



La qualità dell'aria e gli impatti sugli ecosistemi : stato attuale e scenari futuri

L'évolution du climat dans les Alpes du Sud

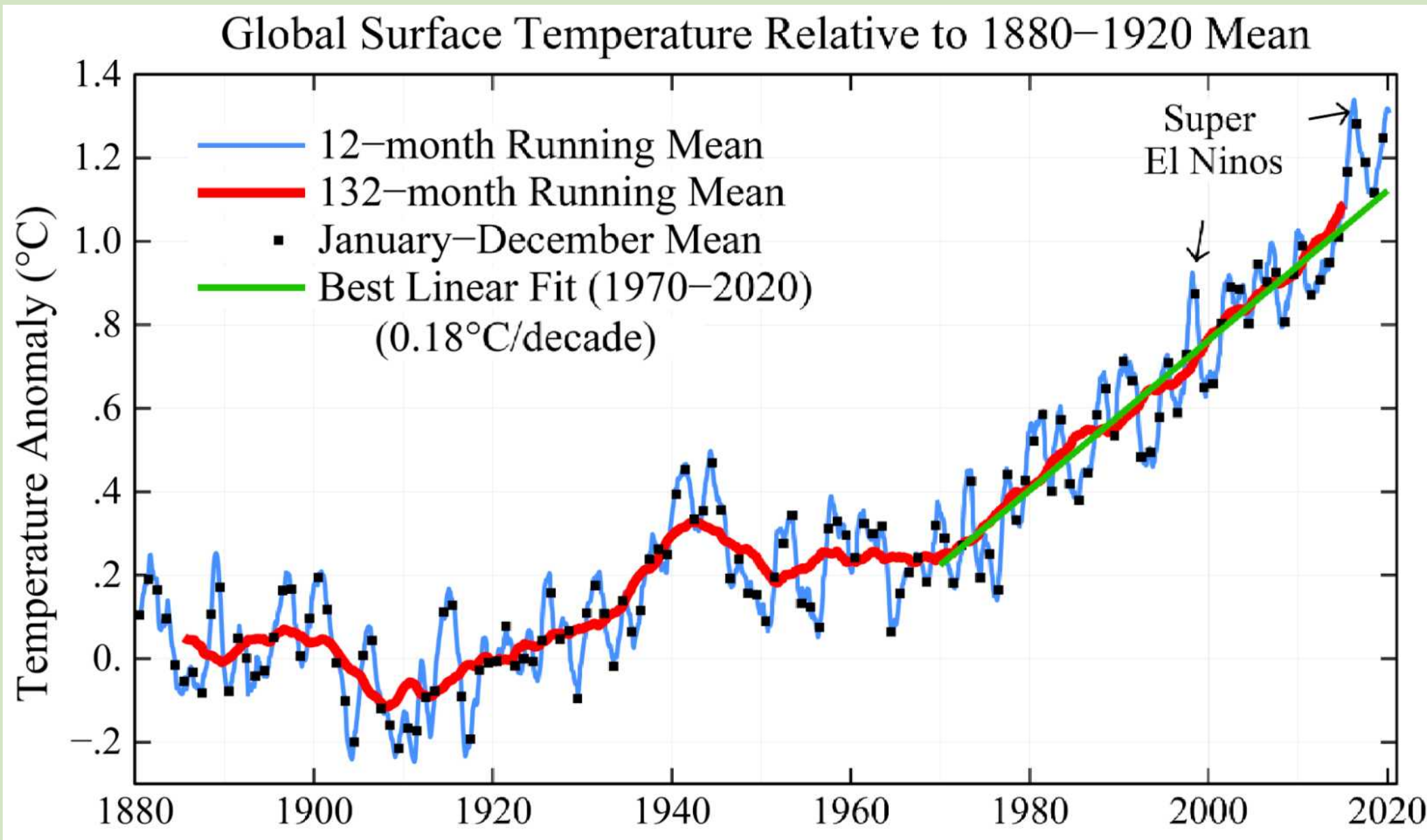
Cambiamenti climatici nelle Alpi meridionali

**Philippe Rossello,
GeographR**



Le réchauffement global

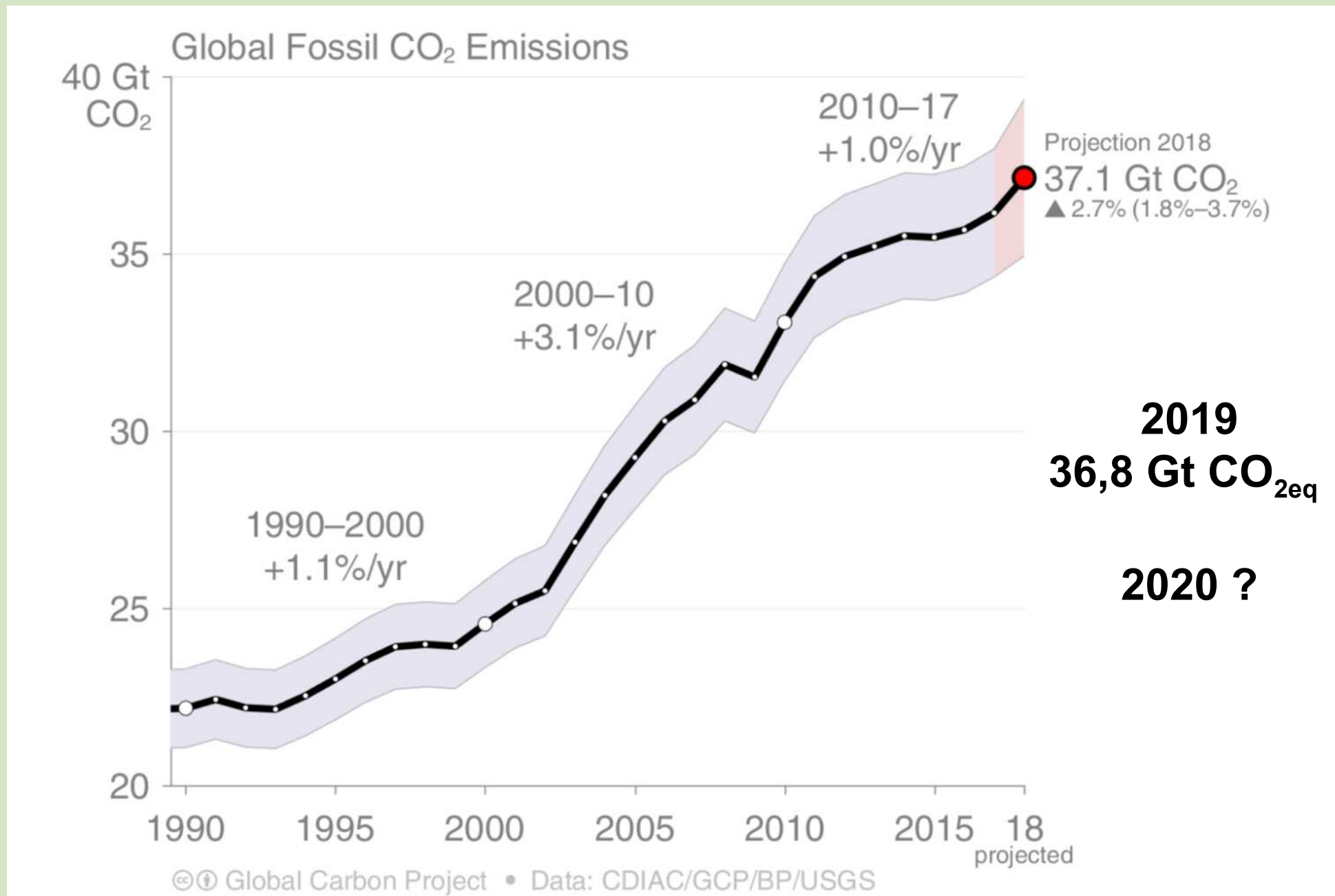
Riscaldamento globale



Global surface temperature relative to 1880–1920 based on GISTEMP analysis (mostly NOAA data sources, as described by Hansen, J., R. Ruedy, M. Sato, and K. Lo, 2010: Global surface temperature change. Rev. Geophys., 48, RG4004. Last modified 2020/09/14, now with GHCN v4 and ERSST v5



37,1 milliards de tonnes de CO_{2eq} émises en 2018
37,1 miliardi di tonnellate di CO_{2eq} emesse nel 2018



Le réchauffement global et méditerranéen

Riscaldamento globale e mediterraneo



La dernière décennie est la plus chaude jamais enregistrée depuis le début des observations météorologiques : 2016, année la plus chaude (avec un phénomène El Niño intense) ; 2019 en 2^{ème} position - *L'ultimo decennio è il più caldo mai registrato dall'inizio delle osservazioni meteorologiche: il 2016, l'anno più caldo (con un intenso fenomeno El Niño) ; 2019 in 2a posizione.*

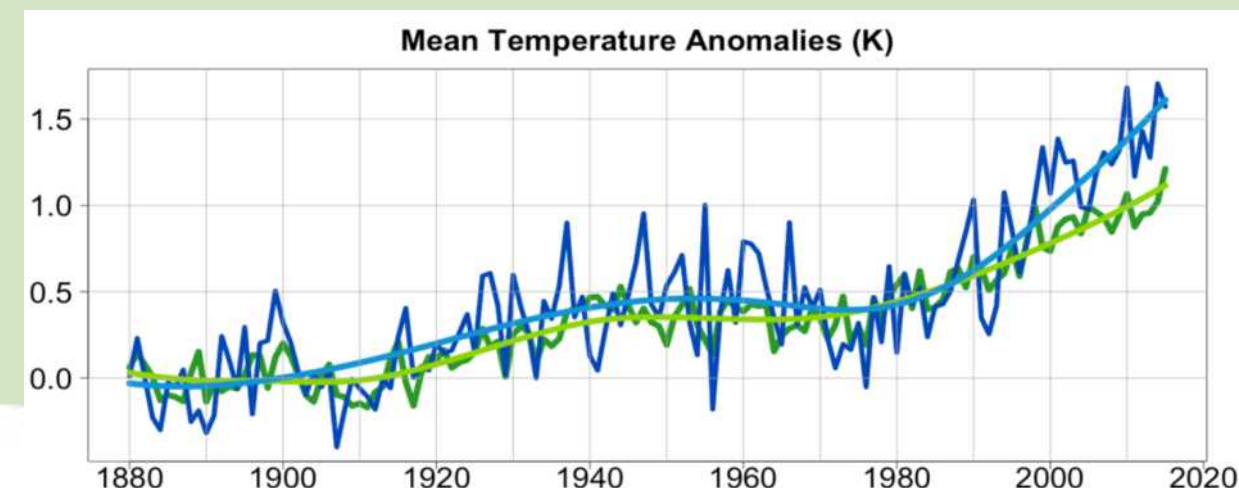
9 avril 2020, la teneur en CO₂ de l'atmosphère a atteint un nouveau record de 417,85 ppm (observatoire de Mauna Loa, à Hawaï, ONU). Ces 400 000 dernières années, la teneur maximale a atteint 300 ppm - *Il 9 aprile 2020, il contenuto di CO₂ dell'atmosfera ha raggiunto un nuovo record di 417,85 ppm (Mauna Loa Observatory, Hawaii, ONU). Negli ultimi 400.000 anni, il livello massimo ha raggiunto 300 ppm.*

Depuis le début de l'ère industrielle, le réchauffement est inégalement réparti sur la planète (en moyenne) :

- +1,1 °C en moyenne vs +1,5 °C sur les terres émergées. En Méditerranée, la hausse de la température est supérieure à 1,5 °C (20 % plus rapide).

