

9.3.3 Appréciation des incertitudes

Au vu des données à disposition et de l'état des connaissances quant à l'évolution des différents paramètres analysés ici, nous estimons que les incertitudes sont relativement faibles. C'est pourquoi, la classe 1 a été attribuée.

9.4 Impacts de la modification de la température moyenne

9.4.1 Impacts sur les activités touristiques hivernales

Analysé conjointement avec la réduction du manteau neigeux au point 9.3.

9.4.2 Impacts sur les activités touristiques estivales

Analysé conjointement avec l'aléa vague de chaleur au point 9.5.

9.5 Impacts des vagues de chaleur

Afin de faciliter la compréhension du lecteur sur la méthodologie utilisée pour la réalisation des différents calculs permettant de chiffrer les bénéfices de l'augmentation des vagues de chaleur

46) Revenu hivernal des remontées mécaniques – coût de l'enneigement artificiel (se référer au Tableau 41).

47) Revenu hivernal des remontées mécaniques – coût de l'enneigement artificiel actuel – coûts liés aux changements climatiques (pertes liées à la fermeture de domaines skiables, coût supplémentaire de l'enneigement artificiel, pertes liées à la réduction de la période d'exploitation) – 1/3 x somme des coûts liés aux changements climatiques (prise en compte des éléments analysés de manière qualitative, se référer au Tableau 41).

48) Idem

et de l'augmentation des températures sur le domaine touristique, nous présentons dans le Tableau 43 les chiffres utilisés pour la réalisation de cette analyse.

Notons que par manque de données précises pour l'ensemble des Préalpes fribourgeoises, nous allons ici analyser les impacts de l'augmentation des températures moyennes et vagues de chaleur uniquement pour le district de la Gruyère et considérons qu'elles représentent l'ensemble de la région des Préalpes fribourgeoises.

ÉTÉ (district de la Gruyère)	Situation actuelle	2060 faible	2060 fort
Nuitées hôtelières			
nombre de nuitées	47'600		
bénéfices générés par une nuitées (en CHF)	80		
Revenus générés par les nuitées (en Mio. CHF)	3.8		
Facteur d'augmentation des revenus liés aux nuitées		+ 4 %	+ 14 %
Estimations revenus futurs liés aux nuitées (en Mio CHF)		4.0	4.3
Remontées mécaniques			
Remontées mécaniques Alpes fribourgeoises, chiffre d'affaire annuel (en Mio CHF)	6.9		
Estimation du chiffre d'affaire réalisé actuellement en été (30% du chiffre d'affaire annuel)	2.1		
Nombre de domaines situés en Gruyère (sur 9)	5		
Revenu estival réalisé par les remontées mécaniques en Gruyère (en Mio. CHF)	1.2		
Facteur d'augmentation des revenus liés aux remontées mécaniques		+ 4%	+ 14 %
Estimations revenus futurs liés aux remontées mécaniques (en Mio CHF)		1.2	1.3

Tableau 43: *Chiffres utilisés pour l'analyse des bénéfices engendrés par l'augmentation des vagues de chaleur et la modification de la température moyenne*

9.5.1 Impacts sur les activités touristiques estivales

Au contraire de la saison hivernale, la saison estivale pourrait profiter de l'augmentation des températures moyennes ainsi que des vagues de chaleur.

L'accroissement de la fréquence des vagues de chaleur et des températures estivales en plaine renforce l'attrait des visiteurs pour les régions situées en altitude qui seront donc plus « fraîches » que les régions de plaine (SAB, 2010).

Les visiteurs pourraient être toujours plus nombreux dans les Préalpes fribourgeoises pendant la saison estivale. D'autant plus que la région a l'avantage d'être située proche des grands bassins de population.

On dénombre de nos jours 6 jours tropicaux sur le Plateau (500-700 m). Selon le scénario faible amplitude on en dénombrera 13 en 2060, respectivement 27 selon le scénario forte amplitude. Dans les Préalpes (800-1200 m), seul un jour tropical est mesuré en moyenne annuellement de nos jours. On en dénombrera 2 en 2060 selon le scénario faible amplitude et 7 selon le scénario forte amplitude. Ces chiffres démontrent l'attrait des zones de montagne pendant les périodes de vagues de chaleur, qui toucheront les zones de plaine de manière particulièrement importante.

Un nombre accru de visiteurs (excursionnistes ou visiteurs logeant sur place) mènera à l'augmentation du nombre de nuitées ainsi que des apports financiers des activités liées de près ou de loin au tourisme (activités sportives et commerces par exemple). Les sociétés de remontées mécaniques pourront également profiter de cette augmentation du nombre de visiteurs, il en résultera une augmentation des revenus liés à l'exploitation de ces dernières. Notons que les sociétés de remontées mécaniques semblent conscientes de cette opportunité puisqu'elles mettent en place des mesures visant à accroître la part de leur chiffre d'affaire résultant des activités estivales. La construction récente de nouveaux télésièges leur permet d'attirer une clientèle adepte des randonnées pédestres et de la pratique du VTT par exemple.

Dans le district de la Gruyère, un peu plus de 154'300 nuitées hôtelières ont été réalisées en 2014. Dont 47'600 pendant les mois d'été (juin – août, ce qui représente 31% des nuitées annuelles).

Or nous considérons qu'une nuitée rapporte en moyenne 80 CHF⁴⁹⁾, ce qui représente un total de 3.8 Mio CHF pour la saison estivale.

Notons qu'il est prévu que près de 1000 chambres hôtelières soient créées dans le canton, augmentant ainsi la capacité d'hébergement.

Cinq des neuf sociétés de remontées mécaniques sont situées dans le district de la Gruyère. Émettant l'hypothèse que 30% du chiffre d'affaires des remontées mécaniques est pour le moment réalisé en été, nous calculons un revenu de 1.2 Mio. CHF pour le district.

9.5.2 Impacts quantitatifs et qualitatifs

Scénario faible amplitude

Suite à l'augmentation des températures moyennes ainsi que de la fréquence des vagues de chaleur nous estimons que les revenus liés aux nuitées ainsi qu'au transport de personnes par les remontées mécaniques augmenteront de 4%.⁵⁰⁾

Les revenus liés aux nuitées s'élèveraient ainsi à 4 Mio CHF pour le district de la Gruyère.

Les revenus liés au transport de personnes s'élèveraient ainsi à 1.2 Mio CHF pour le district de la Gruyère.

49) Selon Hotelleriesuisse

50) Mêmes estimations que pour l'analyse de risque du canton d'Uri (Infras und Egli Engineering, 2014)

Scénario forte amplitude

Suite à l'augmentation des températures moyennes ainsi que de la fréquence des vagues de chaleur nous estimons que les revenus liés aux nuitées ainsi qu'au transport de personnes par les remontées mécaniques augmenteront de 14%.⁵¹⁾

Les revenus liés aux nuitées s'élèverait ainsi à 4.3 Mio. CHF pour le district de la Gruyère.

Les revenus liés au transport de personnes s'élèveraient ainsi à 1.3 Mio. CHF pour le district de la Gruyère.

Notons que le printemps et l'automne pourraient également profiter des changements climatiques. La belle saison étant prolongée par l'augmentation des températures moyennes, les activités en plein-air seraient praticables de plus en plus tôt au printemps et tard en automne.

Dans les deux scénarios, des emplois pourraient être créés suite à l'augmentation du nombre de nuitées et de transports de voyageurs. Des emplois pourraient également être créés par le développement de nouvelles activités touristiques et par les activités annexes qui y sont reliées. Il nous est impossible de faire des affirmations quantitatives quant aux bénéfices réalisés par la création de ces nouveaux emplois. Nous estimons cependant que l'impact de la création d'emploi est plus faible que la somme des impacts quantifiables.

Le Tableau 44 présente les bénéfices réalisés par le tourisme estival (hébergement et remontées mécaniques) aujourd'hui ainsi que pour les scénarios faible et fort dans le district de la Gruyère.

Coûts et bénéfices 2060 : Evènement moyen annuel Mio. CHF		
	Coûts / bénéfices	Incertitude classifiée
Aujourd'hui	5,0 ⁵²⁾	0
Scénario faible	5,2 ⁵³⁾	1
Scénario fort	5,9 ⁵⁴⁾	1

Tableau 44: Coûts et bénéfices 2060 causés par l'augmentation des vagues de chaleur ainsi que l'augmentation des températures moyennes pendant la saison estivale dans le district de la Gruyère

51) Mêmes estimations que pour l'analyse de risque du canton d'Uri (Infras und Egli Engineering, 2014)

52) Revenus engendrés par les nuitées + revenus engendrés par les remontées mécaniques (se référer au Tableau 43)

53) Estimations revenus engendrés par les nuitées + estimations revenus engendrés par les remontées mécaniques + 1/3 x somme des bénéfices quantifiables engendré par l'augmentation des vagues de chaleur et de la température moyenne (pour prendre en compte les éléments analysés de manière qualitative, se référer au Tableau 43).

54) Idem

9.5.3 Appréciation des incertitudes

Au vu des données à disposition et de l'état des connaissances quant à l'évolution des différents paramètres analysés ici, nous estimons que les incertitudes sont relativement faibles. C'est pourquoi, la classe 1 a été attribuée.

9.6 Impacts de la modification du régime des précipitations

9.6.1 Impacts sur les activités touristiques hivernales

En hiver, les précipitations seront plus abondantes, elles tomberont cependant à l'avenir plus fréquemment que de nos jours sous forme de pluie que de neige dans les Préalpes. La conséquence de l'augmentation de la quantité des précipitations est négligeable comparée aux impacts provoqués par l'augmentation des températures moyennes. Nous considérons que les impacts de la modification du régime des précipitations en hiver sont reliés et donc similaires à ceux de la réduction du manteau neigeux, analysés au point 9.3.

9.6.2 Impacts sur les activités touristiques estivales

En été, la diminution des précipitations pourra mener à un attrait renforcé des régions situées en altitude. Les impacts de la modification du régime des précipitations pendant la saison estivale sont donc similaires, quoique de moindre importance, à ceux liés à la modification de la température moyenne, analysés au point 9.4.

9.7 Impacts des avalanches, laves torrentielles, glissements de terrain

Les dangers naturels tels que les avalanches, laves torrentielles et glissements de terrain peuvent endommager les infrastructures et bâtiments à usage touristique. Dans le domaine touristique, ce sont particulièrement les remontées mécaniques qui sont vulnérables à la survenance de tels dangers naturels. L'accès aux pôles touristiques pourrait également être entravé par de tels phénomènes.

Pour l'évaluation du coût des dommages aux bâtiments et infrastructures, voir chapitre 7.

Les chemins pédestres ainsi que de VTT peuvent également être touchés par de tels phénomènes. Faute de données, nous estimons que les coûts liés à la réparation de telles infrastructures sont négligeables.

Les exploitants de domaines skiables peuvent, selon la situation du domaine, avoir des coûts de dynamitage, afin de limiter le risque d'avalanche. Ce type de coûts diminuera dans le futur, les avalanches se faisant moins fréquentes avec des quantités de neige moindre. Etant donné l'altitude des Préalpes fribourgeoises, nous estimons que les gains réalisés par la diminution des activités de dynamitage sont minimes en comparaisons des autres impacts.

Globalement, l'impact des changements climatiques sur les avalanches, laves torrentielles et glissements de terrain dans le domaine touristique est jugé comme étant neutre.

9.7.1 Appréciation des incertitudes

Les dommages aux infrastructures et aux bâtiments occasionnés par les avalanches et les processus de glissements sont relativement bien quantifiés et présentés dans le chapitre « Infrastrukturen und Gebäude ». Les autres coûts affectant le tourisme (dynamitage pour réduire le risque d'avalanches, dommages aux chemins pédestres et VTT) sont cependant peu documentés. Dans le contexte des changements climatiques dans les Préalpes, les avalanches et les processus de glissements sont des événements occasionnels. Par conséquent, les incertitudes sont jugées grandes.

9.7.2 Risques pour les saisons touristiques estivale et hivernale

L'analyse des différents risques et opportunités liés aux changements climatiques dans le domaine touristique a montré que ce sont principalement la modification des températures moyennes et la diminution du manteau neigeux qui auront les impacts négatifs les plus importants pour le tourisme préalpin fribourgeois.

Les saisons sont touchées différemment par les changements climatiques. La saison hivernale est la grande perdante (Figure 42, gauche), alors que l'été (Figure 42, droite), ainsi que le printemps et l'automne dans une moindre mesure, pourraient profiter des modifications induites par les changements climatiques.

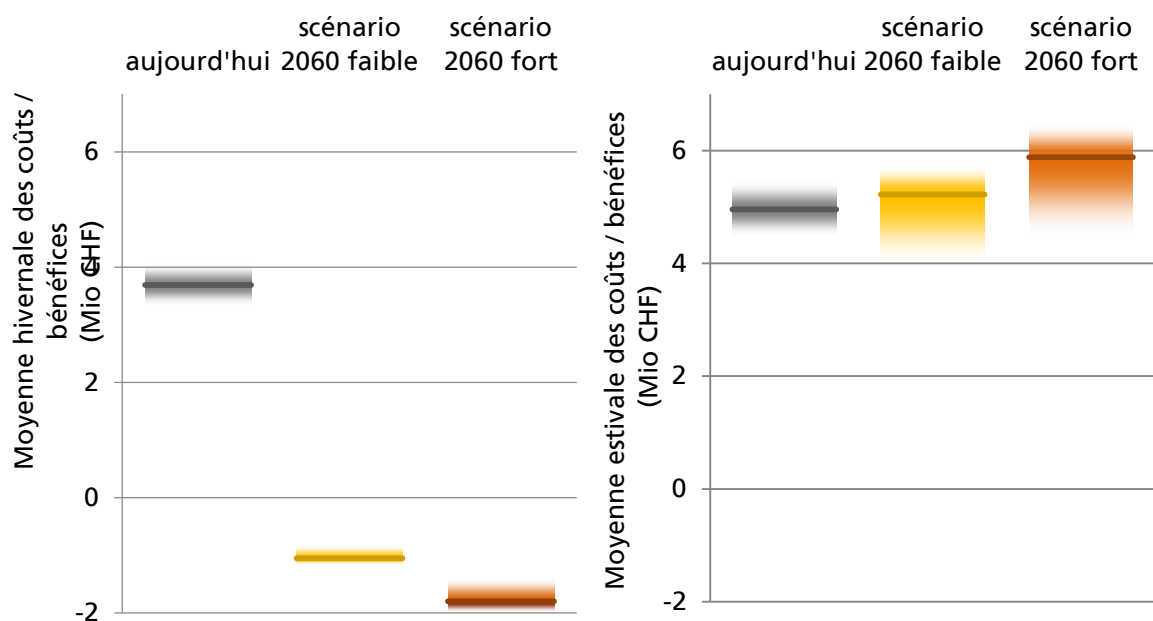


Figure 42 : Coûts et bénéfices moyens hivernaux (gauche) et estivaux (droite) dans le domaine touristique pour les Préalpes fribourgeoises (gauche) ou le district de la Gruyère (droite)⁵⁵⁾

9.7.3 Risques selon le scénario climatique 2060-faible amplitude

Le Tableau 45 résume les risques et opportunités engendrés par les différents aléas/effets selon le scénario faible amplitude.

