



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# Climat et changement climatique de l'échelle mondiale à urbaine

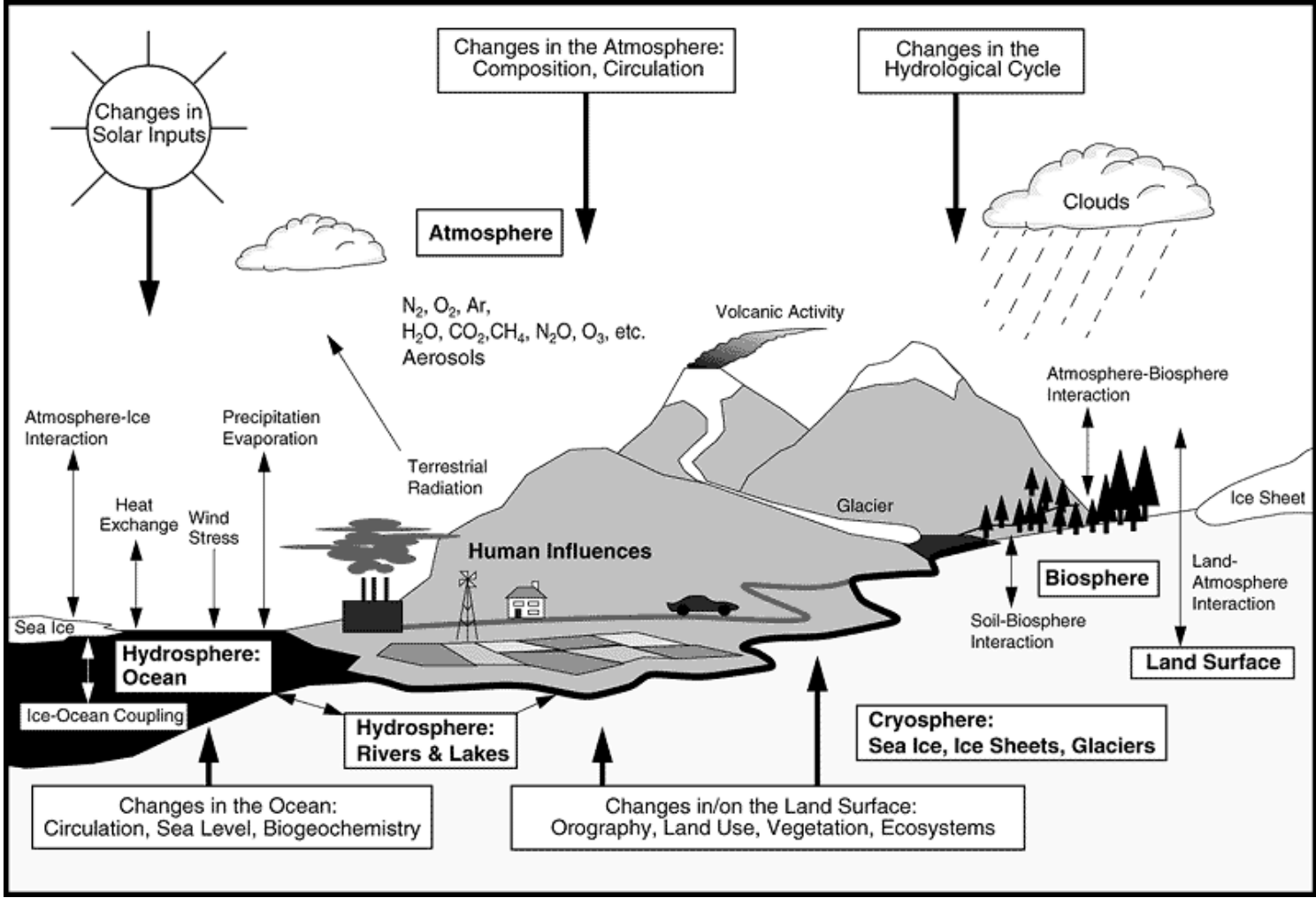
Philippe Rossello



20 novembre 2018  
Métropole Toulon-Provence-Méditerranée  
Toulon

La Cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La Coopération au coeur de la Méditerranée

# Le système climatique

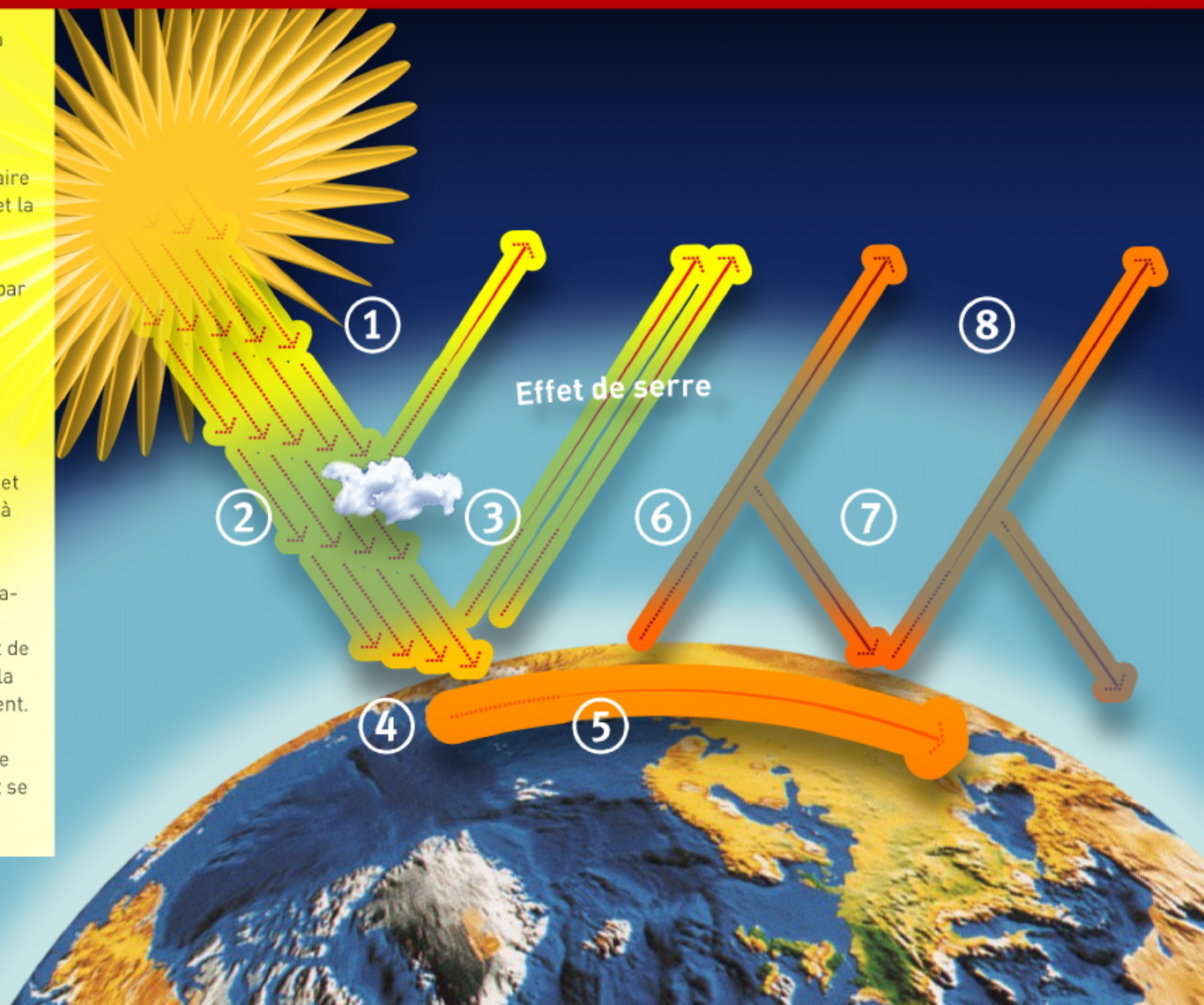


- N2 - azote
- O2 - dioxygène
- Ar - Argon
- H2O - vapeur d'eau
- N2O - protoxyde d'azote
- O3 - ozone
- ...

# Le principe de l'effet de serre

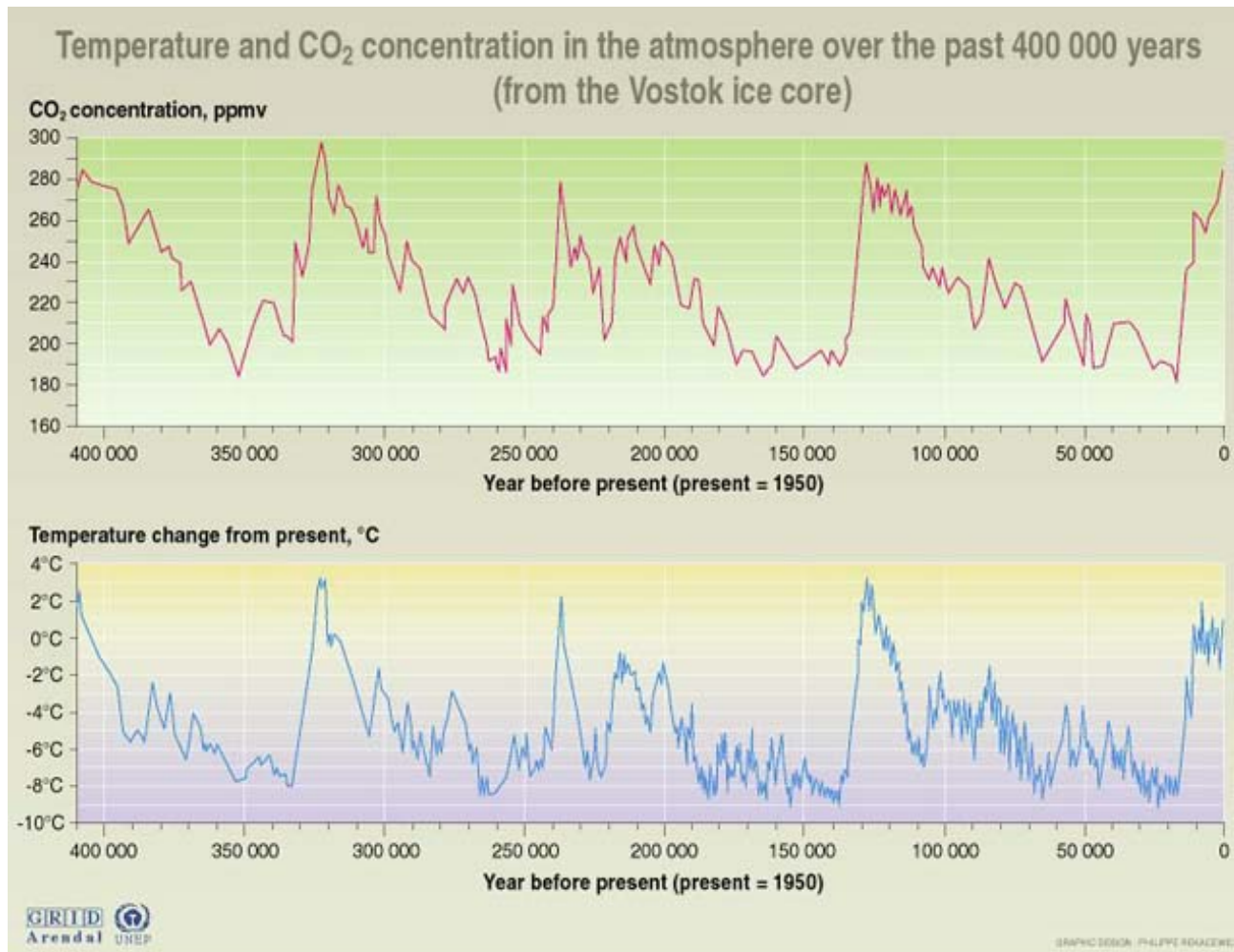
## un phénomène naturel

- ① Le rayonnement solaire passe à travers l'atmosphère claire.
- ② Rayonnement solaire entrant.
- ③ Une partie du rayonnement solaire est réfléchi par l'atmosphère et la surface de la Terre.
- ④ L'énergie solaire est absorbée par la surface de la Terre.
- ⑤ Elle est ensuite convertie en chaleur en renvoyant un rayonnement infrarouge.
- ⑥ La surface se réchauffe encore et un rayonnement infrarouge est à nouveau émis.
- ⑦ Une partie du rayonnement infrarouge est absorbée et ré-émise par les molécules de gaz à effet de serre. La basse atmosphère et la surface de la Terre se réchauffent.
- ⑧ Le reste du rayonnement solaire passe à travers l'atmosphère et se perd dans l'espace.



