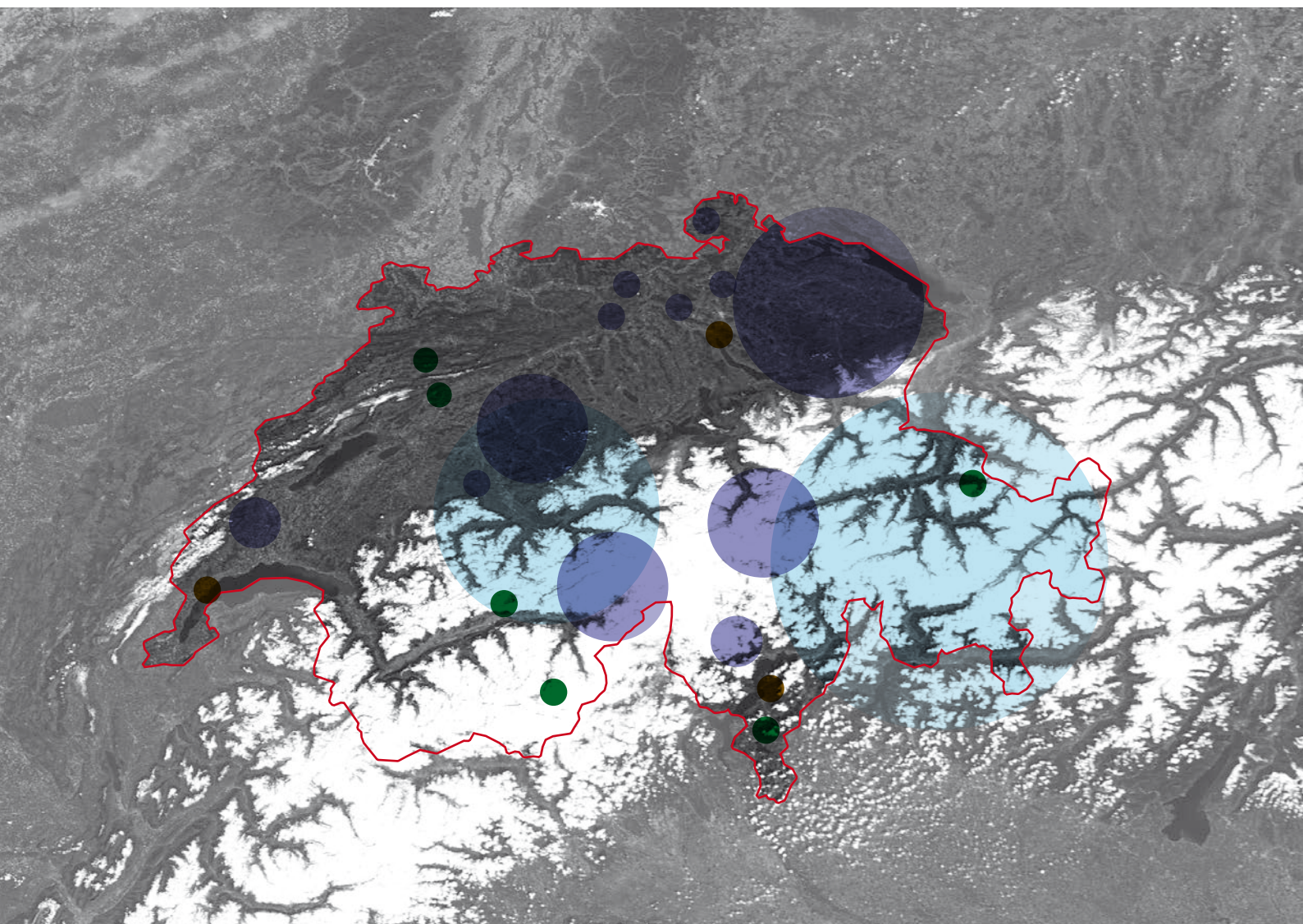



# CH2014 – IMPACTS


## ÉTAPES MENANT À DES SCÉNARIOS QUANTITATIFS CONCERNANT LES CONSÉQUENCES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN SUISSE

### RÉSUMÉ



**u<sup>b</sup>**  
UNIVERSITÄT  
BERN  
OESCHGER CENTRE  
CLIMATE CHANGE RESEARCH

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
Swiss Confederation  
Federal Office for the Environment FOEN

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
Swiss Confederation  
Federal Department of Home Affairs FDHA  
Federal Office of Meteorology and Climatology  
MeteoSwiss

  
Center for Climate  
Systems Modeling

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
Swiss Confederation  
Federal Department of Economic Affairs,  
Education and Research EAER  
Agroscope