Dall'inizio dell'era industriale, il riscaldamento è stato distribuito in modo non uniforme su tutto il pianeta (in media):

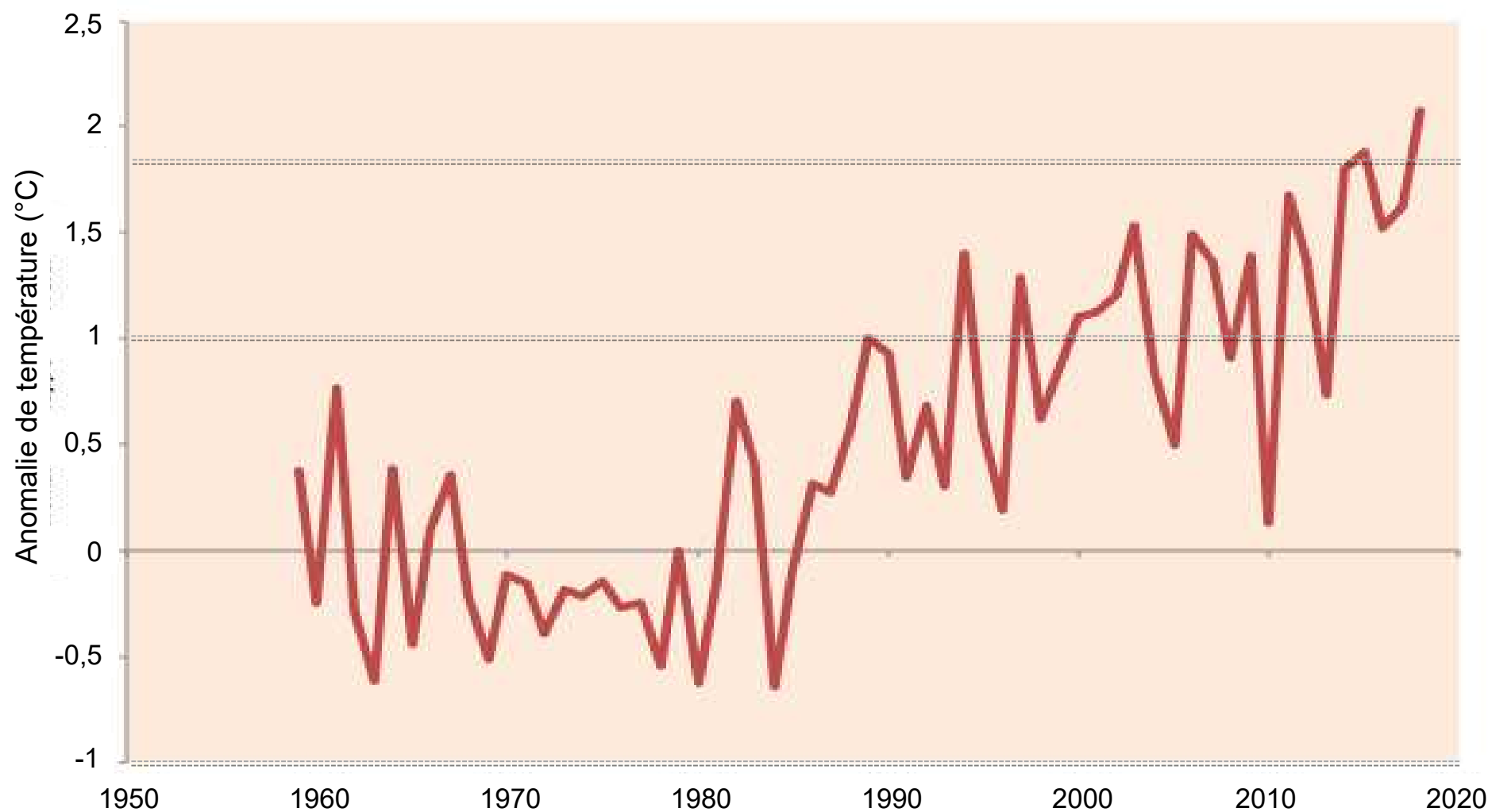
- + 1,1 °C in media vs +1,5 °C su terreni emersi. Nel Mediterraneo l'aumento della temperatura è di oltre 1,5 °C (il 20 % più veloce).



L'évolution du climat à l'échelle régionale

Cambiamento climatico regionale

Évolution de la température moyenne annuelle en région Provence-Alpes-Côte d'Azur - *Evoluzione della temperatura media annua nella regione Provence-Alpes-Côte d'Azur*



Reference period : 1961-1990 (source : Météo-France, GREC-SUD)
www.grec-sud.fr/indicateurs-meteorologiques

2018 : +2,1 °C
2019 : +1,9 °C

Depuis 150 ans, en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, en plaine, +1,5 °C en moyenne.

Une accélération du réchauffement ces 30 dernières années.

Da 150 anni, nella regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra, in pianura, + 1,5 °C in media.

Un'accelerazione del riscaldamento negli ultimi 30 anni



L'évolution du climat à l'échelle régionale

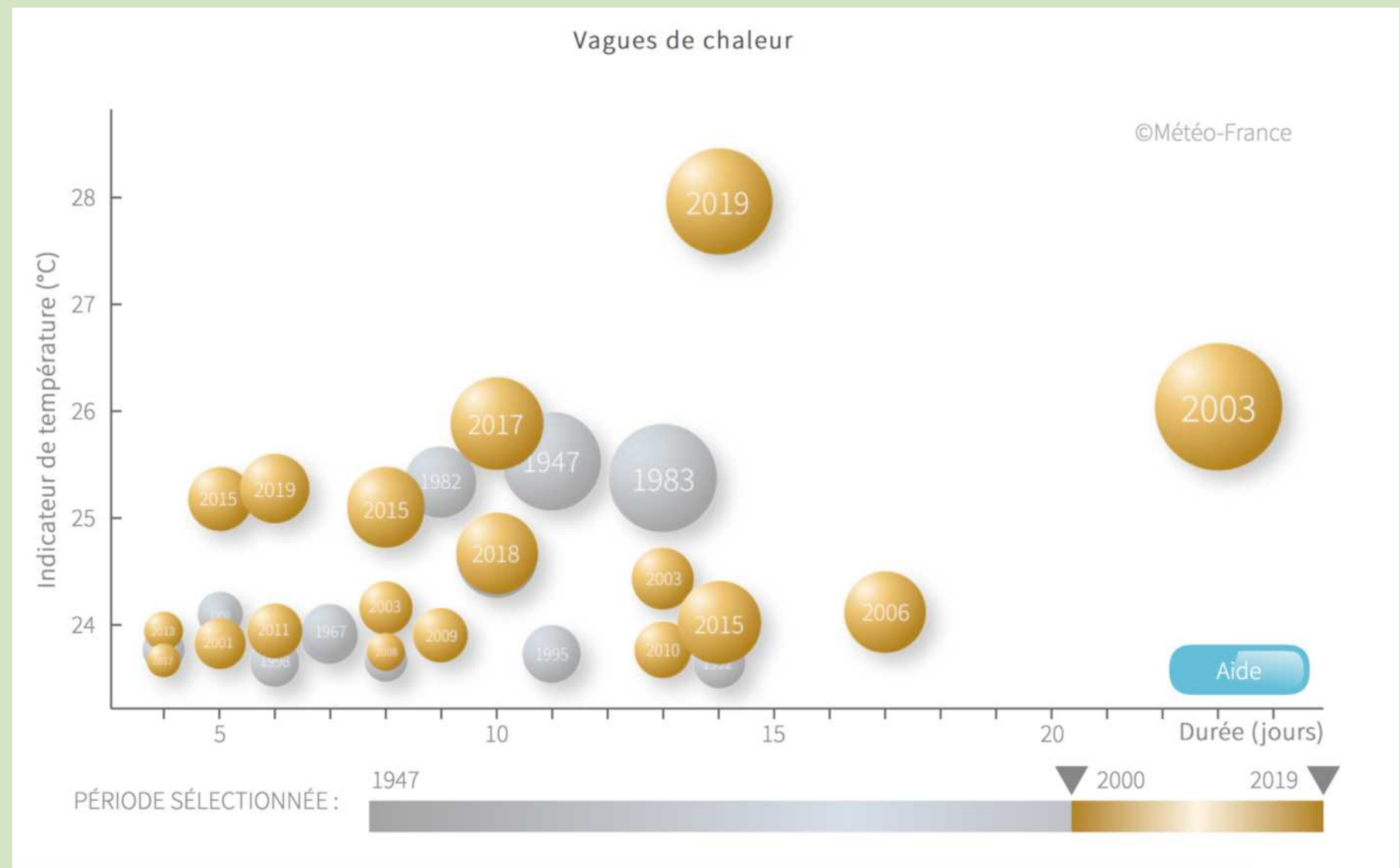
Cambiamento climatico regionale

Changements progressifs
(augmentation de la température, diminution des ressources en eau, baisse de la productivité agricole, espèces invasives...)

Extrêmes climatiques
(vagues de chaleur, inondations, glissements de terrain, méga-feux, gels tardifs...).

Cambiamenti progressivi
(aumento della temperatura, diminuzione delle risorse idriche, diminuzione della produttività agricola, specie invasive...)

Condizioni climatiche estreme (ondate di calore, inondazioni, smottamenti, mega incendi, gelate tardive...).



Des canicules plus fréquentes depuis 20 ans
Évolution vers des épisodes plus intenses et plus longs
Des températures supérieures à 40 °C (2003, 2019...)