# Variations passées du climat terrestre

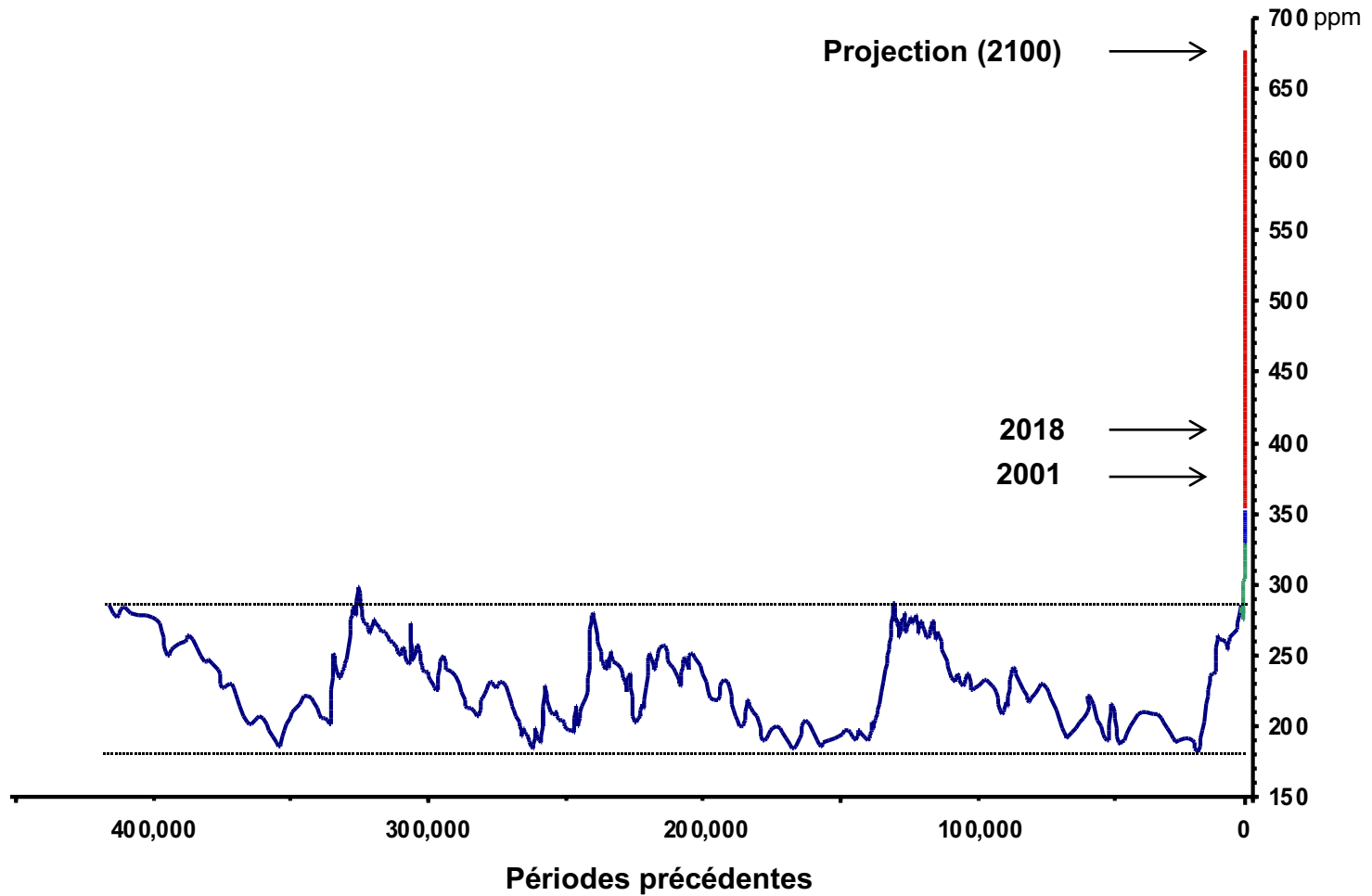
## Périodes glaciaires et interglaciaires



Source: J.R. Pett, J. Jouzel, et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core in Antarctica, Nature 399 (3/June), pp 429-436, 1999.

# Evolution du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère

depuis 420 000 ans



Unité ppm : 1 partie pour million. 1 ppm = 10<sup>-6</sup> mg par kg ou gramme par tonne ou ml par m<sup>3</sup>

# Les sources de gaz à effet de serre émis par l'homme

## Le dioxyde de carbone : $\text{CO}_2$

- Transports (avions, autos, camions)
- Habitat (chauffage notamment)
- Production d'électricité
- Déforestation
- Combustion énergie fossile
- Activités industrielles, etc.

## Le méthane : $\text{CH}_4$

- Agriculture (élevage)
- Décharges
- Production pétrole, gaz, charbon, etc.

## Le protoxyde d'azote : $\text{N}_2\text{O}$

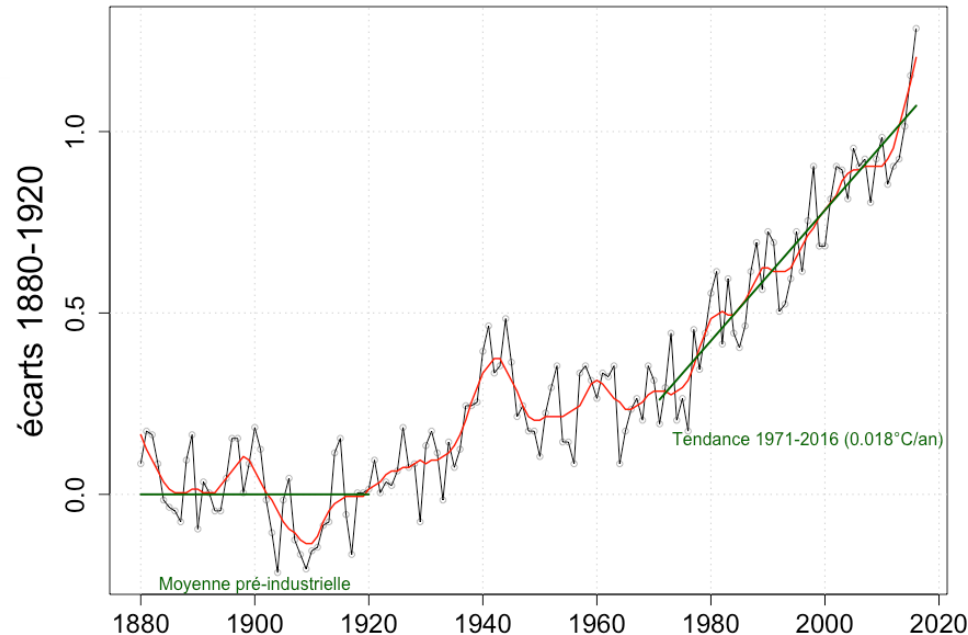
- Combustion de la biomasse
- Synthèses chimiques industrielles
- Automobiles
- Agriculture (engrais et pratiques agricoles), etc.

## Les 3 types de gaz fluorés : HFC, PFC, $\text{SF}_6$

- Climatisation auto et habitat
- Systèmes de réfrigération
- Industries des semi-conducteurs, etc.

# Le changement climatique, une évolution inquiétante

Température annuelle planétaire (NASA)



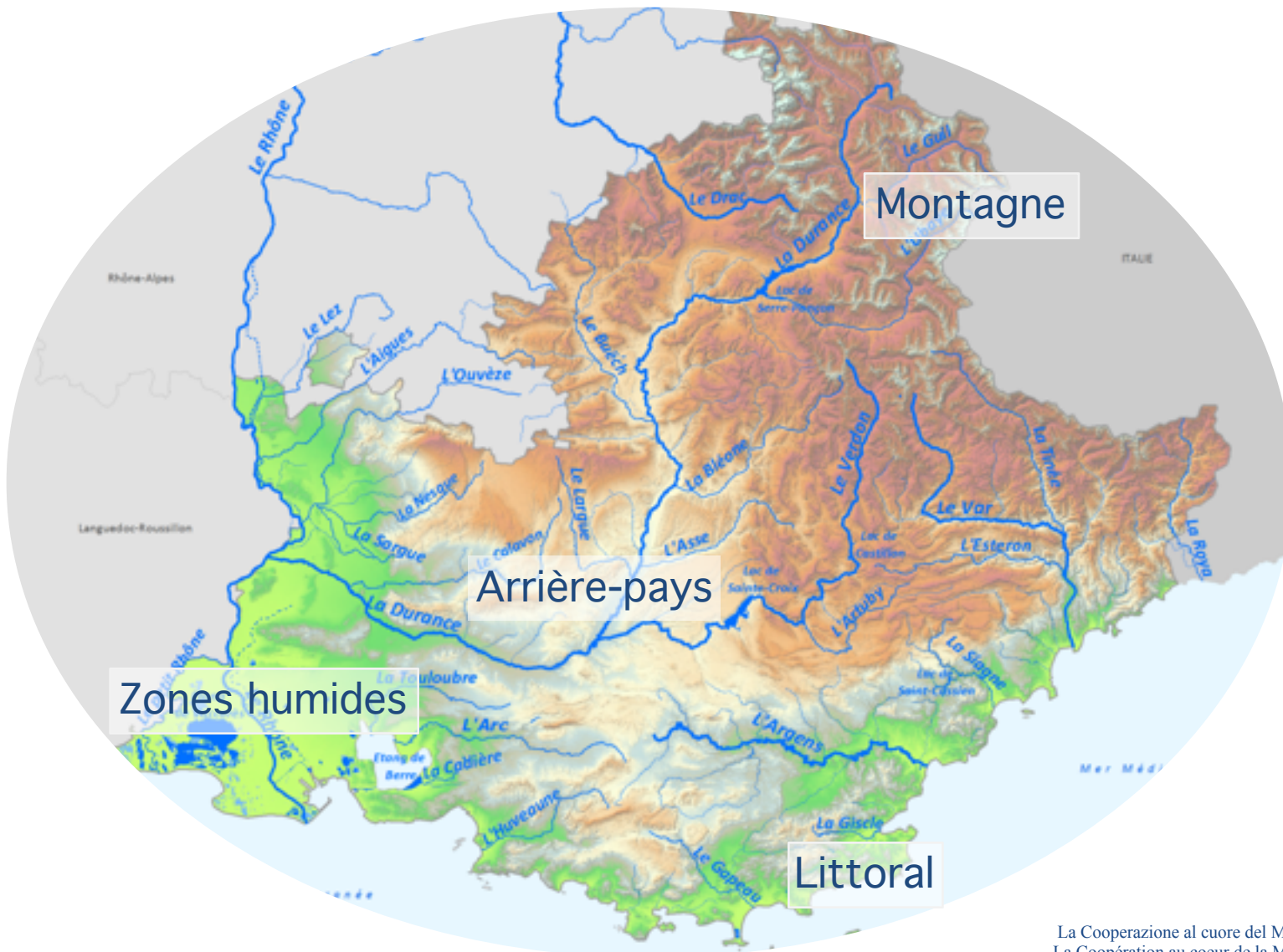
**2016**  
année la plus  
chaude

**2017**  
année la plus  
chaude sans El  
Niño

Malgré la baisse de l'activité solaire après 2000, les températures ont continué à augmenter. **La température a globalement augmenté d'1°C depuis le début de l'ère industrielle (plus en région Sud et en montagne).**

