



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse

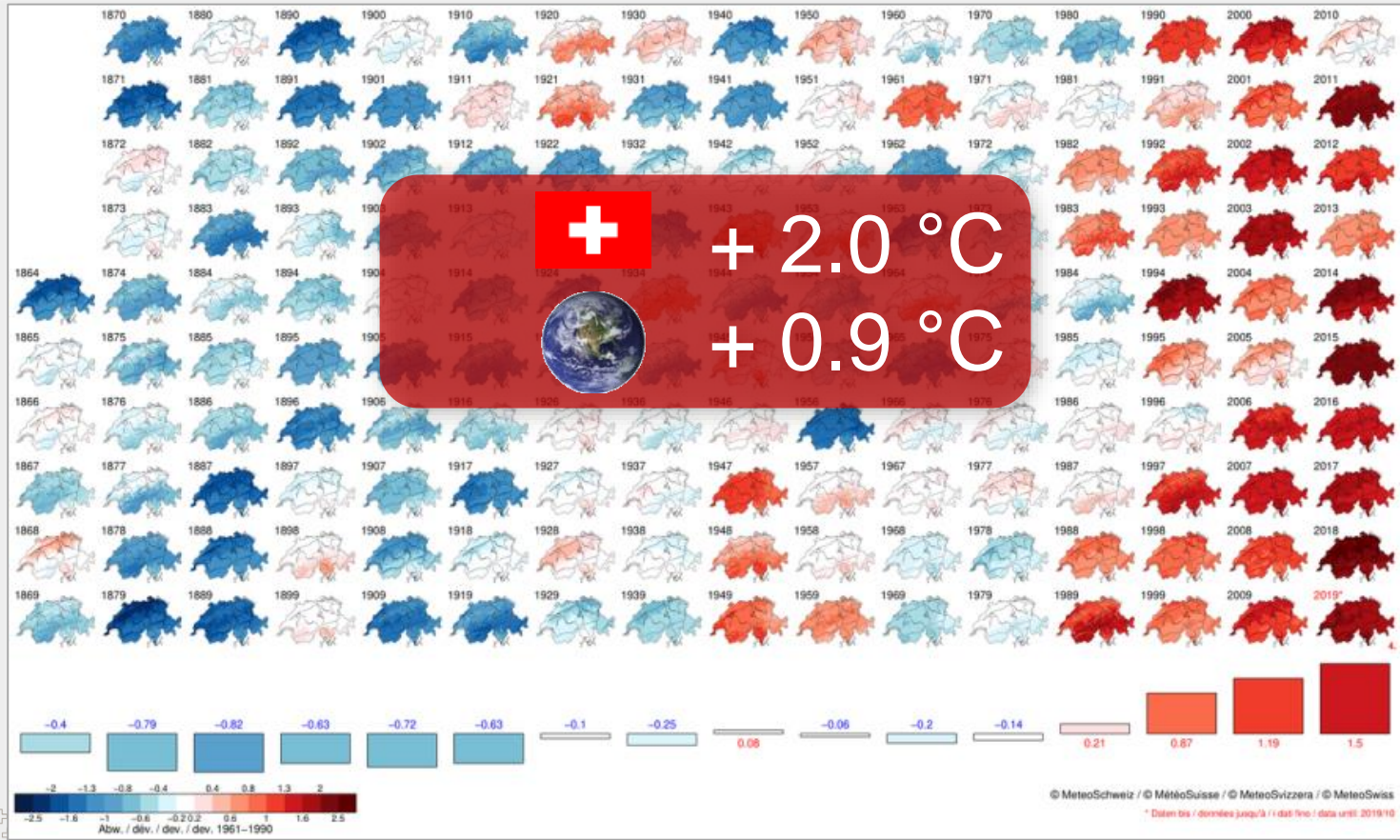
Le changement climatique en Suisse: Observations passées et futurs scénarios

Isabelle Bey

Responsable du Centre Régional Ouest, Genève, MétéoSuisse

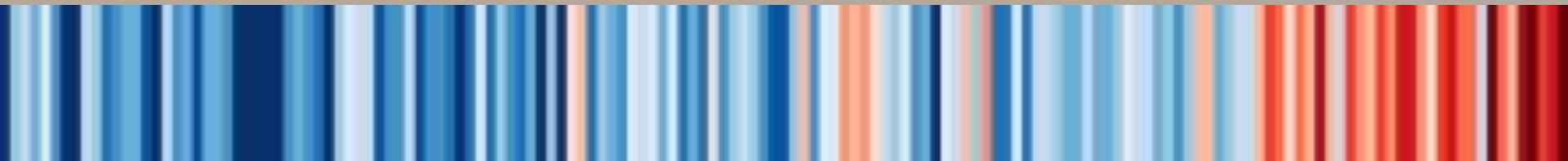


Températures passées 1864-2019*



Contenu de la présentation

- Les signaux du passé
- Scénarios climatiques CH2018
 - Méthodologie
 - Les principaux résultats
- Quelques mots sur le contexte global

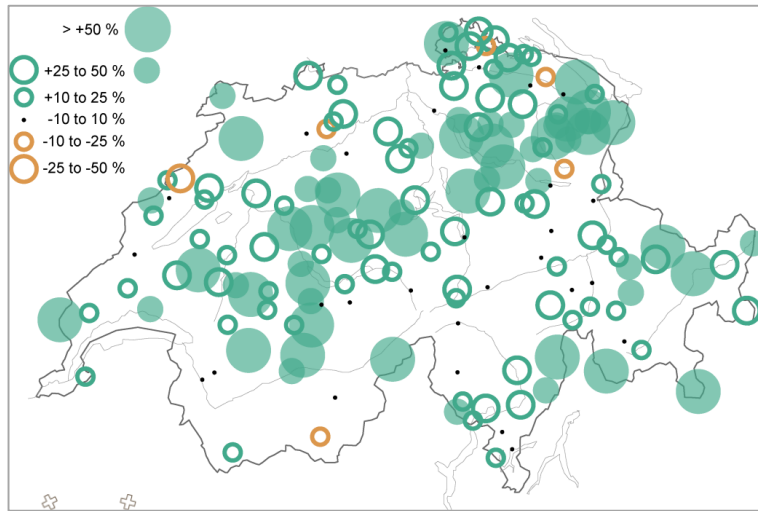




Fréquence & intensité des fortes précipitations

Fréquence (#q99e)

Nombre de jours avec des précipitations > 99 percentile

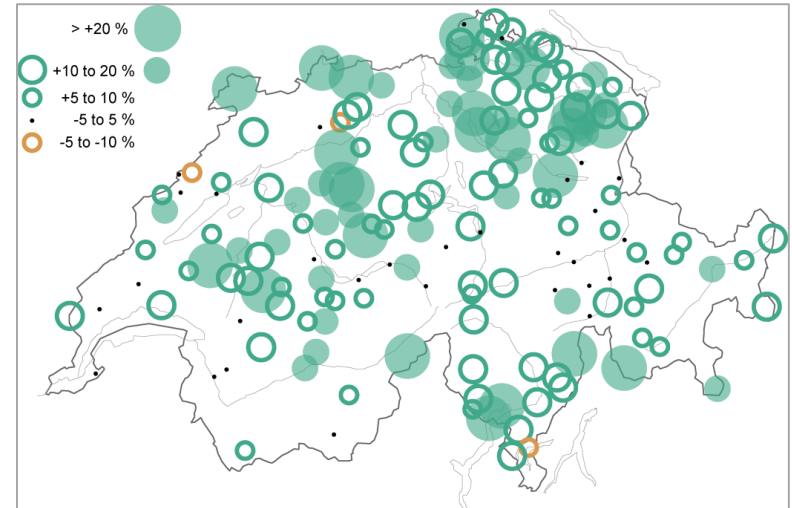


30 % plus fréquente depuis 1901

Scherrer et al. (2016)

Intensité (Rx1day)

Précipitations journalières maximales sur une année (Rx1day)