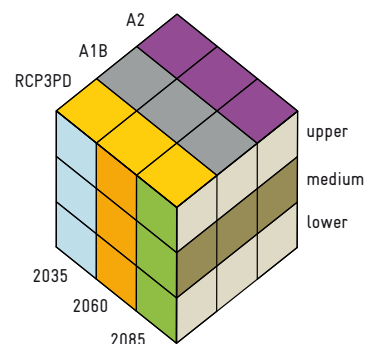
sc | nat   
Swiss Academy of Sciences  
Akademie der Naturwissenschaften  
Accademia di scienze naturali  
Académie des sciences naturelles



## Résumé

L'initiative CH2014-Impacts est un projet commun de plusieurs institutions de recherche helvétiques. Elle vise à quantifier les conséquences possibles des changements climatiques en Suisse à l'aide des outils scientifiques disponibles à l'heure actuelle. Elle combine les nouveaux « Scénarios du changement climatique en Suisse CH2011 » avec un nombre sans cesse croissant de modèles estimant les effets de l'évolution climatique. L'utilisation conjointe d'un ensemble de données climatiques par divers groupes de chercheurs garantit une grande cohérence et permet de comparer les résultats obtenus. Les études sur les conséquences de l'évolution du climat tiennent compte de la marge de changement calculée par CH2011 pour la température et les précipitations au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. L'ampleur de ce changement dépend des futures concentrations de gaz à effet de serre, de l'horizon temporel considéré, des modèles climatiques utilisés, ainsi que de la situation géographique à l'intérieur de la Suisse. Trois variantes (scénarios) concernant les futures émissions de gaz à effet de serre servent de point de départ. La période concernée est divisée en trois phases, alors que l'incertitude climatique est prise en compte à l'aide de trois estimations (fig. 1). Les conséquences climatiques décrites dans CH2014-Impacts font référence à la période 1980–2009 des scénarios CH2011. Les effets futurs s'additionnent ainsi aux conséquences qui se sont déjà manifestées durant la dernière décennie.

Fig. 1: Le « cube de scénarios » illustre les divers scénarios climatiques CH2011. En matière de gaz à effet de serre, ces derniers incluent les variantes suivantes: A2 (fortes émissions de gaz à effet de serre et aucune mesure de réduction des changements climatiques), A1B (émissions moyennes de gaz à effet de serre mais pas de mesure de réduction) et RCP3PD (émissions de gaz à effet de serre réduites en raison d'une politique climatique efficace; ce scénario est appelé RCP2.6 dans le cinquième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, mais dans un souci de cohérence on utilise ici l'appellation utilisée par CH2011). Les périodes étudiées sont des moyennes sur trente ans centrées sur les années 2035, 2060 et 2085. Les projections climatiques des températures et des précipitations sont représentées comme des écarts par rapport à la période de référence 1980–2009 et contiennent une estimation moyenne (« medium ») ainsi que des intervalles d'incertitude avec une valeur supérieure (« upper ») et une valeur inférieure (« lower »). L'intervalle d'incertitude recouvre une probabilité de 2/3 de correspondre à la variation de température effective, alors que cette probabilité est de 1/2 dans le cas des précipitations.



< Les stations de ski doivent s'attendre à ce que la durée de la saison diminue. L'enneigement artificiel peut toutefois atténuer sensiblement cette conséquence des changements climatiques (piste de neige artificielle à Savognin le 9 Janvier 2011; photo: Keystone).

## DAVANTAGE DE NUITS TROPICALES ET UNE PÉRIODE DE VÉGÉTATION PROLONGÉE

Dans le rapport CH2014-Impacts, les effets des changements climatiques sont tout d'abord illustrés à l'aide de grandeurs dérivées (indices climatiques) telles que «nuits tropicales» ou «durée de la période de végétation». Le rapport montre qu'en l'absence de mesures drastiques de protection du climat (scénarios A1B et A2 d'émissions de gaz à effet de serre), les «journées de chaleur» seront multipliées par deux d'ici à 2085, alors que les «nuits tropicales» se feront plus fréquentes à basse altitude (fig. 2). Cette évolution pourrait offrir certaines chances au secteur du tourisme et à l'industrie des loisirs, tout en causant des problèmes dans les domaines de la santé, de l'agriculture et de la sylviculture, ainsi que sur le plan de la biodiversité. Des changements problématiques sont aussi possibles en montagne. Avec les mêmes scénarios, les zones influencées par de fréquents «jours de gel» rétrécissent, ce qui augmente le risque de fonte du pergélisol. À basse altitude, les «jours d'hiver» se raréfient, ce qui devrait exercer des effets positifs sur la santé et la sécurité du trafic. Induite par la hausse des températures, la prolongation de la période de végétation devrait offrir de nouvelles possibilités à l'agriculture, mais elle présente aussi des risques mal connus pour la biodiversité. Le passage vers moins de «degrés-jours de chauffage» et davantage de «degrés-jours de réfrigération» pourrait par ailleurs bouleverser la structure de la demande en énergie liée au confort thermique.