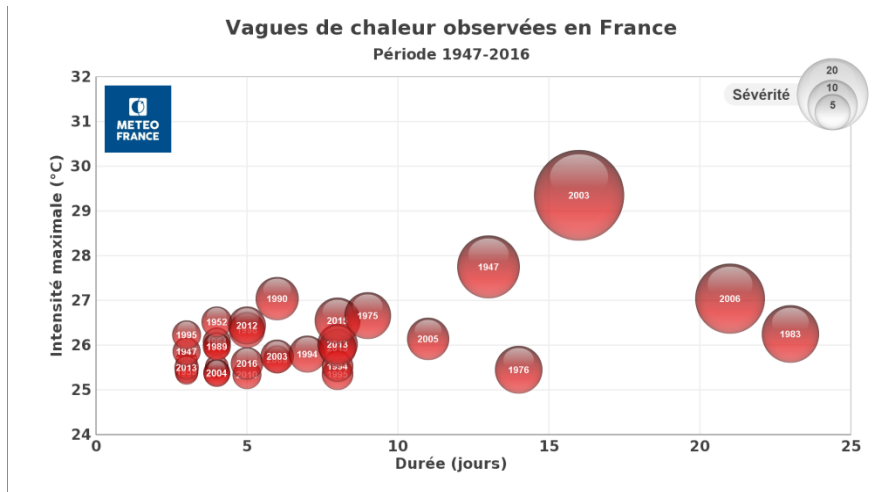
**Le réchauffement n'est pas également réparti sur la planète.**

# La région Sud: climat méditerranéen et géographie contrastés



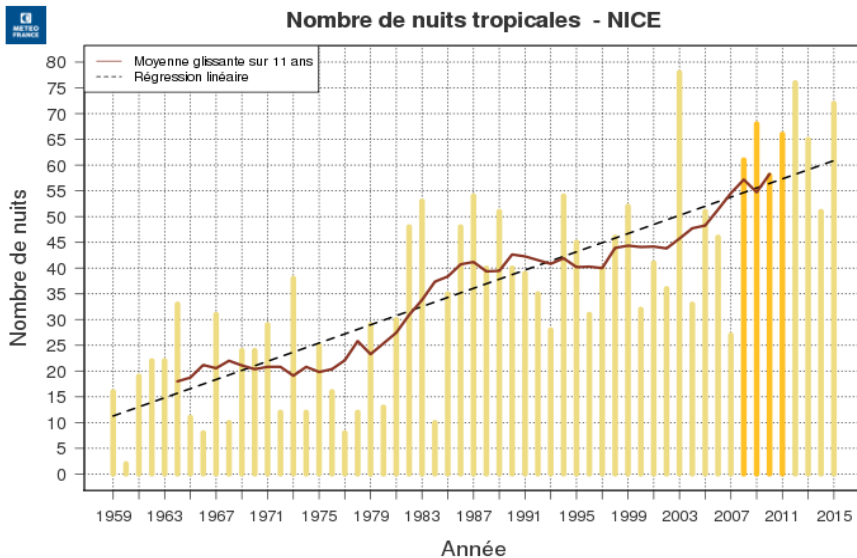


# Une hausse des températures déjà observée



## Vagues de chaleur

- 11 années sur les 27 représentées depuis 1947 se situent dans la période 2000-2016
- évolution vers des épisodes plus chauds et plus longs

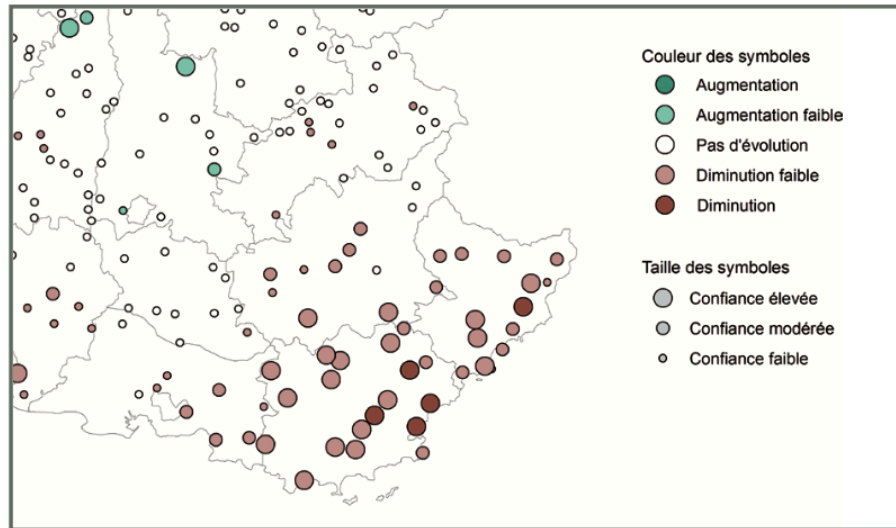


## Nuits tropicales

Nombre de nuits avec des températures supérieures à 20°C :

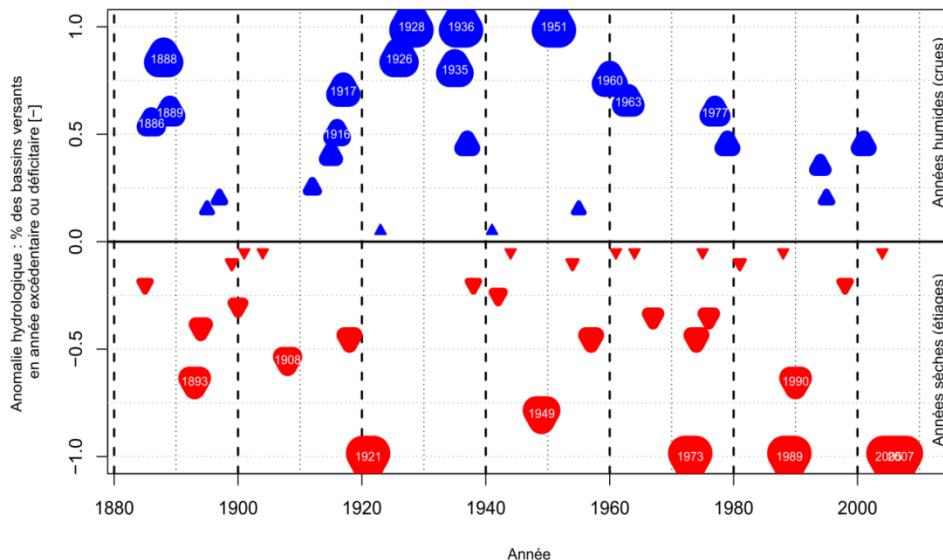
- env. 15 nuits dans les années 1960-70
- env. 30 nuits dans les années 1980-90
- env. 60 nuits depuis 2005

# Des précipitations surtout caractérisées par la variabilité\* interannuelle, mais aussi des signes d'évolution



## Évolution des précipitations sur la période 1959-2009 (Météo-France)

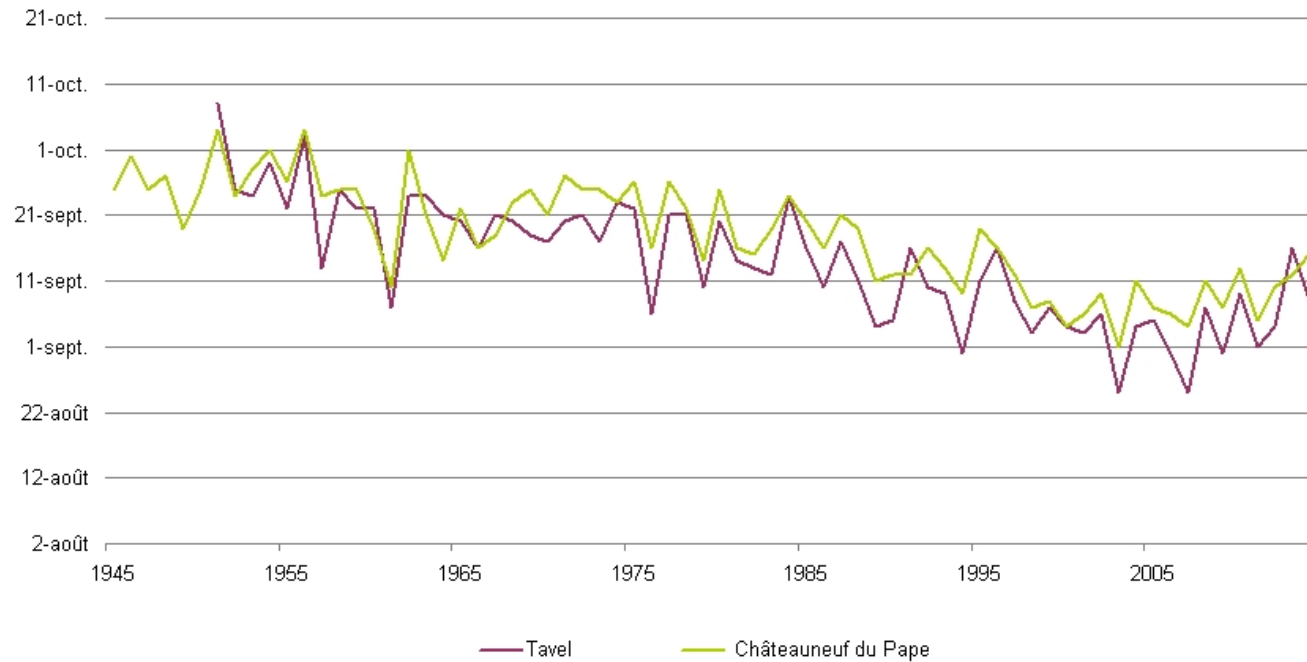
- sec au sud-ouest de la région
- stable dans les Alpes et à l'est de la région