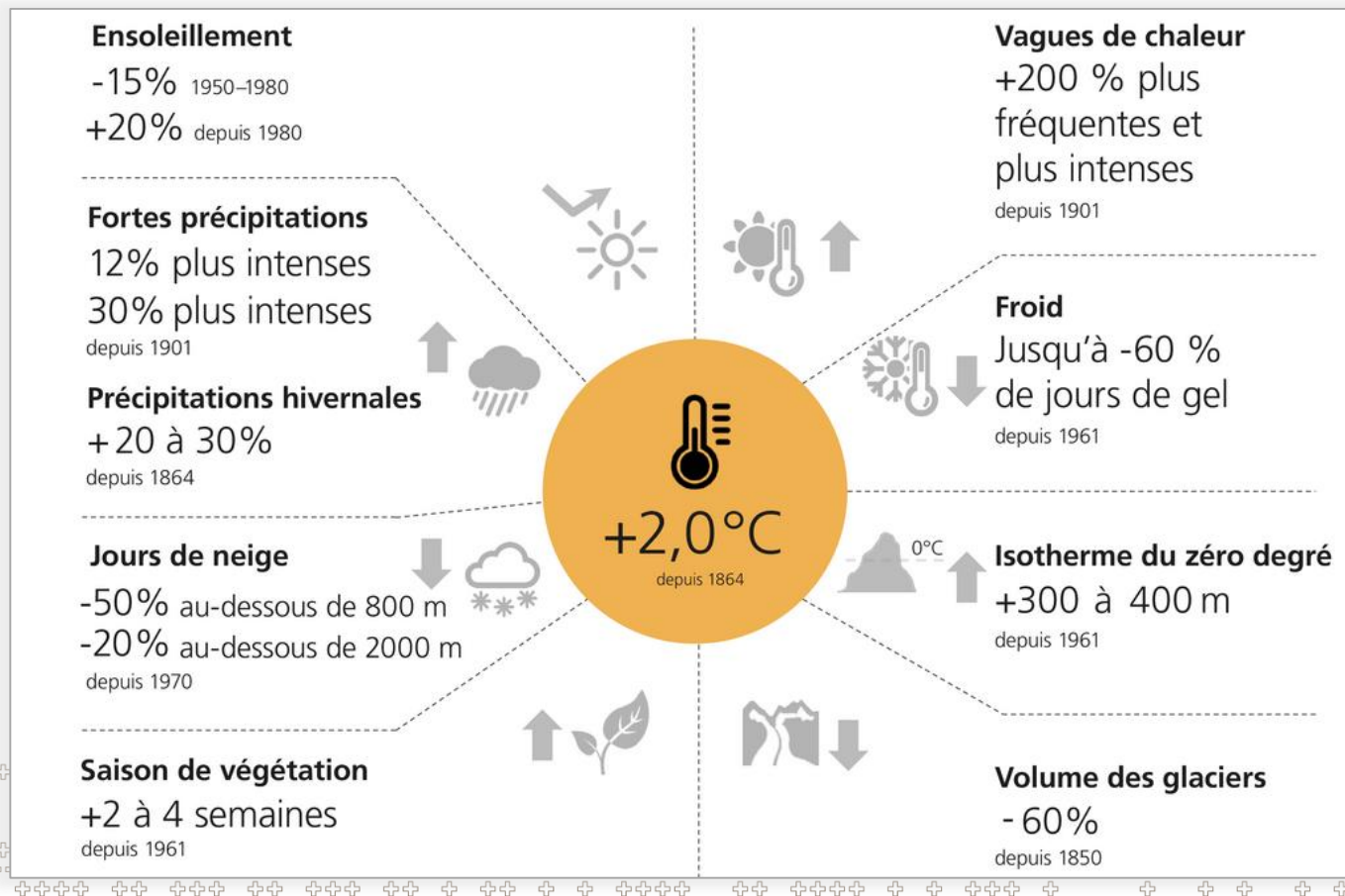


12 % plus intensive depuis 1901

→ +7.7 % / °C réchauffement



Signaux du CC observés en Suisse





Pour certains processus : pas encore de signaux robustes

Sécheresse estivale



Vent



Brouillard/stratus



Orage



Grêle



Tornado



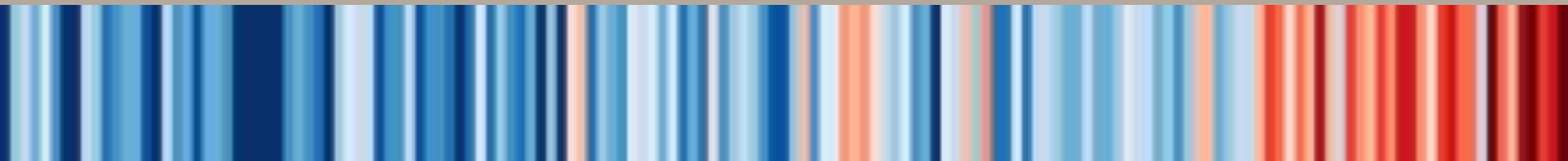
Raisons...

- Signal de changement pas encore détectable
- Influence du changement climatique pas encore claire *

* données et modèles pas encore assez précis

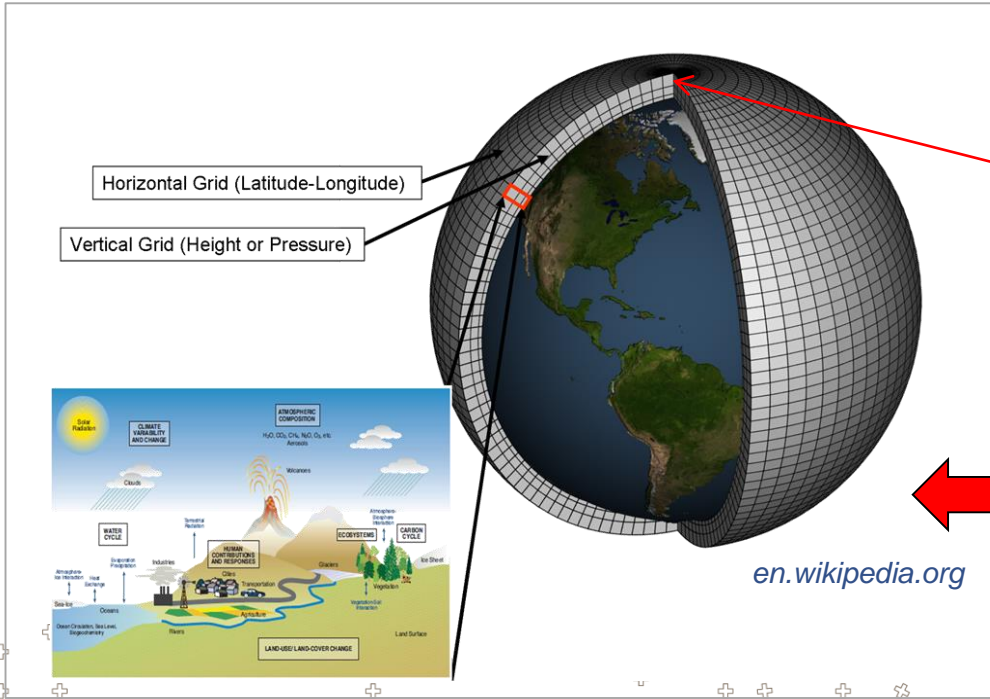
Contenu de la présentation

- Les signaux du passé
- **Scénarios climatiques CH2018**
 - **Méthodologie**
 - **Les principaux résultats**
- Quelques mots sur le contexte global





Modèles climatiques



$$\frac{Du}{Dt} - fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + F_x \quad \frac{Dv}{Dt} + fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + F_y$$

$$\frac{Dw}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g + F_z$$

with $\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}$

$$p = \rho RT$$

$$\frac{DT}{Dt} - \frac{1}{c_p \rho} \frac{Dp}{Dt} = H$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(u\rho)}{\partial x} + \frac{\partial(v\rho)}{\partial y} + \frac{\partial(w\rho)}{\partial z} = 0$$

Scénario d'émissions

- Intégration des processus physiques dans un seul «framework» ...
- Contraint par des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre



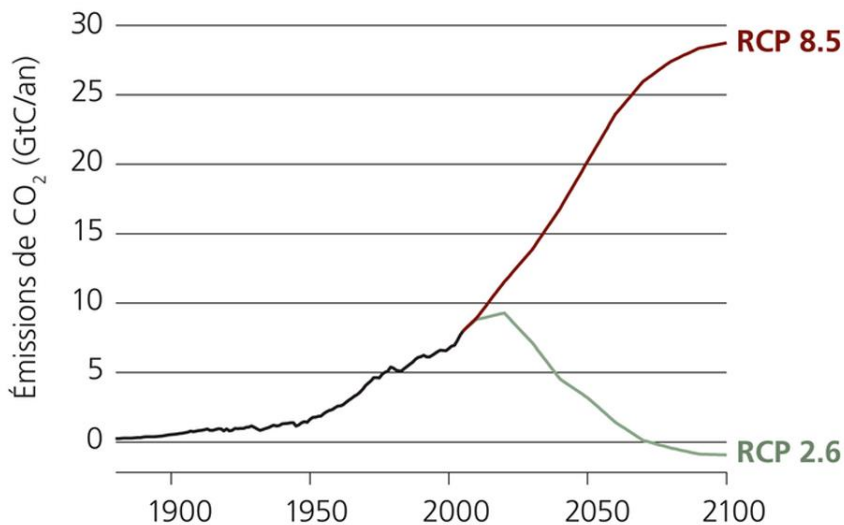
Scénarios d'émissions

Scénarios d'émissions

Émissions mondiales nettes de CO₂
d'origines fossile et industrielle

Source: adapté de la figure IPCC 2013/WGI/Box 1.1/Figure 3b

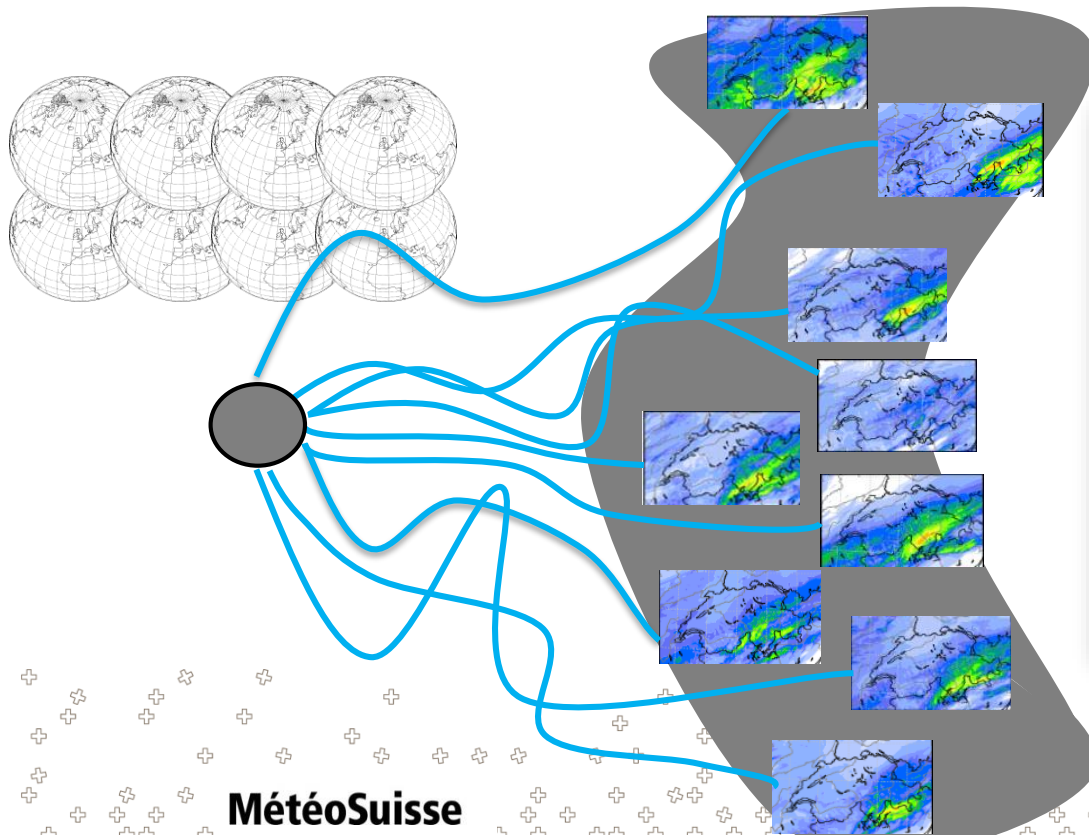
- Sans mesures de protection du climat
- Avec des mesures significatives de protection du climat



- Scénarios d'émissions = Scénarios socio-économiques qui décrivent l'évolution des émissions de gaz à effet de serre.
- RCP 8.5 = Sans mesures de protection (« Business As Usual »)
- RCP 2.6 = Avec des mesures de protection permettant de limiter le réchauffement global en-dessous de 2°C