- 
- Journées de chaleur
- Nuits tropicales
- Jours de gel/d'hiver
- Durée de la période de végétation
- Degrés-jours de chauffage/  
de réfrigération
- 
- 

4

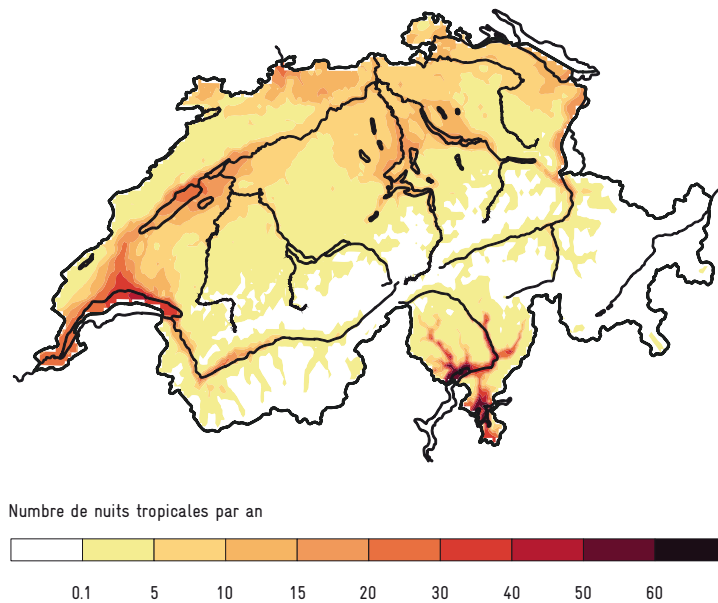


Fig. 2: Nombre de nuits tropicales par an à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (période 2085, estimation moyenne) selon le scénario climatique A1B sans mesures de protection du climat.

Cet aperçu sommaire est complété par les études détaillées de l'initiative CH2014-Impacts. Celles-ci abordent de manière quantitative une série de conséquences spécifiques de l'évolution du climat pour la cryosphère, l'hydrosphère, la biodiversité, la sylviculture, l'agriculture, l'énergie et la santé. Les différentes zones climatiques de Suisse y sont examinées en combinant des études de cas locales ou régionales à des analyses portant sur tout le pays (fig. 3).

### LES GLACIERS RECULENT, LE RÉGIME HYDROLOGIQUE DES RIVIÈRES ÉVOLUE

Selon les scénarios ne prévoyant pas de mesures drastiques de protection du climat (A1B et A2, valeur « medium »), il devrait devenir rare de voir une couverture neigeuse se maintenir plusieurs jours sur le Plateau suisse (fig. 3). Pour tous les scénarios et toutes les périodes considérées, les stations de ski doivent s'attendre à ce que la durée de la saison diminue. L'enneigement artificiel peut toutefois atténuer sensiblement cette conséquence des changements climatiques. Pour les domaines de ski situés à plus haute altitude, l'enneigement pourrait apporter une solution à long terme en cas de renforcement des politiques de protection du climat (scénario RCP3PD), alors que son efficacité se limiterait à la première moitié du siècle en l'absence de mesures drastiques (scénarios A1B et A2). Dans les deux cas, il présuppose cependant l'existence de ressources naturelles et financières suffisantes, et l'assentiment de la population. Par ailleurs, les simulations réalisées pour une sélection de 50 glaciers de Suisse montrent que leur masse disparaîtrait presque entièrement d'ici à la fin du siècle avec le scénario A1B (fig. 3).

À l'avenir, les bassins versants peu concernés par la fonte des glaciers vont enregistrer une altération de leur régime hydrologique. Celui-ci sera moins influencé par la neige et davantage par la pluie. Sa saisonnalité s'en trouvera modifiée: les débits diminueront en été et augmenteront en hiver (fig. 3). En revanche, les volumes annuels resteront plus ou moins constants. Des mesures de protection du climat renforcées (scénario RCP3PD) impliqueraient des effets deux fois moins importants que ce qu'ils seraient sans mesures de ce type (A1B et A2). Le recul des débits en été pourrait accroître le besoin de coordination entre utilisations concurrentes.