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

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

## Évolution des dates de vendanges (côtes du Rhône)

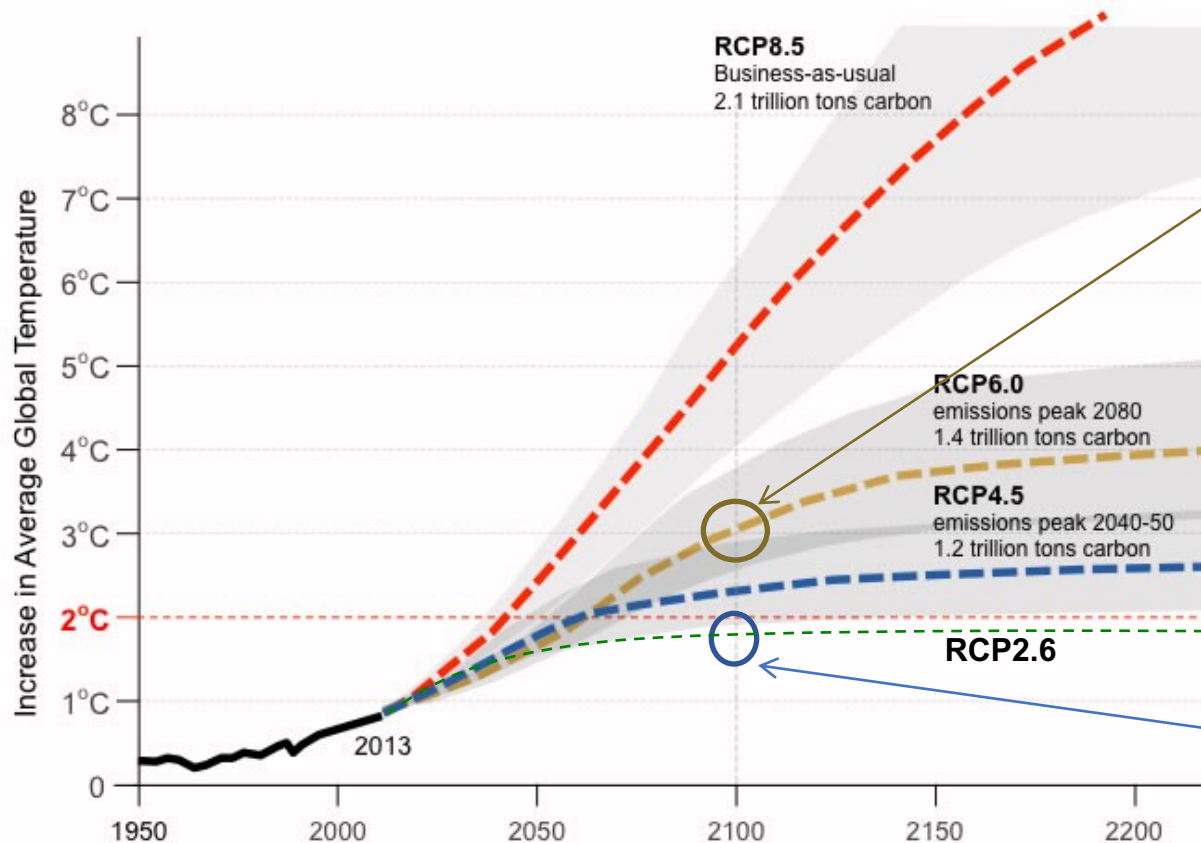


Source : d'après Onerc

En France, les **dates de semis du maïs, de la floraison des arbres fruitiers, de moissons et de vendanges sont toutes avancées de 3 à 4 semaines** par rapport au climat des années 1940-1970.

On constate également une **augmentation du rendement de la betterave, du degré alcoolique du vin et de la production forestière** à des niveaux variables. A l'inverse, le **rendement du blé stagne**.

# Quelles tendances pour demain ?



**COP 21 :** les promesses des gouvernements en termes de réduction de gaz à effet de serre



**3°C en 2100**  
(global)

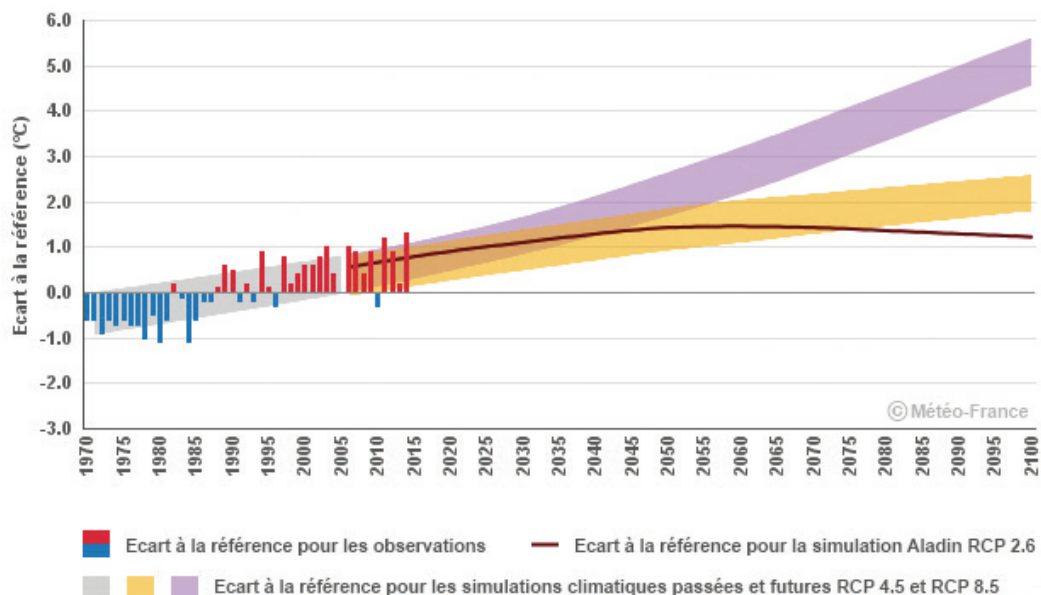
**Annonce COP 21 :**  
**< 2°C**

**Engagements non respectés,  
sous-estimation des simulations ?**

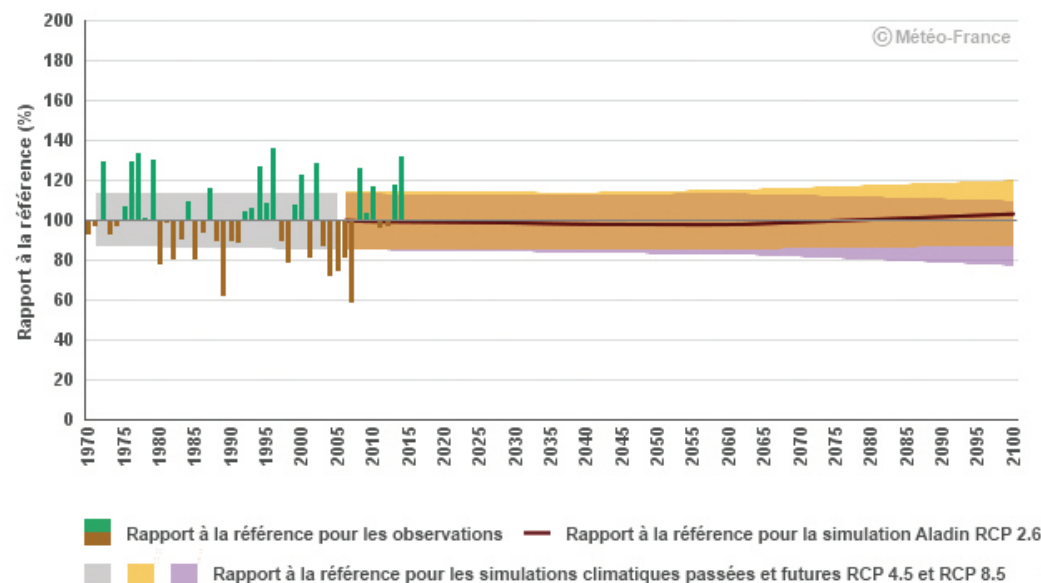


**5°C ou + en  
2100 (global)**

# Le changement climatique en région Sud

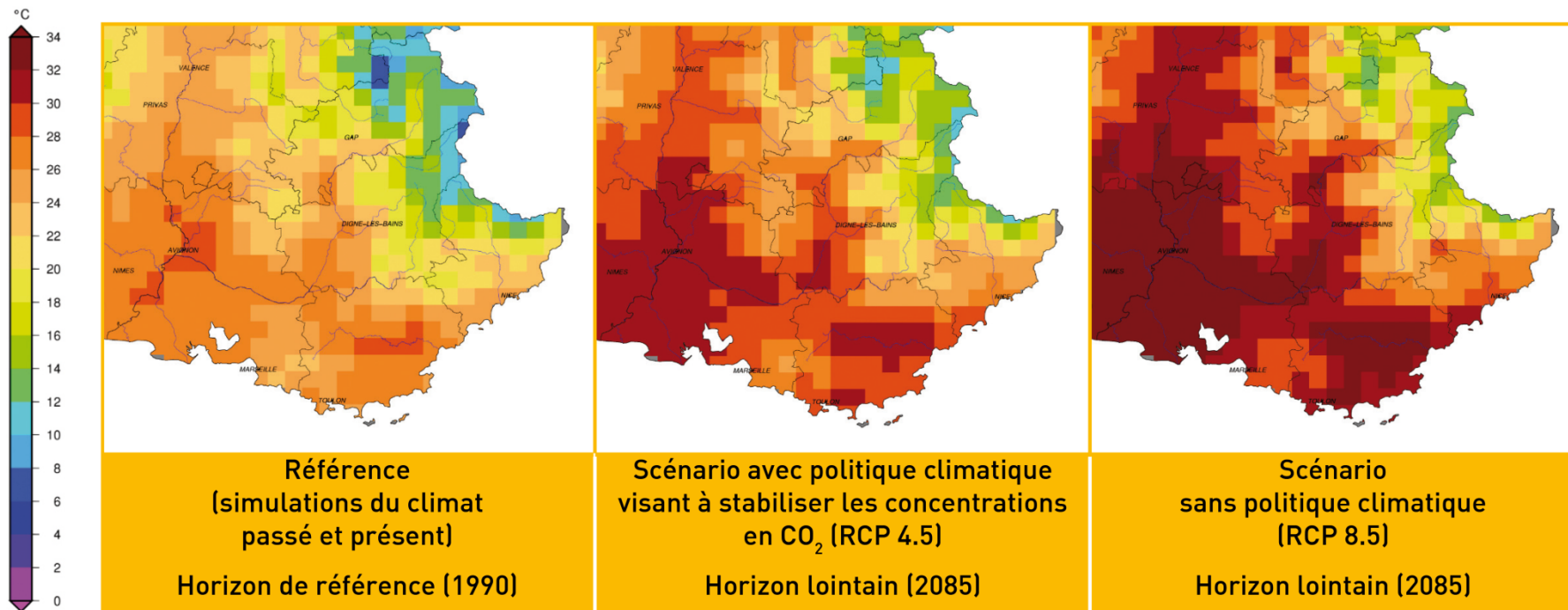


**Températures de l'air :** observation et simulations climatiques pour 3 scénarios d'évolution (écart à la référence 1976-2005, source : Météo-France)