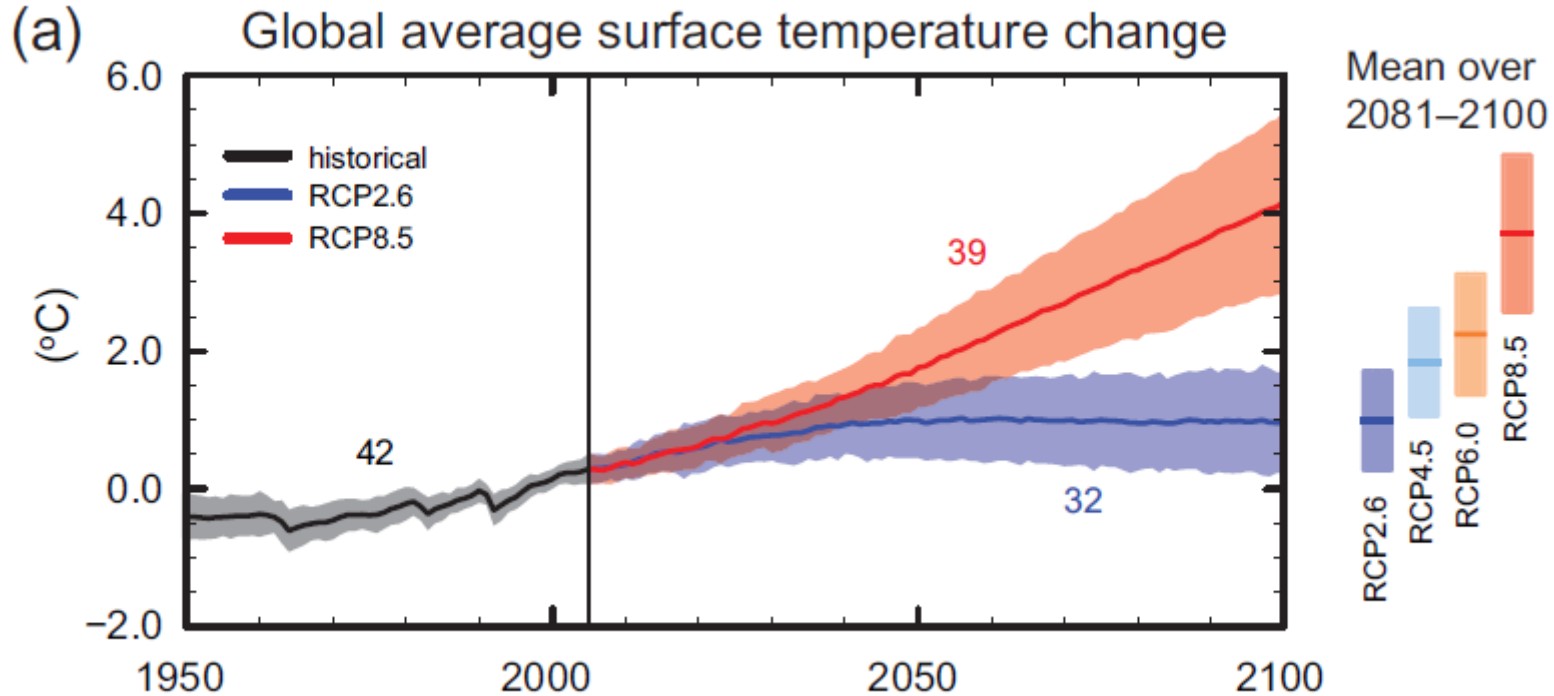
Approche probabiliste



- Utilisation de plusieurs modèles
- Un ensemble de simulations («membres») avec le même modèle et le même scénario d'émissions mais avec des petites différences dans les conditions physiques
- Permet d'interpréter et de quantifier l'incertitude de la prédiction :
 - Large variabilité = grande incertitude
 - Faible variabilité = bonne prévisibilité



Scénarios climatiques globaux



La chaîne de modèles climatiques

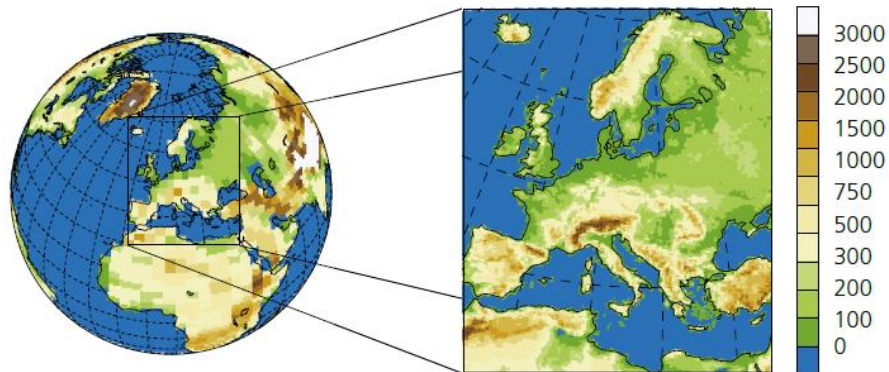
Échelle globale

Echelle régionale

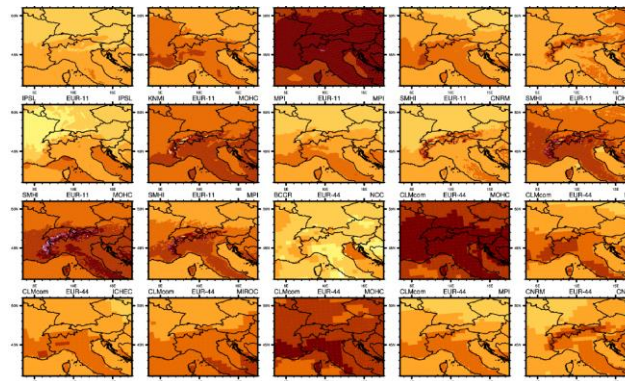
Approche probabiliste

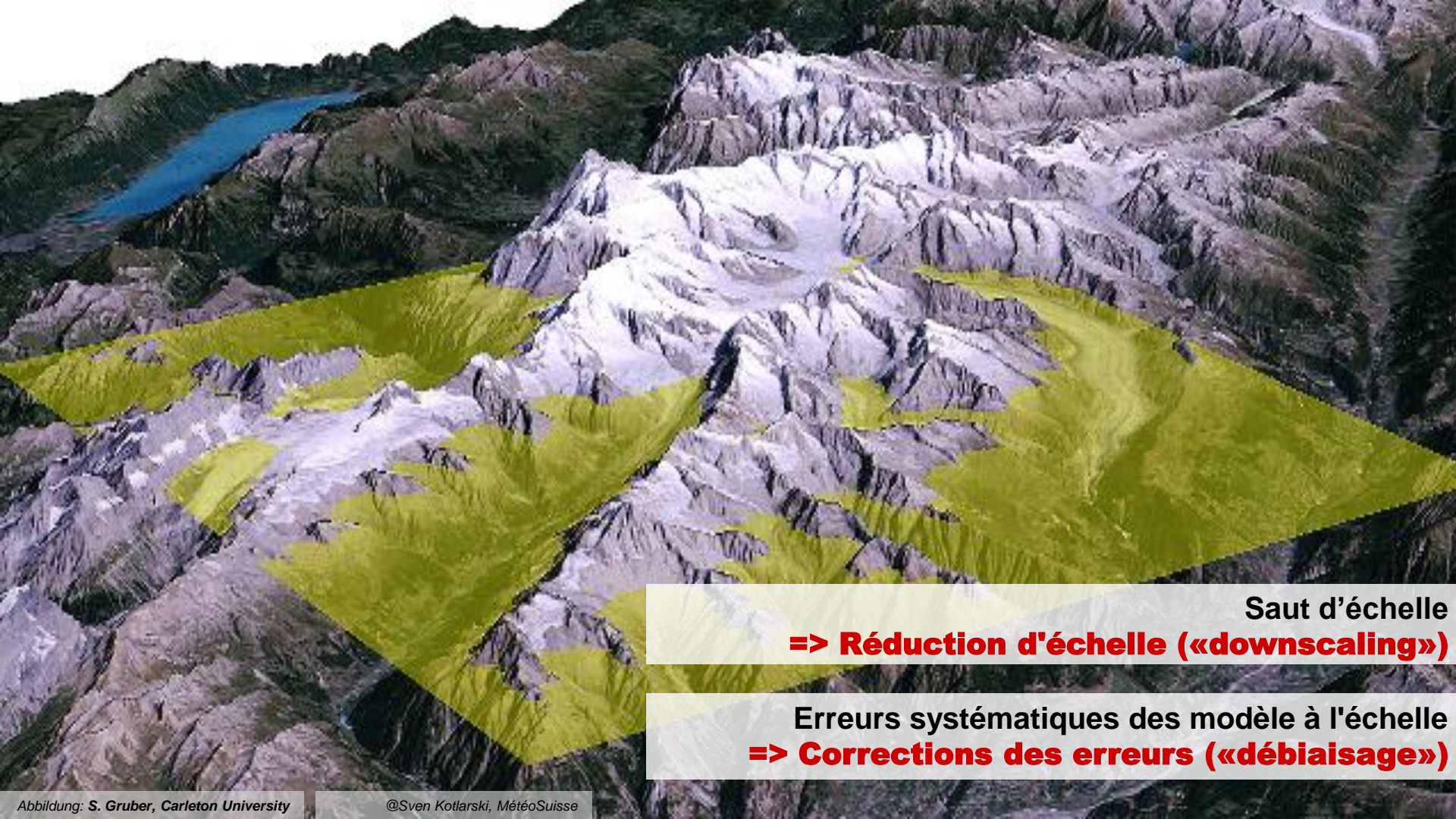
Modèle climatique global
Résolution horizontale : 100-250 km