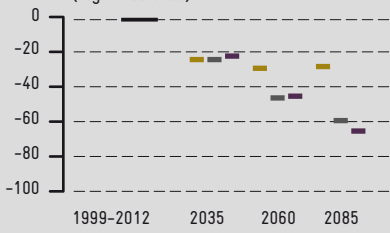
L'évolution climatique attendue fera monter la température des eaux souterraines, en particulier dans les couches alimentées par les cours d'eau (fig. 3). Un tel changement pourrait dégrader la qualité de ces eaux. Pour le réchauffement le plus élevé pris en compte (scénario A2 autour de 2085), la marge d'évolution de la température des eaux souterraines reste considérable et va d'un léger refroidissement à une hausse atteignant 7 °C. Ce résultat est surtout lié aux incertitudes affectant la modélisation des conséquences étudiées.

- 
- 
- 
- Couverture neigeuse
- Tourisme hivernal
- Glaciers
- Pergélisol
- 

- 
- Régime hydrologique
- Température des eaux souterraines
- 
- 
-

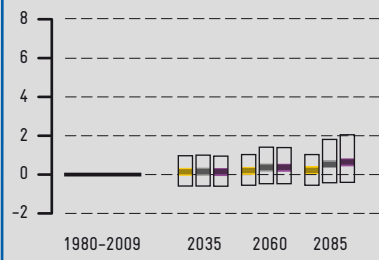
### Variation de l'épaisseur de neige (%)

Épaisseur annuelle moyenne de neige (région de l'Aar)

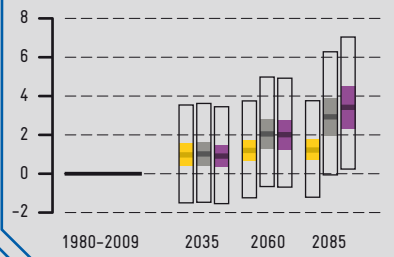


### Changement affectant la température des eaux souterraines (°C)

Käferberg (alimenté par les précipitations)

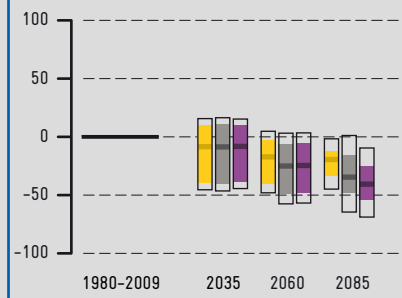


Seewerben (alimenté par de l'eau de rivière)

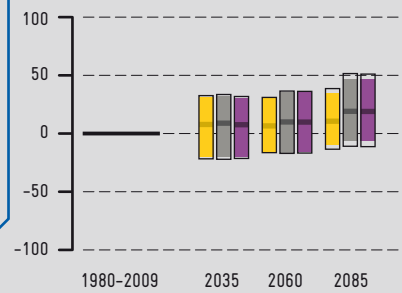


### Variation saisonnière du débit (%)

Thur, été



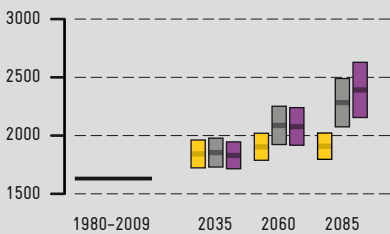
Thur, hiver



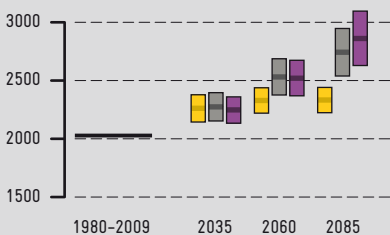
6

Aptitude à la viticulture (indice de Huglin)

Changins

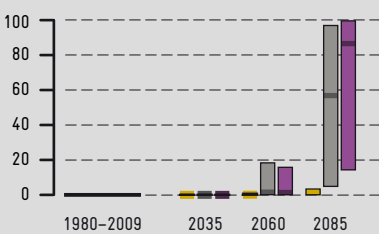


Magadino

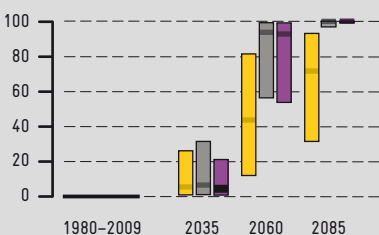


Risque de voir apparaître une 3<sup>e</sup> génération annuelle de carpocapse (%)