55) Les bénéfices estivaux comprennent uniquement les activités ayant lieu dans le district de la Gruyère.

<i>Indicateur</i>	<i>Aléa / Effet</i>		
	Avalanches / laves torrentielles / glissements de terrain	Vagues de chaleur / modification des températures moyennes / modification du régime des précipitations (été)	Réduction du manteau neigeux / modification des températures moyennes / modification du régime des précipitations (hiver)
Produits		0.2	
Charges			-4.8
Dommages matériels et charges associées à la maîtrise	q0		
Somme Préalpes FR	q0	0.2	-4.8
Plateau FR		q0	q0
Canton FR	q0	q0	-4.8

Tableau 45 : Impacts de la modification des aléas / effets par les changements climatiques sur les différents indicateurs (Description des classes dans le chapitre 3.4)

Les domaines skiables fribourgeois sont particulièrement vulnérables à la réduction du manteau neigeux au vu de leur altitude. D'ici à 2060, l'enneigement naturel ne sera plus suffisant dans un grand nombre de stations.

En Suisse, le recours à la production de neige artificielle a fortement augmenté au cours des dernières années (10% de la surface des pistes étaient enneigées en 2000 contre 36% en 2010). La production de neige artificielle étant en général la mesure d'adaptation au manque de neige la plus prisée.

Cependant, au vu de la relative basse altitude des domaines skiables fribourgeois, il paraît évident que la pratique des sports d'hiver est menacée à long terme (2060) dans la plupart des domaines. Certains domaines skiables, situés à basse altitude, ne pourront plus être exploités et fermeront donc d'ici à 2060. Une réflexion quant au maintien du ski dans les Préalpes fribourgeoises à long terme semble donc être indispensable.

Il est par conséquent nécessaire que les stations des Préalpes, diversifient leur offre touristique (tourisme 4-saisons) en proposant des activités non dépendantes de l'enneigement. Les stations semblent en être conscientes puisque des activités sont développées, notamment le développement de randonnées ou parcours de VTT au sommet des remontées mécaniques.

Cependant, au vu du lien très faible entre la pratique des sports de neige et les nuitées hôtelières, les risques restent limités et sont focalisés sur les exploitants de domaines skiables ainsi que sur les activités qui y sont reliées.

En plus de représenter une menace, les changements climatiques peuvent également être une opportunité pour les régions d'altitude, telles que les Préalpes fribourgeoises, particulièrement pendant la saison estivale, et dans une moindre mesure au printemps et en automne.

Les changements climatiques représentent donc autant un risque qu'une opportunité pour la région préalpine du canton de Fribourg. Cependant à l'échelle annuelle (saisons hivernale et estivale), les risques semblent être de plus grande importance que les opportunités puisque les pertes financières liées aux changements climatiques sont globalement plus importantes que les bénéfices générés par ceux-ci dans le domaine du tourisme.

9.7.4 Risques selon le scénario climatique 2060-forte amplitude

Le Tableau 46 résume les risques et opportunités engendrés par les différents aléas/effets selon le scénario forte amplitude. De manière générale, les risques ainsi que les opportunités sont les mêmes que ceux décrits pour le scénario faible amplitude, mais leur ampleur est plus importante.

<i>Indicateur</i>	<i>Aléa / Effet</i>		
	Avalanches / laves torrentielles / glissements de terrain	Vagues de chaleur / modification des températures moyennes / modification du régime des précipitations (été)	Réduction du manteau neigeux / modification des températures moyennes / modification du régime des précipitations (hiver)
Produits		0.9	
Charges			-5.5
Dommages matériels et charges associées à la maîtrise	q0		
Somme Préalpes FR	q0	0.9	-5.5
Plateau FR		q0	q0
Canton FR	q0	q0	-5.5

Tableau 46 : Impacts de la modification des aléas / effets par les changements climatiques sur les différents indicateurs (Description des classes dans le chapitre 3.4)

Les changements climatiques impactent de façon particulièrement importante le tourisme préalpin, puisque celui-ci est partiellement dépendant de la neige et des conditions climatiques en général. Le tourisme de plaine est moins dépendant de ces paramètres. Nous n'avons ici pas analysé plus en détail l'influence des changements climatiques sur le tourisme dans la région du Plateau fribourgeois. Les résultats de l'étude de cas du canton d'Argovie (EBP/WSL/SLF, 2013b) (représentant la grande région géographique qu'est le Plateau) peuvent être transposés à cette

partie du canton de Fribourg. Or il avait été conclu que l'évolution des divers paramètres climatiques n'aurait que peu d'impact sur les activités touristiques puisque l'excursionisme représente une part importante de celles-ci. Nous estimons donc que, dans le canton de Fribourg, le tourisme de Plaine sera bien moins touché par l'évolution climatique que le tourisme préalpin.

9.8 Liens avec la stratégie d'adaptation

La Figure 43 représente les liens avec les différents champs d'action et mesures du plan d'action de la stratégie nationale d'adaptation aux changements climatiques.

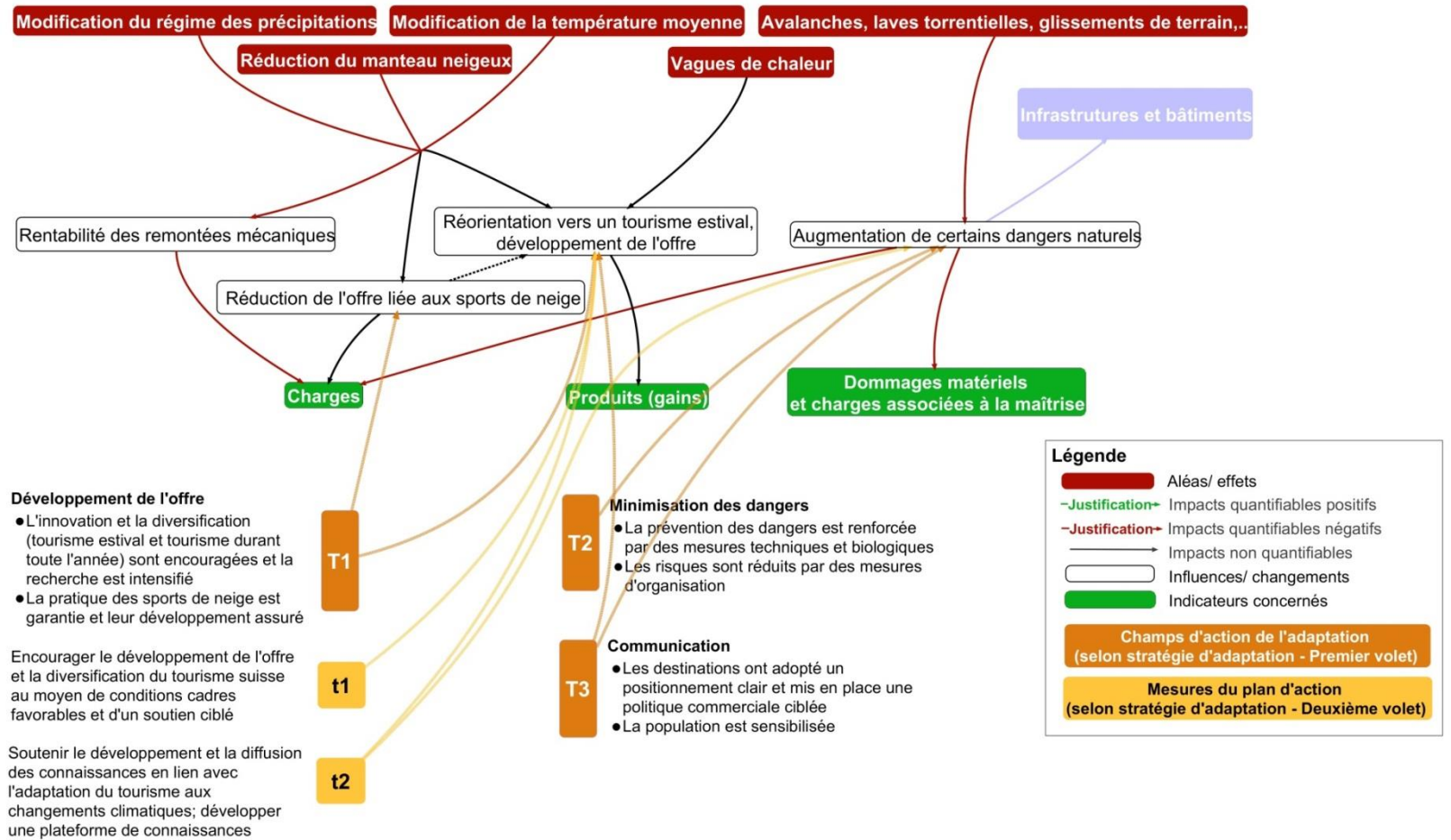


Figure 43 : Liens avec les champs d'action et mesures du plan d'action de la stratégie d'adaptation du Conseil Fédéral

Les impacts mis en avant dans cette analyse du risque concordent avec les champs d'action de la stratégie d'adaptation. Il s'agit du développement de l'offre touristique (diversification des activités), de la minimisation des dangers et de la communication. Les mesures mettent tout particulièrement l'accent sur le développement et la diffusion des connaissances ainsi que sur le développement d'une offre touristique adaptée et plus diversifiée. Sensibilisation de la population et diversification de l'offre semblent donc être les clés de l'adaptation du secteur touristique face aux modifications du climat.

9.9 Impacts du scénario socio-économique

En plus de sa dépendance aux conditions climatiques, le tourisme est également fortement sensible à d'autres paramètres, d'ordre socio-économique.

Le tourisme suisse est particulièrement sensible au taux de change. Les chiffres des nuitées connaissent une évolution semblable, avec un léger décalage, à l'évolution du taux de change (entre le franc suisse et les monnaies des pays de provenance des visiteurs). Ce paramètre influence fortement la demande des hôtes provenant de pays étrangers, car il augmente ou diminue le coût des séjours en Suisse (Hotelleriesuisse, 2014).

De même, le développement économique des pays de provenance des visiteurs influence également la demande dans le domaine du tourisme.

Les tendances d'évolution de ces deux paramètres socio-économiques sont cependant imprévisibles et donc reliées à des fortes incertitudes.

Les actions de communication et de publicité réalisées en Suisse ou à l'étranger peuvent également influencer le nombre de visiteurs se rendant dans une région donnée.

La création de nouvelles « attractions touristiques » ainsi que la communication médiatique qui y est reliée peuvent aussi mener à faire connaître une région à un plus large public et susciter un intérêt chez certains. On peut donner l'exemple de la récente création du parc naturel régional Gruyère-Pays-d'Enhaut (reconnu par l'OFEV en 2012), situé dans les Préalpes, entre le canton de Vaud et celui de Fribourg. Sa création renforce l'attractivité de la région.

La demande touristique augmentera également du fait de la croissance démographique. Le canton de Fribourg est un canton particulièrement dynamique en matière de démographie, il comptera près de 380'000 habitants en 2060 contre 300'000 de nos jours. Cette augmentation du nombre de résidents pourra mener à une augmentation du tourisme de proximité et de l'excursionisme.

Les paramètres socio-économiques ont donc une importance de taille sur le développement du tourisme fribourgeois. Il est cependant difficile de prévoir l'évolution de ces paramètres dans le

futur. L'évolution de ces différents paramètres peut influencer les activités touristiques tant de manière positive que négative.

9.10 Références

- EBP/SLF/WSL (2013a). Analyse klimabedingter Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz. Methodenbericht. Bundesamt für Umwelt, Bern
- EBP/WSL/SLF (2013b). Risiken und Chancen des Klimawandels im Kanton Aargau. Ergebnisbericht. Office fédéral de l'environnement, Berne.
- Etat de Fribourg, Service de la statistique (2013). Annuaire statistique du canton de Fribourg 2013.
- Hotelleriesuisse (2014). Chiffres et faits. Edition 2014.
- Infras et Egli Engineering (2014). Klimabedingte Risiken und Chancen 2060, regionale Fallstudie Kanton Uri.
- Mani, P. & Caduff, U. (2012). Klimasensitivität Naturgefahren. Teil 1 : Methodenbericht Alpen, Voralpen und Südschweiz.
- OcCC/ProClim (éd.), Organe consultatif sur les changements climatiques (2007). Les changements climatiques et la Suisse en 2050, Impacts attendus sur l'environnement, la société et l'économie. Berne.
- OECD 2007, <http://www.oecd.org/fr/env/cc/37834053.pdf> (consulté le 12.04.2015)
- OFEV, Office fédéral de l'environnement (éd.) (2012). Impacts des changements climatiques sur les eaux et les ressources en eau, rapport de synthèse du projet « changement climatique et hydrologie et Suisse » (CCHydro). Connaissance de l'environnement n°1217 : Berne.
- Remontées Mécaniques Suisses (2014). Faits & chiffres de la branche des remontées mécaniques suisses, Edition 2014.
- SAB, groupement suisse pour les régions de montagne (2010). Le tourisme face au changement climatique, stratégies pour prolonger la saison touristique. [Rapport d'une conférence]. Disponible sur : http://www.sab.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente_SAB_Verlag/Autres_publications/BA_TouristischeGem_Saison_10.10_fr.pdf (consulté 10.09.2014)
- Union Fribourgeoise du tourisme (2009), Stratégie de développement du tourisme fribourgeois « Vision 2030 », Résumé / Synthèse.

10 Energie

10.1 Kurzbeschreibung

Beim Auswirkungsbereich Energie gilt es zu unterscheiden zwischen der Energieproduktion und dem Energieverbrauch. Bei der Energieproduktion sind diejenigen Energieträger zu untersuchen, deren Produktion direkt von Klimaparametern wie Niederschlag, Temperatur oder Wind abhängt. Im Vordergrund steht klar die Wasserkraft wegen ihrer direkten Abhängigkeit von den Niederschlägen, welche die Abflussmengen in den Flüssen stark beeinflussen. Der Klimawandel kann durch Veränderungen beim Windaufkommen aber auch die zukünftige Effizienz von Windenergieanlagen beeinflussen. Gleiches gilt in Bezug auf die Sonnenscheindauer für Photovoltaikanlagen.

Beim Thema Energieverbrauch stehen die erwarteten Einsparungen im Bereich der Heizenergie sowie der Mehrverbrauch für die zusätzliche Kühlung, die mit der Zunahme der mittleren Temperatur einhergehen, im Fokus. Folgende Bereiche werden untersucht:

- Heizen von Gebäuden
- Heizen von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen (bei Antrieb mit fossilen Energieträgern erfolgt die Heizung durch Abwärme, d.h. ohne zusätzlichen Energieverbrauch, und wird deshalb nicht untersucht)
- Kühlen von Gebäuden (gegliedert nach Wohnbauten und Industrie-/Gewerbebauten)
- Kühlen von Fahrzeugen (unabhängig von der Art des Antriebs)

Im Auswirkungsbereich „Energie“ wird als Indikator zur Quantifizierung der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels der Indikator „Erträge“ bzw. „Aufwendungen“ betrachtet. Sowohl bei der Energieproduktion sowie beim Energieverbrauch geht es somit um die wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels.