*Ondate di calore più frequenti da 20 anni
Evoluzione in episodi più caldi e più lunghi
Temperature superiori a 40 °C (2003, 2019...)*



L'évolution du climat à l'échelle régionale

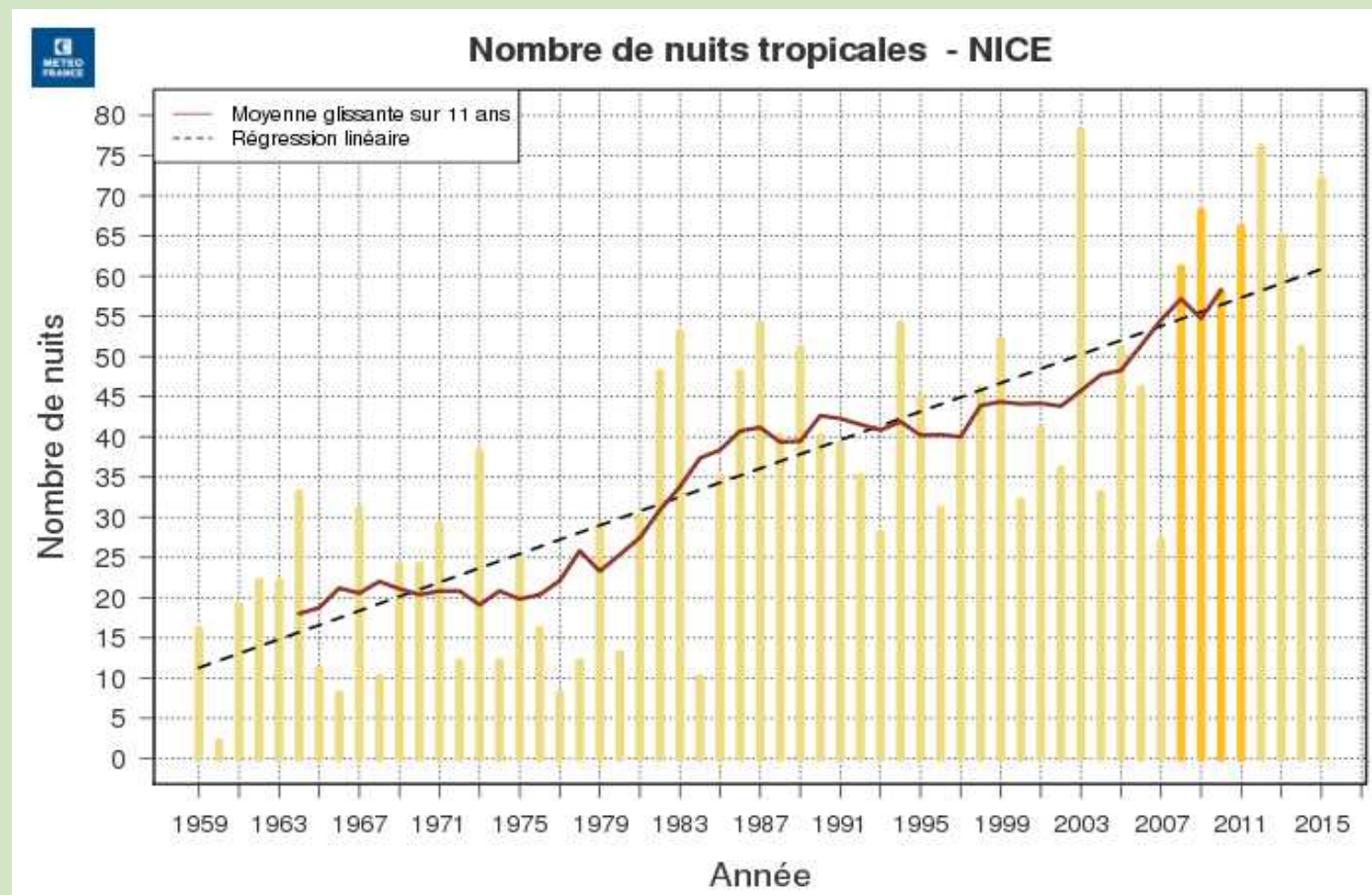
Cambiamento climatico regionale

Nuits tropicales (nombre de nuits avec des températures supérieures à 20 °C) :

- environ 15 nuits dans les années 1960-70
- environ 30 nuits dans les années 1980-90
- environ 60 nuits depuis 2005

Notti tropicali (numero di notti con temperature superiori a 20 °C):

- circa 15 notti negli anni 1960-70
- circa 30 notti negli anni 1980-90
- circa 60 notti dal 2005



L'évolution du climat dans les Alpes du Sud

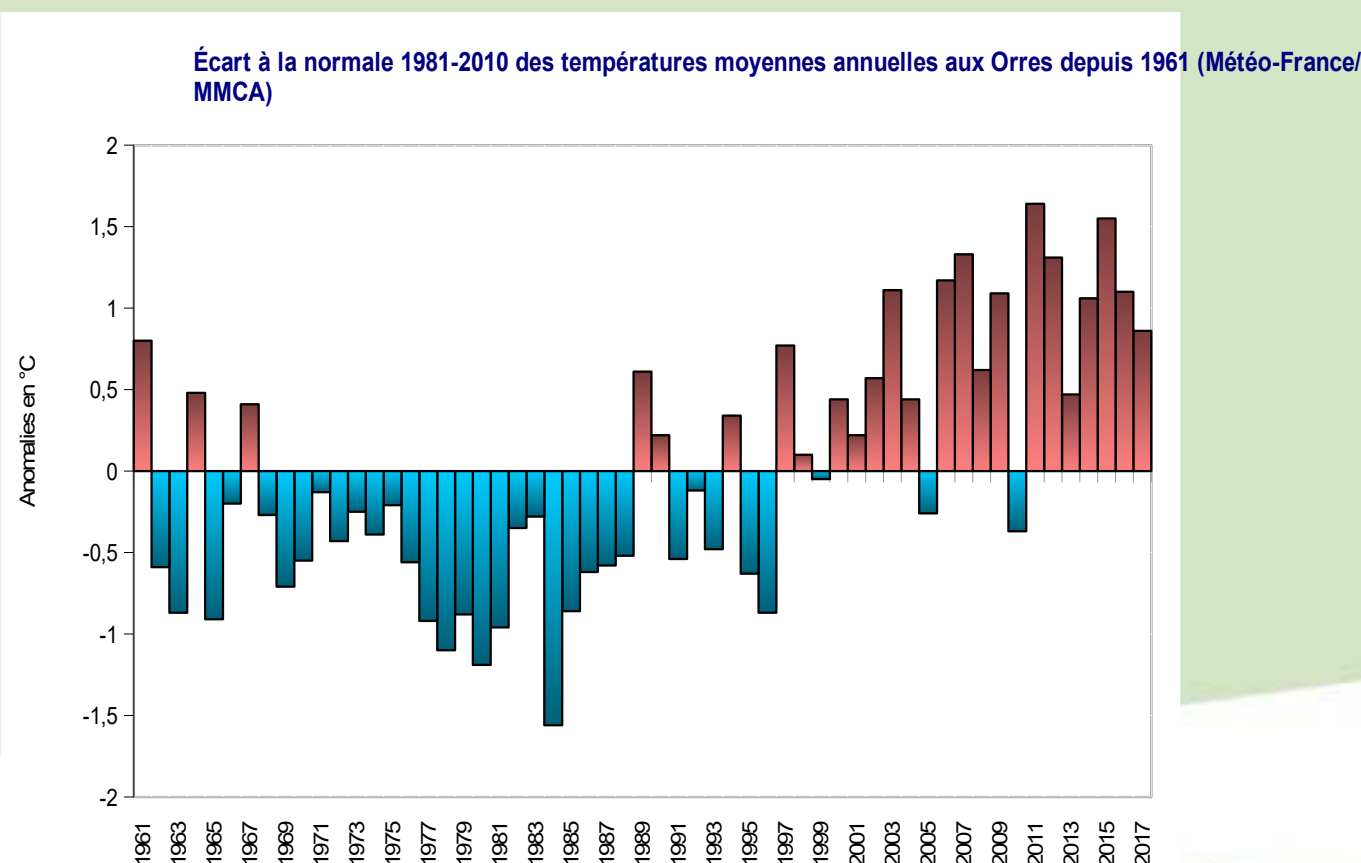
Cambiamenti climatici nelle Alpi meridionali

Dans les Alpes du Sud, en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, **réchauffement en montagne de +1,8°C** - *Nelle Alpi meridionali, nella regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra, riscaldamento montano di + 1,8 °C.*

En haute altitude et dans les Alpes du Sud italiennes, la hausse est parfois supérieure - *In alta quota e nelle Alpi dell'Italia meridionale, l'aumento è talvolta maggiore.*

Dans les Alpes du Sud (en France), sur la période 1959-2009 - *Nelle Alpi meridionali (in Francia), nel periodo 1959-2009 :*

- **augmentation des températures moyennes annuelles d'environ 0,3°C par décennie** - *aumento delle temperature medie annuali di circa 0,3 °C per decennio.*
- **réchauffement plus marqué en été avec une hausse de 0,4 à 0,5°C par décennie** - *riscaldamento più marcato in estate con un aumento da 0,4 a 0,5 °C per decennio.*
- **cette tendance à la hausse est plus modérée en hiver et en automne** - *questa tendenza al rialzo è più moderata in inverno e in autunno.*



L'évolution du climat dans les Alpes du Sud

Cambiamenti climatici nelle Alpi meridionali



Ces dernières années, à **Embrun** (860 m d'altitude), en moyenne, **plus de 25 jours où la température dépasse 30 °C. 27 juin 2019, 38,4 °C !**

*Negli ultimi anni, ad **Embrun** (860 m di altitudine), in media, **più di 25 giorni quando la temperatura supera i 30 ° C. 27 giugno 2019, 38,4 °C !***

À 1500 mètres d'altitude, -20 jours de gel en moyenne depuis les années 1960 (aujourd'hui, un peu moins de 130 jours).