Changins

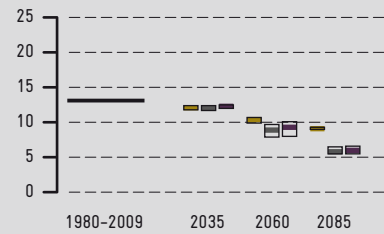


Magadino

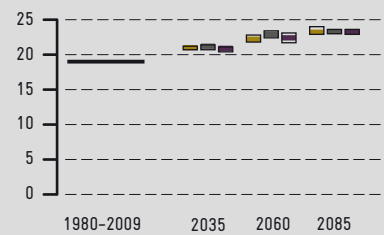


Fonction de protection contre les chutes de pierre et les avalanches (surface terrière, m<sup>2</sup>/ha)

Vallée de Saas à 1000 m d'altitude

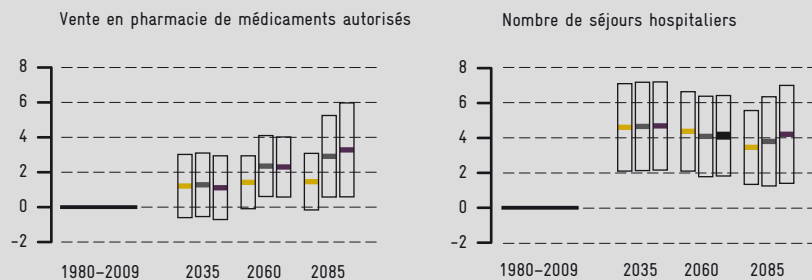


Vallée de Dischma à 2200 m d'altitude

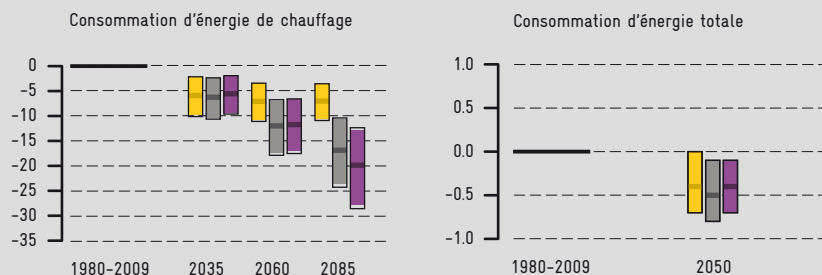




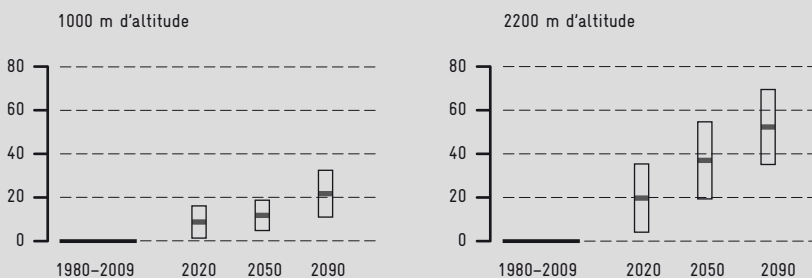
### Variation des indicateurs en matière de santé (%)



### Conséquences des variations des besoins en chauffage et en climatisation (%)



### «Turnover» des espèces d'oiseaux (%)



### Fonte des glaciers (%)

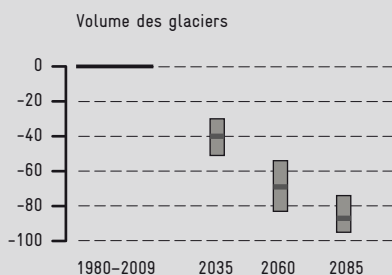


Fig. 3: Sélection de conséquences des changements climatiques dans divers domaines. Les scénarios concernant les gaz à effet de serre sont représentés en jaune (RCP3PD), en gris (A1B) et en violet (A2). Les traits en gras indiquent l'estimation «medium», les barres de couleurs les intervalles d'incertitude («upper» et «lower») lorsque ceux-ci ont été estimés. Les cadres noirs des barres de couleur incluent l'incertitude (deux écarts-types pour les estimations statistiques) découlant de la modélisation des conséquences, dans la mesure où celle-ci a été quantifiée. Des périodes s'écartant légèrement de la définition standard ont été utilisées pour le «turnover» des espèces (valeurs moyennes sur vingt ans), ainsi que pour la consommation d'énergie (année 2050).