Modèle climatique régional
Résolution horizontale : 12-50 km



Par scénario d'émissions :
21 simulations au-dessus de
l'Europe et de la Suisse





Saut d'échelle

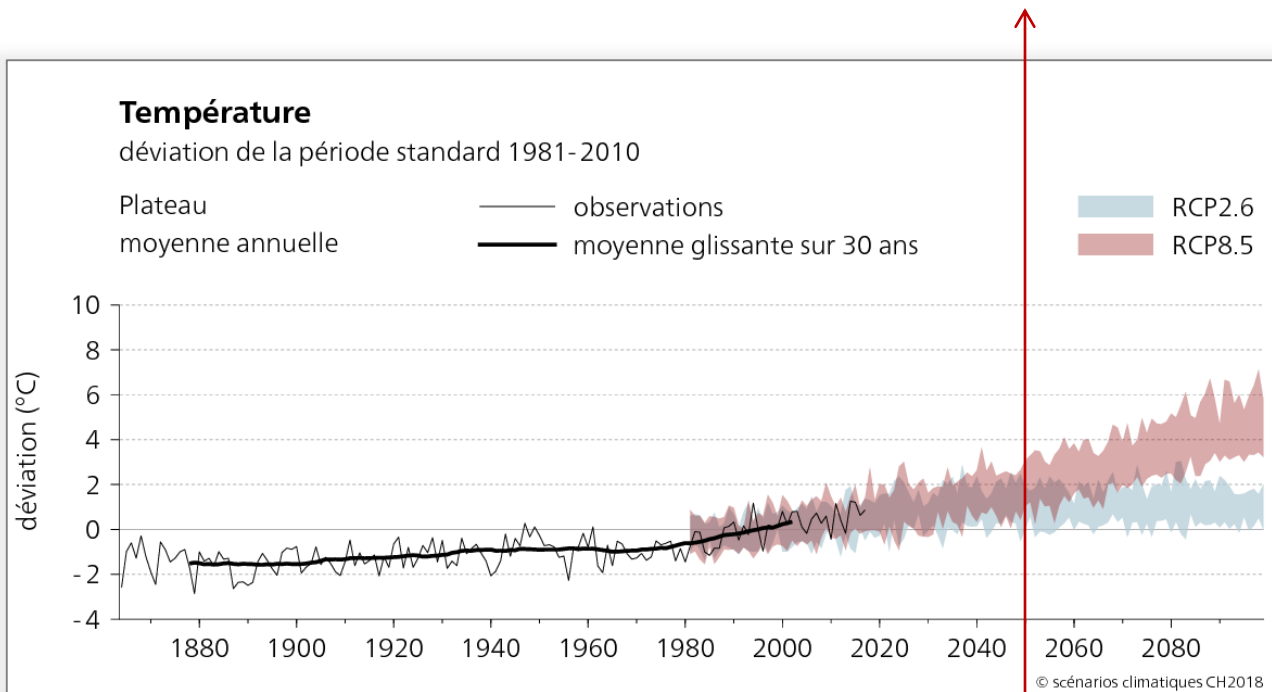
=> Réduction d'échelle («downscaling»)

Erreurs systématiques des modèle à l'échelle

=> Corrections des erreurs («débiaisage»)



CH2018 : Augmentation de la température moyenne



En moyenne :

- Température hivernales :
+2°C à +3.5°C
- Températures estivales :
+2.5°C à +4.5°C



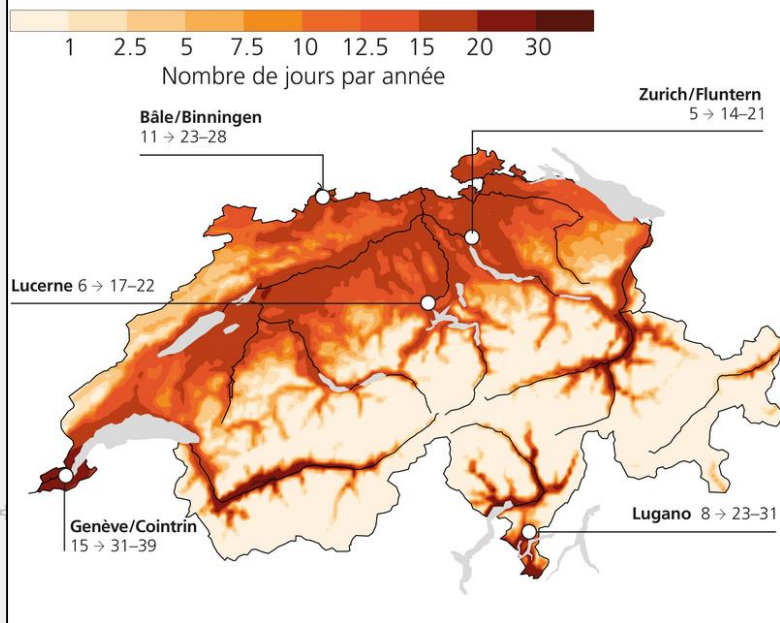
En 2060 - sans mesures de protection du climat



Augmentation du nombre de journées tropicales

Évolution du nombre de journées tropicales

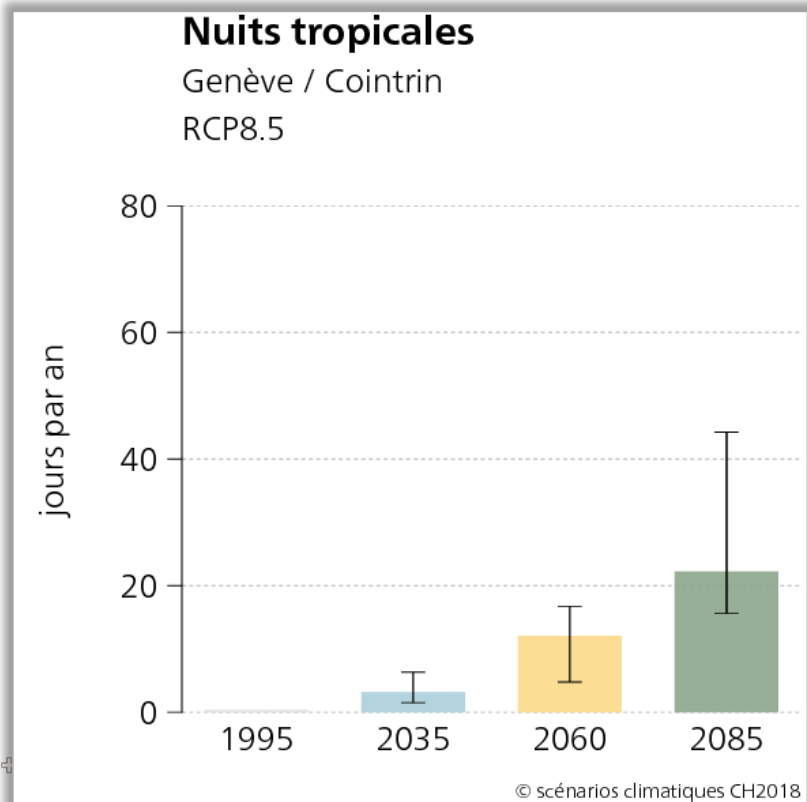
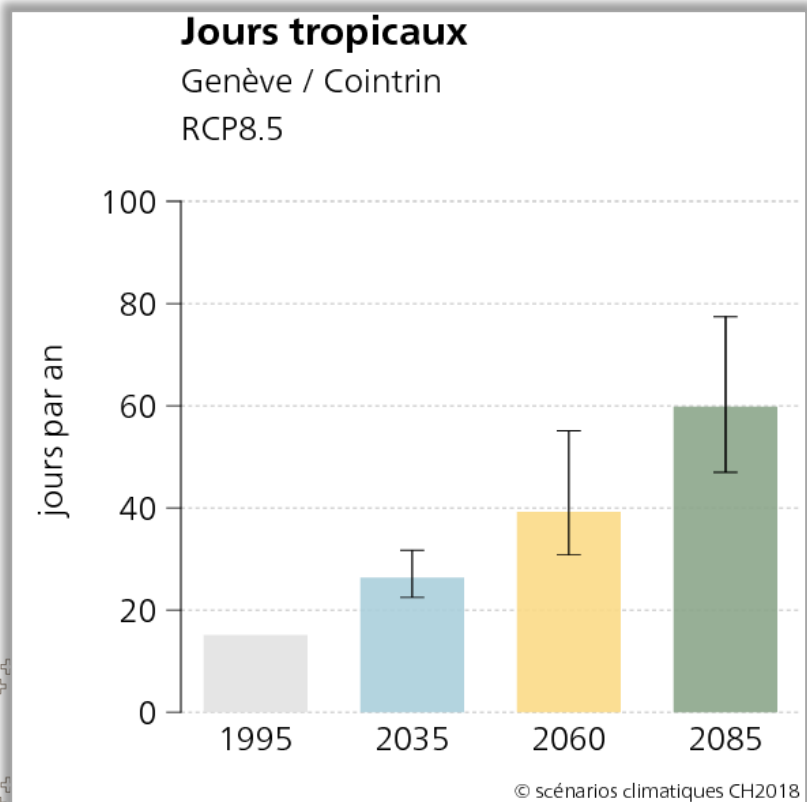
Évolution attendue du nombre de jours avec des températures supérieures à 30 degrés Celsius vers 2060 par rapport à 1981–2010 (moyenne sur 30 ans) sans mesures de protection du climat. Les valeurs correspondent à la période de référence 1981–2010 et les changements possibles vers 2060.



- Les **températures maximales** augmenteront bien davantage que les températures moyennes.
- **Jour le plus chaud de l'année:** +2 à +5,5 °C
- Les **vagues de chaleur** ainsi que les journées estivales et tropicales et les **nuits tropicales** seront plus fréquentes et plus extrêmes.
- Les **zones urbaines**, densément peuplées et situées à basse altitude, seront fortement impactées



Journées et nuits tropicales





Canicule en 2015 / 2060 ?