10.2 Klimaänderungsbedingte Auswirkungen im Bereich Energie

Energieproduktion

Im Bereich der Energieproduktion wird die Wasserkraftnutzung quantitativ untersucht, da sie in einem direkten Zusammenhang mit der Abflussmenge in Flüssen und damit den Niederschlägen steht. Energieformen, bei denen die produzierte Leistung nur indirekt, z.B. über den Wirkungsgrad der Energieumwandlung (abhängig von der Temperatur), von Klimaparametern abhängen, werden nur qualitativ untersucht. Ebenfalls nur qualitativ betrachtet wird die Solar- und Windenergieproduktion, da es derzeit noch zu wenig klar ist, wie sich Klimaparameter wie Sonnenscheindauer bzw. die Verteilung der Windgeschwindigkeit ändern werden.

Energieverbrauch

Folgende Bereiche sind besonders massgeblich und es stehen gute Grundlagendaten zum heutigen Energieverbrauch zur Verfügung:

Verbrauch von fossiler Heizenergie (Heizöl, Erdgas) im Kt. FR

Verbrauch von Heiz- und Kühlenergie bei den SBB. Weitere Leistungserbringer im ÖV müssen mangels einfach zugänglicher Daten durch Hochrechnung berücksichtigt werden, was aber nur mit geringen Unschärfen verbunden ist.

Bei der Kühlenergie im PkV-Verkehr gibt es gute Grundlagen zum Treibstoff-Mehrverbrauch bei aktiver Kühlung. Beträchtliche Unschärfen gibt es bei der Kühlung von Gebäuden; hier wird primär die Literatur ausgewertet und publizierte Ergebnisse auf den Kt. FR übertragen.

In der nachfolgenden Tabelle sind die quantitativ sowie die qualitativ untersuchten Auswirkungen im Bereich Energieproduktion und –verbrauch dokumentiert.

Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen	Nicht quantitativ analysierte Auswirkungen
Änderung im Niederschlagsregime	<ul style="list-style-type: none"> • Änderung der Energieproduktion aus Wasserkraft infolge veränderter Abflussmengen aus Niederschlag. 	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere mittlere Erträge aus Wasserkraft, da Produktion im Winter, wo Preise überdurchschnittlich sind, tendenziell ansteigt.
Veränderung Mitteltemperatur	<ul style="list-style-type: none"> • Minderaufwendungen im Zusammenhang mit der Reduktion der Heizenergie (Gebäude, elektrisch betriebener ÖV) • Mehraufwendungen im Zusammenhang mit der Erhöhung der Kühlenergie (Gebäude, ÖV, PkV) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kürzere Schneebedeckung der Dächer erhöht Solarenergieproduktion (PV, Wärme) im Winter. • Abnahme des Wirkungsgrads bei der Umwandlung von Wärme in Elektrizität (z.B. Gaskombikraftwerke) sowie von Solarzellen (PV), dadurch geringere mittlere Energieproduktion. • Zunahme der Energieausbeute bei der Wärmeproduktion aus Solarenergie.

Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen	Nicht quantitativ analysierte Auswirkungen
		<ul style="list-style-type: none"> • Veränderung der Effizienz von Windkraftanlagen (im Zusammenhang mit einer veränderten Verteilung der Windstärke)⁵⁶⁾ • Veränderung der Effizienz von Photovoltaikanlagen (im Zusammenhang mit einer möglichen Änderung der Sonnenscheindauer) • Steigende Verluste bei der Stromübertragung.
Sturm / Orkan	-	<ul style="list-style-type: none"> • Schäden an Stromleitungen führen zu wirtschaftlichen Einbussen der Stromindustrie sowie Kosten für die Instandsetzung
Hochwasser	-	<ul style="list-style-type: none"> • temporäre Einschränkungen der Wasserkraftnutzung (durch höheren Sedimentfrachten, Baumstämme etc.) sowie Kosten für Aufräumen / Schadenbewältigung
allg. Trockenheit	-	<ul style="list-style-type: none"> • temporäre Einschränkungen der Wasserkraftnutzung, Notwendigkeit der Substitution aus anderen Quellen (zu allenfalls anderen Kosten)

Tableau 47: Quantitativ sowie qualitativ untersuchte Auswirkungen pro Gefahr/Effekt im Bereich Energieproduktion und –verbrauch

Der Zusammenhang zwischen den betrachteten Gefahren/Effekten, den Wirkungen und den für die Erfassung der Risiken und Chancen verwendeten Indikatoren ist in Figure 44 dargestellt.

56) Da die Veränderung der Windstärkeverteilung sowie der Sonnenscheindauer primär eine Auswirkung auf den Auswirkungsbe- reich „Energie“ haben können, werden diese nicht als separater Effekt ausgewiesen. Um die möglichen Folgen des Klimawandels zumindest qualitativ zu berücksichtigen, werden diese Effekte beim Effekt „Veränderung Mitteltemperatur“ berücksichtigt.

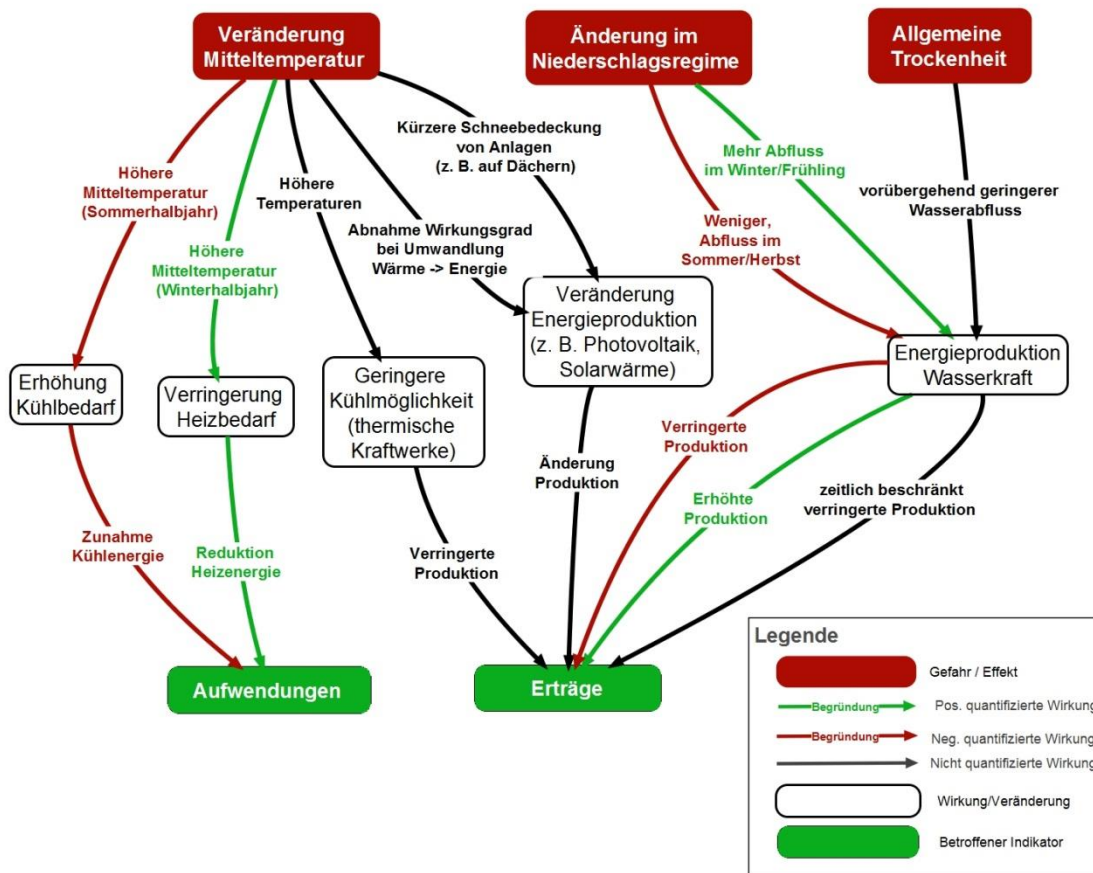


Figure 44: Zusammenhang zwischen den wichtigsten betrachteten Gefahren/Effekten, den Wirkungen und den für die Erfassung der Risiken und Chancen verwendeten Indikatoren

Die quantitativen Auswirkungen des Klimawandels im Kt. FR in Bezug auf die Energieproduktion (Wasserkraft) haben ihre Ursache primär in der Veränderung des Niederschlagsregimes; die Einflüsse der zunehmenden Mitteltemperatur (über die Verdunstung) sind eher von untergeordneter Bedeutung. Deshalb werden diese beiden Aspekte im Folgenden gemeinsam untersucht und der Gefahr „Änderung im Niederschlagsregime“ zugeordnet.

10.3 Auswirkungen von Änderungen im Niederschlagsregime auf die Energieproduktion

10.3.1 Heutige Energieproduktion und zugehörige Erträge

90% der im Kanton FR erzeugten elektrischen Energie entfällt auf die Wasserkraft. Die derzeit vorhandenen Wasserkraftwerke des Kantons FR sind in der nachfolgenden Figure 45 dargestellt und in Tableau 48 aufgelistet. Gegenwärtig sind 12 Wasserkraftwerke mit einer installierten Leistung von 226 MW in Betrieb. Sie befinden sich entlang der Saane bzw. ihrer Zuflüsse. 71% der Gesamtleistung entfällt auf Anlagen, die sich im Mittelland befinden, der Rest auf solche in den Voralpen (vgl. Tableau 48).

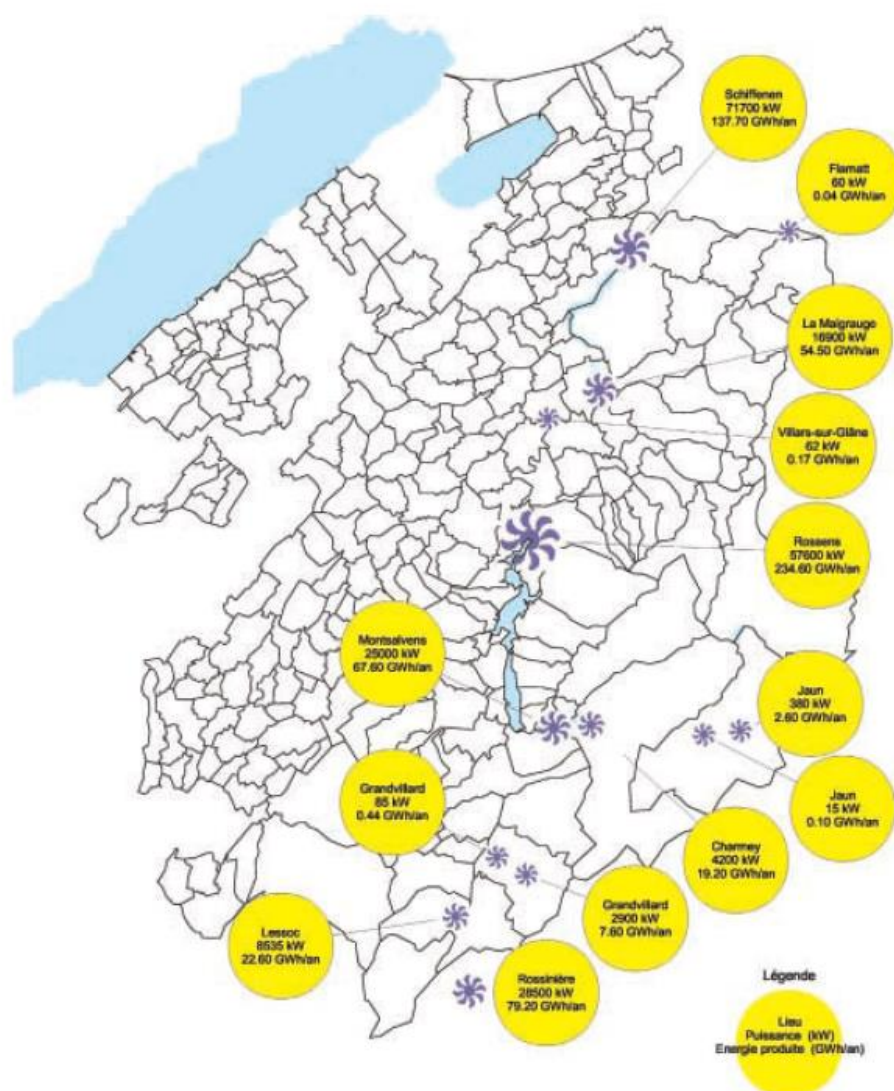


Figure 45: Wasserkraftproduktion im Kanton Freiburg (Quelle: Amt für Verkehr und Energie, Kanton Freiburg, Sachplan Energie, 2002).

Aménagement hydroélectrique

Wasserkraftanlagen

Turbines et alternateurs en fonction au 1^{er} janvier 2013 / Turbinen und Generatoren in Betrieb am 1. Januar 2013

T08-03	Turbines / Turbinen		Alternateurs / Generatoren			Werk
	Mise en service Inbetriebnahme Année / Jahr	Puissance unitaire Einheitsleistung kW	Nombre Anzahl	Tension Spannung V	Puissance totale Gesamtleistung kW	
Montbovon	1972	15 629	2	8 500	27 880	Montbovon
Lessoc	1973	3 450	2	6 600	8 000	Lessoc
	1973	1 635	1	6 600		
Sainte-Anne (Grandvillard)	1999	2 980	1	6 300	2 900	Sainte-Anne (Grandvillard)
Broc	1963	4 400	1	8 600	22 500	Broc
	1973	4 400	1	8 600		
	1977	4 400	1	8 600		
	1980	4 400	2	8 600		
Rossens, dotation au barrage 1	1976	710	1	400	668	Rossens, Staumauer, Dotierturbine 1
Rossens, dotation au barrage 2	2005	1 700	1	400	1 600	Rossens, Staumauer, Dotierturbine 2
Rossens-Hauterive	1948	17 480	2	8 000	69 000	Rossens-Hauterive
	1994	18 110	1	8 500		
	2007	24 500	1	8 500		
Maigrange, dotation au barrage	1952	570	1	400	540	Magerau, Staumauer, Dotierturbine
Maigrange-Oelberg	1943	5 100	1	17 200	16 620	Magerau-Oelberg
	1956	5 400	1	17 200		
	1980	2 130	3	6 000		
Schiffenen ¹	1964	35 475	2	10 000	71 960	Schiffenen ¹
	1964	2 311	1	3 000		
Jaun (EW Jaun Energie AG)	1982	420	1	380	380	Jaun (EW Jaun Energie AG)
Charmey (Gruyère Energie SA)	1957	1 500	1	5 700	4 200	Charmey (Gruyère Energie SA)
	1964	1 500	1	5 700		
	1982	1 500	1	5 700		

¹Ces machines sont surdimensionnées; en régime normal, elles ne doivent pas débiter ensemble plus de 135 m³/s, ce qui correspond à une puissance totale de 52 000 kW

¹Diese Maschinen sind überdimensioniert; im Normalbetrieb dürfen sie insgesamt nicht mehr als 135 m³/s abgeben, was einer Gesamtleistung von 52 000 kW entspricht

Tableau 48: Liste der Wasserkraftanlagen im Kt. FR (Quelle: Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg 2014)

Die aktuelle jährliche Wasserkraft-Produktion beträgt derzeit ca. 626 GWh (Quelle: Staat FR, Wasserkraft). Die Entwicklung der Zahl der Anlagen sowie der produzierten Energie findet sich in der nachfolgenden Tabelle.