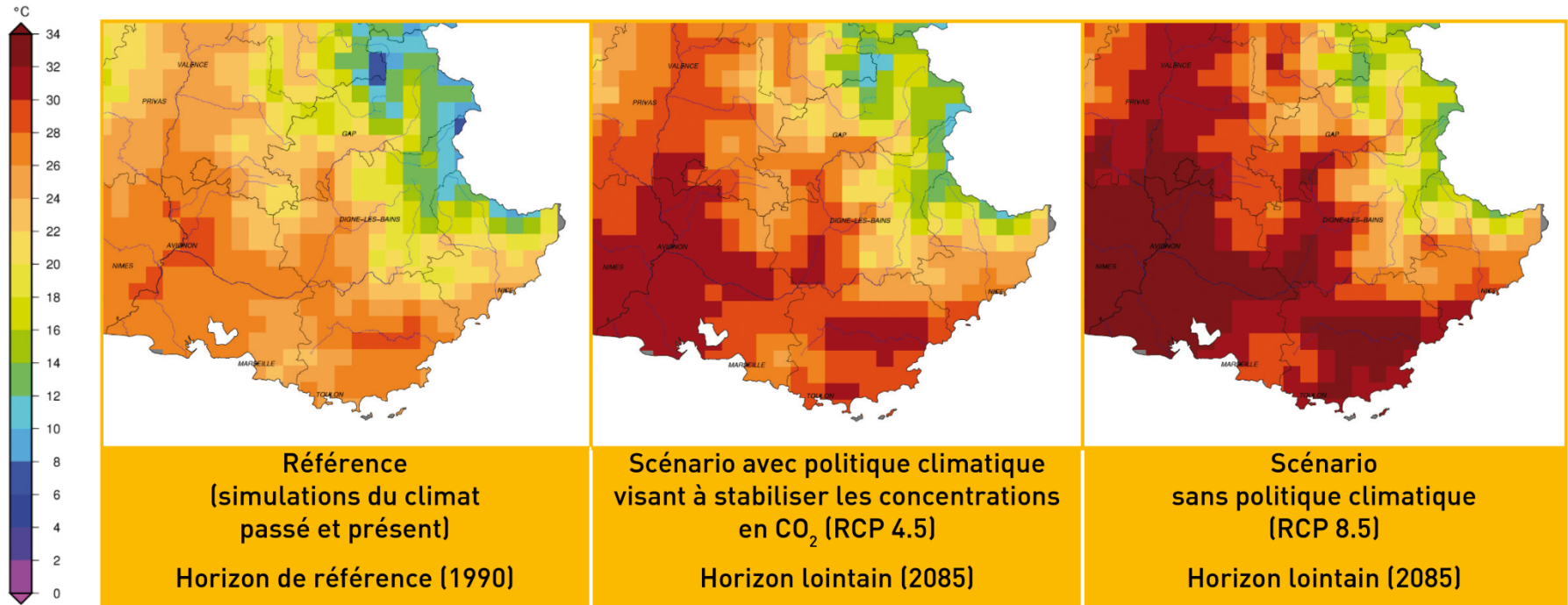
**Précipitations :** observation et simulations climatiques pour 3 scénarios d'évolution (écart à la référence 1976-2005, source : Météo-France)

# Le changement climatique en région Sud



Evolution de la température maximale de l'air au cours de l'été (juin à août) en région Sud :  
exemple de la moyenne estivale de température maximale quotidienne  
(source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL / [www.drias-climat.fr](http://www.drias-climat.fr))

# Le changement climatique en région Sud

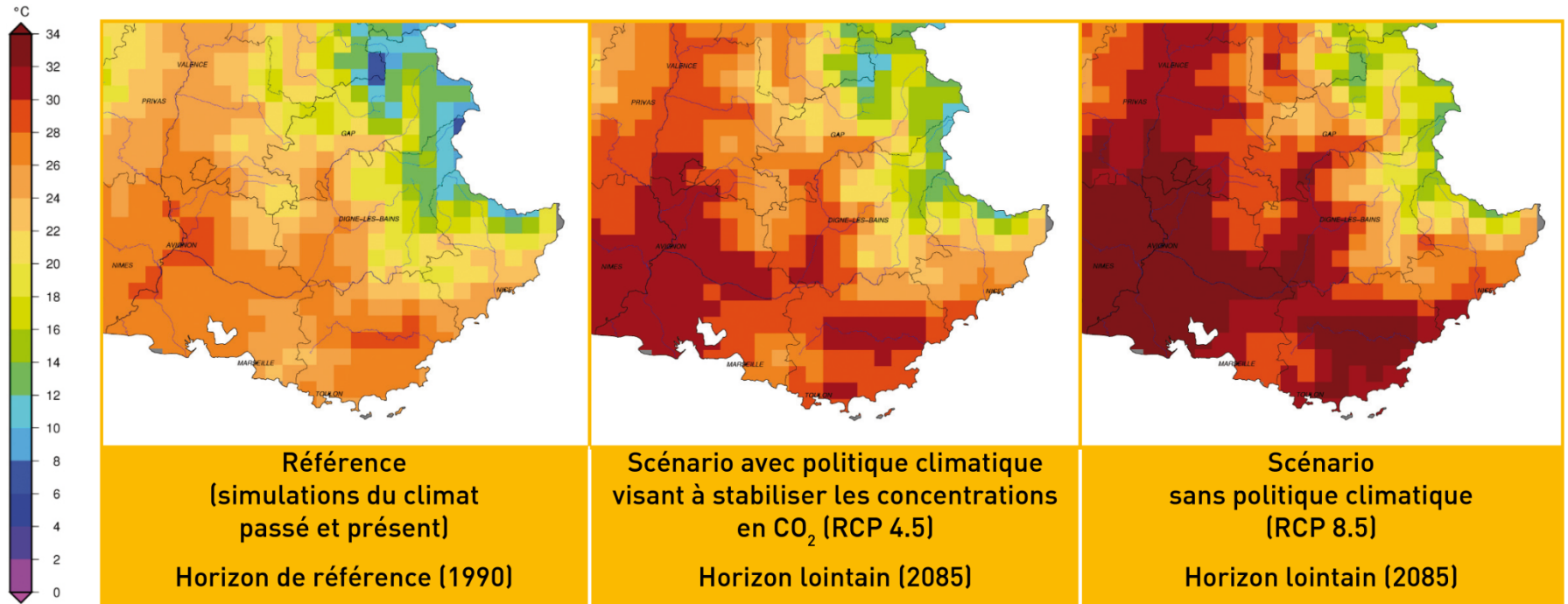


- Valeurs normales proches de 2003
- Journées supérieures à 35°C
- Vagues de chaleur au dessus de 40°C



- conséquences économiques
- risque sur la santé
- en ville : îlots de chaleur urbains
- pollution de l'air
- effets sur les ressources hydriques
- énergie pour climatisation

# Le changement climatique en région Sud



Autres effets du changement climatique...

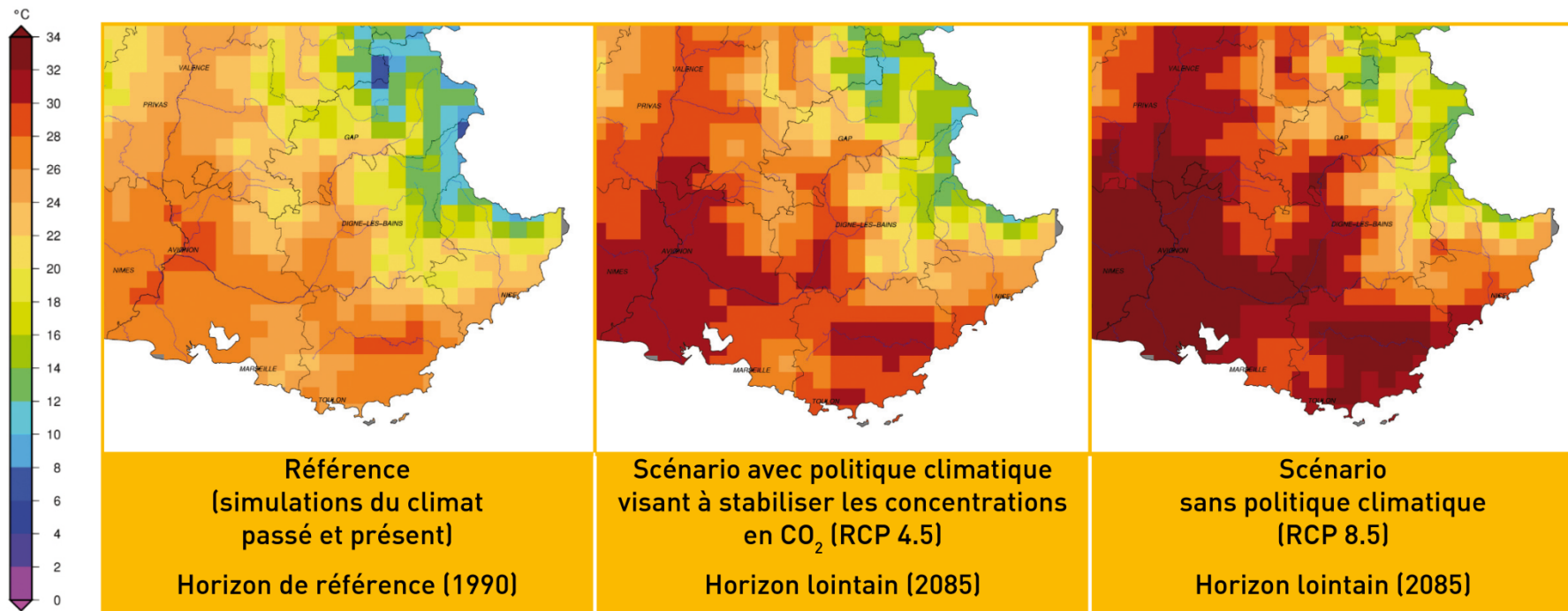
Niveau des mers (par rapport au début du XX<sup>ème</sup> siècle) :

- +40 cm si +1.5°C (fonte des glaces + dilatation des océans) = Accord de Paris
- +55 cm si +2°C
- +70 cm si +3°C
- +80 cm et plus si scénario socioéconomique pessimiste.

La Camargue, par exemple, où les activités portuaires seraient très affectées + processus d'érosion sur côtes urbanisées plus intense (déplacements du bâti et de la population, coût pour la société...)



# Le changement climatique en région Sud



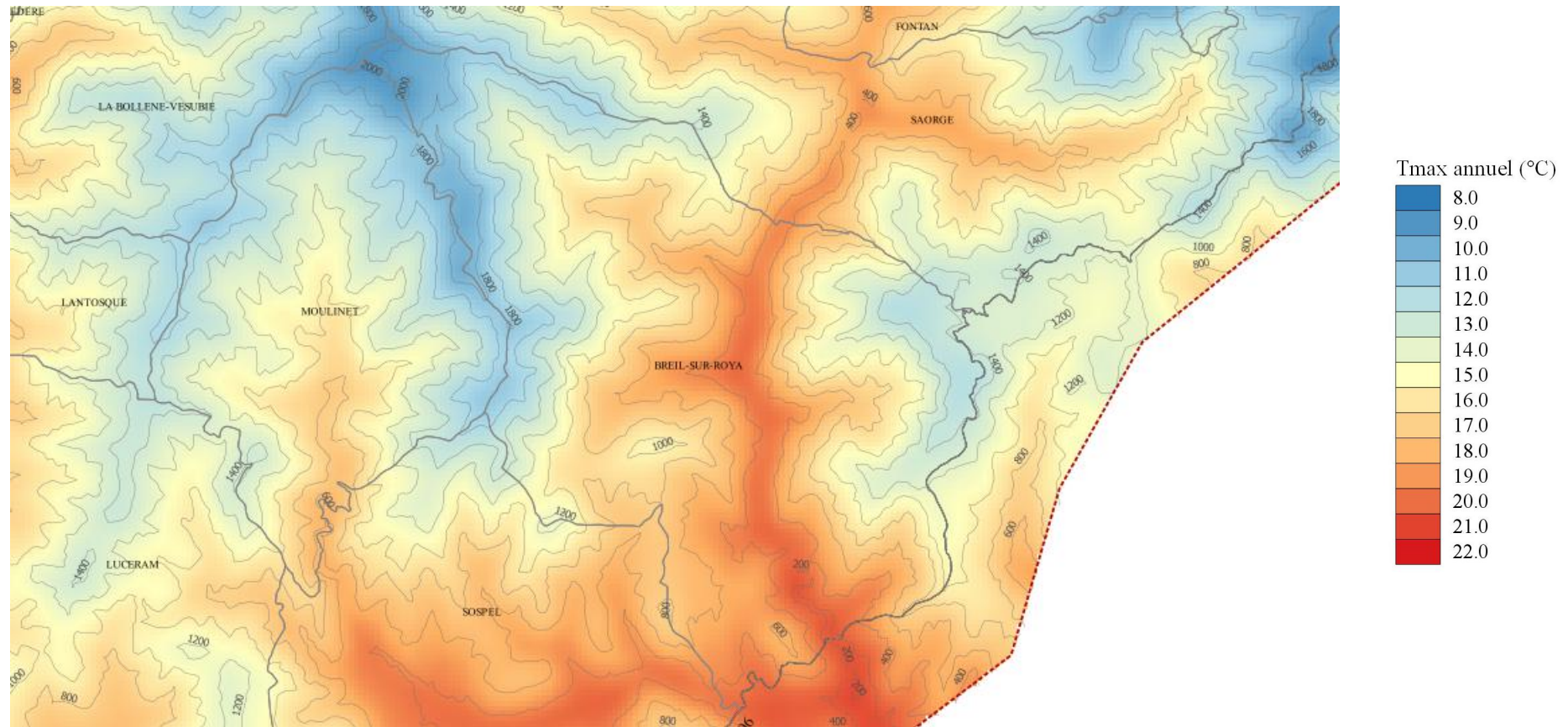
Autres effets du changement climatique...