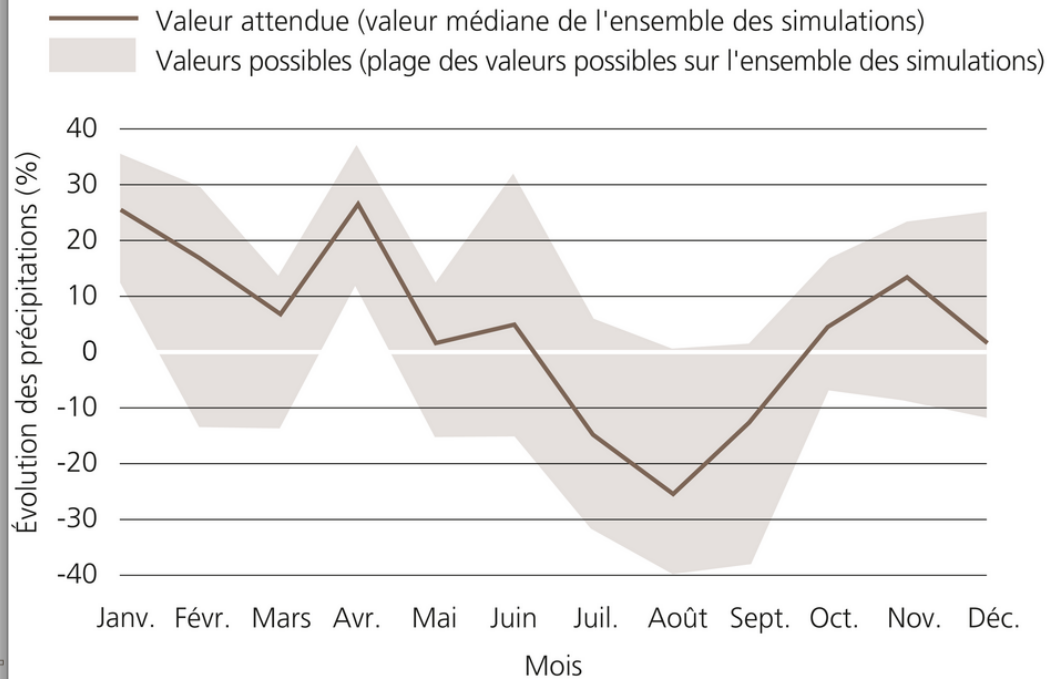


(Source: E. Fischer, ETH)

Changement du cycle saisonnier des précipitations

Évolution des précipitations à La Chaux-de-Fonds

Évolution mensuelle des précipitations vers 2060 par rapport à la moyenne 1981–2010 (moyenne sur 30 ans) sans mesures de protection du climat.



- Plus de précipitations en hiver, moins en été
- Périodes de sécheresse plus marquées et plus longues
- Mais potentiellement plus de précipitations intenses



Résumé sur les changements attendus

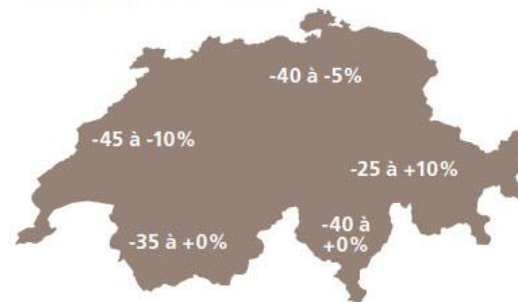
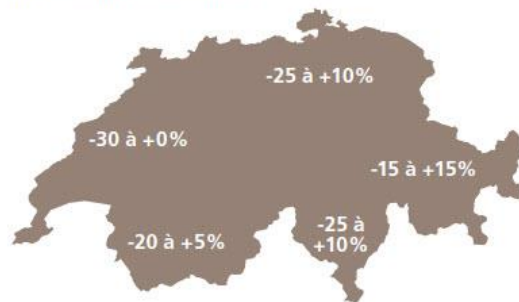
2060 **sans** mesures de protection du climat

2085 **sans** mesures de protection du climat

Précipitations estivales

Changement possible au milieu du siècle

Changement possible vers la fin du siècle



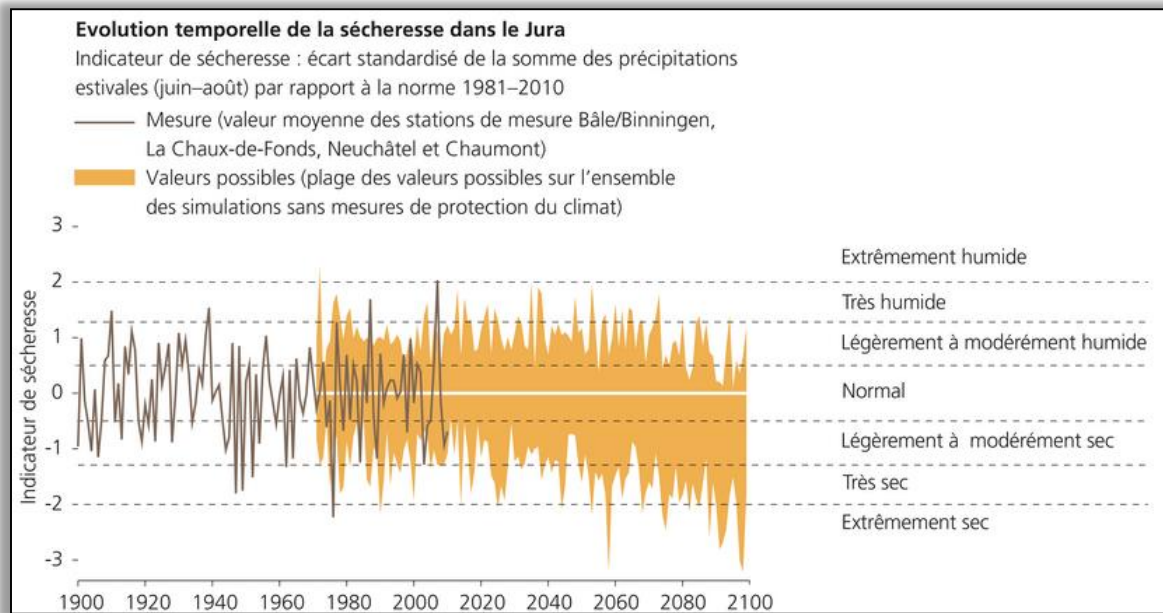
Cumul journalier maximal de précipitations sur 100 ans (hiver | été)

Changement attendu au milieu du siècle

Changement attendu vers la fin du siècle



Etés plus secs, sécheresses plus longues



- **Températures estivales** : +2,5 °C à +4,5 °C
- **Précipitations estivales en diminution** : -25 % à +10 %, évaporation en augmentation
- Les sols seront plus secs et la plus longue période sans précipitations s’allongera
- **Période de sécheresse estivale la plus longue** : de +0 à +9 jours

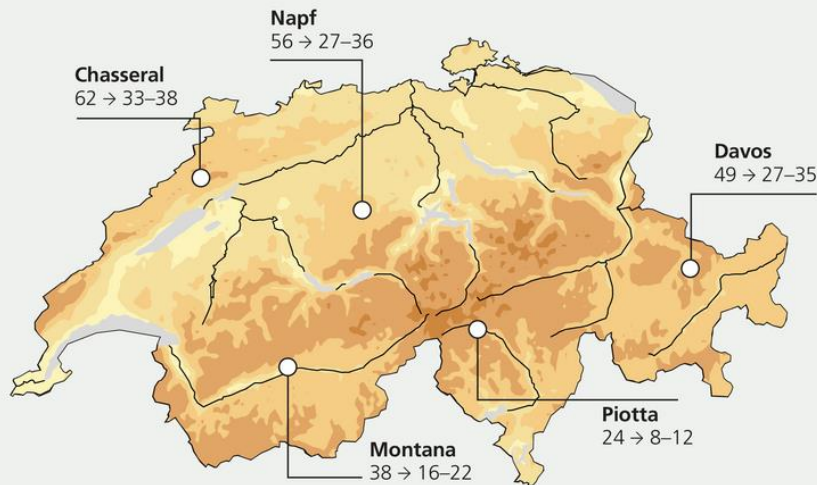
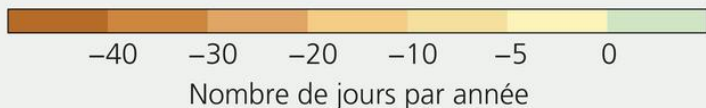


Hivers peu enneigés

Évolution du nombre de jours de neige fraîche

Évolution attendue du nombre de jours de neige fraîche vers 2060 par rapport à 1981–2010 (moyenne sur 30 ans) sans mesures de protection du climat.

Les valeurs correspondent à la période de référence 1981–2010 et les changements possibles pour 2060.



- Augmentation de l'isotherme du zéro degré en hiver d'ici au milieu du 21^{ème} siècle : + 400 à 650 m (800 m => 1300m)