En Italie, **Saint-Christophe** (619 m, Vallée d'Aoste) : **-6,5 jours par décennie.**

*A **1.500 metri di altitudine, -20 giorni di gelo in media dagli anni '60** (oggi poco meno di 130 giorni).*

*In Italia, **Saint-Christophe** (619 m, Valle d'Aosta) : **-6,5 giorni per decade.***

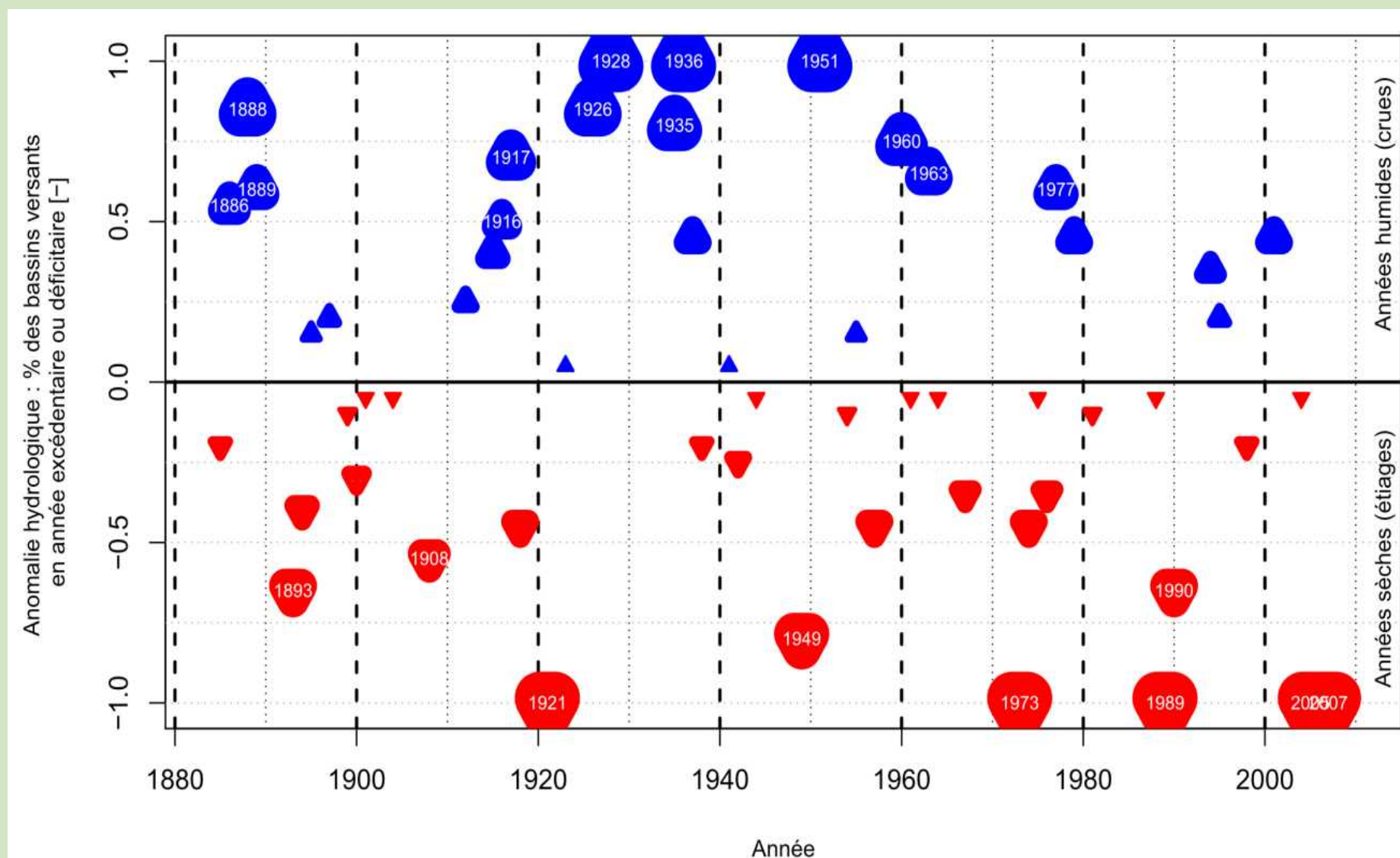
Recul des glaciers : bilans de masse, sur 40 ans de mesures, majorité des années les plus déficitaires après 2003 - Ghiacciai in ritirata: bilanci di massa, oltre 40 anni di misurazioni, **maggioranza degli anni più negativi dopo il 2003**

Recul du permafrost : parmi les glaciers rocheux méridionaux, 22 présentent des signes de déstabilisation (crevasses, fractures, arrachement et ravinement...) - **Ritiro del permafrost: tra i rock glacier meridionali, 22 mostrano segni di destabilizzazione** (crepacci, fratture, strappi e canloni...)

L'évolution du climat dans les Alpes du Sud

Cambiamenti climatici nelle Alpi meridionali

Précipitations caractérisées par la variabilité interannuelle, mais aussi des signes d'évolution - *Precipitazioni caratterizzate da variabilità interannuale, ma anche segni di cambiamento*



Historique (reconstitutions) sur 20 bassins versants de la Durance :

- années excédentaires sur la période 1920-1960
- tendance vers années déficitaires depuis 1960

Storia (ricostruzioni) su 20 bacini idrografici della Durance:

- anni in eccedenza nel periodo 1920-1960
- tendenza verso anni di deficit dal 1960

L'évolution du climat dans les Alpes du Sud

Cambiamenti climatici nelle Alpi meridionali

Grande variabilité interannuelle des précipitations avec des tendances générales :

- sur la période 1959-2019, pluies annuelles en légère baisse
- pluies de printemps en faible augmentation.

Le signal du changement climatique reste encore incertain.

Grande variabilità interannuale delle precipitazioni con andamenti generali:

- nel periodo 1959-2019 le piogge annuali sono leggermente diminuite
- piogge primaverili in lieve aumento.

Il segnale per il cambiamento climatico è ancora incerto.

Au 1^{er} mai, le stock nival printanier dans les Alpes du Sud depuis 1960 (source : Météo-France) : **-20 % par décennie** - Il 1^o maggio, lo stock di neve primaverile nelle Alpi meridionali dal 1960 (fonte: Météo-France): **-20% per decennio**

Quantité moyenne de neige fraîche cumulée (par rapport à 1961-1990) - Nuove nevicate cumulative medie (rispetto al periodo 1961-1990) :

- **-22 % à Lago Rochemolles** (1926 m)
- **-24 % à Ceresole Reale** (1579 m)
- **-32 % à Entracque** (900 m) :

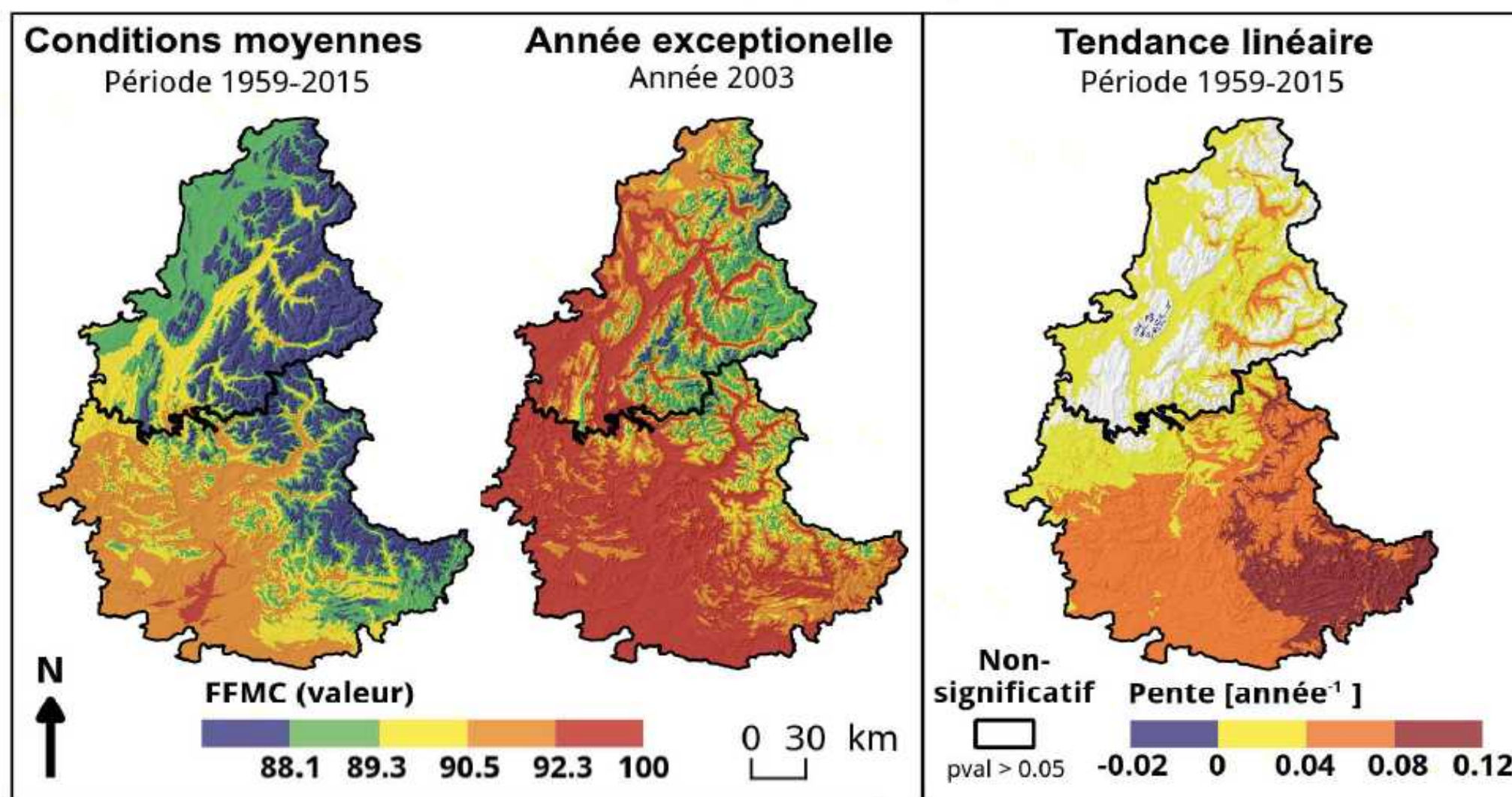
Col de la Porte, 1325 m d'altitude dans le massif de la Chartreuse (Alpes du Nord), en 60 ans, -40 cm d'épaisseur de neige en hiver.

Col de la Porte, 1325 m di altitudine nel massiccio della Chartreuse (Alpi settentrionali), in 60 anni, -40 cm di altezza della neve in inverno.

L'évolution du climat dans les Alpes du Sud

Cambiamenti climatici nelle Alpi meridionali

Le risque feu de forêt a augmenté ces 60 dernières années, en se déplaçant vers le Nord et en altitude - *Il rischio di incendi boschivi è aumentato negli ultimi 60 anni, spostandosi verso nord e in quota*



Indice d'humidité des combustibles fins : les fortes valeurs correspondent aux conditions les plus sèches - *Indice di umidità dei combustibili fini: valori elevati corrispondono alle condizioni più aride* (source : Dupire and al., 2017)

Et demain ? *E domani ?*



Dans les régions polaires et dans toutes les montagnes du monde, la hausse de la température est encore plus rapide qu'en plaine - Nelle regioni polari e in tutte le montagne del mondo, la temperatura aumenta ancora più rapidamente che nelle pianure.

L'augmentation de la température se poursuivra à l'avenir au moins pendant 30 ans, même si les États prennent rapidement des mesures drastiques pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Ce phénomène est dû à la durée de vie des gaz dans l'atmosphère.

L'aumento della temperatura continuerà in futuro per almeno 30 anni, anche se gli stati adottano rapidamente misure drastiche per ridurre le emissioni di gas serra. Questo fenomeno è dovuto alla durata di vita di gas nell'atmosfera.

Pour connaître le climat futur des Alpes du Sud, des centaines de cartes ont été produites au cours du projet MITIMPACT pour définir le climat présent (1998-2017) et futur aux horizons 2035, 2055 et 2085.