## DES EFFETS VARIABLES SUR LA DIVERSITÉ DES ESPÈCES, SUR LES FORÊTS ET SUR L'AGRICULTURE

Selon le scénario A1B, qui n'inclut aucune mesure drastique de protection du climat, la diversité des espèces d'oiseaux et de plantes va se modifier dans toute la Suisse. Des espèces communes actuellement vont voir leur présence diminuer sur le Plateau, relativement plat, alors que la diversité des espèces augmentera à moyenne altitude. Ces deux évolutions affectent le «turnover» des espèces, puisque la composition des biocénoses se modifie (fig. 3). Cela signifie qu'il faudra veiller à promouvoir la diversité naturelle et les services écosystémiques qui en découlent.

Pour de nombreuses espèces d'arbres répandues en Suisse, les changements attendus vont induire un stress lié à la sécheresse. Si les changements climatiques se poursuivent au même rythme (scénario A1B), le Plateau suisse pourrait ne plus être un milieu adapté à l'épicéa et au hêtre, deux arbres qui y sont encore omniprésents. Un réchauffement modéré (comme prévu aux alentours de 2035, ou jusque vers 2085 selon le scénario RCP3PD) peut favoriser l'augmentation de la biomasse en forêt dans les secteurs où les basses températures du climat actuel restreignent la croissance des arbres. Il en va de même dans les régions qui bénéficient de suffisamment de précipitations pour couvrir le besoin accru en eau induit par la hausse des températures.

- 
- Espèces d'oiseaux et de plantes
- 
- 

- 
- Espèces d'arbres
- Propriétés de la forêt
- Services écosystémiques
- 

8

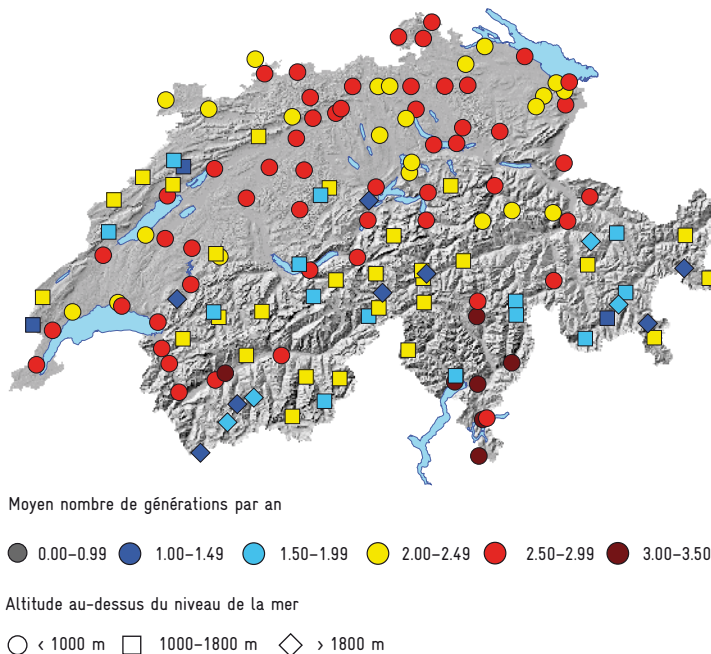


Fig. 4: Nombre de générations potentielles du bostryche par an à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (période 2085, estimation moyenne) selon le scénario climatique A1B sans mesures de protection du climat.



Pour tous les scénarios et toutes les périodes étudiées, la diversité des espèces d'arbres des forêts d'altitude (vallée de Dischma) reste stable ou progresse, et leur biomasse augmente. Les bois situés au fond des vallées sèches à l'intérieur des Alpes (par exemple la vallée de Saas) s'avèrent toutefois sensibles et enregistrent une dégradation même lorsque le réchauffement reste modéré. Les divers services écosystémiques d'origine forestière – comme la production de bois, le stockage du carbone ou la protection contre les chutes de pierre et les avalanches – réagissent de manière différenciée. De manière générale, ils s'améliorent en altitude, mais se dégradent dans les régions moins élevées (fig. 3). Simultanément, l'évolution du climat influence aussi la forêt de manière indirecte, en renforçant les risques causés par le bostryche (qui pourrait passer de deux générations au maximum actuellement à trois générations potentielles par an aux alentours de 2085 avec le scénario A1B; fig. 4).