Un enneigement plus faible en montagne : sports d'hiver au-dessus de 1600-1800 m d'altitude selon les secteurs géographiques en région Sud (+0,5°C = élévation de la limite pluie-neige de 100 m en moyenne).

Ne pas oublier la variabilité naturelle interannuelle du climat méditerranéen

# Des projections climatiques à l'échelle locale grâce à des techniques de spatialisation et de descentes d'échelles

Vallée de la Roya (Alpes-Maritimes), 1991-2010

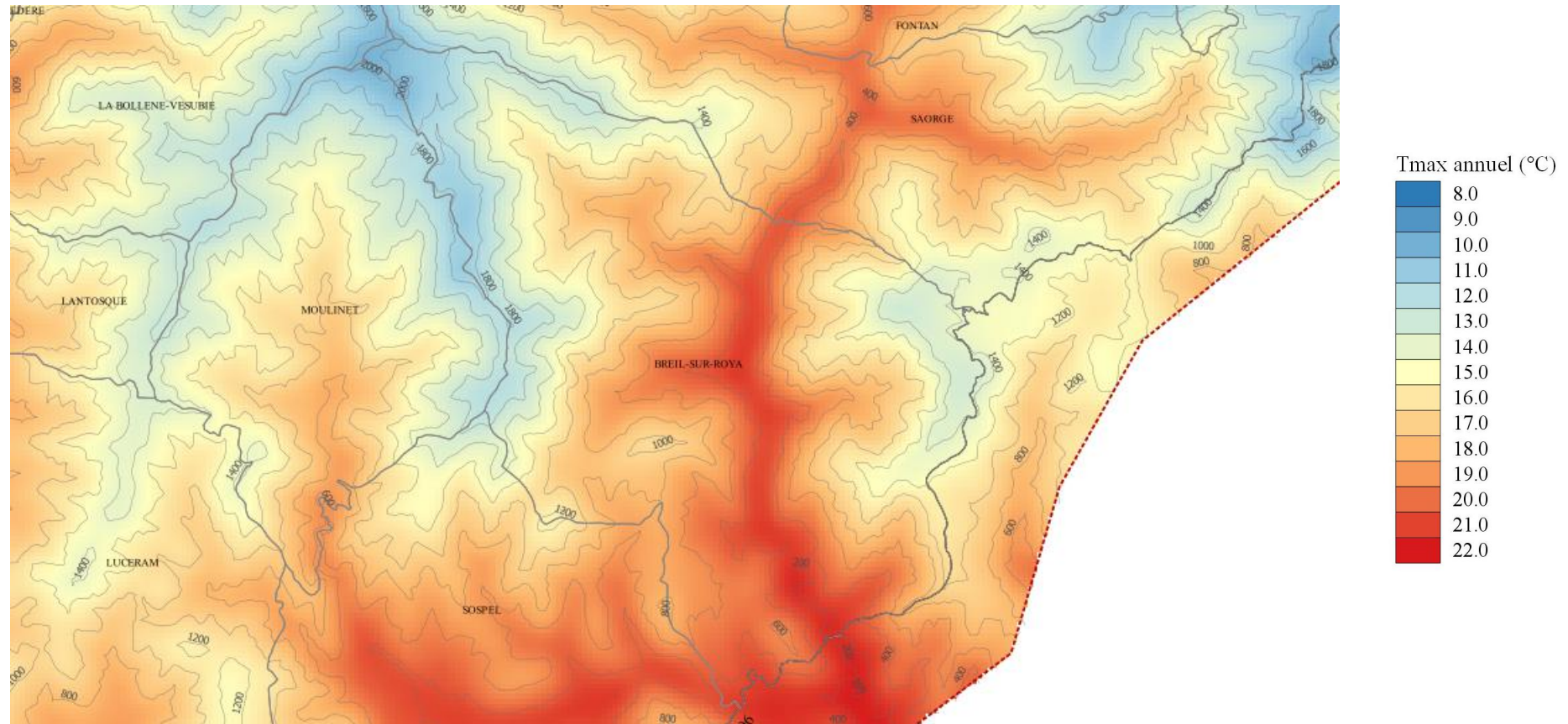


Sources : GeographR, Maison de la météo et du climat des Orres (MMCO)

Financement: Région PACA, Mairie des Orres, GeographR

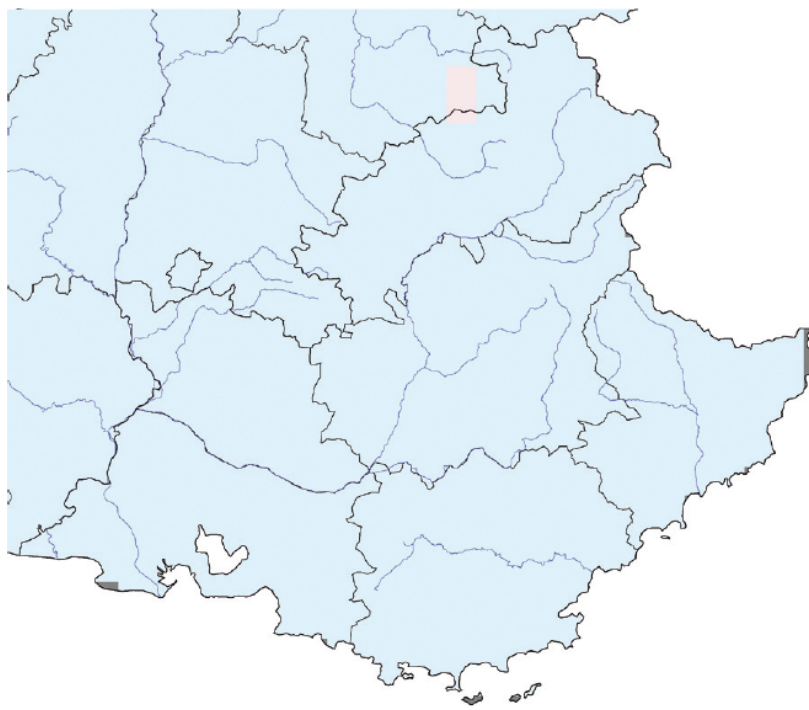
# Des projections climatiques à l'échelle locale grâce à des techniques de spatialisation et de descentes d'échelles

Vallée de la Roya (Alpes-Maritimes), 2036-2055, RCP 8.5



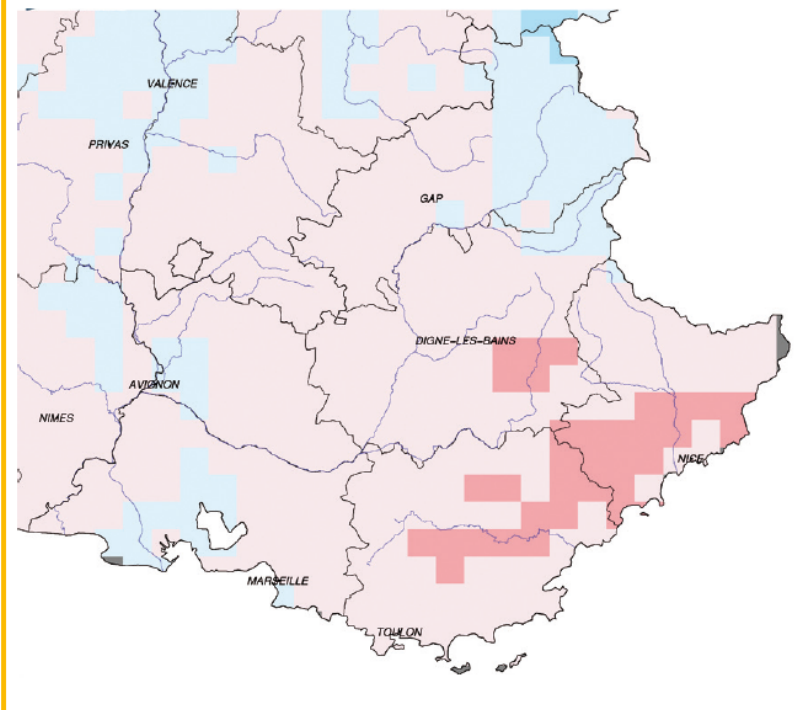
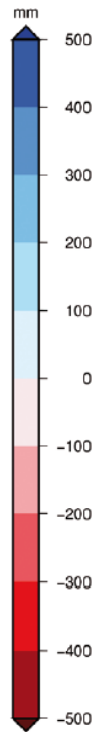
Sources : GeographR, Maison de la météo et du climat des Orres (MMCO)

Financement: Région PACA, Mairie des Orres, GeographR



Scénario avec politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO<sub>2</sub> (RCP 4.5)

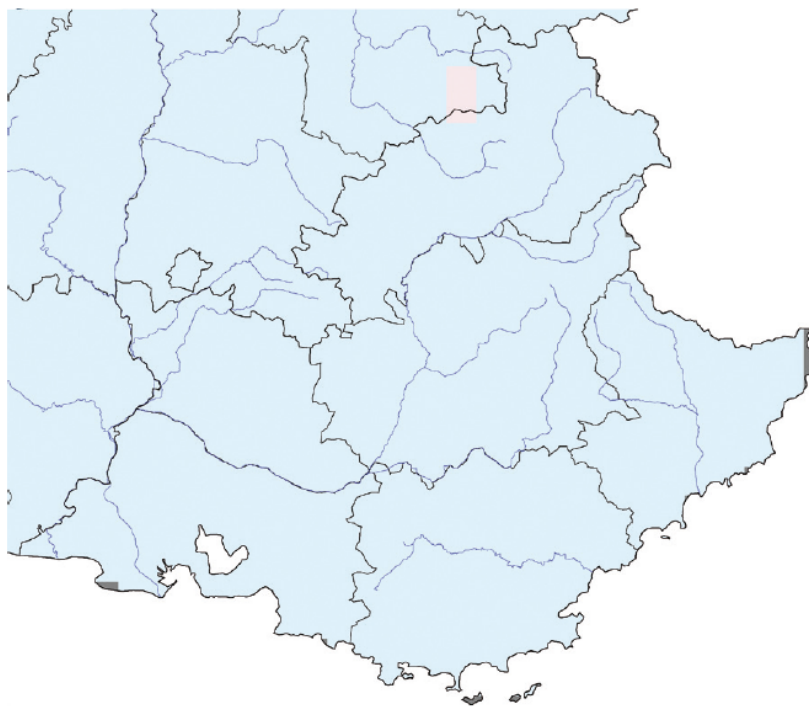
Horizon lointain (2085) comparé à l'horizon de référence (1990)