Sources hydrauliques utilisées, de 1980 à 2013

Genutzte Wasserkräfte von 1980 bis 2013

Données pour les usines d'une puissance maximum supérieure à 300 kW / Angaben für Werke mit einer Maximalleistung von über 300 kW

T08-04	1980-85	1986-87	1988-97	1998-99	2000-04	2005	2006	2007-13	
Usines	9	10	10	10	11	11	12	12	Werke
Puissance maximale disponible, en kW	261 900	265 500	269 470	263 600	266 500	266 500	266 700	266 700	Maximal mögliche Leistung, in kW
Production escomptée, en GWh	600,0	593,5	604,5	604,5	612,0	608,7	615,3	615,2	Produktionserwartung, in GWh

Source: Office fédéral de l'énergie: Section Force hydraulique, Ittigen

Quelle: Bundesamt für Energie: Sektion Wasserkraft, Ittigen, t14-152

Tableau 49: *Entwicklung der Wasserkraft im Kt. FR (Quelle: Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg 2014)*

Aus Gründen der Vergleichbarkeit werden in der vorliegenden Studie dieselben Strompreise wie in der Fallstudie „Mittelland“ (Kt. AG) verwendet:

- Gemäss Angaben aus der Schweizerischen Elektrizitätsstatistik 2011 beträgt der durchschnittliche Stromabnahmepreis der letzten Jahr ca. Fr. 0.16 pro kWh.
- Hierbei stellen die Erlöse aus der Produktion im Mittel etwa die Hälfte des Gesamtpreises dar.

Folglich werden für die vorliegende Studie Fr. 0.08 pro produzierte Kilowattstunde als Erlös aus der Stromproduktion angenommen.⁵⁷⁾Basierend auf der jährlichen Energieproduktion aus Wasserkraft von 626 GWh für den gesamten Kanton Freiburg ergibt sich für die heutige Situation ein durchschnittlicher Ertrag von rund 50 Mio. Fr./Jahr. Basierend auf der Verteilung der Anlagenstandorte (71% im Mittelland, 29% in den Voralpen) ergibt sich für die Voralpen ein Wert von 14.5, für das Mittelland ein solcher von 35.5 Mio. Fr./Jahr.

Zu den nicht quantitativ analysierten Auswirkungen (vgl. Tableau 47) ist anzumerken, dass allfällige Auswirkungen von Elementarereignissen (Sturm, Hochwasser, längere Trockenperioden) auf die Energieproduktion implizit in den Daten gemäss Tableau 49 enthalten sind. Generell dürfte sich die jährliche Variation der Niederschläge stärker in der Energieproduktion aus Wasserkraft niederschlagen als Einschränkungen der Stromproduktion im Zusammenhang mit relativ seltenen Elementarereignissen.

57) Gemäss Mitteilung der Groupe E SA betrug der mittlere Wert pro kWh auf dem Markt im Jahr 2013 Fr. 0.055. Dies zeigt, dass die aktuellen Preise im Vergleich zu früher eher tiefer sind. In der Fallstudie UR wurde ein leicht höherer Erlös von Fr. 0.1 pro kWh angenommen.

10.3.2 Veränderungen aufgrund des Klimawandels

Im Einzugsbereich der Saane ist der Abfluss aus Gletscherschmelze vernachlässigbar, denn nur 0.2% der Fläche sind mit Gletscher oder Firn bedeckt.⁵⁸⁾ Langfristige klimatische Veränderungen in Bezug auf Gletscher als Wasserspeicher haben deshalb für die Wasserkraftproduktion im Kt FR einen sehr geringen Stellenwert. Die jährlichen Abflussmengen der Saane sowie ihrer Zuflüsse werden primär durch die Niederschlagsmengen im Bereich der Voralpen sowie der angrenzenden Gebiete beeinflusst. Die im Winter in Form von Schnee fallenden Niederschläge haben einen Einfluss auf die monatliche Verteilung der Abflussmengen. Geringere Schneemengen infolge einer höheren Temperatur im Winter führen dazu, dass der Abfluss noch unmittelbarer durch die Niederschläge beeinflusst wird und die Schneeschmelze im Frühling einen geringeren Einfluss auf die Verteilung der Abflussmengen hat. Auf die hier quantifizierten jährlichen Erträge aus Wasserkraft ist der Einfluss der Temperaturänderung jedoch von untergeordneter Bedeutung und wird deshalb nicht quantifiziert.

Ausgehend von der heutigen saisonalen Verteilung der Niederschläge und den prozentualen Änderungen pro Saison gemäss den Klimaprognosen der MeteoSchweiz (vgl. Figure 6) ergibt sich folgende leichte Abnahme der jährlichen Niederschlagsmengen in den Voralpen (Quelle: MeteoSchweiz, Mitteilung per Mail):

- Klimaszenario 2060-schwach: - 2.5%
- Klimaszenario 2060-stark: - 4.9%

Somit ist bei gleich bleibenden Erträgen pro kWh produzierter Energie mit der Abnahme der Erträge gemäss nachfolgender Tabelle zu rechnen.

	Abnahme der Erträge aus Wasserkraft [Mio. Fr/Jahr]		
	gesamter Kt. FR	Voralpen FR	Mittelland FR
Klimaszenario 2060-schwach	1.3	0.4	0.9
Klimaszenario 2060-stark	2.4	0.7	1.7

Tableau 50: *Geschätzte Abnahme der jährlichen Erträge aus der Wasserkraftnutzung infolge des Klimawandels (Reduktion Jahresniederschlag)*

58) GEWISS, Gewässerinformationssystem Schweiz, vgl. <http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/02114/02116/index.html?lang=de>

Zu den nicht quantitativ analysierten Auswirkungen (vgl. Tableau 47) ist hinsichtlich des Klimawandels Folgendes anzumerken:

- Eine mögliche Ertragssteigerung durch die Zunahme der Winterniederschläge bei gleichzeitig höheren Energiepreisen im Winter ist derzeit nicht seriös bezifferbar.
- Klimawandel-bedingte Veränderungen beim Windaufkommen sowie der Sonnenscheindauer können einen Einfluss auf die Wind- und Solarenergieproduktion haben. Derzeit ist es nicht möglich, dazu verlässliche Aussagen zu machen. Angesichts des heutigen eher geringen Stellenwerts dieser beiden alternativen Energieformen ist es vertretbar, diese im Rahmen der vorliegenden Studie nicht weiter zu betrachten.
- Bei den in Mitteleuropa üblichen mittleren Entfernungen zwischen Verbraucher und Kraftwerk treten bei der Übertragung Energieverluste von ca. 6 % auf.⁵⁹⁾ Die Zunahme durch einen Anstieg der mittleren Temperatur um wenige °C ist gering und schlägt sich nicht wesentlich in den Ergebnissen der vorliegenden Studie nieder. Dasselbe kann für Änderungen bezüglich des Wirkungsgrades bei der Umwandlung von Wärme in Elektrizität (z.B. Gaskombikraftwerke) sowie von Solarzellen (PV) angenommen werden.

10.3.3 Beurteilung der Unschärfen

Die Unschärfe in der jährlichen Energieproduktion aus Wasserkraft ist eher gering und u.a. geprägt durch die jährliche Variabilität der Niederschläge bzw. dem Wasserabfluss aus dem Einzugsgebiet der Saane. Die Unschärfe im Erlös pro kWh ist vergleichsweise höher. Insgesamt ist die Unschärfe in den heutigen Erträgen aus Wasserkraft der Kategorie 1 zuzuordnen.

Die Unschärfe infolge des Klimawandels (Veränderung Jahresniederschläge) wird ebenfalls mit Kategorie 1 eingestuft.

10.4 Auswirkungen der Zunahme der Durchschnittstemperatur auf den Energieverbrauch

10.4.1 Heutiger Energieverbrauch und zugehörige Aufwendungen

Einleitung

Der Ansatz zur Abschätzung der Kosten für das Heizen bzw. Kühlen von Gebäuden und Fahrzeugen beinhaltet folgende Schritte:

59) Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%9Cbertragungsverlust> (abgerufen am 2.11.15)

- Abschätzung der heute im Kt. FR aufgewendeten Energien anhand von statistischen Daten aus dem Kt. FR bzw. auf Ebene Schweiz (falls für den Kt. FR keine Daten verfügbar sind).
- Zuordnung der zugehörigen heutigen Kosten anhand von mittleren Energiepreisen (meist aus dem Jahr 2011). Im Gegensatz zum Bereich „Energieproduktion“ wird hier beim Strompreis auch der Anteil berücksichtigt, der für die Netznutzung zu entrichten ist, da diese für den Verbraucher ebenfalls als Kosten anfallen.
- Abschätzung der relativen Änderung der Heizgrad- bzw. Kühlgradtage als Mass für den Heiz- bzw. Kühlbedarf im Zusammenhang mit den Klimaszenarien 2060-schwach bzw. stark. Es wird jeweils angenommen, dass die Veränderung der Heiz- bzw. Kühlenergie bei gleichem Gebäude- bzw. Fahrzeugbestand proportional ist zur Änderung der Heizgrad- bzw. Kühlgradtage.

Heizenergie Gebäude

Gemäss Sachplan Energie 2010 liegt der jährliche Energieverbrauch im Kt. FR leicht über 7 TWh. Davon entfallen ca. 38% auf die Heizung im privaten Bereich und 13% auf die Heizung im Bereich Gewerbe / Industrie (vgl. Figure 46). Damit ergibt sich ein Energiebedarf für das Heizen von Gebäuden von ca. 3.6 TWh/Jahr.

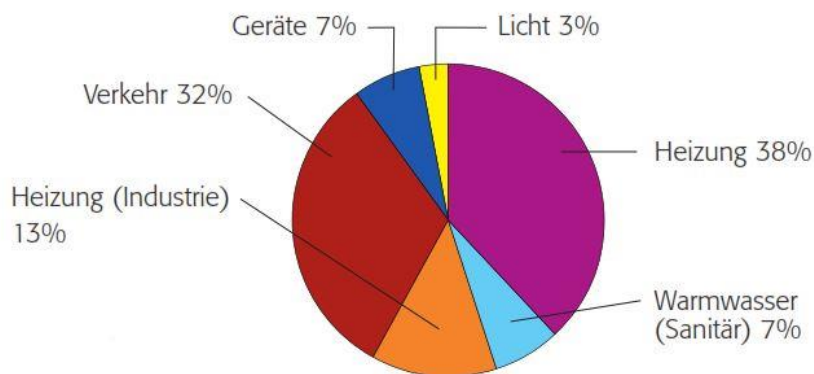


Figure 46: Energieverbrauch nach Anwendung (Quelle: Sachplan Energie 2010)

Als Energiepreis wird ein runder Wert von 10 Rappen/kWh angenommen (Quelle: Erdöl-Vereinigung, Stand Mitte 2012; Basis Jahresverbrauch Heizöl 3'000 – 6'000 l). Derselbe Wert wurde auch in der Fallstudie „Mittelland“ (Kt. AG) zugrunde gelegt, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse vereinfacht.

Damit ergeben sich jährliche Kosten für das Heizen von Gebäuden von ca. 360 Mio. Fr./Jahr.

Heizenergie elektrisch betriebener Verkehr

Die heutigen Heizkosten für den elektrisch betriebenen Verkehr werden wie folgt abgeschätzt:

- Gemäss unveröffentlichten Daten der SBB wird 17% des gesamten netzweiten Energieverbrauchs von 2'160 GWh (Jahr 2010) im Zugverkehr für den Komfort in den Zügen eingesetzt. Davon entfallen 64% auf den Winterbetrieb (Heizung), der Rest auf den Sommerbetrieb (Kühlung). Basierend auf einem mittleren Strompreis von 16 Rappen/kWh ergeben sich netzweite Heizkosten für die SBB von Fr. 38 Mio./Jahr.
- Auf den Kt. FR entfallen 4.3% des SBB-Netzes (126 km, Quelle: Bundesamt für Statistik, Schweizerische Verkehrsstatistik). Unter Berücksichtigung der weiteren elektrisch betriebenen ÖV-Anbieter (ca. 100 Netz-km Privatbahnen, Trolleybusse) wird angenommen, dass die Heizkosten beim elektrisch betriebenen ÖV im Kt. FR 7% der Heizkosten der SBB ausmachen, d.h. 2.7 Mio./Jahr.

Kühlenergie

Eine vergleichbar systematische Erfassung der Energie für Kühlzwecke ist basierend auf den vorliegenden Daten nicht möglich. Für die verschiedenen Bereiche (Wohnen, Gewerbe/Industrie, ÖV, PkW-Verkehr) muss die verbrauchte Energie zum Kühlen für Komfortzwecke abgeschätzt werden.

a) Wohngebäude

Der für die Kühlung benötigte Energiebedarf wird auf Grundlage von Daten in der Publikation "Bauen, wenn das Klima wärmer wird" des Bundesamtes für Energie⁶⁰⁾ auf 1'217 GWh (Referenzjahr 2010) für die Gesamtschweiz abgeschätzt (lineare Interpolation der angegebenen Werte für 2005 und 2035).

Die Umrechnung auf den Kt. FR basiert mangels besserer Daten (beispielsweise in Bezug auf die Energiebezugsfläche) auf der Bevölkerungszahl. Da im Kt. FR 3.7% der schweizerischen Bevölkerung wohnen, beträgt der für die Kühlung benötigte Strombedarf im Kt. FR ca. 45 GWh. Bei einem mittleren Strompreis Fr. 0.16 pro kWh (hier werden im Gegensatz zu den Erlösen für die Stromproduktion auch die Netzkosten berücksichtigt) ergeben sich derzeit jährliche Stromkosten für das Kühlen von Wohngebäuden im Umfang von ca. 7.2 Mio./Jahr.

60) Vgl. Seite 114.

b) Büro-, Gewerbe- und Industriegebäude

Auf Grundlage des Berichts des OcCC wird die gegenwärtig schweizweit benötigte jährliche Energiemenge für das Kühlen in der Industrie auf etwa 165 GWh und im Dienstleistungssektor auf rund 2'850 GWh geschätzt.