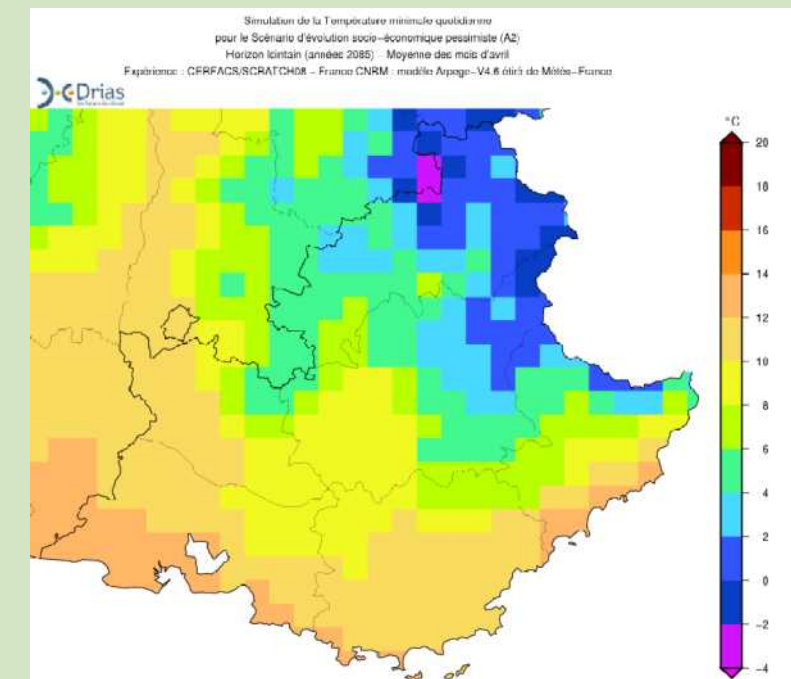
Per conoscere il clima futuro delle Alpi meridionali, durante il progetto MITIMPACT sono state prodotte centinaia di mappe per definire il clima presente (1998-2017) e futuro per gli orizzonti del 2035, 2055 e 2085.



Pourquoi cartographier le climat présent et futur à haute résolution spatiale ?

La cartographie du climat actuel n'est pas disponible à haute résolution spatiale et les projections climatiques sont fournies à moyenne résolution spatiale (8 km en France, 12 km en Europe), ce qui est insuffisant pour réaliser des études d'impact, notamment en zone de relief. Pour évaluer l'impact du changement climatique sur les forêts transfrontalières (Italie, France), il est nécessaire de travailler à échelle fine.

L'un des objectifs du projet MITIMPACT est de cartographier le climat local présent et d'anticiper le changement climatique aux horizons futurs 2035, 2055 et 2085 à haute résolution spatiale : 100 mètres pour les températures de l'air, 1000 mètres pour les précipitations.



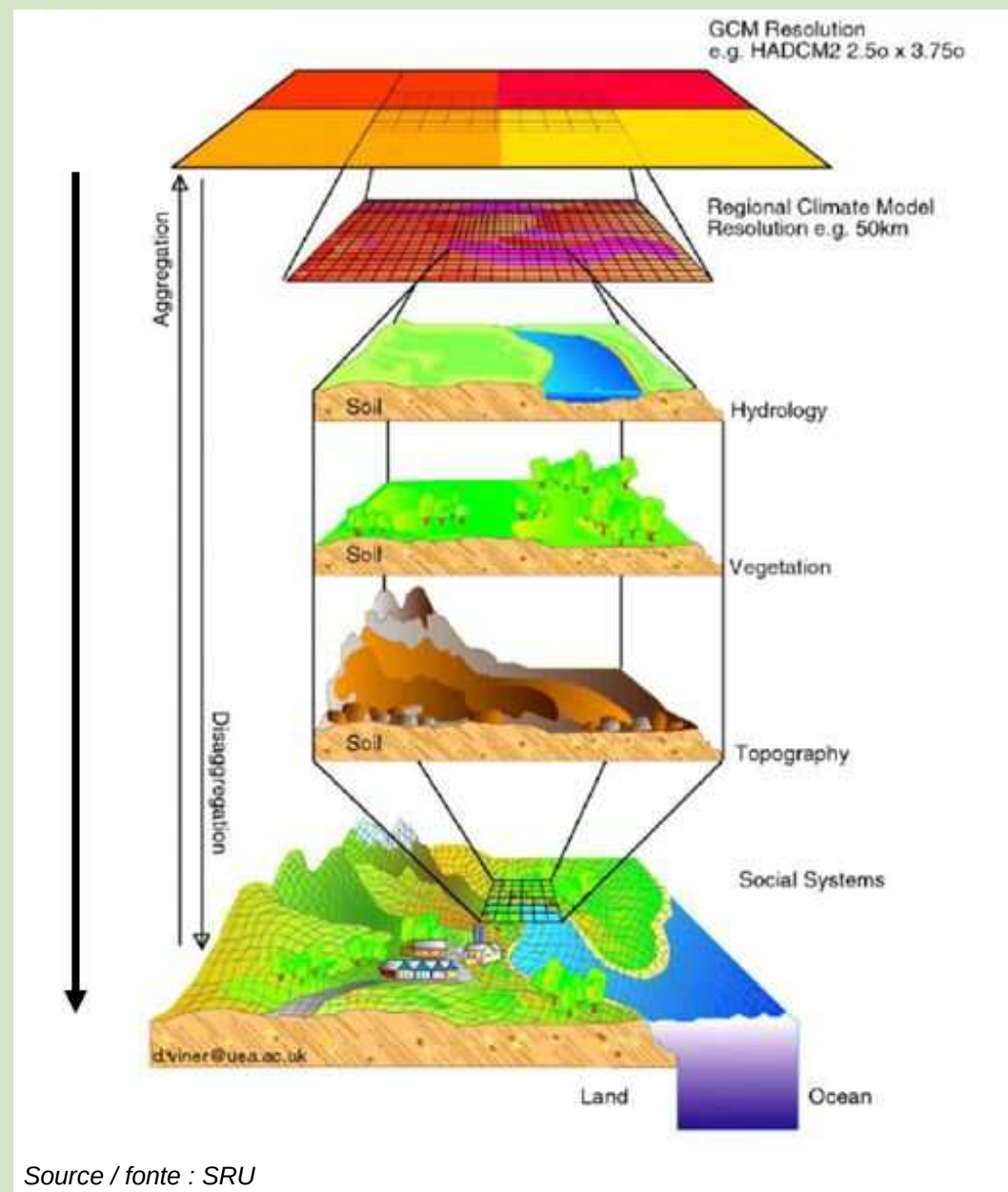
Perché mappare il clima presente e futuro con un'elevata risoluzione spaziale?

La cartografia del clima attuale non è disponibile ad alta risoluzione spaziale e le proiezioni climatiche sono fornite con una risoluzione spaziale media (8 km in Francia, 12 km in Europa), che è insufficiente per realizzare Studi di impatto, specialmente nelle zone di soccorso. Per valutare l'impatto dei cambiamenti climatici sulle foreste transfrontaliere (Italia, Francia), è necessario lavorare su scala fine.

Uno degli obiettivi del progetto MITIMPACT è mappare il clima locale presente e anticipare i cambiamenti climatici agli orizzonti futuri 2035, 2055 e 2085 ad alta risoluzione spaziale: 100 metri per le temperature dell'aria, 1000 metri per le precipitazioni.



La descente d'échelles - *La variazione delle scale*



Scénarios climatiques globaux - Scenari climatici globali

50 à 300 km

Scénarios climatiques globaux - Scenari climatici globali

10 à 50 km

Modèles d'impact
de quelques mètres à 10 km

Modelli di impatto
da pochi metri a 10 km



Quelques variables climatiques spatialisées ?

Pour les **températures minimales, maximales et moyennes de l'air**, et les **cumuls de précipitations** :

- cartographie des **moyennes mensuelles, saisonnières et annuelles sur la période 1998-2017** ;
- cartographie des **moyennes mensuelles, saisonnières et annuelles aux horizons 2035 (2026-2045), 2055 (2046-2065) et 2085 (2076-2095) : RCP 4.5 et RCP 8.5** des modèles climatiques régionaux Euro-Cordex.

Quali variabili climatiche sono cartografate?

Per temperature minime, massime e medie dell'aria e totali delle precipitazioni:

- *carta delle medie mensili, stagionali e annuali nel periodo 1998-2017;*
- *carta delle medie mensili, stagionali e annuali agli orizzonti 2035 (2026-2045), 2055 (2046-2065) e 2085 (2076-2095): RCP 4.5 e RCP 8.5 per i modelli climatici regionali Euro-Cordex.*

Et demain ? *E domani ?*



Avant de présenter des exemples de cartes, voici quelques exemples d'indicateurs en fonction de différents scénarios :

- en 2085, sans mesure d'atténuation des GES, la température moyenne est susceptible d'augmenter de 4 °C par rapport à aujourd'hui, localement davantage. Les précipitations subiraient une légère baisse des cumuls annuels. Ce dernier constat masque des disparités saisonnières, car, en été, la baisse pourrait atteindre -25 % ;
- en 2085, si les émissions de gaz à effet de serre sont mieux maîtrisées et contrôlées à l'avenir (RCP 4.5), la température augmenterait de 1,6 °C par rapport à aujourd'hui (!) et les cumuls de précipitations évolueraient peu (stables en été, légère hausse en hiver).