Scénario sans politique climatique (RCP 8.5)

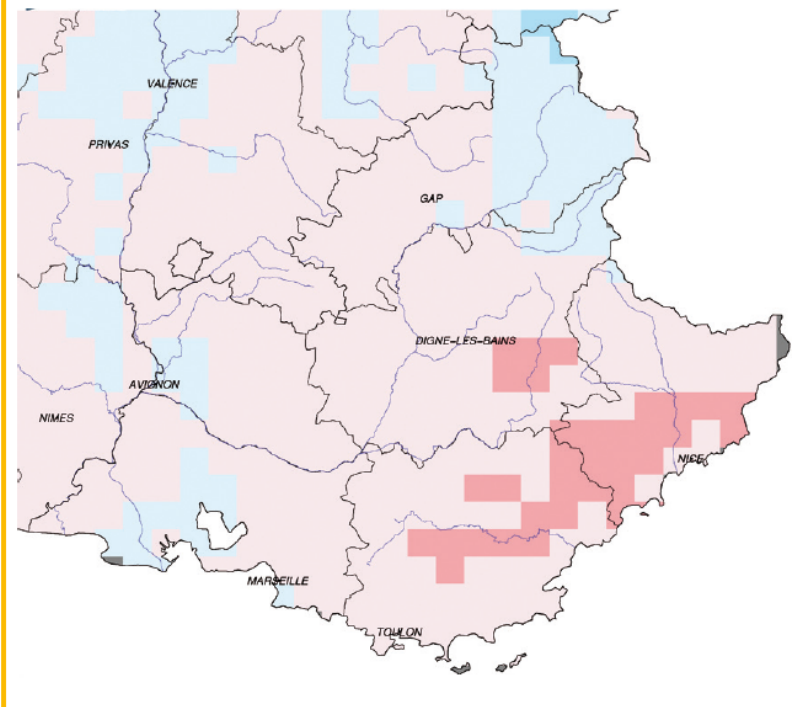
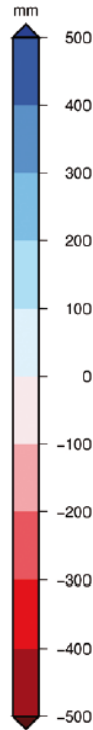
Horizon lointain (2085) comparé à l'horizon de référence (1990)

Anomalie du cumul de pluie moyen annuel des modèles Euro-Cordex (quantile 50 = médiane) en région Sud



Scénario avec politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO<sub>2</sub> (RCP 4.5)

Horizon lointain (2085) comparé à l'horizon de référence (1990)



Scénario sans politique climatique (RCP 8.5)

Horizon lointain (2085) comparé à l'horizon de référence (1990)

- **Grande incertitude**
- **Diminution de 10 à 20 %**
- **Maintien ou hausse du cumul hivernal**
- **Baisse des précipitations estivales**



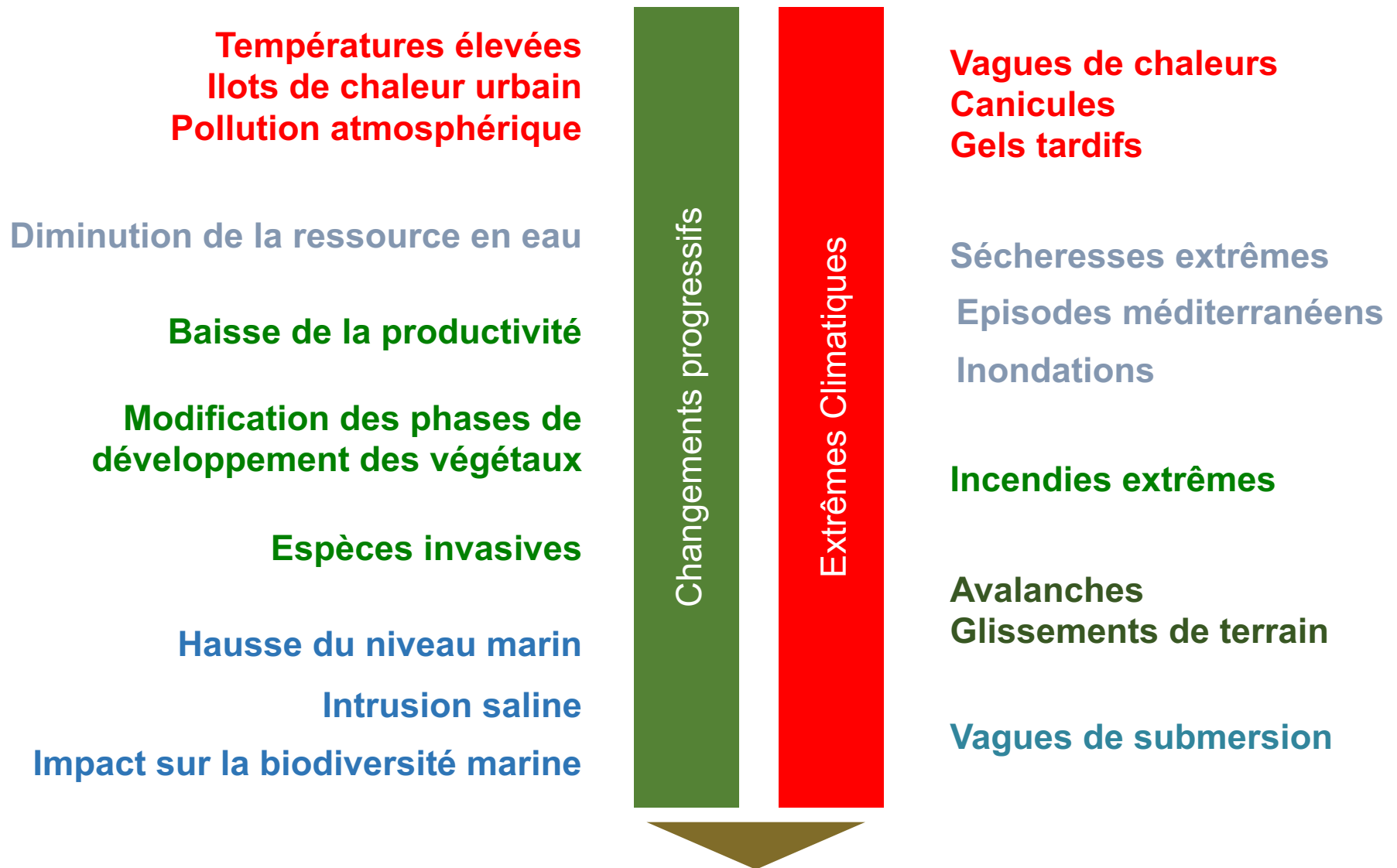
### Associé(s) à la hausse des T°C

- augmentation des sécheresses estivales en durée et en intensité
- importante diminution du manteau neigeux en dessous de 1500 m, voire 1800 m d'alt.



Six variables prises en compte : **température moyenne annuelle (°C), température moyenne de janvier (°C), température moyenne de juillet (°C), cumul des précipitations annuelles (mm/an), cumul des précipitations hivernales d'octobre à avril (mm/an), nombre de mois secs pour lesquels les précipitations totales sont inférieures à 20 mm**

# Quelles effets du changement climatique ?

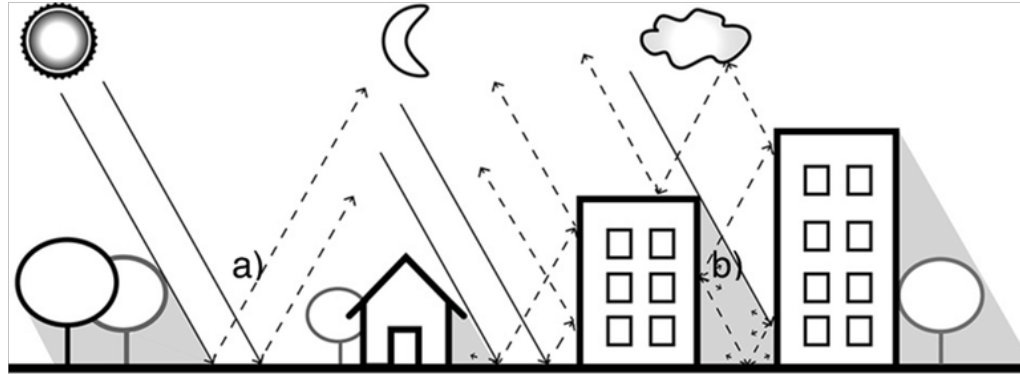


CONSEQUENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES

Ressources – Infrastructures – santé

La Cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La Coopération au coeur de la Méditerranée

## Quelles effets dans les villes ?



Une énergie partiellement piégée, captée, absorbée, renvoyée...

Un bilan radiatif et énergétique positif qui favorise le réchauffement et donc l'augmentation de la température de l'air et de surface.

bilan radiatif = (somme du rayonnement direct et diffus + rayonnement atmosphérique en grandes longueurs d'ondes) - rayonnement terrestre en grandes longueurs

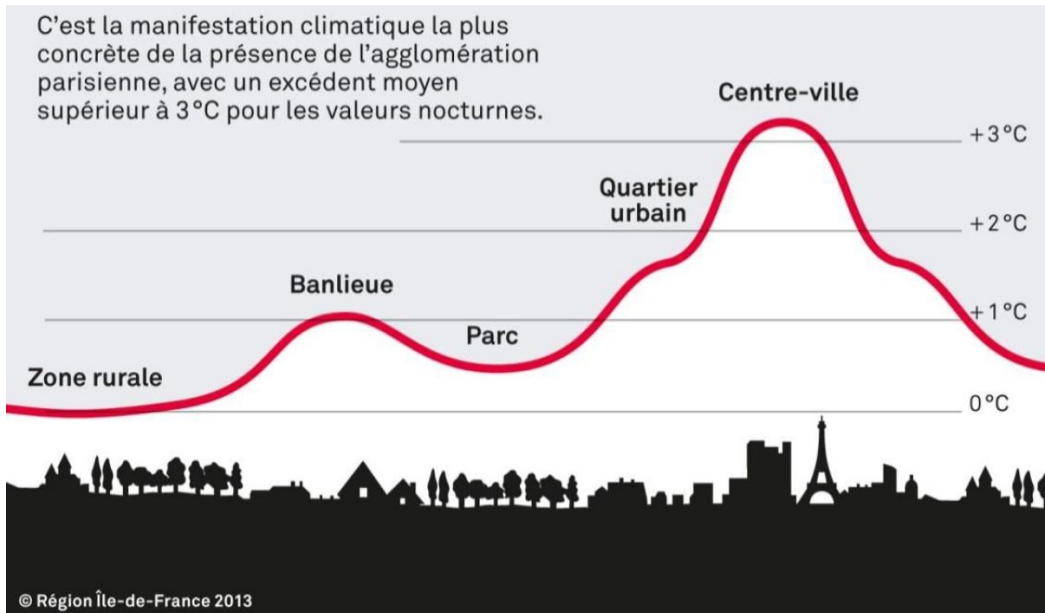
Bilan énergétique total = bilan radiatif + flux anthropique = flux de chaleur sensible (écoulement d'air) + flux de chaleur latente (évapotranspiration) + flux de chaleur stocké (chaleur emmagasinée dans les matériaux) + flux adjectif (transport de chaleur d'une zone à une autre)



# Quelles effets dans les villes ?

Quand l'îlot de chaleur urbain est-il le plus significatif ?