Jours avec neige fraîche

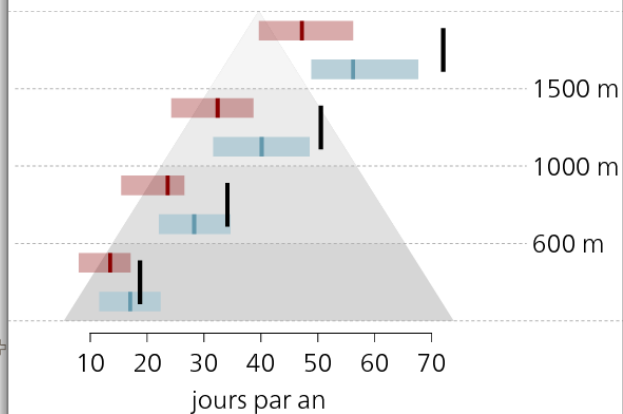
Préalpes

période standard
1981–2010

2060

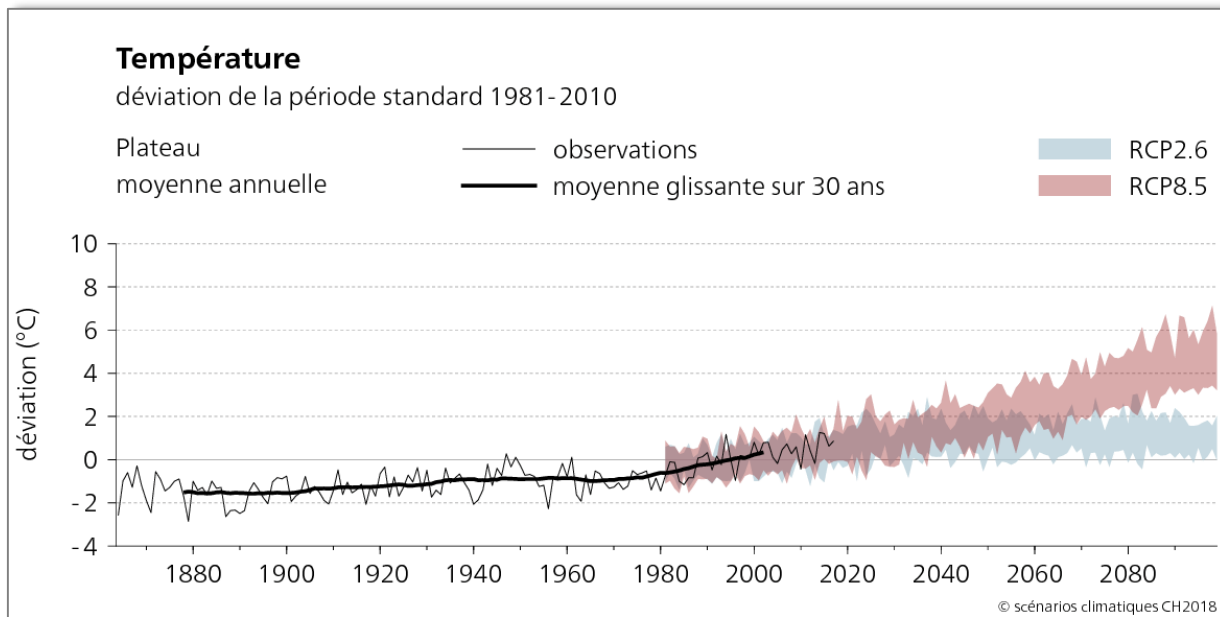
RCP2.6

RCP8.5





Rôle des mesures de protection du climat

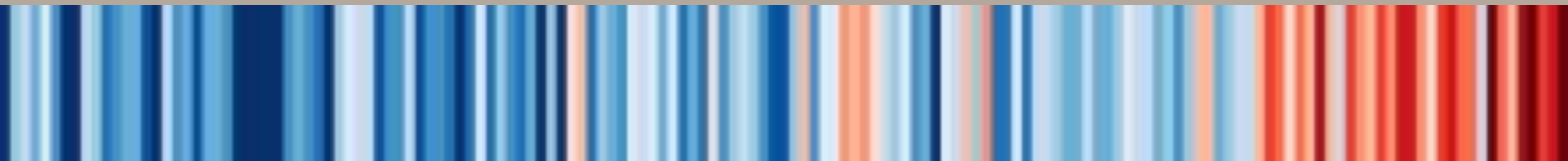


Sans mesures de protection du climat

Avec des mesures de protection du climat

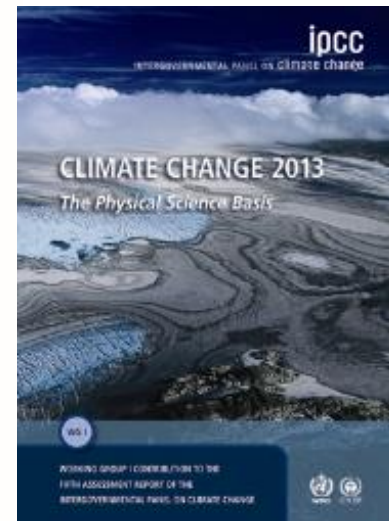
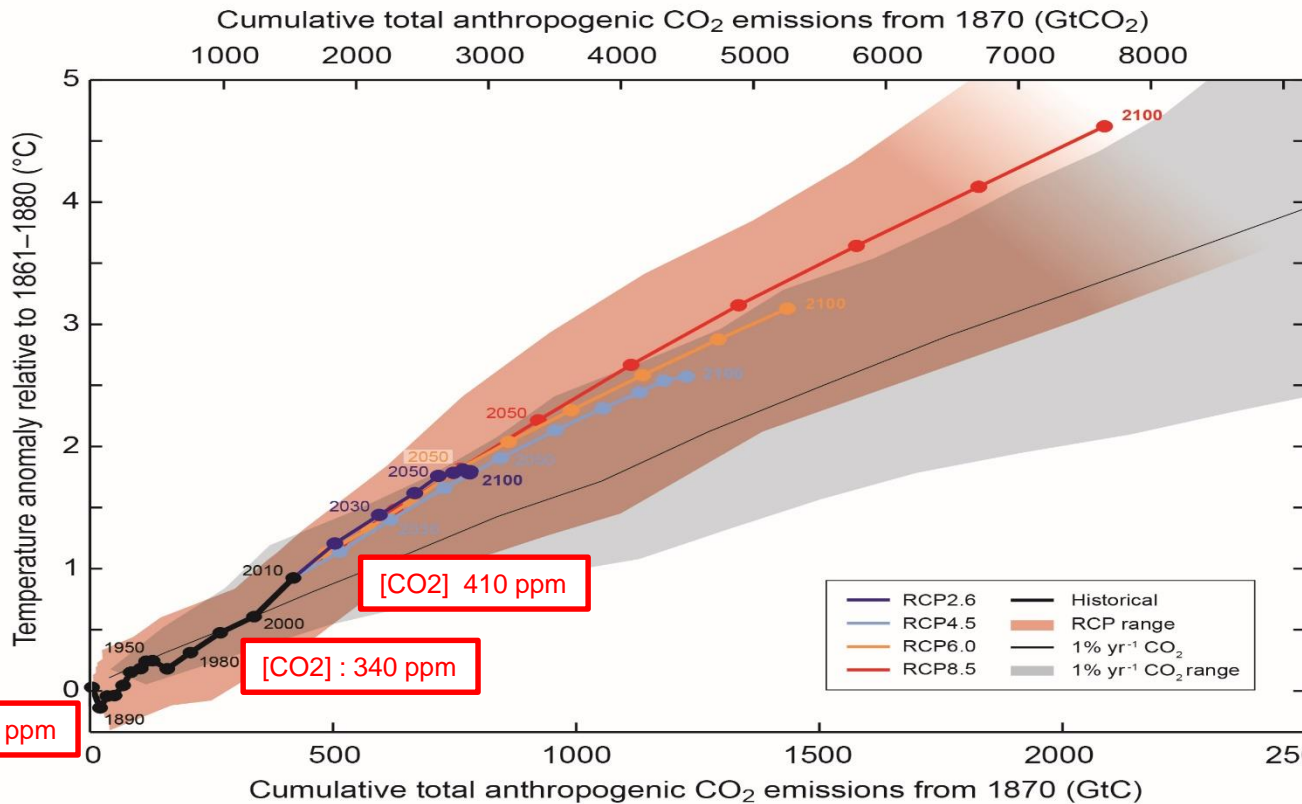
Contenu de la présentation

- Les signaux du passé
- Scénarios climatiques CH2018
 - Méthodologie
 - Les principaux résultats
- Quelques mots sur le contexte global



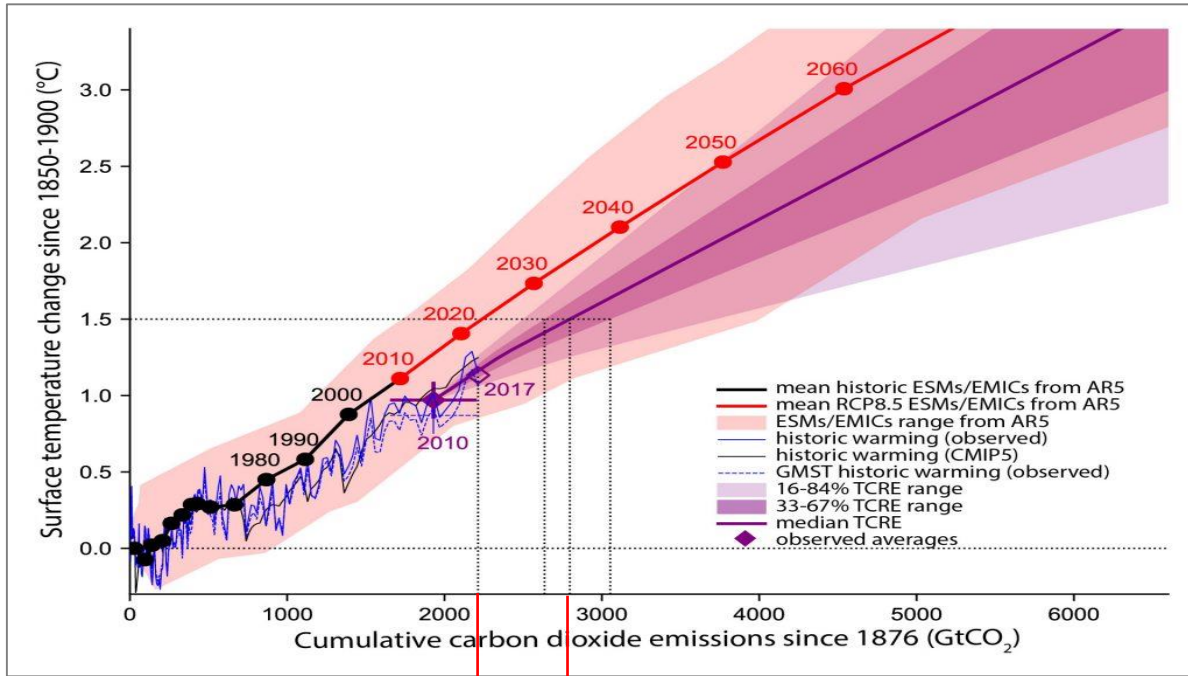


Rôle des mesures de protection du climat





The remaining carbon budget for a +1.5°C world



2017 : 2'220 ± 320 GtCO₂

(IPCC, SR1.5, 2018)



Remaining carbon budget :

~1.5°C : 580 (420-840) GtCO₂

~ 2°C : 1500 (1170-2030) GtCO₂

Large uncertainties in the transient climate response to cumulative emissions of carbon :

- Non-CO₂ radiative forcing due to methane, nitrous oxide, aerosols and other anthropogenic forcing agents.
- Regional and global earth system feedbacks