Prima di presentare esempi di mappe, ecco alcuni esempi di indicatori secondo diversi scenari:

- *nel 2085, senza misure di mitigazione dei gas serra, la temperatura media dovrebbe aumentare di 4 °C rispetto ad oggi, localmente di più. Le precipitazioni subirebbero una leggera diminuzione degli accumuli annuali. Quest'ultima osservazione maschera le disparità stagionali, perché in estate il calo potrebbe arrivare al -25 % ;*
- *nel 2085, se le emissioni di gas serra fossero meglio controllate e controllate in futuro (RCP 4.5), la temperatura aumenterebbe di 1,6 ° C rispetto ad oggi (!) e gli accumuli di precipitazione cambierebbero poco (stabile in estate, lieve aumento in inverno).*

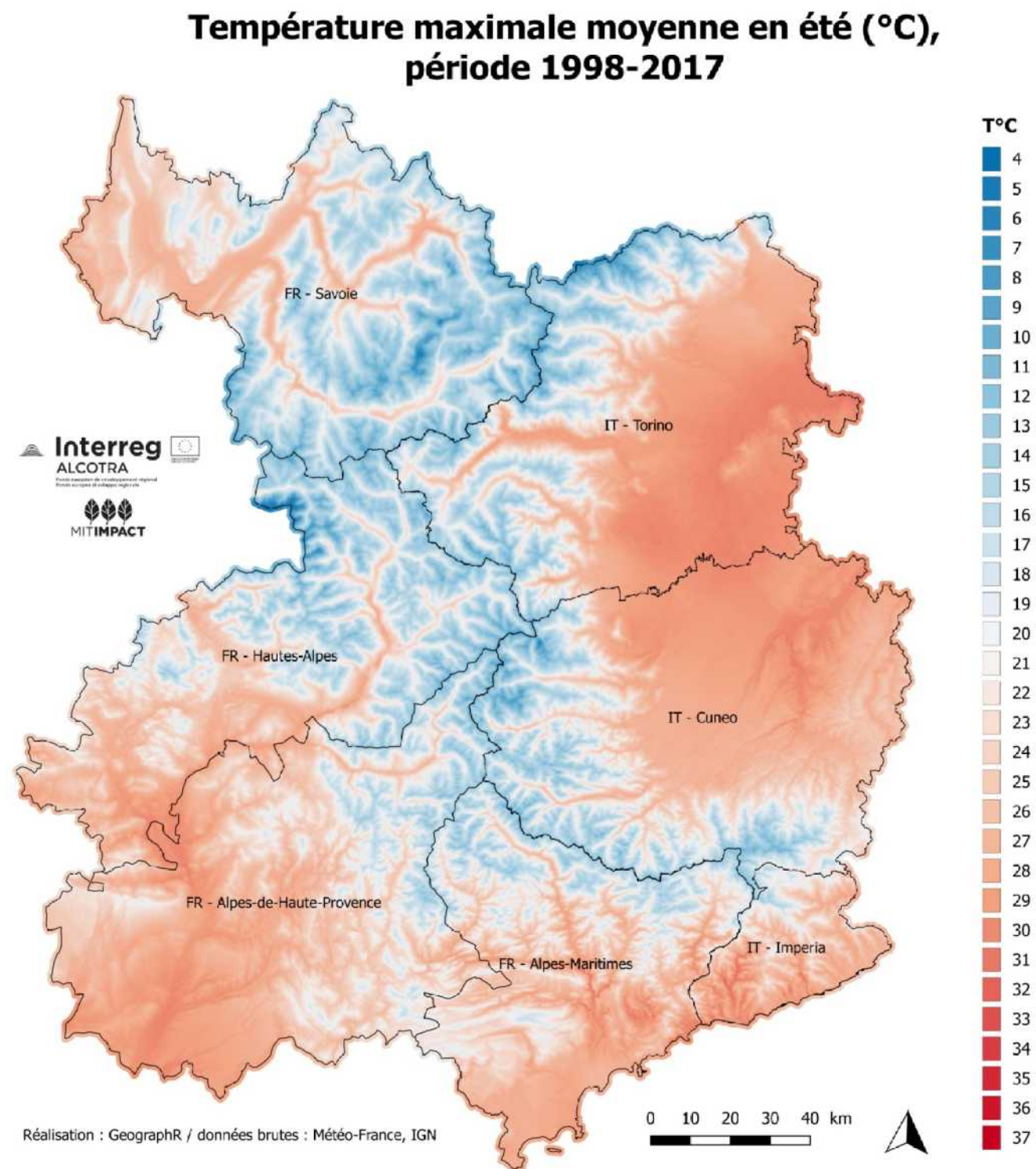
Et demain ? *E domani ?*



- sans réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle globale et locale, la moyenne des températures maximales en été bondirait en moyenne de +5,7 °C à l'horizon 2085 par rapport à aujourd'hui, avec localement des hausses supérieures à 7 °C en haute montagne.
- si aucune politique de transition énergétique n'est mise en œuvre, l'isotherme 25 °C, synonyme de journées chaudes en été, gagnerait du terrain en altitude : +400 m en 2055 et +850 m en 2085 ;
- selon le scénario socio-économique le plus pessimiste, le froid reculerait en hiver : température minimale en hausse de 4,5 °C en 2085. L'isotherme 0 °C en hiver, correspondant au maintien théorique de la neige, subirait une rapide remontée altitudinale : +500 m en 2055, +950 m en 2085.
- *senza ridurre le emissioni di gas serra su scala globale e locale, le temperature medie massime in estate salterebbero in media di + 5,7 °C entro il 2085 rispetto ad oggi, con aumenta oltre i 7 °C in alta montagna.*
- *se non si attua una politica di transizione energetica, l'isoterma a 25 °C, sinonimo di giornate calde in estate, guadagnerebbe terreno in quota: +400 m nel 2055 e +850 m nel 2085;*
- *secondo lo scenario socio-economico più pessimistico, il freddo diminuirebbe in inverno: la temperatura minima aumenterebbe di 4,5 °C nel 2085. L'isoterma di 0 °C in inverno, corrispondente al teorico mantenimento della neve, subirebbe un rapido aumento altitudinale: +500 m nel 2055, +950 m nel 2085.*