Gemäss dem statistischen Jahrbuch 2014 des Kt. FR haben im sekundären Sektor (Industrie) etwa 3.2% aller schweizerischen Arbeitskräfte ihren Arbeitsplatz im Kt. FR, im tertiären Sektor (Gewerbe und Dienstleistungen) sind es rund 2.4%. Unter der Annahme, dass die Kühlenergie pro Beschäftigtem pro Sektor schweizweit etwa gleich ist, ergibt sich im Kt. FR ein Kühlenergiebedarf von 5 GWh/Jahr im sekundären Sektor und 69 GWh/Jahr im tertiären Sektor. Die Kosten für die 74 GWh/Jahr entsprechen bei einem mittleren Energiepreis von 0.16 pro kWh Fr. 12 Mio./Jahr.

c) ÖV

Basierend auf den obigen Daten und Annahmen zu den Heizkosten beim elektrisch betriebenen ÖV lassen sich folgende Aussagen machen:

Die Energiekosten für das Kühlen beim elektrisch betriebenen ÖV beträgt Fr. 1.5 Mio./Jahr (Fr. 2.7 Mio. /64%*36%). Dazu kommen etwa Fr. 0.2 Mio./Jahr für den mit fossilen Treibstoffen betriebenen ÖV (Busse, Schätzung Projektteam).

c) Privatverkehr (Pkw)

Eine Studie der EMPA (Martin F. Weilenmann et al., 2010) zeigt, dass beim heutigen Klima für Benzinfahrzeuge durch eine laufende Klimaanlage (zwecks Kühlung, Belüftung und Entfeuchtung) im heute üblichen Automatik-Betrieb im Jahresmittel unter Berücksichtigung einer typischen Temperaturverteilung im Jahresgang ein Treibstoffmehrverbrauch von 5.4% resultiert. Gegliedert nach Innerorts-, Ausserorts- und Autobahnverkehr beträgt der Mehrverbrauch 10%, 2.8% bzw. 1.3%. Bei Dieselfahrzeugen ist der klimaanlagenbedingte Mehrverbrauch – vor allem innerorts – geringer und beträgt im Jahresmittel etwa 2.7%.

Wird die gesamte Schweizer Flotte berücksichtigt, also auch Autos ohne Klimaanlage sowie ältere Modelle mit ineffizienteren Klimakompressoren, ergibt sich gemäss der obigen Studie für den Ganzjahresbetrieb sämtlicher Klimaanlagen ein mittlerer Zusatzverbrauch von 3.1%.

Gemäss der „Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2010 nach Verwendungszwecken“ (BFE) beträgt der Energieverbrauch für den Strassenverkehr in der gesamten Schweiz 195.7 PJ, davon entfallen 122.4 PJ auf mit Benzin angetriebene Fahrzeuge (primär PkW), der Rest (73.3 PJ) mehrheitlich auf Dieselfahrzeuge (Personen- und Güterverkehr). Derzeit sind in der Schweiz 20% der PkW mit Diesel angetrieben; der Treibstoffverbrauch (in Liter/km) ist gegenüber einem Benzin-betriebenen PkW um ca. 25% tiefer. Da Dieselmotoren einen um 12% höheren Heizwert pro Liter aufweisen als Benzinmotoren, gilt in Bezug auf die Energie pro km ein

um 16% tieferer Wert. Unter der Annahme gleicher mittlerer Fahrdistanzen von Benzin- und Diesel-betriebenen PkW ergibt sich daraus ein jährlicher schweizweiter Energieverbrauch von Letzteren von ca. 26 PJ (der restliche Dieserverbrauch entfällt auf den Güterverkehr, welcher in Bezug auf die Kühlenergie vernachlässigt werden kann). Insgesamt ergibt sich für die gesamte PkW-Flotte ein jährlicher Energieverbrauch von 148 PJ.

Ausgehend vom heutigen Zusatzverbrauch für Kühlung von 3.1% ergibt sich somit eine dafür eingesetzte Energiemenge von 4.5 PJ, was einer Treibstoffmenge von ca. 143 Mio. Liter entspricht. Bei einem mittleren Preis von 1.76 pro Liter⁶¹⁾ (Basis: Landesindex der Konsumentenpreise 2011, Benzin und Diesel anteilmässig gewichtet, Werte analog zu Fallstudie „Mittelland“) ergeben sich aktuelle CH-weite Kühlkosten im Strassenverkehr von ca. Fr. 251 Mio./Jahr. Unter der Annahme, dass die mittlere Fahrleistung im Kt. FR dem Bevölkerungsanteil von 3.7% entspricht (Stand Ende 2014 gemäss Bundesamt für Statistik), ergeben sich für den Kt. FR aktuelle Kühl- bzw. Klimatisierungskosten im Strassenverkehr von Fr. 9.3 Mio./Jahr.

d) Zusammenzug

In der nachfolgenden Tabelle sind die oben erläuterten mittleren jährlichen Kosten für den heutigen Heiz- und Kühlbedarf im Kt. FR zusammengestellt. Für die Aufteilung auf die Voralpen und das Mittelland stehen keine Daten zur Verfügung. Für die Aufteilung werden folgende Annahmen des Projektteams zugrunde gelegt:

- Der Heizenergieverbrauch pro Person ist in den Voralpen und im Mittelland proportional zu den Heizgradtagen (d.h. die im Mittel tieferen Temperaturen in den höheren Lagen der Voralpen wird nicht durch eine bessere Wärmedämmung kompensiert). Die Aufteilung erfolgt somit proportional zur Bevölkerung (ca. 21% der Bevölkerung leben in den Voralpen) und zum relativen Unterschied in den Heizgradtagen (in den Voralpen um ca. 35% höher, vgl. Figure 13).
- Da der elektrisch betriebene ÖV im Voralpengebiet eher untervertreten ist, wird in Bezug auf die dort anfallenden Heizkosten ein Anteil von 15% zugrunde gelegt.
- Der Bedarf nach Kühlung im Verkehr sowie in Wohngebäuden ist wegen den generell tieferen Temperaturen in den Voralpen um ca. einen Faktor 6 geringer (vgl. die Statistik der Kühlgradtage im nachfolgenden Kapitel (Annahme: 4% der Kühlenergie entfällt auf die Voralpen). Bei Büro-, Gewerbe- und Industriebauten ist er zusätzlich reduziert, da diese Sektoren in den Voralpen unterrepräsentiert sind bzw. kleine Betriebe seltener eine Kühlung ihrer Gebäude praktizieren. (Annahme: 2% der Kühlenergie entfällt auf die Voralpen).

61) Fr. 1.73 pro Liter für Bleifrei 95, Fr. 1.78/l für bleifrei 98 und Fr. 1.86/l für Diesel.

Energieart / -verwendung	jährliche Energiekosten [Mio. CHF]		
	Kt. FR	Voralpen FR	Mittelland FR
Heizung alle Gebäude	360	101	259
Heizung elektrisch betriebener Verkehr	2.7	0.4	2
Kühlung Wohngebäude	7.2	0.3	7
Kühlung Büro-, Gewerbe- + Industriegebäude	12	0.2	12
Kühlung öffentlicher Verkehr	1.7	0.07	2
Kühlung Strassenverkehr (Individualverkehr)	9	0.4	9
total	393	102	291

Tableau 51: Jährliche Energiekosten für Heizung und Kühlung (heutiges Klima)

10.4.2 Veränderungen aufgrund des Klimawandels

Da die Definition der Heiz- bzw. Kühlgradtage ein Mass für die notwendige Heiz- bzw. Kühlenergie im Gebäudebereich darstellt, wird angenommen, dass die notwendige Energie proportional ab- bzw. zunimmt. Bei Fahrzeugen, die deutlich schlechtere Wärmedämmeigenschaften aufweisen, wird angenommen, dass die Sensitivität zwischen Temperaturänderung und der zugehörigen Veränderung des Energiebedarfs um 50% höher ist.

Die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten Werte zu den Heizgrad- und Kühlgradtagen basieren für die Voralpen auf Daten von MeteoSchweiz (vgl. Figure 13 und Figure 14). Es wird jeweils der Wert für die Höhenlage zwischen 800 und 1200 m.ü.M. herangezogen (typische Höhenlage der besiedelten Gebiete in den Voralpen). Die Daten für das Mittelland wurden unverändert aus der entsprechenden Fallstudie für den Kt. AG übernommen.

Region im Kt. FR	Klimaszenario	Heizgradtage		Kühlgradtage	
		Anzahl	Änderung	Anzahl	Änderung
Mittelland (Quelle: Fallstudie AG)	heutiges Klima	3'159	(0%)	178	(0%)
	Klimaszenario 2060-schwach	2'832	-10%	262	+48%
	Klimaszenario 2060-stark	2'425	-23%	404	+127%
Voralpen (Quelle: Daten MeteoSchweiz)	heutiges Klima	4'286	(0%)	31	(0%)
	Klimaszenario 2060-schwach	3'771	-12%	73	+140%
	Klimaszenario 2060-stark	3'148	-27%	162	+420%

Tableau 52: Veränderung der Heiz- und Kühlgradtage mit dem Klimawandel

Daraus resultieren die in Tableau 53 dargestellten relativen Veränderungen im Bedarf nach Heiz- bzw. Kühlenergie für die untersuchten Bereiche, die jährlichen Energiekosten für das heutige Klima sowie für die beiden betrachteten Klimaszenarien (vgl. Tableau 54) sowie die dargestellten Unterschiede infolge Klimawandels (vgl. Tableau 55).

Energieart / -verwendung	relative Änderung Voralpen [%]		relative Änderung Mittelland [%]	
	Klimaszenario 2060-schwach	Klimaszenario 2060-stark	Klimaszenario 2060-schwach	Klimaszenario 2060-stark
Heizung alle Gebäude	-12%	-27%	-10%	-23%
Heizung elektrisch betriebener Verkehr	-18%	-40%	-15%	-34%
Kühlung Wohngebäude	140%	420%	48%	127%
Kühlung Büro-, Gewerbe- + Industriegebäude	140%	420%	48%	127%
Kühlung öffentlicher Verkehr	210%	630%	72%	190%
Kühlung Strassenverkehr (Individualverkehr)	210%	630%	72%	190%

Tableau 53: Prozentuale Veränderung des Energiebedarfs für das Heizen bzw. Kühlen infolge des Klimawandels

Energieart / -verwendung	jährliche Energiekosten [Mio. CHF]								
	heutiges Klima			Klimaszenario 2060-schwach			Klimaszenario 2060-stark		
	Kt. FR	Voralpen FR	Mittelland FR	Kt. FR	Voralpen FR	Mittel-land FR	Kt. FR	Voralpen FR	Mittel-land FR
Heizung alle Gebäude	360	101	259	322	88	234	273	73	200
Heizung elektrisch betriebener Verkehr	2.7	0.4	2	2	0.3	2	2	0.2	2
Kühlung Wohngebäude	7.2	0.3	7	11	0.7	10	17	1.5	16
Kühlung Büro-, Gewerbe- + Industriegebäude	12	0.2	12	18	0.6	17	28	1.2	27
Kühlung öffentlicher Verkehr	1.7	0.07	2	3	0.2	3	5	0.5	5
Kühlung Strassenverkehr (Individualverkehr)	9	0.4	9	17	1.2	15	29	3	26
total	393	102	291	373	91	281	354	80	274

Tableau 54: Jährliche Energiekosten für Heizung und Kühlung für das heutige Klima sowie die betrachteten Klimaszenarien

Energieart / -verwendung	jährliche Mehr- bzw. Minderaufwendungen für Energie [Mio. CHF]					
	Klimaszenario 2060-schwach			Klimaszenario 2060-stark		
	Kt. FR	Voralpen FR	Mittel-land FR	Kt. FR	Voralpen FR	Mittel-land FR
Heizung alle Gebäude	-38	-12	-26	-87	-27	-60
Heizung elektrisch betriebener Verkehr	-0.4	-0.1	-0.3	-0.9	-0.2	-0.8
Kühlung Wohngebäude	4	0.4	3	10	1.2	9
Kühlung Büro-, Gewerbe- + Industriegebäude	6	0.3	6	16	1.0	15
Kühlung öffentlicher Verkehr	1.3	0.1	1.2	4	0.4	3
Kühlung Strassenverkehr (Individualverkehr)	7	0.8	6	19	2	17
total	-20	-10	-10	-39	-22	-17

Tableau 55: Zunahme (positive Werte) bzw. Abnahme (negative Werte) der jährlichen Aufwendungen für das Heizen bzw. Kühlen infolge Klimawandel

10.4.3 Beurteilung der Unschärfen

Die Unschärfe im mittleren jährlichen Verbrauch von Heiz- und Kühlenergie ist insgesamt als klein einzustufen, da die Heizenergie dominiert und dazu gute statistische Grundlagen zur Verfügung stehen. Grösser ist die Unschärfe in den Preisen der dafür verwendeten Energieträger. Daher wird für die heutigen Aufwendungen für das Heizen und Kühlen eine Unschärfe entsprechend Kategorie 1 zugrunde gelegt.

Die Unschärfe infolge des Klimawandels (primär die Veränderung der Heizgradtage) wird mit Kategorie 1 eingestuft.

10.5 Übersicht und Bewertung der Auswirkungen

Die über alle quantitativ analysierten Gefahren und Effekte kumulierten Auswirkungen (Erträge aus Wasserkraftproduktion mit positivem Vorzeichen, Aufwendungen für Heizen und Kühlen mit negativem Vorzeichen) inkl. Unschärfenbereiche sind für den heutigen Zustand sowie die beiden betrachteten Klimaszenarien schwach und stark in Figure 47 (Voralpen) bzw. Figure 48 (gesamter Kanton) dargestellt. Die Chancen infolge sinkender Heizkosten übertreffen die Risiken infolge höherer Kühlkosten sowie geringeren Wasserkrafterträge, wobei der relative Unterschied für die Voralpen grösser ist als für das Mittelland.