Dans le domaine agricole, les facteurs de stress (ravageurs, par exemple, ou chaleur affectant les bovins) induisent des effets certes négatifs, mais probablement maîtrisables. Si le réchauffement se poursuit comme jusqu'ici (scénarios A1B et A2), on risque fortement de voir apparaître sur le Plateau d'ici à la fin du siècle une troisième génération par an de la carpocapse des pommiers. Au Tessin, ceci devrait déjà être le cas plus tôt, quel que soit le scénario pris en compte pour les gaz à effet de serre (fig. 3). La hausse du potentiel d'exploitation viticole liée aux températures plus élevées constitue par contre une conséquence positive du réchauffement. Ce résultat est cohérent avec des estimations antérieures qui indiquent que les effets du réchauffement climatique pourraient se révéler globalement positifs pour l'agriculture tant que les changements restent modérés, comme prévu pour la première moitié du XXI<sup>e</sup> siècle. À long terme, toutefois, les dommages devraient prendre le dessus si l'évolution du climat se poursuit au même rythme. Seules des mesures de protection du climat renforcées (scénario RCP3PD) permettraient d'éviter d'en arriver là.

### MOINS D'ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE, PLUS POUR LA CLIMATISATION

Le recul du nombre de degrés-jours de chauffage permettra d'économiser de l'énergie dans ce domaine, mais la hausse du nombre de degrés-jours de réfrigération va parallèlement accroître les besoins de refroidissement (fig. 3). La consommation d'énergie de chauffage des ménages privés pour les années 2000 à 2010 ne présente toutefois que la moitié de la marge de fluctuation enregistrée pour les degrés-jours de chauffage (« effet rebond » direct). Pour l'avenir, cela signifie que seule la moitié du potentiel théorique d'économie sera effectivement réalisé. Un examen intersectoriel à l'aide de modèles d'équilibre général laisse penser que les 50% d'énergie économisée restants vont être presque entièrement compensés par l'utilisation d'autres biens (« effet rebond » indirect). Dans l'ensemble, la diminution de la consommation totale d'énergie pour le scénario sans mesures drastiques de protection du

- 
- Stress thermique chez les bovins
- Ravageurs
- Production viticole
- 

- 
- Consommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation
- Effets sur la consommation totale d'énergie et sur le PIB
- 
- 
-

climat est faible (< 1 %) jusqu'au milieu du siècle, et la hausse de prospérité qui lui est liée reste elle aussi très limitée (< 0,25 % du PIB). On constate en outre que si l'augmentation de l'énergie nécessaire à la climatisation a des incidences négatives au plan économique, elle ne contrebalance pas à elle seule la baisse de la consommation liée au chauffage. Globalement, c'est donc l'effet d'économie qui domine.

Une autre analyse statistique réalisée dans le cadre de CH2014-Impacts montre qu'il existe des corrélations entre certaines grandeurs météorologiques empiriques et plusieurs indicateurs du domaine de la santé, comme la consommation de médicaments ou les séjours hospitaliers. Si l'on part de l'hypothèse que ces relations statistiques persistent pour des variations climatiques à plus long terme et qu'on omet par ailleurs les éventuelles modifications du comportement ou les adaptations physiologiques ou autres des personnes, on peut estimer les conséquences maximales que les changements climatiques peuvent exercer sur ces indicateurs (fig. 3). Avec le réchauffement, les ventes en pharmacie de préparations autorisées comme médicaments augmentent dans une proportion allant jusqu'à 3 % à la fin du siècle (scénarios A1B et A2, sans mesures drastiques de protection du climat). Le nombre de séjours hospitaliers est influencé de différentes manières par les changements climatiques, puisqu'il faut s'attendre à ce qu'il progresse d'environ 4 % à l'avenir, cela à toutes les périodes et indépendamment du scénario retenu pour les gaz à effet de serre.

- 
- 
- 
- Indicateurs du domaine de la santé
- 

### **GÉRER LES EFFETS DU CLIMAT DEVIENT INDISPENSABLE EN SUISSE**

En résumé, l'initiative CH2014-Impacts peint une image globalement négative des conséquences que les changements climatiques exercent en Suisse. Cependant, certains effets indésirables peuvent aussi être réduits ou même transformés en avantage si on les gère de manière appropriée. Cela illustre l'importance que prendront la prévention et la gestion des conséquences pour la Suisse. Certains des effets positifs ne se manifesteront pratiquement que si le réchauffement reste modéré, ce qui montre qu'il est indispensable d'abaisser les émissions de gaz à effet de serre. Dans un avenir proche (jusque vers 2035), les conséquences négatives semblent rester limitées par rapport à la période de référence 1980–2009. Elles s'ajoutent toutefois aux effets déjà présents des changements climatiques observés durant les dernières décennies.