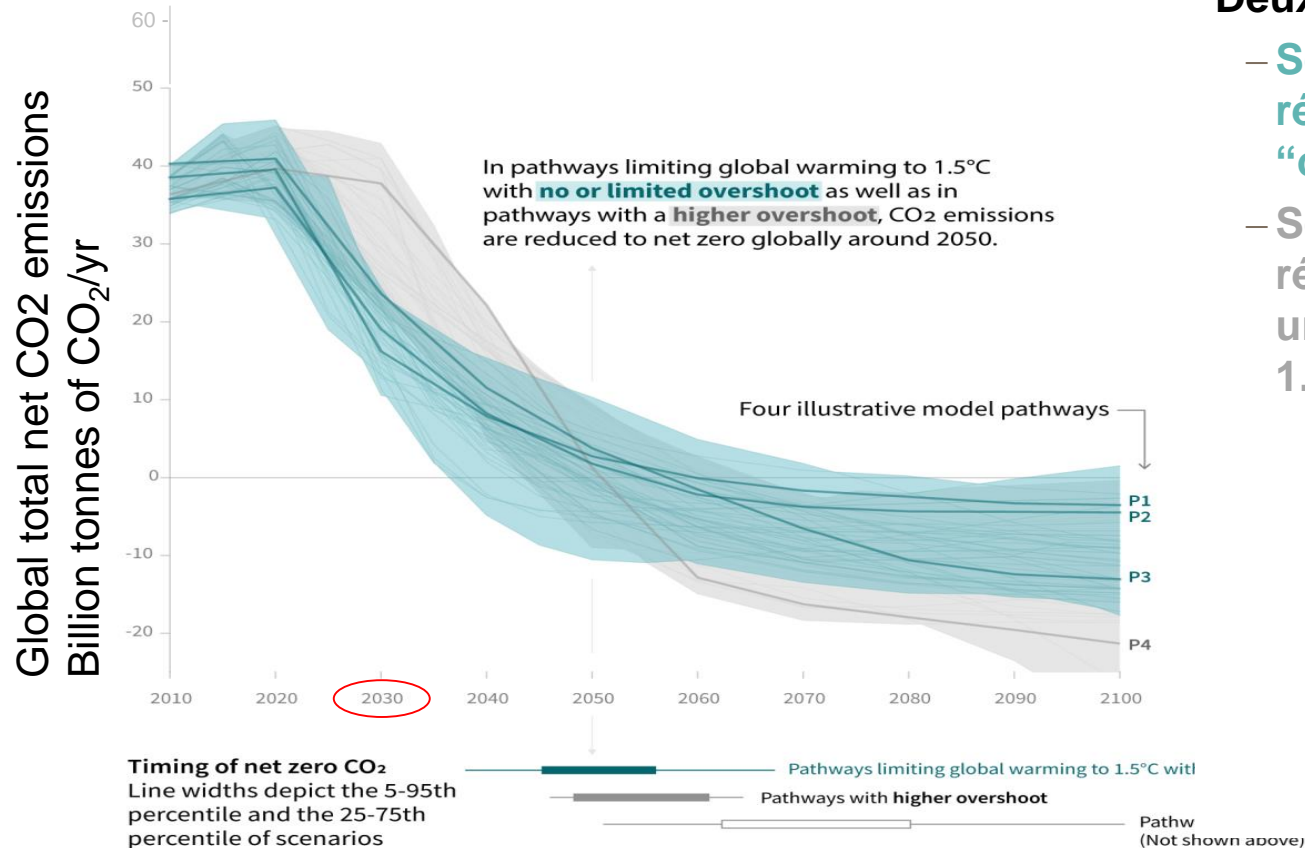




Scénarios d'émissions consistents avec +1.5°C

Deux types de scénarios

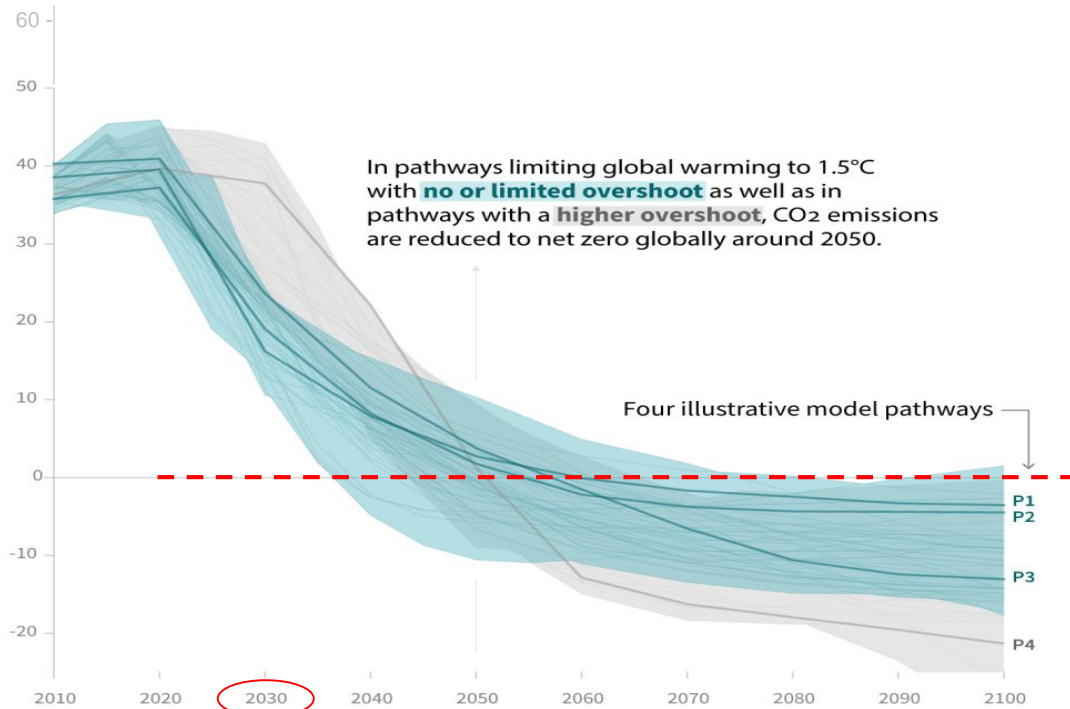
- Scénarios limitant le réchauffement à 1.5°C sans “overshoot”
- Scénarios limitant le réchauffement à 1.5°C avec un “overshoot” au-dessus de 1.5°C





Scénarios d'émissions consistents avec +1.5°C

Global total net CO₂ emissions
Billion tonnes of CO₂/yr



Timing of net zero CO₂
Line widths depict the 5-95th percentile and the 25-75th percentile of scenarios

Pathways limiting global warming to 1.5°C with
no or limited overshoot

Pathways with higher overshoot

Pathways limiting global warming below 2°C
(Not shown above)

Deux types de scénarios

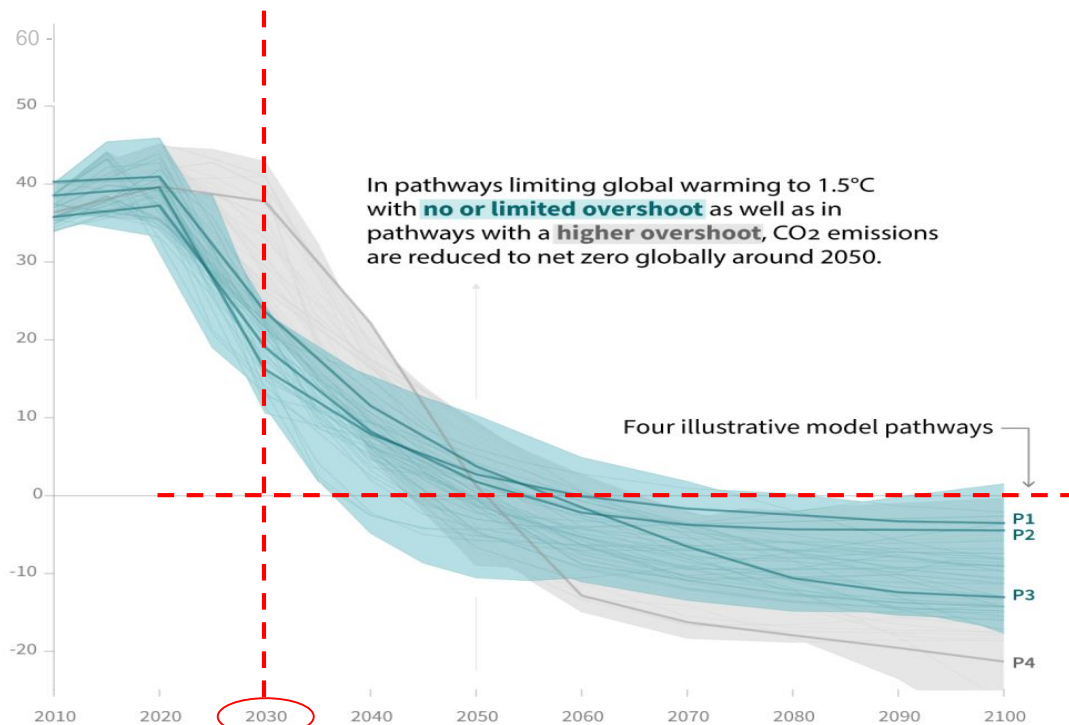
- Scénarios limitant le réchauffement à 1.5°C sans “overshoot”
- Scénarios limitant le réchauffement à 1.5°C avec un “overshoot” au-dessus de 1.5°C

Tous les scénarios requièrent des émissions nettes de CO₂ nulles autour de 2050

⇒ Utilisation de méthodes “carbon dioxide removal (CDR)” (re/afforestation et/ou carbon capture/storage)

Scénarios d'émissions consistents avec +1.5°C

Global total net CO₂ emissions
Billion tonnes of CO₂/yr



Limiting to a +1.5°C world (with no “overshoot”) requires unprecedented changes :

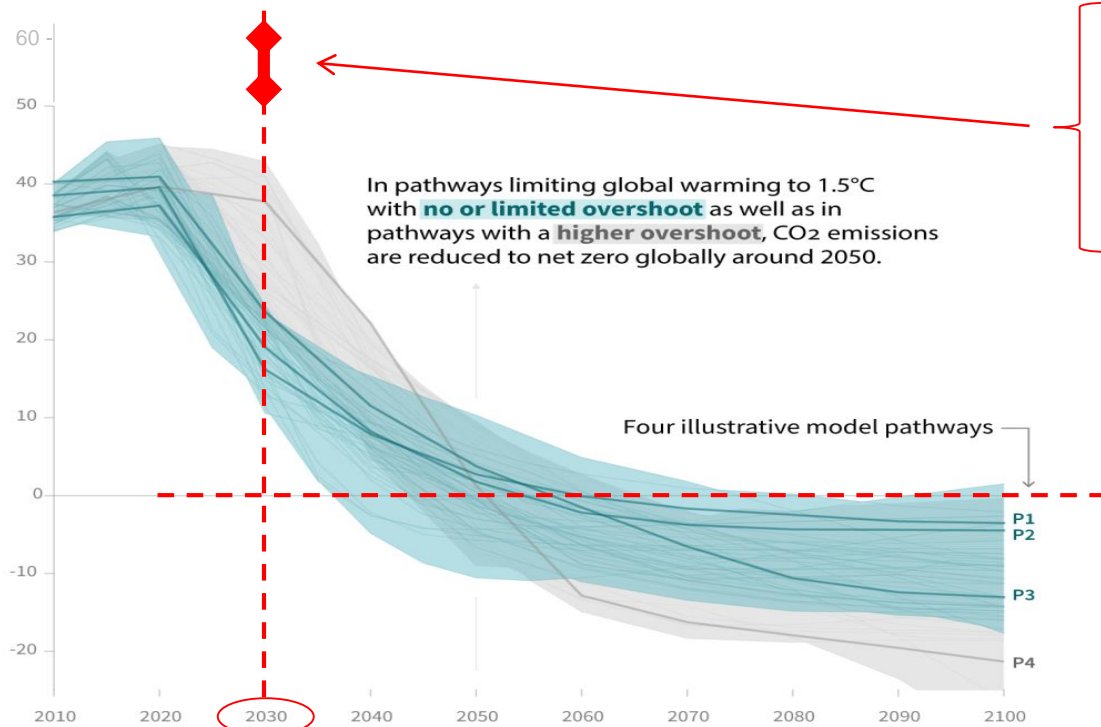
- Immediate reduction of CO₂ emissions (until 2030: 50% of 2010)
- Net zero CO₂ emissions at the latest in 2040-2050 (for 2°C 2075)