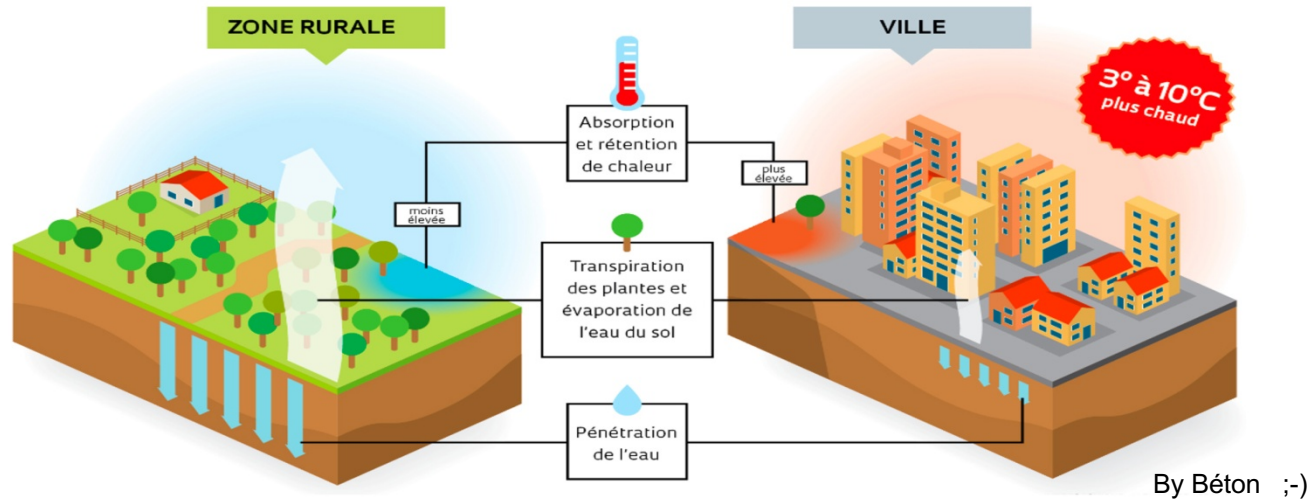
L'îlot de chaleur urbain est surtout marqué la nuit (températures minimales). « En général, l'îlot de chaleur urbain commence à croître en fin d'après-midi et augmente au coucher du soleil pour atteindre son maximum au milieu de la nuit. Par nuit calme, il se crée alors une sorte de bulle de chaleur sur la ville » (Météo-France)



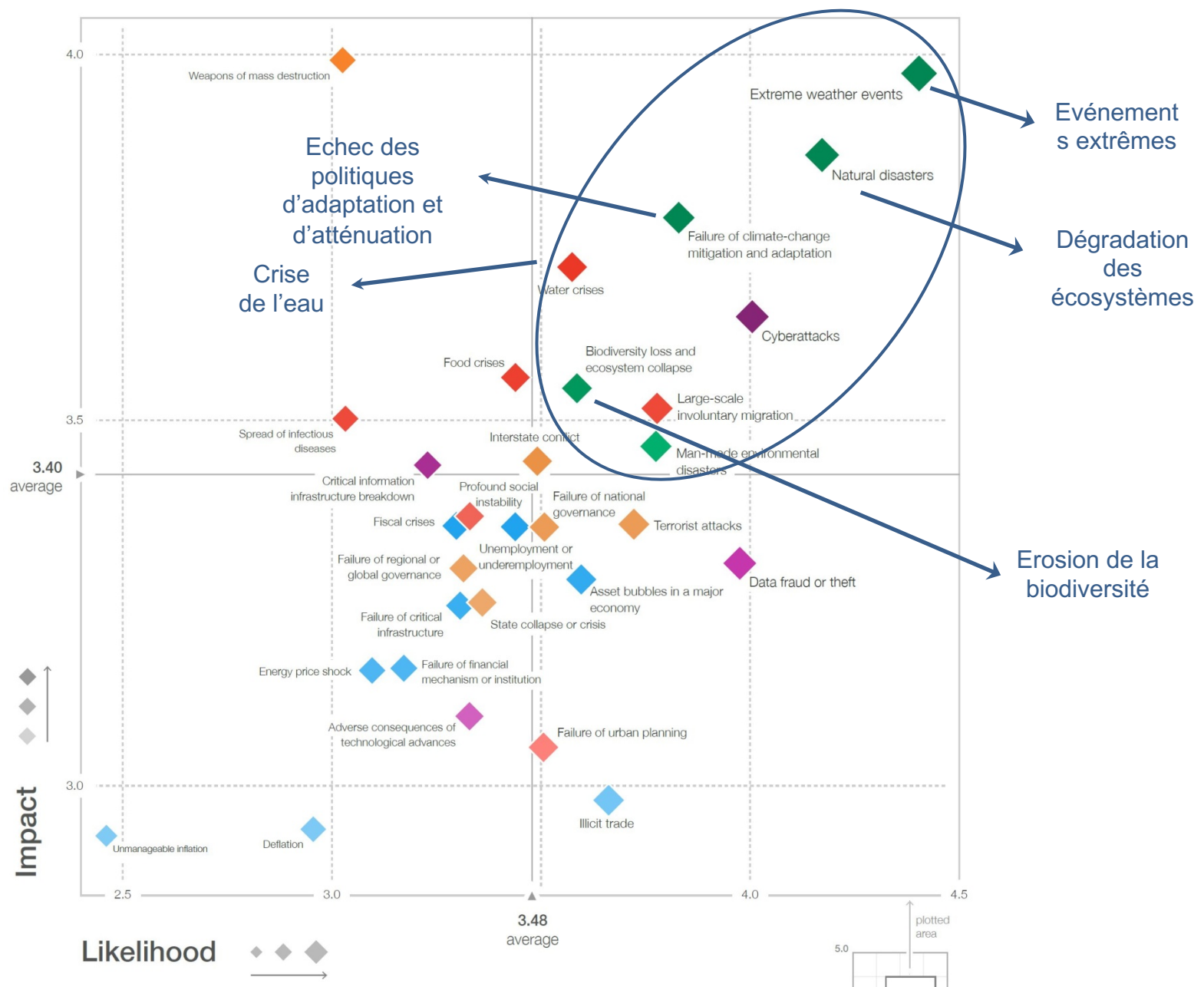
3°C de plus au centre-ville de Paris par rapport à la campagne.

En période de canicule, différences possibles de 10°C entre les cœurs urbains et les espaces ruraux périphériques selon les périodes de la journée. L'îlot de chaleur urbain couve la ville et empêche l'air de se refroidir, notamment la nuit. Le phénomène va s'aggraver avec le changement climatique.

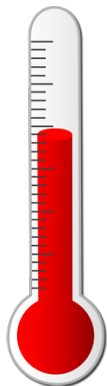
# Quelles effets dans les villes ?



Les causes de l'îlot de chaleur urbain : canyons urbains, albédo des matériaux généralement faible en milieu urbain, apport de chaleur d'origine anthropique (climatisation, électricité, transport, chauffage...), rugosité de la ville qui limite la circulation de l'air, évapotranspiration des végétaux faible, : ces derniers étant par définition moins nombreux en milieu urbain...

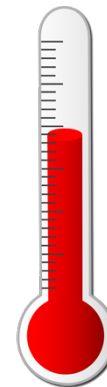


World Economic Forum, Davos (rapport 2018 sur les risques globaux) : les risques en lien avec le changement climatique jugés « majeurs » par le monde économique



Le cri d'alarme de 15 000 scientifiques pour sauver la planète

# “ IL SERA BIENTÔT TROP TARD...” ”



► L'ampleur de l'initiative est inédite : 15 000 scientifiques issus de 184 pays signent une alerte solennelle sur l'état de la planète. « Le Monde » publie l'intégralité de leur appel

► « Pour éviter une mise générale et une perte catastrophique de biodiversité », les scientifiques appellent l'humanité à changer radicalement de mode de vie

► Réchauffement climatique, biodiversité, déforestation... Tous les indicateurs montrent une dégradation continue de l'environnement sous la pression de l'homme

► Après trois années de stagnation, les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> sont reparties à la hausse en 2017, portées notamment par la Chine

PAGES 6-9

Les scientifiques tirent à nouveau la sonnette d'alarme le 13 novembre 2017, revue BioScience + **dernier Rapport spécial du GIEC sur l'impact d'un réchauffement global à +1,5°C**

# Un dispositif régional à votre service...

## **Observatoire régional de l'énergie, du climat et de l'air (ORECA)**

L'ORECA rassemble 12 acteurs majeurs des domaines énergétiques et de la qualité de l'air sur le territoire de Provence-Alpes-Côte d'Azur → évaluation et soutien des politiques publiques à travers l'observation de l'évolution du secteur de l'énergie. **Des membres techniques (Air PACA et Météo-France) en lien direct avec le GREC-PACA, chacun avec son champ de compétences et ses spécificités**

## **Pôle métier Climat & Air du Centre régional d'information géographique (CRIGE-PACA)**

le Pôle métier a pour vocation d'encourager le partage et le transfert des connaissances techniques, le retour d'expériences, la mise en réseau des acteurs techniques, l'innovation, la production de données et d'outils favorisant l'adaptation au changement climatique et l'atténuation des GES. **Une relation étroite avec le GREC-PACA avant même sa création effective**

## **Maison de la météo et du Climat des Orres (MMCO)**

La MMCO est un lieu d'accueil du public et un centre de recherche scientifique et technique montagnard dédié à la météorologie, la climatologie, le changement climatique, la surveillance de l'environnement et de l'état atmosphérique. Son rôle est de développer un atlas du climat des Alpes du Sud, enrichir et diffuser les savoirs, partager les expériences, mutualiser les efforts, favoriser l'éducation à l'environnement... **Un rapprochement qui se traduit par la mobilisation des acteurs alpins et la création d'un GTT**

## **Réseau régional PACA-climat**

Mise en réseau des territoires régionaux engagés dans des démarches climat-énergie-air, partage des expériences, mutualisation des outils de travail, synergies entre les différents plans. **Des liens qui se tissent pour mieux accompagner les acteurs régionaux...**

...

## Conclusion (1/2)

**Des enjeux de l'échelle globale à urbaine** majeurs à prendre en compte dès aujourd'hui.

**Une accentuation de l'inconfort urbain et de la pollution urbaine** en cas d'inaction.

**Une inévitable mise en place de stratégies d'adaptation** au changement climatique et d'atténuation de gaz à effet de serre

**Des pistes pour limiter les effets du changement climatique et leur coût.**

**Des outils et des données disponibles** pour mettre en œuvre des actions innovantes.

**Une nécessité de décroisonner les communautés** en renforçant le dialogue. **Le retour d'expériences est important !**

**La transition verte passe la sensibilisation, la formation et l'accompagnement des acteurs locaux et régionaux, et... l'action !**

Pour faire un état des connaissances scientifiques et encourager l'action à l'échelle nationale, régionale et locale :

**2<sup>ème</sup> colloque national science et société**  
organisé par le GREC-SUD

**Adaptation des territoires aux changements climatiques**  
**17, 18, 19 décembre 2018 à Marseille**

en partenariat avec le Comité National Français sur les Changements Globaux (CNFCG), le conseil scientifique du programme Gestion et Impacts du Changement Climatique (GICC - MTES) et Future Earth



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



**GeographR**

**Email :** philippe.rossello@geographr.fr

[www.geographr.fr](http://www.geographr.fr)

@GeographR

**AIR, Association pour l'Innovation et la Recherche au service du climat**

**Email :** Aurore Aubail : aurore.aubail@air-climat.org

[www.grec-sud.fr](http://www.grec-sud.fr)

@grec\_sud

[www.facebook.com/airclimat](http://www.facebook.com/airclimat)