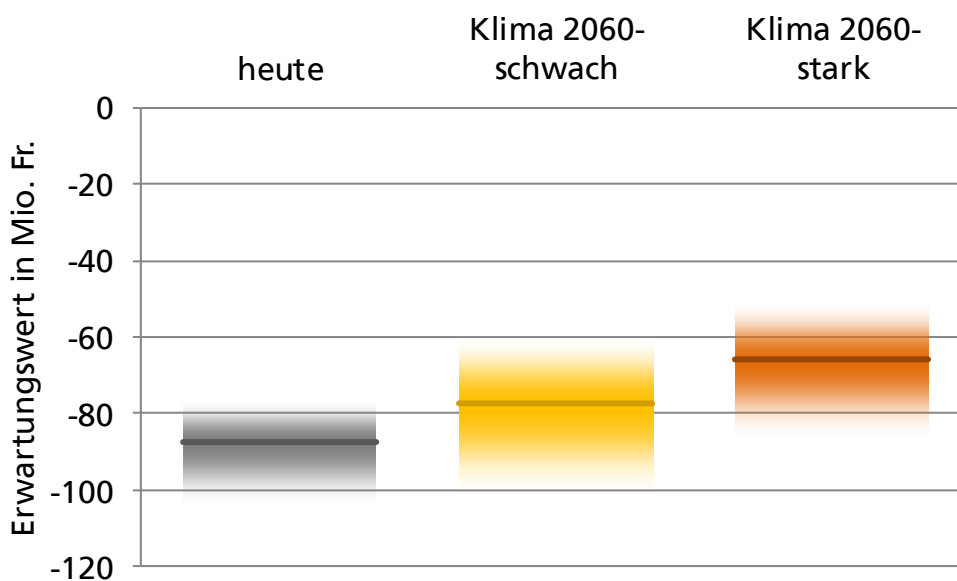


Figure 47: Mittlere jährliche Auswirkungen im Wirkungsbereich Energie für die Voralpen im Kt. FR

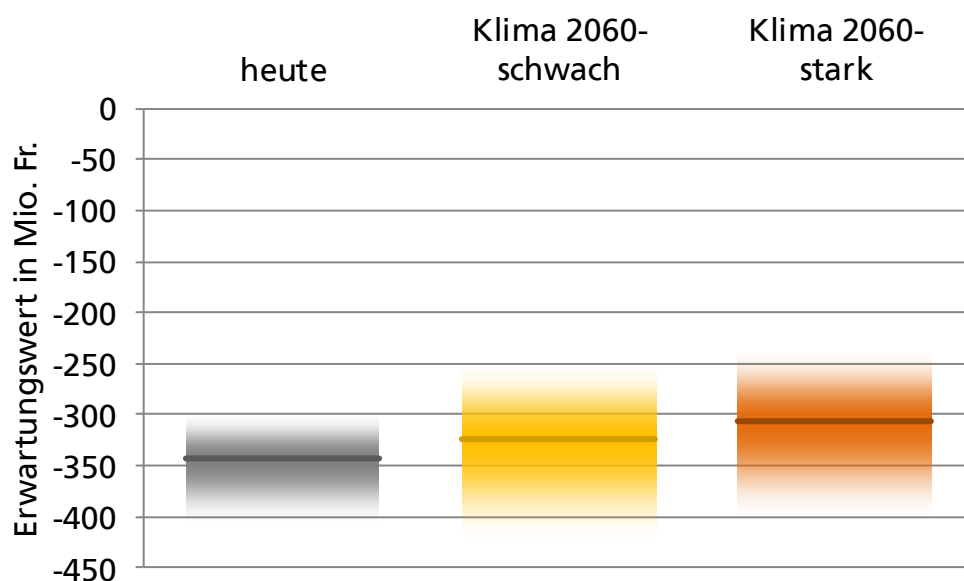


Figure 48: Mittlere jährliche Auswirkungen im AUSWIRKUNGSBEREICH Energie für den gesamten Kanton FR

Die Auswirkungen der untersuchten Gefahren/Effekte gemäss Tableau 47 sind pro Indikator für das Klimaszenario 2060-schwach in Tableau 56, für das Klimaszenario 2060-stark in Tableau 57 dargestellt. Massgeblich ist die über die Farbe dargestellte Klasseneinteilung gemäss Tableau 2, welche auch allfällige Auswirkungen beinhaltet, die nur qualitativ beurteilt wurden. Wo quantitative Abschätzungen vorliegen, sind diese im Sinne einer Zusatzinformation eingetragen.

Klima 2060-schwach		Gefahr/Effekt				
		Änderung Niederschlagsregime	Zunahme Durchschnittstemperatur	Sturm / Orkan	Hochwasser	Allgemeine Trockenheit
Gebiet	Indikator					
Voralpen FR	Erträge	-0.4		q0	q0	q0
	Aufwendungen		10			
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.			q0	q0	
	alle	q0	q2	q0	q0	q0
Mittelland FR	Erträge	-0.9		q0	q0	q0
	Aufwendungen		10			
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.			q0	q0	
	alle	q0	q2	q0	q0	q0
Kanton FR	Erträge	-1.3		q0	q0	q0
	Aufwendungen		20			
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.			q0	q0	
	alle	q0	q2	q0	q0	q0

Tableau 56: Auswirkungen Klimawandel für die untersuchten Gefahren/Effekte pro Indikator und Gebiet (Klassen gemäss Tableau 2) für das Klimaszenario 2060-schwach

Klima 2060-stark

		Gefahr/Effekt				
		Änderung Nieder- schlagsregime	Zunahme Durch- schnittstemperatur	Sturm / Orkan	Hochwasser	Allgemeine Trockenheit
Voralpen FR	Erträge	-0.7		q0	q0	q0
	Aufwendungen		22			
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.			q0	q0	
	alle	q0	q2	q0	q0	q0
Mittelland FR	Erträge	-1.7		q0	q0	q0
	Aufwendungen		17			
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.			q0	q0	
	alle	q0	q2	q0	q0	q0
Kanton FR	Erträge	-2.4		q0	q0	q0
	Aufwendungen		39			
	Vermögensschäden/Bewältigungsk.			q0	q0	
	alle	q-1	q2	q0	q0	q0

Tableau 57: Auswirkungen Klimawandel für die untersuchten Gefahren/Effekte pro Indikator und Gebiet (Klassen gemäss Tableau 2) für das Klimaszenario 2060-stark

10.6 Bezug zur Anpassungsstrategie

Figure 49 zeigt, wo die Ziele der Anpassungsstrategie und die Massnahmen des Aktionsplans im Auswirkungsbereich Energie ansetzen.

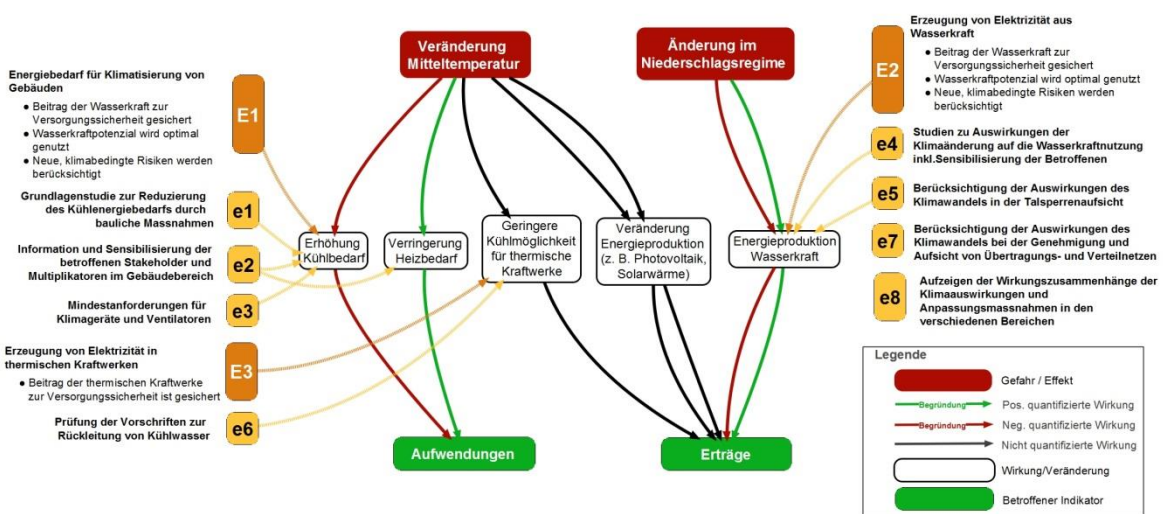


Figure 49: Ansatzpunkte der Ziele der Anpassung und der Massnahmen zur Anpassung in der Wirkungskette für den Auswirkungsbereich Energie

10.7 Auswirkungen des sozioökonomischen Szenarios

Energieproduktion aus Wasserkraft

Bei den sozioökonomischen Entwicklungen in Bezug auf die Erträge aus der Wasserkraftproduktion im Kt. FR sind zwei Aspekte zu berücksichtigen: eine mögliche Zunahme der installierten Leistung sowie eine Zunahme der Erträge pro produzierter kWh. Dazu gilt Folgendes:

- Der Kanton Freiburg schätzt die Ausbaupotenziale der Wasserkraft im Rahmen einer umweltverträglichen Erneuerung bestehender Anlagen und des Baus neuer Kleinkraftwerke auf 9% ein.⁶²⁾ Grössere neue Wasserkraftanlagen sind in Einzelfällen grundsätzlich möglich (z.B. Projekt Schiffenen – Murten (vgl. <http://www.groupe-e.ch/de/schiffenen-murten>) mit einem Potenzial von ca. 140 GWh pro Jahr), umweltpolitisch aber umstritten, so dass die Umsetzbarkeit derzeit fraglich ist.
- Gemäss Prognose "Zepf, N. - Wege in die Stromzukunft" nimmt im Mittel über die drei betrachteten Szenarien der Strompreis von 2011 – 2050 um ca. 50% zu. Bezogen auf 2060 wird eine Zunahme um 60% angenommen. Dies entspricht einer jährlichen Zunahme um knapp 1%.

Energieverbrauch infolge Heizung und Kühlung

Die wesentlichen sozioökonomischen Veränderungen – insbes. die Veränderung der Energiepreise, die energetische Sanierung von Gebäuden (bei Fahrzeugen ist dieses Potential deutlich kleiner) sowie allfällige veränderte Ansprüche an das Klima in Räumen bzw. Fahrzeugen (insbes. in Bezug auf die Kühlung im Sommer) – werden aufgeführt und mit Zahlen hinterlegt (meist handelt es sich um Annahmen).

Die Änderung der Aufwendungen für das Heizen und Kühlen bis 2060 hängt bei unveränderten klimatischen Bedingungen von einer Reihe von sozioökonomischen Faktoren ab, die oftmals eine grosse Unschärfe aufweisen:

- Der Heizölpreis (und daran gekoppelt der Preis für Erdgas) weist grosse Fluktuationen auf. Z.B. hat er sich in der Schweiz zwischen 2001 und 2010 beinahe verdoppelt (Quelle: Erdöl-Vereinigung), was einer jährlichen Zunahme um ca. 7% entspricht. Es wird angenommen, dass die Preise für Heizöl und Erdgas in Zukunft weiter ansteigen, im Mittel aber signifikant weniger stark. Zudem geht mit der Preissteigerung von fossilen Energieträgern zum Heizen eine zunehmende Substitution mit Holz, Erdwärme etc. einhergehen, deren Preise tendenziell weniger schnell ansteigen.

62) Vgl. http://www.fr.ch/eau/fr/pub/lacs_cours_eau/utilisation/force_hydraulique.htm (abgerufen am 11.6.15)

- Gemäss Prognose des Verbands der Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen wird eine Zunahme des Strompreises um je nach Szenario 30 – 75% bis 2050 erwartet (Mittelwert ca. 45%). Bei gleicher jährlicher Preissteigerung ergibt sich bis 2060 eine Zunahme um 60%.
- Der Heiz- und Kühlenergieverbrauch von Gebäuden
 - nimmt einerseits proportional zur Zahl der Bauten (bzw. der zugehörigen Energiebezugsfläche) zu
 - nimmt im Mittel pro Gebäude durch wärmetechnische Sanierungen des Gebäudebestandes ab. Es kann angenommen werden, dass derzeit jährlich rund 1.4% der Wohngebäude umfassend energetisch saniert werden und der Energieverbrauch durch die Sanierung ca. halbiert wird. Pro Jahr ergibt sich somit aus Wohngebäudesanierungen eine Reduktion des Energieverbrauchs um 0.7% bzw. – bei linearer Hochrechnung über die nächsten 50 Jahre im Sinne der Annahme, dass der Sanierungstrend anhält – eine Reduktion des Verbrauchs bis 2060 um 35%.
- Der Anspruch auf gekühlte Räume nimmt in Zukunft insbesondere im Wohnbereich zu. Es wird angenommen, dass – u.a. infolge des Klimawandels – der Anteil der Wohngebäude, die über eine Klimatisierung verfügen, stark zunimmt, was sich in einer entsprechenden Erhöhung des Kühlenergieverbrauchs niederschlägt
- Da derzeit noch nicht alle Fahrzeuge über eine Klimaanlage verfügen, dies bis 2060 aber der Fall sein dürfte, dürfte der Kühlenergieverbrauch pro Fahrzeug bis 2060 auch unter Berücksichtigung der bis dann höheren Energieeffizienz um ca. einen Faktor 1.5 - 2 zunehmen. Zudem dürfte die Zahl der Fahrzeuge um ca. 30 – 40% zunehmen.

Gesamtfazit

Nicht prognostizierbare sozio-ökonomische Änderungen, insbesondere im Bereich der Energiepreise, können grössere Auswirkungen auf die Erträge der Energieproduktion aus Wasserkraft sowie die Aufwendungen durch Heizen und Kühlen haben als der Klimawandel.

10.8 Literatur

Energieproduktion / Wasserkraft Kt. FR

Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg 2014 (Daten zur Wasserkraft)

MeteoSchweiz (2015): Klimadaten und Grafiken für die Klimarisiken-Fallstudie Kanton Freiburg

Staat FR, Wasserkraft - im Internet am 9.6.15 abgerufen unter:

<http://www.fr.ch/eau/de/pub/gewaesser/gewaessernutzung/wasserkraft.htm>

Amt für Verkehr und Energie, Kanton Freiburg, Sachplan Energie, Frühling 2002

Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg 2014 (Daten zur Wasserkraft)

Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion, Tiefbauamt, Beurteilung und Bewirtschaftung der Wasserkraft im Kanton Freiburg, Synthesebericht, 27.10.2010

Bundesamt für Energie BFE (Hrsg.): Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2011. Statistique suisse de l'électricité 2011. Ittigen, 2012. – im Internet abrufbar unter:
[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_1184773.pdf&endung=Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2011](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_1184773.pdf&endung=Schweizerische%20Elektrizit%C3%A4tsstatistik%202011)

Hänggi, P.; Weingartner, R.; Balmer, M.: Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung in der Schweiz 2021-2050 – Hochrechnung, in: «Wasser Energie Luft» – 103. Jg., Heft 4; Baden, 2011.

Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC): Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Umwelt. Bern, 2007.

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (Hrsg.): VSE-Strompreisvergleich September 2012. Aarau, 2012 – im Internet [im Winter 2013](http://www.strom.ch/de/dossiers/strompreise.html) abgerufen unter
<http://www.strom.ch/de/dossiers/strompreise.html>

MeteoSchweiz (2015): Klimadaten und Grafiken für die Klimarisiken-Fallstudie Kanton Freiburg.