Timing of net zero CO₂
Line widths depict the 5-95th percentile and the 25-75th percentile of scenarios



Scénarios d'émissions consistents avec +1.5°C

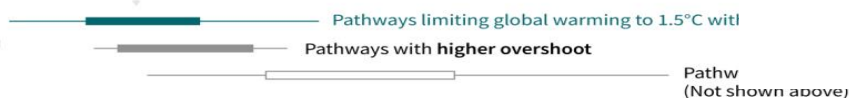
Global total net CO₂ emissions
Billion tonnes of CO₂/yr



Emissions proposées dans le cadre de l'Accord de Paris : émissions globales de gaz à effet de serre équivalentes à 52–58 GtCO₂eq/yr in 2030

<https://www.carbonbrief.org/paris-2015-tracking-country-climate-pledges>

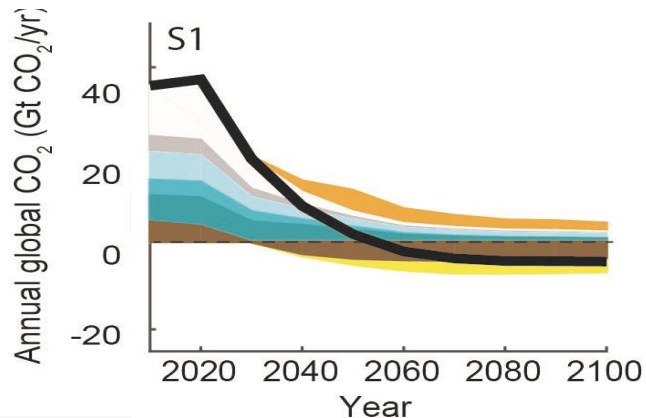
Timing of net zero CO₂
Line widths depict the 5-95th percentile and the 25-75th percentile of scenarios



(IPCC, SR1.5, 2018)



Un scénario possible (“best-case”)

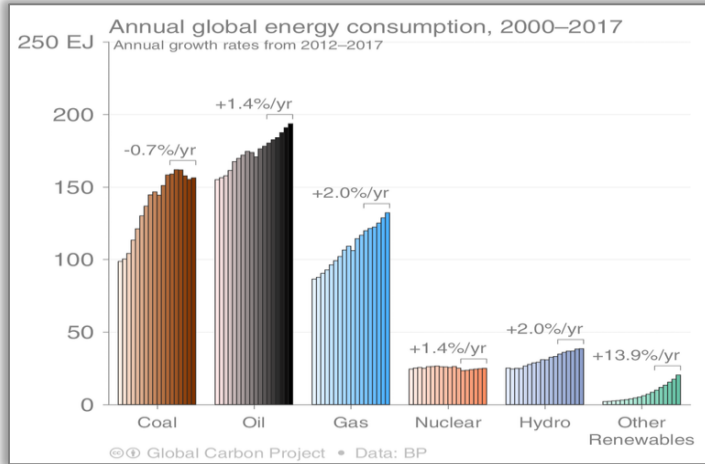


- Emissions for buildings, transport and industry
- Emissions avoided through Carbon Capture Storage
- Afforestation
- Bioenergy with carbon capture and storage

- Forte coordination internationale et participation à tous les niveaux
- Décarbonisation massive des transports
- Installation d’usines pour le captage et le stockage du carbone (2020)
- Diminution drastique des déchets alimentaires
- Minimisation de la concurrence pour les terres entre culture bioénergétique, production alimentaire et conservation de la biodiversité
- Déploiement de l’agriculture en semis direct, reboisement de grandes superficies
- Préférence de la société pour des régimes alimentaires sains qui réduisent la consommation de viande



Une note positive



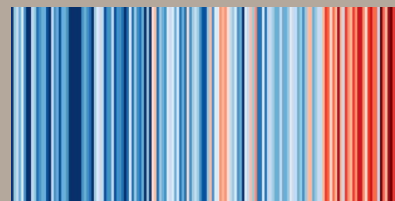
Global carbon Project [<http://globalcarbonbudget.org/carbonbudget/>]

- Une révolution énergétique en cours
- A l'échelle mondiale, les énergies renouvelables (solaire, éolienne et biocarburants) croissent à un rythme important, avec un doublement de la capacité mondiale tous les quatre ans.

Le Conseil fédéral vise la neutralité climatique en Suisse d'ici à 2050

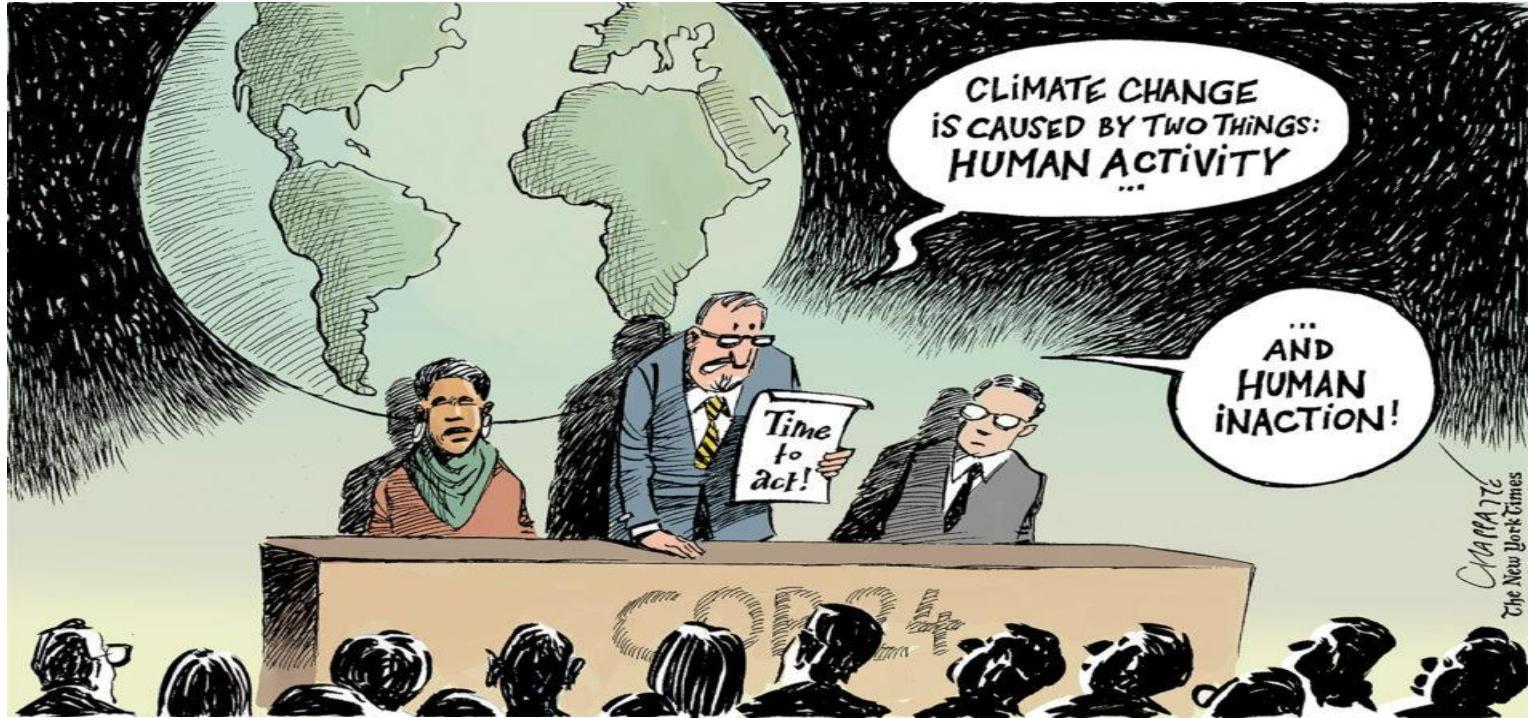
Berne, 28.08.2019 - En ratifiant l'Accord de Paris, la Suisse s'est engagée à réduire de moitié ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2030 par rapport à leur niveau de 1990. Se basant sur les derniers travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le Conseil fédéral a décidé lors de sa séance du 28 août 2019 de revoir cet objectif à la hausse, en visant la neutralité carbone à partir de 2050. La Suisse entend ainsi contribuer aux efforts internationaux destinés à limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C au maximum par rapport à l'ère préindustrielle.

- Des initiatives à l'échelle nationale / régionale.



Conclusions

- Le changement climatique est réel et est d'origine humaine
- Les effets du changement climatiques se font clairement sentir en Suisse et vont encore s'intensifier à l'avenir
- Les scénarios climatiques CH2018 permettent de quantifier les impacts des changements à venir
- Une protection climatique cohérente permet d'éviter les deux tiers du réchauffement et les effets les plus néfastes
- Des mesures d'adaptation sont nécessaires dans tous les cas
- Un immense défi devant nous



@Chappatte – The new York Times



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

MétéoSuisse

7bis, av. de la Paix
CH-1211 Genève
T +41 58 460 98 88
www.meteosuisse.ch

MeteoSvizzera

Via ai Monti 146
CH-6605 Locarno-Monti
T +41 58 460 92 22
www.meteosvizzera.ch

MeteoSchweiz

Operation Center 1
CH-8058 Zürich-
Flughafen
T +41 58 460 91 11
www.meteoschweiz.ch

MétéoSuisse

Chemin de l'Aérologie
CH-1530 Payerne
T +41 58 460 94 44
www.meteosuisse.ch

MétéoSuisse

© isabelle bey

GE-EN-VIE 2019.11.12

40