Exemples de cartes

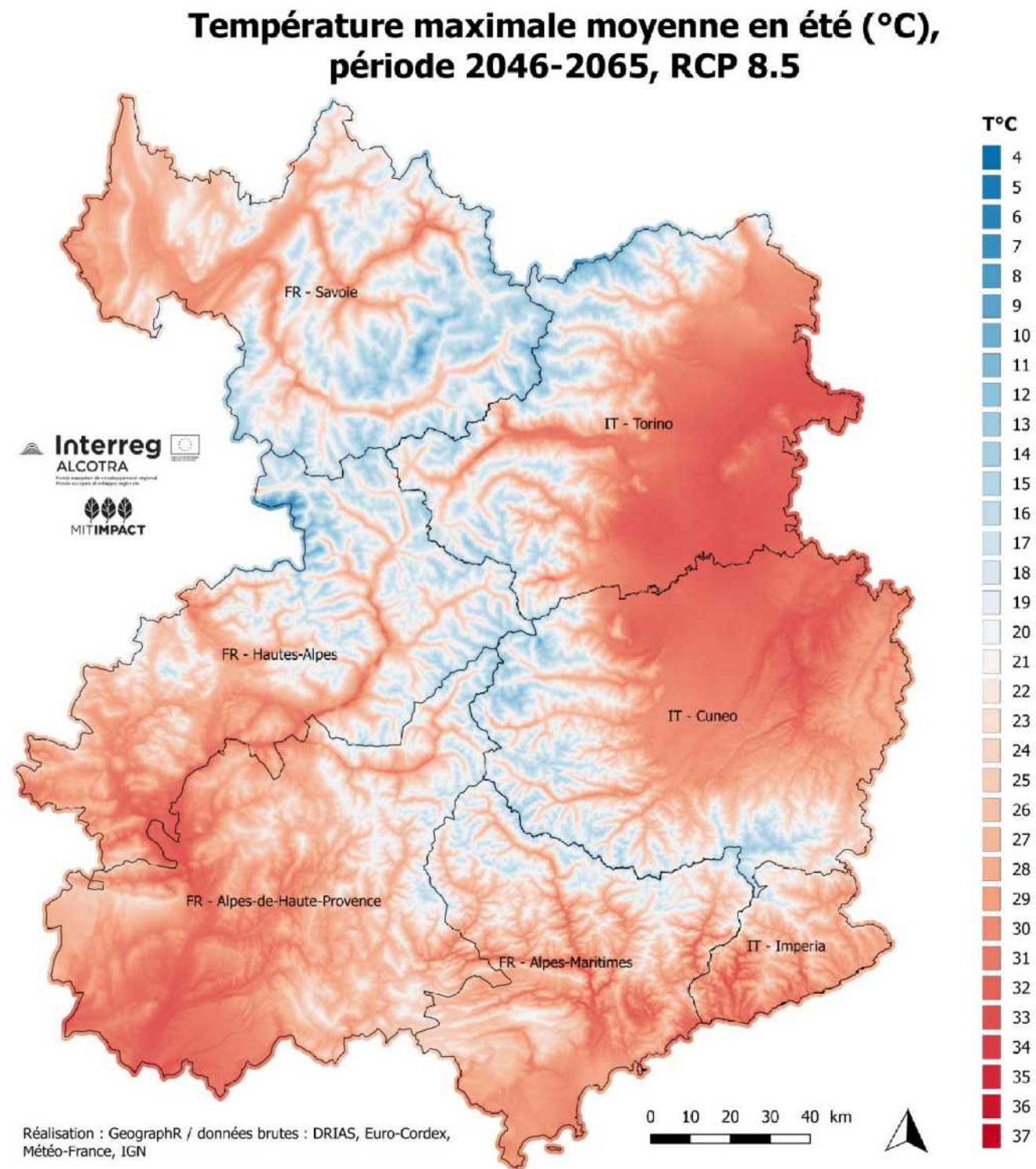
Carte campione



*Temperatura media
massima estiva,
periodo 1998-2017*

Exemples de cartes

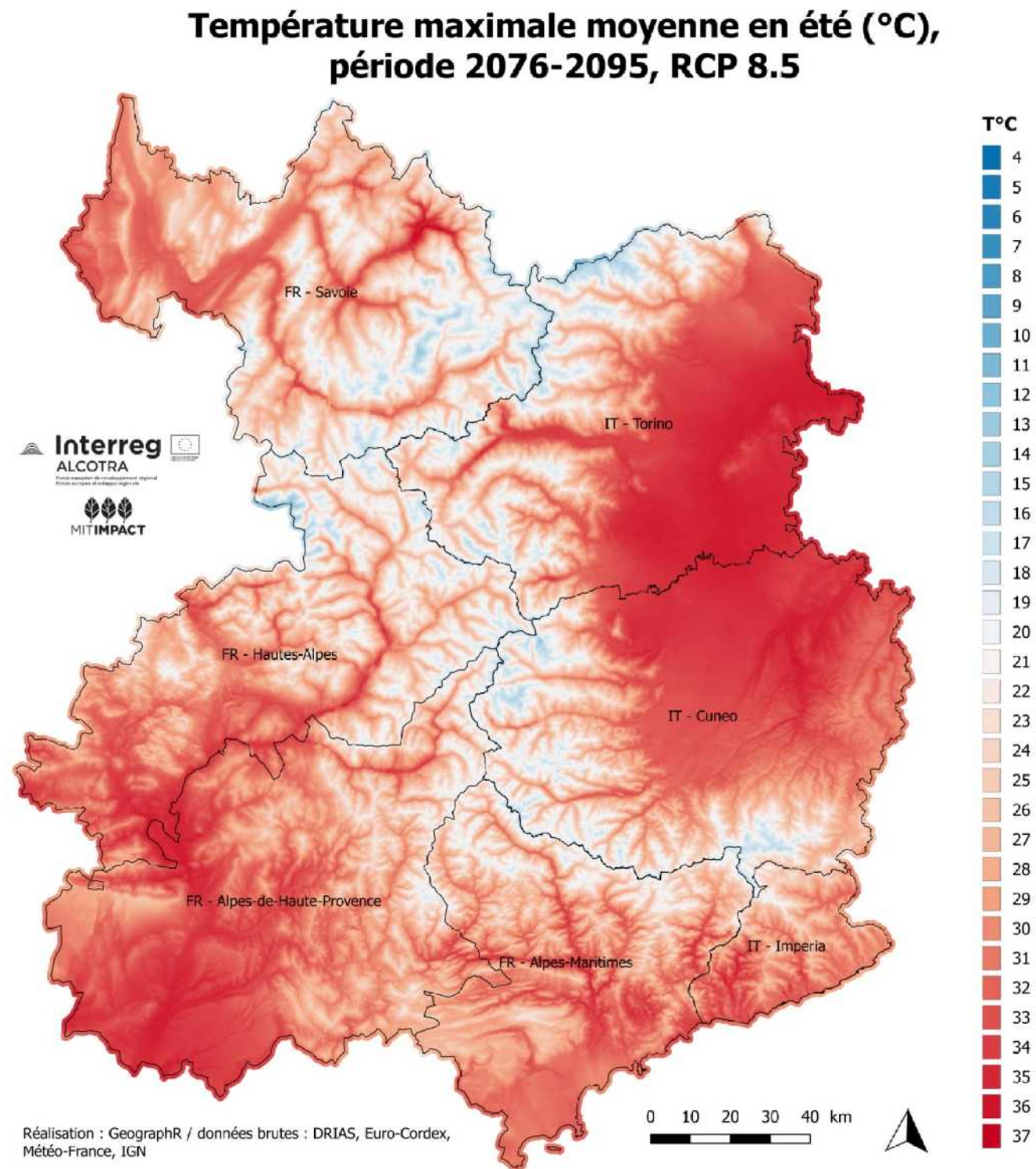
Carte campione



***Temperatura media
massima estiva,
periodo 2046-2065,
RCP 8.5***

Exemples de cartes

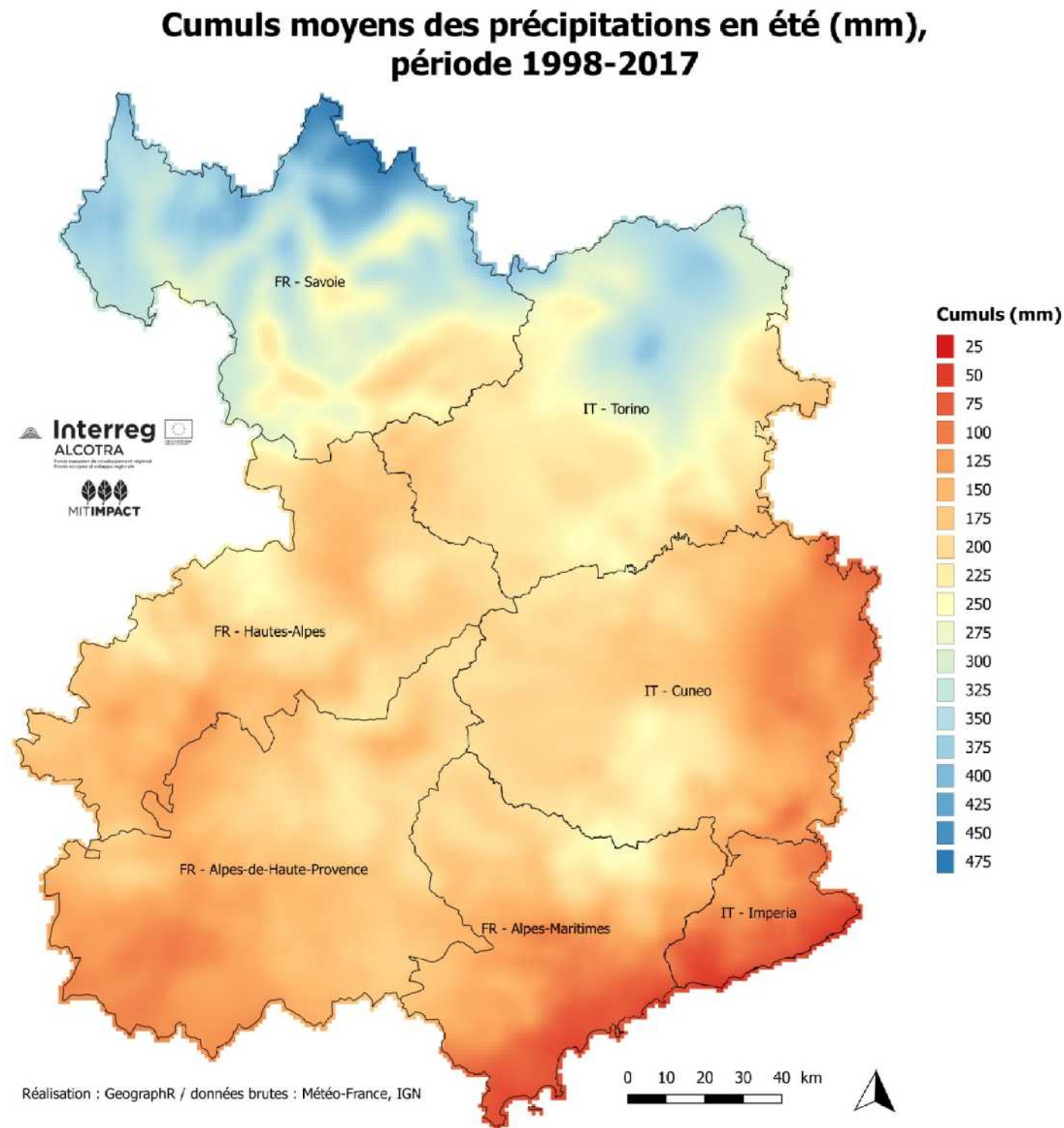
Carte campione



***Temperatura media
massima estiva,
periodo 2076-2095,
RCP 8.5***

Exemples de cartes

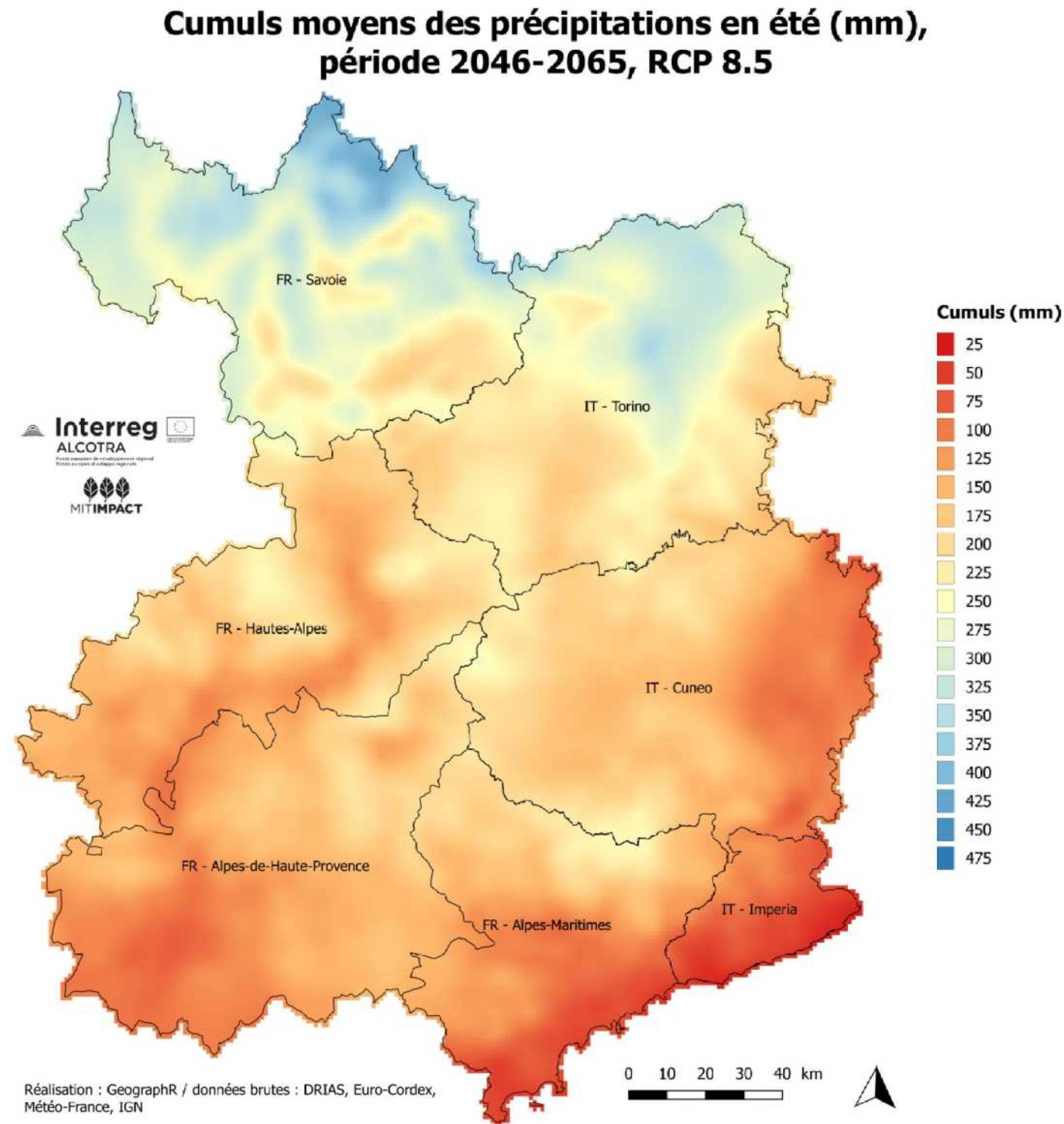
Carte campione



***Precipitazioni medie
accumulate in estate,
periodo 1998-2017***

Exemples de cartes

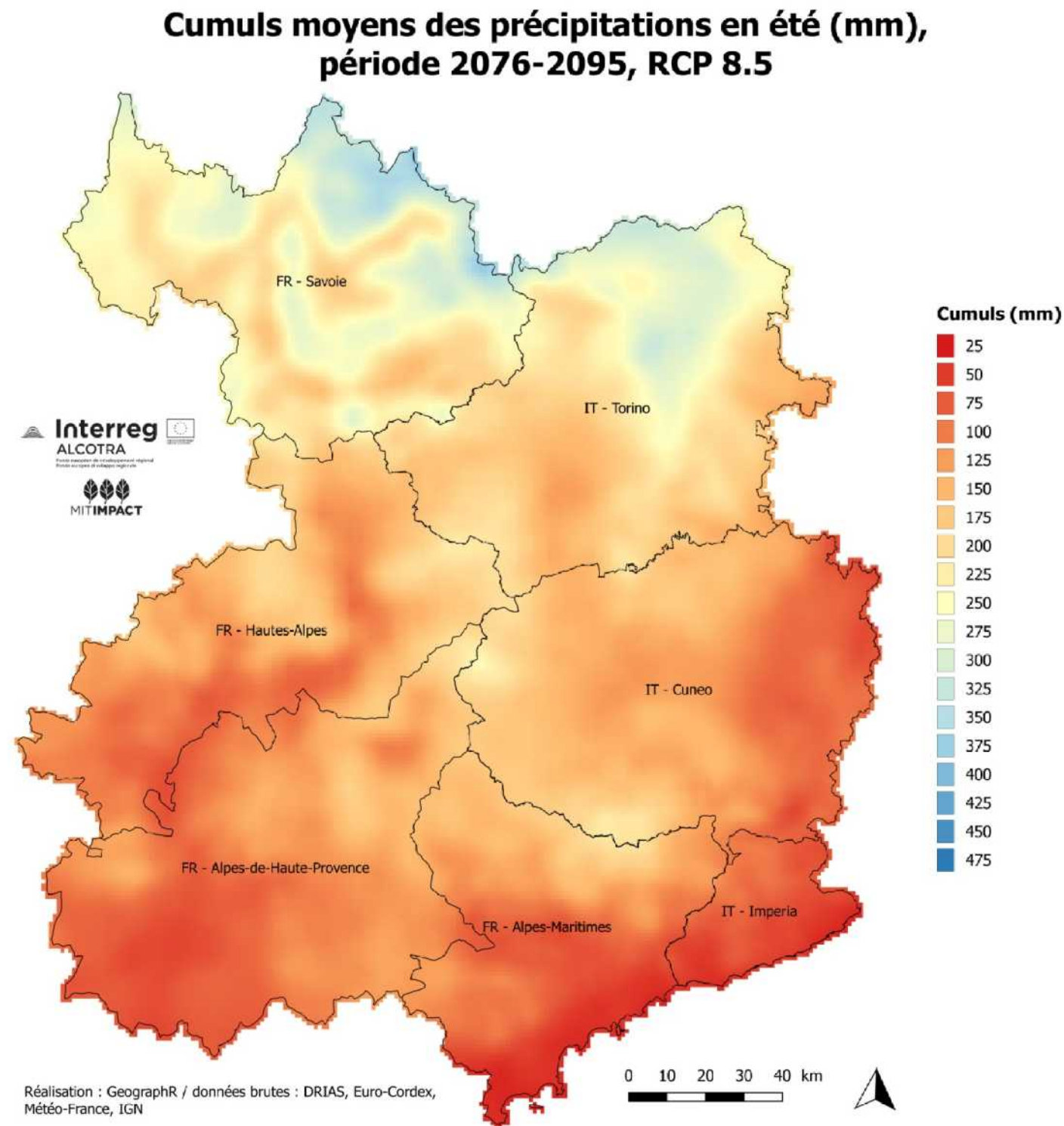
Carte campione



***Precipitazioni medie
accumulate in estate,
periodo 2046-2065,
RCP 8.5***

Exemples de cartes

Carte campione



***Precipitazioni medie
accumulate in estate,
periodo 2076-2095,
RCP 8.5***

Et demain ? *E domani ?*



La valorisation et la diffusion des données en ligne

Une plateforme cartographique en ligne et une application mobile (en cours de finalisation) sont développées pour visualiser les données climatiques et d'ozone. Ces outils sont ouverts à tous pour mieux appréhender les enjeux du changement climatique et de la pollution de l'air aujourd'hui et demain.

Pour les données climatiques, il est possible d'explorer les résultats à l'échelle très locale en zoomant sur la zone géographique d'intérêt (1 estimation tous les 100 m pour les températures et 1 estimation tous les 1000 m pour les précipitations).

La valutazione e la diffusione dei dati

Una piattaforma di mappatura online e un'applicazione telefonica (in fase di finalizzazione) sono sviluppati per visualizzare i dati relativi al clima e all'ozono. Questi strumenti sono aperti a tutti per comprendere meglio le problematiche dei cambiamenti climatici e dell'inquinamento atmosferico oggi e domani.

Per i dati climatici è possibile esplorare i risultati su scala molto locale ingrandendo l'area geografica di interesse (1 stima ogni 100 m per le temperature e 1 stima ogni 1000 m per le precipitazioni).



Couches

Fermer

Légende

Limites

Principales tendances climatiques annuelles

Évolution de la température maximale moyenne en été

Température maximale en été, 1998-2017

Température maximale en été, 2046-2065, RCP 4.5

Température maximale en été, 2046-2065, RCP 8.5

Température maximale en été, 2076-2095, RCP 4.5

Température maximale en été, 2076-2095, RCP 8.5

Évolution de l'isotherme 25°C en été

Évolution de la température minimale en hiver