Energieverbrauch und Energiepreise

Sachplan Energie 2010 des Kantons Freiburg

Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg 2014

MeteoSchweiz (2015): Klimadaten und Grafiken für die Klimarisiken-Fallstudie Kanton Freiburg

Erdölvereinigung, Preise für Heizenergie,

http://www.erdoel-vereinigung.ch/Libraries/Zahlen_und_Fakten/Jahresgrafiken_2011_d_17.pdf

Martin F. Weilenmann, Robert Alvarez, Mario Keller (EMPA), Fuel consumption and CO₂/pollutant emissions of mobile air conditioning at fleet level – new data and model comparison, Environmental Science & Technology, published online June 8, 2010;
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es903654t>

Bundesamt für Statistik, Landesindex der Konsumentenpreise – Indikatoren Durchschnittspreise (für Treibstoffe)

<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/05/02/blank/key/durchschnittspreise.html>

Bundesamtes für Energie, "Bauen, wenn das Klima wärmer wird", ausgearbeitet durch Conrad U. Brunner, Urs Steinemann, Jürg Nipkow, Schlussbericht vom 15.11.2007

Zepf, N.: Wege in die Stromzukunft – die drei Szenarien. Medienkonferenz des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen vom 12. Juni 2012 – im Internet abrufbar unter: http://www.strom.ch/uploads/media/VSE_Praesentation_Niklaus-Zepf_12-06-2012_d_01.pdf

OcCC, ProClim: Klimaänderung und die Schweiz 2050 - Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft, Bern, März 2007

11 Biodiversité

11.1 Paramètres de base

Le canton de Fribourg compte un nombre important de sites protégés au niveau fédéral, ainsi que huit réserves naturelles cantonales réparties entre la plaine et la montagne (Rive sud du lac de Neuchâtel, Gorges de la Singine, Marais de Guin, Vanil Noir, etc.). Deux parcs naturels régionaux ont de plus vu le jour ces dernières années : celui de Gruyère – Pays- d'En haut et celui du Gantrisch. L'avenir de ces sites est étroitement lié à l'influence qu'auront les changements climatiques dans ces différentes régions ainsi qu'à leur ampleur. Les interactions complexes entre les différents facteurs influençant la biodiversité et l'état actuel des connaissances ne permettent de comprendre que partiellement les phénomènes contrôlant l'abondance des espèces et ne permettent pas d'anticiper précisément les risques liés aux changements climatiques sur la biodiversité et d'en quantifier les conséquences. En effet, l'observation de l'évolution du climat étant relativement récente, seules des tendances peuvent être mises en évidence à ce stade. De plus, la biodiversité est fortement impactée par d'autres phénomènes, tels que le morcellement du territoire, ou la dissémination d'espèces invasives et la qualité des sols par exemple. Les réactions des biotopes à ces différents facteurs, et à leur action conjointe, sont difficiles à prédire. Les incertitudes en lien avec l'évolution du régime des précipitations ajoutent encore une difficulté supplémentaire à toute prévision dans ce domaine.

Les Préalpes fribourgeoises sont situées à des altitudes oscillant entre 800 et 2500 mètres (le Vanil Noir, plus haut sommet du canton, culmine à 2389 m). Les zones de montagne, telles que la zone préalpine du canton de Fribourg, ont la particularité de posséder des conditions climatiques diversifiées, de par les différences d'altitude et se caractérisent donc par des milieux naturels variés.

Les scénarios climatiques utilisés dans cette étude prévoient les modifications suivantes du climat dans les Préalpes :

- Scénario faible amplitude : augmentation des températures pendant les quatre saisons, évolution limitée du régime des précipitations (légère diminution des précipitations estivales).
- Scénario forte amplitude : augmentation marquée des températures tout au long de l'année, particulièrement en été, évolution importante du régime des précipitations (forte augmentation des précipitations en hiver et au printemps et forte diminution en été et en automne).

11.2 Impacts liés aux changements climatiques dans le domaine de la biodiversité

Les effets et aléas liés aux changements climatiques et leurs incidences sur la biodiversité font l'objet d'une analyse purement qualitative. Les effets les plus significatifs sont listés dans le tableau ci-dessous.

Aléa / effet	Évaluation qualitative
Crues	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de la dynamique naturelle des cours d'eau avec impacts sur la faune aquatique, en particulier la microfaune et les poissons juvéniles ou de petite taille. • Habitats inondés de façon habituelle (zones humides) ou nouveaux secteurs inondés avec destruction des habitats existants et création de nouveaux. • Risque de pollution des eaux et des milieux naturels riverains. • Apparition de milieux perturbés propices à l'implantation d'espèces invasives.
Modification du régime des précipitations	<ul style="list-style-type: none"> • Modifications de la composition des espèces. • Espèces et milieux xérophiles favorisées. • Sensibilité accrue aux maladies : prolifération facilitée des micro-organismes pathogènes (bactéries, champignons,...) qui peuvent menacer l'équilibre des habitats naturels. • Augmentation de l'eutrophisation des petits plans d'eau. • Disparition de milieux humides.
Sécheresse générale	<ul style="list-style-type: none"> • Modifications de la composition des espèces. • Fragilisation des populations. • Espèces et milieux xérophiles favorisés. • Disparition de milieux humides.
Incendie	<ul style="list-style-type: none"> • Modifications de la composition des espèces (augmentation de la biodiversité après incendie).
Vague de froid	<ul style="list-style-type: none"> • Fragilisation des milieux suivant la période de la vague de froid.
Vagues de chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • Mortalité de la faune piscicole et de la microfaune. • Fragilisation des populations. • Milieux xérophiles favorisés.

Aléa / effet	Évaluation qualitative
Réduction du manteau neigeux	<ul style="list-style-type: none"> • Changement de la période de végétation et de reproduction (flore). • Adaptation de certaines espèces généralistes. • Pertes des espèces plus sensibles aux changements. • Etalement vers le haut des étages de végétation.
Modifications de la température moyenne	<ul style="list-style-type: none"> • Modification dans la composition des espèces. • Propagation des espèces envahissantes exogènes. • Sensibilité accrue aux maladies : prolifération facilitée des micro-organismes pathogènes (bactéries, champignons,...) qui peuvent menacer l'équilibre des habitats naturels. • Etalement vers le haut des étages de végétation. • Milieux thermophiles favorisés.
Tempête / ouragan	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des ravageurs en forêt. • Opportunité pour le rajeunissement naturel de la forêt avec augmentation de la biodiversité.

Tableau 58: *Aperçu des impacts des changements climatiques sur le domaine de la biodiversité dans le canton de Fribourg*

Outre les impacts cités ci-dessus, d'autres facteurs peuvent aussi avoir impact important sur la biodiversité. C'est le cas par exemple de l'introduction d'organismes potentiellement dangereux (pathogènes ou invasifs) par le biais du transport de marchandises, du transport de personnes ou de pratiques horticoles. Ce genre d'atteinte à la biodiversité est d'actualité dans le canton de Fribourg et il a notamment été question en 2014 de l'introduction involontaire du Capricorne asiatique par le biais de palettes de transport à Marly. Cet insecte a très vite colonisé les arbres de la zone urbaine et causé des dégâts irréparables. La commune a dû se débarrasser de plus de 700 arbres dans un rayon de 100 mètres autour de la zone du foyer d'infection afin de stopper la progression du ravageur et de protéger les forêts alentours. Le premier cas d'introduction de cet insecte dans le canton date de 2011 où il avait été repéré à Brünisried. Bien que ce phénomène isolé ne soit pas directement lié aux changements climatiques, l'augmentation de la température permettra à un grand nombre d'insectes de profiter de nouvelles opportunités d'implantation.

La Figure 50 schématise les interactions entre les différents aléas/effets et leurs impacts sur la biodiversité.

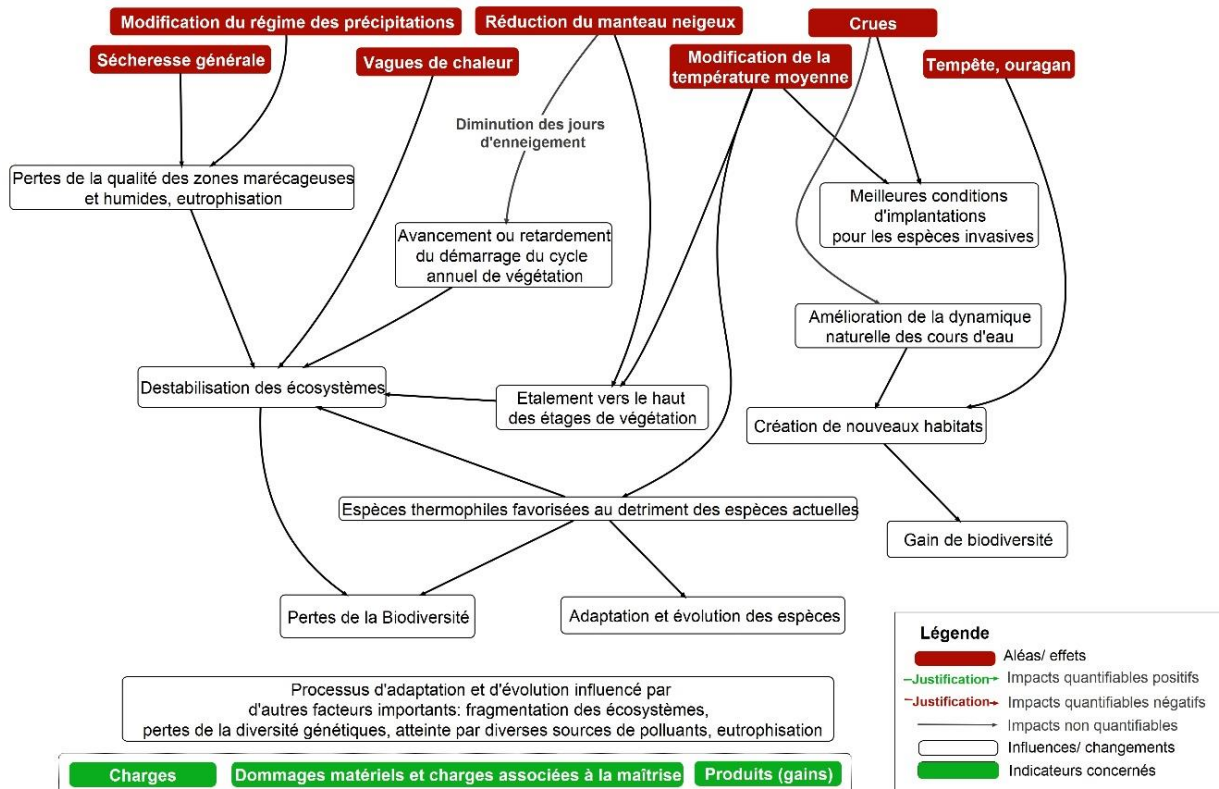


Figure 50 : Chaîne d'impact des aléas/effets modifiés par les changements climatiques et leurs impacts sur les indicateurs utilisés dans cette étude.

11.3 Appréciation des impacts liés aux changements climatiques

Etant donné les interactions complexes entre les différents paramètres influençant l'état de la biodiversité, chacun des impacts identifiés ne sera pas analysé isolément, mais la modification de la biodiversité provoquée par les changements climatiques sera abordée de manière thématique.

Milieux aquatiques et zones humides

La modification du régime des précipitations corrélée à des périodes de sécheresse plus longues et plus fréquentes peut avoir des effets négatifs sur la diversité des zones humides. En effet, avec une diminution des précipitations durant les périodes estivales et avec l'allongement des périodes sèches, il faudra s'attendre à un assèchement des milieux humides et à leur réduction (OFEV 2012d). Les espèces de ces milieux courent donc un plus grand risque d'extinction.

Certains cours d'eau pourront même s'assécher par endroits de manière temporaire. : Cela aura des conséquences négatives sur les conditions de vie des espèces aquatiques. En effet, d'une part la remontée des cours d'eau par la faune piscicole ne pourra plus être assurée pendant ces

périodes de sécheresse et ces populations se verront par exemple fortement limitées dans leurs déplacements le reste du temps. D'autre part, la diminution du niveau de l'eau entraînera également une hausse des températures des eaux pouvant mener à une eutrophisation des plans d'eau. Les populations piscicoles répondant de manière très rapide aux changements de température, la composition des espèces se verra fortement modifiée et s'adaptera aux nouvelles conditions avec un risque d'extinction plus élevé. Les espèces indigènes devront également entrer en compétition avec des espèces invasives trouvant des conditions favorables à leur implantation (BVU 2010).

Prairies sèches

Ces nouvelles conditions climatiques pourront par contre s'avérer positives pour d'autres espèces. Une modélisation de Huwylar et al. (2012) montre que les papillons diurnes des prairies sèches profiteront de ces nouvelles conditions climatiques impliquant une augmentation des températures durant la période estivale. Par contre, une augmentation des précipitations durant cette même période entraînerait une baisse de leur population. Étant donné les incertitudes liées aux précipitations, il est difficile de faire des pronostics sur l'avenir de ce type d'espèce. Dans tous les cas, l'augmentation des températures moyennes devrait profiter aux écosystèmes thermophiles de manière générale.

Déplacement des espèces en altitude

L'augmentation des températures, occasionnera un déplacement vers le haut des étages de végétation. Ce faisant, le déplacement des habitats impliquera également un rétrécissement de ceux-ci étant donné que les surfaces à disposition diminuent avec l'altitude. Les espèces menacées seront alors celles préférant le froid ou dont l'aire de répartition sera colonisée par des espèces thermophiles. Des modélisations ont montré que les populations de papillons diurnes ont augmenté au-dessus de 1200 m (Plattner et Altermatt, 2010). Aux étages montagnards et subalpins, une progression des espèces provenant d'altitudes inférieures a été observée. Depuis 2001 une ascension des plantes alpines de 15 à 20 mètres a par exemple été mesurée (Bühler 2012). Ce phénomène représente une possible augmentation de la biodiversité pour la région préalpine.

Réduction du manteau neigeux

La limite des chutes de neige en hiver se situe en moyenne vers 800 mètres d'altitude. Si la température s'élève, la limite des chutes de neige s'élèvera également puisqu'elle correspond à peu près à la limite du zéro degré de la température de l'air. Étant donné que chaque degré de réchauffement provoque une remontée de la limite pluie-neige de 150 mètres (OFEV 2012c), la

limite de la neige pourrait monter entre 1200 et 1600 mètres d'altitude (scénario de forte amplitude – MétéoSuisse 2013). La plupart des sommets préalpins oscillent entre 1600 et 2200 m d'altitude, ils sont donc situés à des altitudes critiques au niveau de l'enneigement dont la durée devrait se réduire de plus de 100 jours entre 1500 et 2500 mètres, celle-ci devrait toutefois se maintenir aux altitudes supérieures à 3500 mètres (OFEV 2012c). Or, le manteau neigeux joue un rôle primordial dans le démarrage du cycle annuel de végétation. Ces modifications risquent de perturber certaines espèces en provoquant un démarrage plus précoce des cycles de végétation. La durée de la période de végétation augmentera pour toutes les altitudes des Préalpes d'environ 25 à 40 jours (horizon 2060 – MétéoSuisse 2013). Ainsi, la période de végétation entre 600 et 1000 m d'altitude durera aussi longtemps qu'aujourd'hui en dessous de 600 m.

Avifaune

De manière générale, il est supposé que les espèces pouvant se déplacer facilement tels que les oiseaux seront moins touchées par les changements climatiques car elles peuvent s'adapter de manière dynamique et rapide aux changements. Cependant, un risque existe lorsqu'il y a perte d'un habitat par propagation de ce dernier vers les hauteurs. Ceci s'accompagnerait d'une modification des ressources disponibles et serait un problème pour les espèces dites « spécialistes ». L'augmentation des températures permettrait cependant à des espèces migratrices de rester en Suisse et de profiter d'hivers plus doux (FDB, 2007).