Les conséquences d'un fort réchauffement climatique se manifestent surtout à la fin du siècle pour les scénarios sans réduction des émissions de gaz à effet de serre (A1B et A2). Pour ces deux scénarios, il ne sera probablement pas possible d'éviter que les conséquences s'accroissent encore au XXIIe siècle, puisque le système socioéconomique et le système physique se caractérisent tous deux par une grande inertie. En particulier, les concentrations accrues de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère s'y maintiendront durant des siècles, parce que le gaz carbonique

ne peut être absorbé que partiellement par les océans et les autres puits naturels. Cela signifie que les effets à long terme prévus s'amplifieront au XXIIe siècle, à moins que l'on découvre une possibilité technique de prélever une grande proportion du CO<sub>2</sub> émis dans l'atmosphère.

Les diverses études présentées dans le rapport CH2014-Impacts se recouvrent dans certains domaines. La fonte des glaciers, par exemple, influence le régime hydrologique des cours d'eau, le turnover des espèces est étroitement lié à la composition des forêts et l'évolution de la température des eaux souterraines joue un rôle important en matière de santé. Bien que ces thématiques n'aient pas été reliées entre elles dans les études, les résultats obtenus sont cohérents dans l'ensemble. Malgré cela, ces thèmes interdépendants sont importants. Pour les prochaines études, il serait donc souhaitable de lier plus étroitement entre eux les divers modèles utilisés.

### **UNE PREMIÈRE ÉTAPE VERS DES SCÉNARIOS COMPLETS**

Le présent rapport présente des résultats quantitatifs qui concernent aussi bien le milieu physique que l'environnement de l'homme. L'ampleur des études est toutefois limitée. Cela est dû au calendrier serré et aux moyens restreints à disposition, ainsi qu'à la volonté de livrer des résultats quantitatifs. Les conséquences des changements climatiques, les divers scénarios et l'estimation des incertitudes ne sont donc pas encore traités de manière complète ou représentative. D'autres limitations résultent des scénarios climatiques CH2011. Le rapport se concentre ainsi sur les effets qui peuvent être déduits des changements moyens affectant les températures et les précipitations selon ces scénarios. Les effets qui sont liés à d'autres grandeurs ou à des événements extrêmes et ne sont pas couverts par CH2011 ne sont pas abordés dans le rapport CH2014-Impacts.

L'initiative CH2014-Impacts veut mettre à disposition un rapport pilote qui quantifie les conséquences du réchauffement en tenant compte de toute la chaîne d'effets en Suisse – de l'environnement physique aux impacts socioéconomiques en passant par la réaction des écosystèmes –, tout en se fondant sur un ensemble de données uniformes et disponibles pour tout le monde. Ce recueil d'études est certes encore incomplet, mais il doit susciter un processus qui mènera finalement à des résultats consolidés sous la forme de scénarios concernant les conséquences des changements climatiques. Ceux-ci décriront les effets possibles du réchauffement en Suisse dans une approche globale, exhaustive et interdisciplinaire. De tels scénarios peuvent ensuite être utilisés par les milieux touchés et aider les décideurs et les politiciens à développer pour la Suisse des stratégies efficaces de réduction des gaz à effet de serre et d'adaptation aux changements climatiques. Le rapport présenté ici ne constitue qu'une étape sur le chemin conduisant à cet objectif. Il reste donc nécessaire de faire avancer sans cesse les études dans ce domaine, tout en améliorant les données sur lesquelles elles se fondent.

- 
- INDICES
- CRYOSPHERE
- HYDROLOGIE
- BIODIVERSITÉ
- FORÊTS
- AGRICULTURE
- CONSOMMATION D'ÉNERGIE
- SANTÉ
-

## Download de [www.ch2014-impacts.ch](http://www.ch2014-impacts.ch)

Rapport complet (en anglais),  
Résumé (en anglais, allemand, français et italien),  
Données

## Contact

[ch2014@oeschger.unibe.ch](mailto:ch2014@oeschger.unibe.ch)

## Éditeur

OCCR, FOEN, MeteoSwiss, C2SM, Agroscope et ProClim

## Adresses

Oeschger Centre for Climate Change Research  
Zähringerstr. 25  
CH-3012 Bern

Federal Office for the Environment FOEN/BAFU  
Papiermühlestr. 172  
CH-3063 Ittigen

Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss  
Krähbühlstr. 58  
CH-8044 Zürich

Center for Climate Systems Modeling C2SM  
ETH Zürich  
Universitätsstr. 16  
CH-8092 Zürich

Agroscope, Institute for Sustainability Sciences ISS  
Reckenholzstr. 191  
CH-8046 Zürich 81

ProClim-  
Forum for Climate and Global Change  
Swiss Academy of Sciences (SCNAT)  
Schwarztorstr. 9  
CH-3007 Bern