Température minimale en hiver, 1998-2017

Température minimale en hiver, 2046-2065, RCP 4.5

Température minimale en hiver, 2046-2065, RCP 8.5

Température minimale en hiver, 2076-2095, RCP 4.5

Température minimale en hiver, 2076-2095, RCP 8.5

Évolution de l'isotherme 0°C en hiver

Évolution du cumul des précipitations en été et hiver

Ozone

Fond de carte

Google Terrain

FR - Alpes Maritimes

Google

Données cartographiques ©2020 Google | Conditions d'utilisation | Signaler une erreur cartographique

Interreg

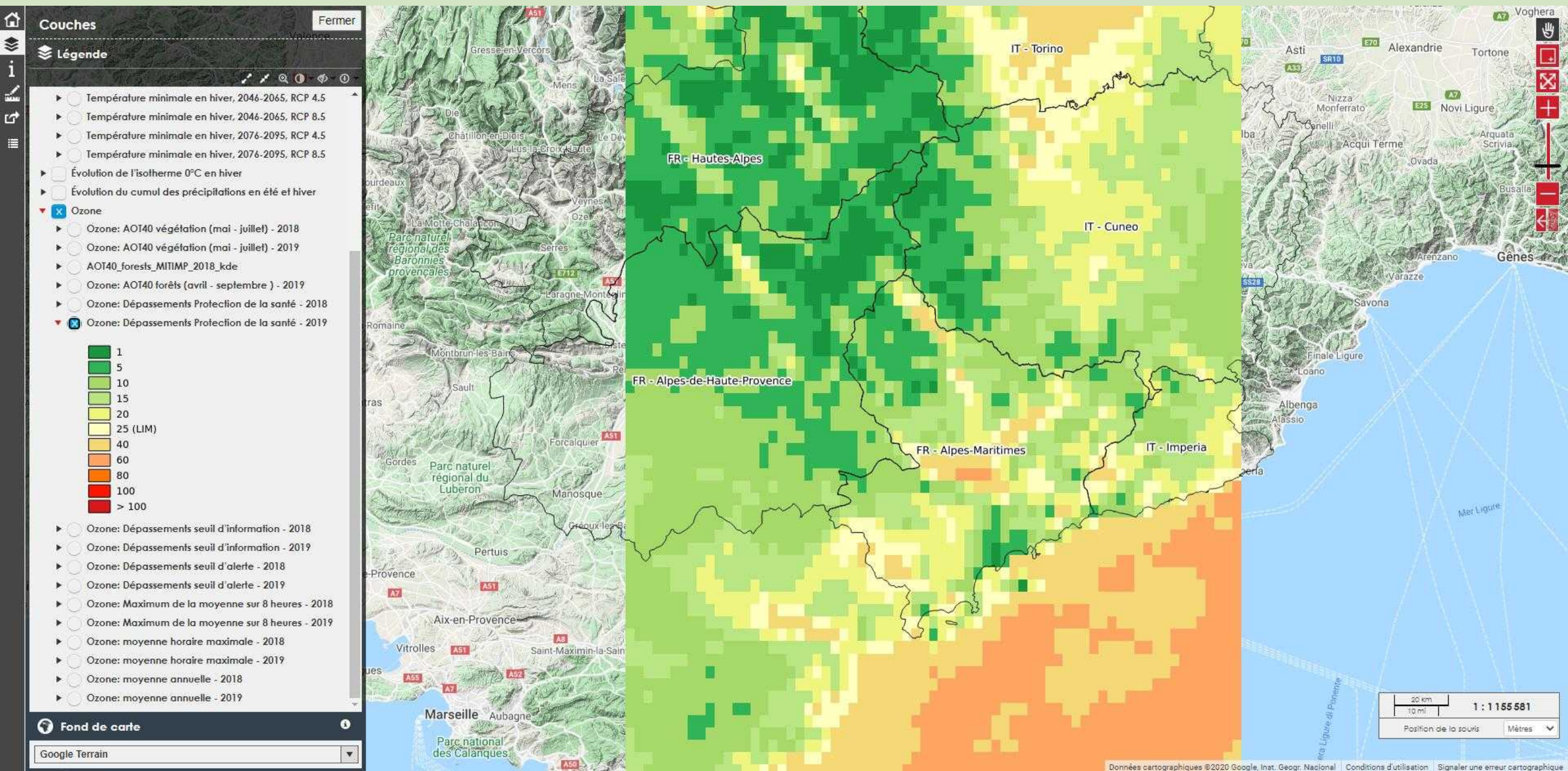
ALCOTRA

Fonds européen de développement régional

Fondos europeos de desarrollo regional

EUROPEAN UNION

MITIMPACT



Et demain ? *E domani ?*



- Une évolution du climat des Alpes transfrontalières inquiétante si scénarios socio-économiques RCP 4.5 et RCP 8.5 ;
 - Le scénario RCP 8.5 à éviter à tout prix = mesures drastiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre ;
 - Tendre vers un scénario plus optimiste moins émissif (RCP 2.6 ou mieux) ;
 - Les enjeux en matière de protection des forêts et de préservation des paysages sont majeurs. Les étages de la végétation en montagne sont appelés à évoluer. Ils seront bouleversés si les sociétés ne changent pas leur mode de vie. Ce cas de figure aboutirait à un effondrement probable de la biodiversité, une dégradation partielle, voire totale, des écosystèmes naturels, à des crises sanitaires, mais aussi à des impacts sévères sur l'économie ;
 - Il est nécessaire de réduire les GES, mais aussi d'adapter nos écosystèmes forestiers.
-
- *Un cambiamento preoccupante nel clima delle Alpi transfrontaliere se gli scenari socio-economici RCP 4.5 e RCP 4.5;*
 - *Lo scenario RCP 8.5 da evitare a tutti i costi = misure drastiche per ridurre le emissioni di gas serra;*
 - *Puntare a uno scenario più ottimistico con meno emissioni (RCP 2.6 o migliore);*
 - *Le sfide in termini di protezione delle foreste e conservazione del paesaggio sono importanti. I livelli di vegetazione in montagna sono chiamati ad evolversi. Saranno turbati se le società non cambieranno il loro modo di vivere. Questo scenario porterebbe a un probabile collasso della biodiversità, a un degrado parziale o addirittura totale degli ecosistemi naturali, a crisi sanitarie, ma anche a gravi impatti sull'economia;*
 - *È necessario ridurre i gas serra, ma anche adattare i nostri ecosistemi forestali.*



Merci de votre attention
Grazie per l'attenzione

Philippe Rossello
GeographR