Espèces gagnantes

L'impact des changements climatiques s'avère positif pour certaines espèces d'insectes qui peuvent être perçus comme des gagnants potentiels dans ce contexte. L'augmentation des températures permet l'accélération de leur cycle de reproduction, et par conséquent l'apparition d'un plus grand nombre de générations par année. Par ailleurs, les hivers doux rendent possible la survie et l'immigration d'espèces méditerranéennes (FDB, 2007).

Espèces invasives

La problématique des espèces invasives sera un enjeu considérable en lien avec les changements climatiques. Ces espèces, souvent non-indigènes, sont susceptibles d'étendre leur aire de répartition au vu des conditions climatiques favorables à leur développement. La diminution du nombre de jours de gel serait par exemple favorable à leur implantation. De plus, ces espèces disposent généralement d'un avantage concurrentiel face aux espèces indigènes présentes dans un écosystème car elles sont souvent importées sans leurs ennemis naturels. Par ailleurs, les espèces non indigènes sont en général moins sensibles aux maladies, ce qui entraîne un comportement invasif de ces dernières (ex. Capricorne asiatique). En parallèle à l'augmentation des po-

pulations d'espèces invasives, les espèces indigènes et spécialisées, particulièrement adaptées à un écosystème donné verront leurs populations diminuer et être envahies par de nouvelles espèces (FBD, 2007; OCCC / ProClim, 2007).

La problématique de l'introduction d'espèces invasives se pose moins en montagne qu'en plaine. En effet, les néophytes sont relativement rares dans les régions de montagne, car leur introduction est restée faible en comparaison avec le Plateau. Les scientifiques s'attendent cependant à ce que le risque d'invasion augmente avec le réchauffement climatique, les espèces invasives localisées en plaine pourraient en effet s'établir dans des régions situées plus en altitude sans la main de l'homme, mais simplement par migration (FBD, 2013).

11.4 Aperçu et évaluation des impacts

La Suisse, avec ses grandes amplitudes altitudinales et ses petits espaces topographiques, offre une biodiversité de base très riche (FBD 2013). Toutefois, ces petits espaces sont fragilisés par la fragmentation du paysage. En effet, des aires de reproduction et des aires d'approvisionnement peuvent se trouver séparées par une route ou par des zones urbaines. Dans ce cas, l'espèce touchée verra sa population diminuer (OFS 2007). Des problèmes d'échange génétique peuvent également apparaître, or cet échange est la clé de voute de la résilience face aux évolutions climatiques. La variabilité génétique existante au sein d'une espèce est l'une des conditions préalables à l'adaptation des espèces et au maintien de la biodiversité en général (OFEV 2012b).

Les habitats de grande valeur écologique ont perdu beaucoup de terrain en Suisse, surtout au cours du siècle dernier. Cette perte a pu être légèrement freinée depuis lors grâce à de nouvelles lois. Cependant, le recul des terres cultivées tout comme le mitage du territoire se poursuivent de manière constante. Malheureusement, la qualité des écosystèmes continue de se dégrader et l'état général de la biodiversité n'est pas suffisant pour se maintenir à long terme. La perte de biodiversité en Suisse peut être qualifiée d'alarmante, c'est pourquoi la Suisse s'est dotée récemment d'une Stratégie Biodiversité ainsi que d'un plan d'action (OFEV 2012a, OFEV 2013) ayant pour but de garantir la pérennité de la biodiversité sur le territoire suisse. Dix objectifs stratégiques sont formulés dans la stratégie dont, entre autres, le maintien de la diversité génétique et la surveillance de l'évolution de la biodiversité. Pour terminer, et comme déjà mentionné, bien que n'étant pas la cause principale du déclin de la biodiversité en Suisse, les changements climatiques viennent s'ajouter et parfois renforcer d'autres phénomènes plus impactants tel que le morcellement du territoire ou la propagation d'espèces invasives.

Bien que les études actuelles considèrent le territoire suisse dans son ensemble, les impacts relevés pour l'ensemble de la Suisse sont également valables pour le canton de Fribourg.

Au vu de la méthodologie adoptée pour l'analyse des risques liés aux changements climatiques dans le domaine de la biodiversité, il nous est impossible de présenter les résultats de façon similaire à ce qui est réalisé pour les autres chapitres. Nous avons donc choisi de présenter une évaluation de l'ampleur des menaces principales qui pèsent sur la biodiversité fribourgeoise à l'horizon 2060 selon le scénario faible amplitude (Tableau 59) et le scénario forte amplitude (Tableau 60). Nous estimons que les menaces principales consistent en la pression exercée sur les milieux naturels, la perte de diversité biologique ainsi que l'arrivée d'espèces invasives. Notons que la biodiversité est mise à mal par de nombreux facteurs, tant liés aux changements climatiques qu'aux activités humaines. L'ensemble de ces facteurs influence l'état de la biodiversité et il est difficile de les considérer de manière individuelle.

Menace sur les milieux naturels	q-2
Perte de diversité biologique	q-2
Arrivée d'espèces invasives	q-1
Somme Préalpes FR	q-2
Plateau FR	q-2
Canton FR	q-2

Tableau 59 : Menaces pesant sur la biodiversité, scénario faible amplitude (Description des classes dans le chapitre 3.4)

Menace sur les milieux naturels	q-3
Perte de diversité biologique	q-3
Arrivée d'espèces invasives	q-2
Somme Préalpes FR	q-3
Plateau FR	q-3
Canton FR	q-3

Tableau 60 : Menaces pesant sur la biodiversité, scénario forte amplitude (Description des classes dans le chapitre 3.4)

11.4.1 Evaluation des incertitudes

Les incertitudes liées aux changements climatiques ont été classées dans la catégorie D. Ce qui signifie que le classement de l'impact est plausible mais avec de grandes incertitudes dues notamment au manque d'études sur le sujet et au nombre de paramètres inconnus pouvant entrer en ligne de compte.

11.5 Liens avec la stratégie d'adaptation

La Figure 51 représente les liens avec les différents champs d'action et les mesures du plan d'action de la stratégie nationale d'adaptation aux changements climatiques.

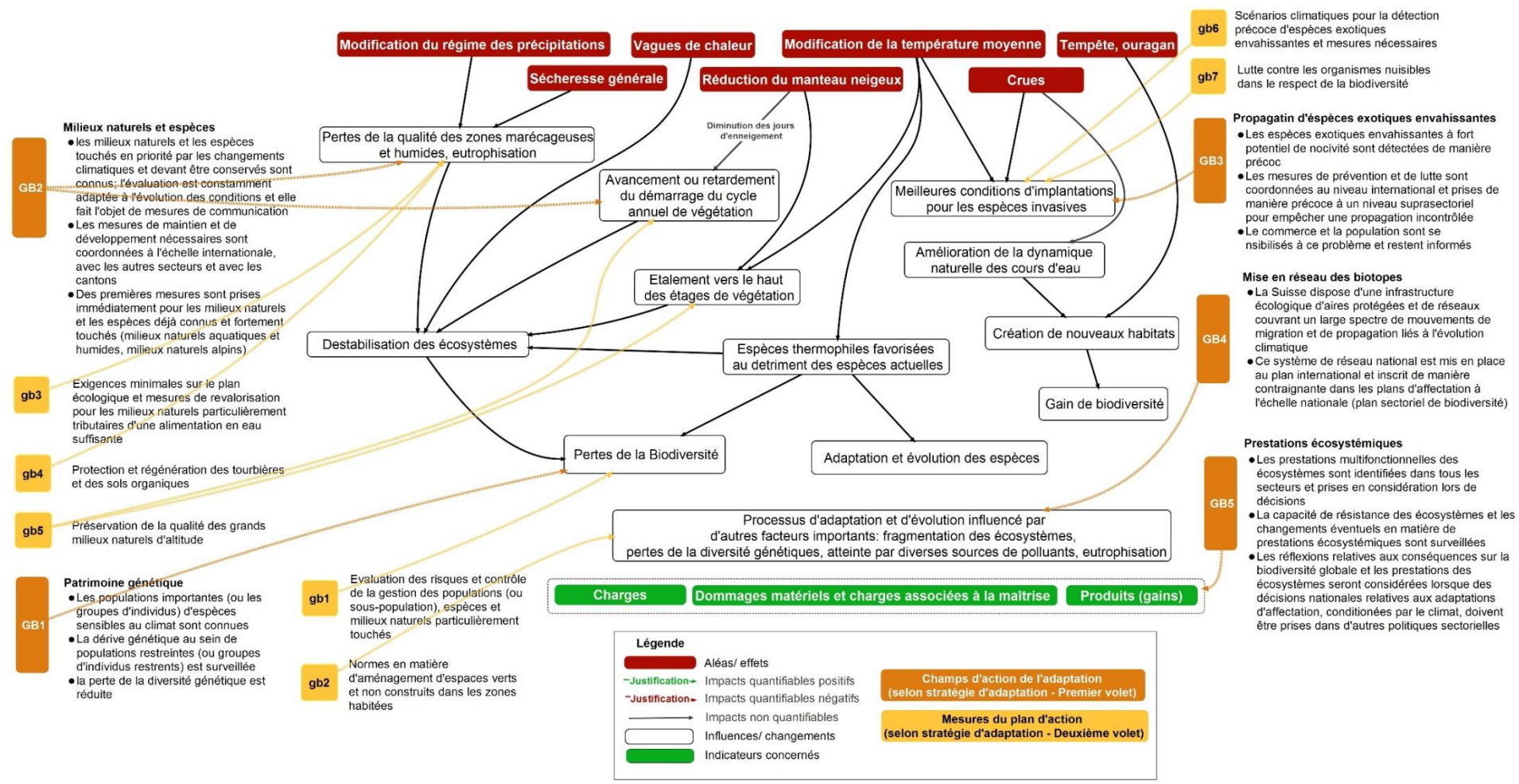


Figure 51 : Liens avec les champs d'action et mesures du plan d'action de la stratégie d'adaptation du Conseil Fédéral

Les impacts mis en évidence dans la présente analyse du risque concordent avec les champs d'action de la stratégie d'adaptation. Il s'agit de la perte de diversité génétique, de l'évaluation et du maintien des milieux naturels et des espèces, des menaces exercées par les espèces exotiques, de la mise en réseau de biotopes ainsi que de la considération des prestations écosystémiques fournies par les différents écosystèmes.

Les mesures mettent tout particulièrement l'accent sur la préservation des différents milieux et espèces ainsi que sur la lutte contre les espèces invasives.

11.6 Impacts du scénario socio-économique

Il est important de noter qu'une grande partie des espèces est menacée, même sans l'influence des changements climatiques. Les atteintes à la biodiversité sont de nos jours si nombreuses que les changements climatiques représentent une pression parmi d'autres, tout particulièrement dans les zones situées à basse altitude. Il n'est donc pas possible d'attribuer l'ensemble des modifications de la diversité des espèces aux changements climatiques (BDM facts 4, 2012, BVU 2010).

La biodiversité est en effet mise sous pression par divers facteurs, dont les principaux sont :

- La perte de milieu naturel.
- L'intensification de l'agriculture.
- Le mitage du territoire et le morcellement du paysage (causés par le développement des zones d'habitation et d'infrastructures de transport).
- L'arrivée d'espèces invasives.

Ceci est particulièrement le cas dans les régions du Plateau où l'urbanisation est croissante et provoque une fragmentation toujours plus importante du paysage. Celle-ci menace les habitats et les espèces qui y vivent (la capacité de survie d'une espèce dépend souvent de la surface de l'habitat). L'isolation des habitats peut également avoir des conséquences néfastes sur les espèces en empêchant l'échange génétique entre populations.

La diminution de l'exploitation agricole dans les régions de montagne ainsi que le développement des zones de forêts représentent une menace pour le maintien de certaines espèces dans ces régions. Ces menaces sont tout aussi importantes que celles représentées par les changements climatiques.

Ces problématiques (mitage du territoire, préservation des biotopes d'importance, etc.) sont néanmoins dorénavant connues du grand public et des politiques. Il est admis que le développement territorial actuel n'est pas durable et que des changements de pratique sont nécessaires. Nous pouvons donc imaginer qu'une attention toujours plus importante sera portée au maintien de la biodiversité.

De plus, le conflit potentiel entre protection du climat et protection de la biodiversité peut être considéré comme un risque supplémentaire. En effet, il a déjà été question de cultiver de la biomasse sur le Plateau à des fins de remplacement des combustibles fossiles (biocarburants). Ce genre de mesure engendrerait, si elles sont mises en œuvre sans mesures de compensation une perte de la biodiversité dans les nouvelles zones cultivées qui pourraient être situées dans les Préalpes (FBD, 2007).

11.7 Références

Bühler, C. (2012). Changement climatique. BDM-Facts, Nr. 4, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 5 S.

BVU (2010). Auswirkungen des Klimawandels auf die Aufgabenbereiche des BVU. Statusbericht. Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau. 143 S.

Etat de Fribourg, service des forêts et de la faune, « Eradication du capricorne asiatique - Participation de la Confédération », communiqué du 04.02.2015,
https://www.fr.ch/sff/fr/pub/actualites.cfm?fuseaction_pre=Detail&NewsID=49391

FBD (2007). Hotspot – Biodiversité et changement climatique. Biodiversité : Dialogue entre recherche et pratique. Informations du Forum Biodiversité Suisse, Berne.

FBD (2013). Hotspot – Biodiversité alpine. Dialogue entre recherche et pratique. Informations du Forum Biodiversité Suisse, Berne.

Huwlyer, S., Plattner, M. und Roth, T. (2012). Hotspots der Tagfalterdiversität. BDM-Facts, Nr. 5, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 5 S.

Losey, S. und Wehrli, A. 2013 Schutzwald in der Schweiz. Vom Projekt SilvaProtect-CH zum harmonisierten Schutzwald. p. 29 und Anhänge. Bundesamt für Umwelt, Bern.

OFEV (2013). Plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse, Informations sur le projet.

OFEV (2012a). Stratégie Biodiversité Suisse.

OFEV (2012b). Adaptation aux changements climatiques en Suisse. Objectifs, défis et champs d'action. Premier volet de la stratégie du Conseil fédéral du 2 mars 2012.

OFEV (2012c). Impacts des changements climatiques sur les eaux et les ressources en eau, rapport de synthèse du projet « changement climatique et hydrologie et Suisse » (CCHydro). Connaissance de l'environnement n°1217 : Berne.

OFEV (2012d). Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz im Sektor Wasserwirtschaft. Beitrag des Bundesamtes für Umwelt zur Anpassungsstrategie des Bundesrates. Bern.

OFS (2007). Morcellement du paysage en Suisse. Analyse du morcellement 1885-2002 et implications pour la planification du trafic et l'aménagement du territoire.

Plattner, M. und Altermatt, F. (2010). Klimaerwärmung verändert die Vielfalt. Spezialauswertung Talfalter. BDM-Facts, Nr. 1, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 3 S.

MétéoSuisse, OFEV (2013). Scénario climatique Suisse – un aperçu régional.