

Les rencontres du Haut conseil local pour le climat et la biodiversité

le 20 mai 2026, à Nice

Le Projet européen ALP'AERA : www.alpaera.eu

Quelles perspectives AIR-CLIMAT pour nos territoires alpins ?

Pierre-Charles MARIA, professeur de chimie émérite à l'Université Côte d'Azur, président d'AtmoSud, Observatoire de la qualité de l'air en Provence Alpes Côte d'Azur, membre du HCLCB



Objectif principal : l'analyse des impacts futurs du changement climatique sur la qualité de l'air dans les vallées alpines. Des indicateurs concrets et quantifiés sur le passé, le présent et l'avenir sont explorés. En tenant compte du changement climatique :

- Quel sera le climat en 2050 et 2070 sur la zone ALCOTRA ?
- Quelle sera la qualité de l'air que nous respirerons en 2050 et en 2070 ?

Le Projet européen ALP'AERA : www.alpaera.eu

Fin : octobre 2026

1 site web

1 réseau social



2/3 newsletters

5/9 rapports

2/3 vidéos

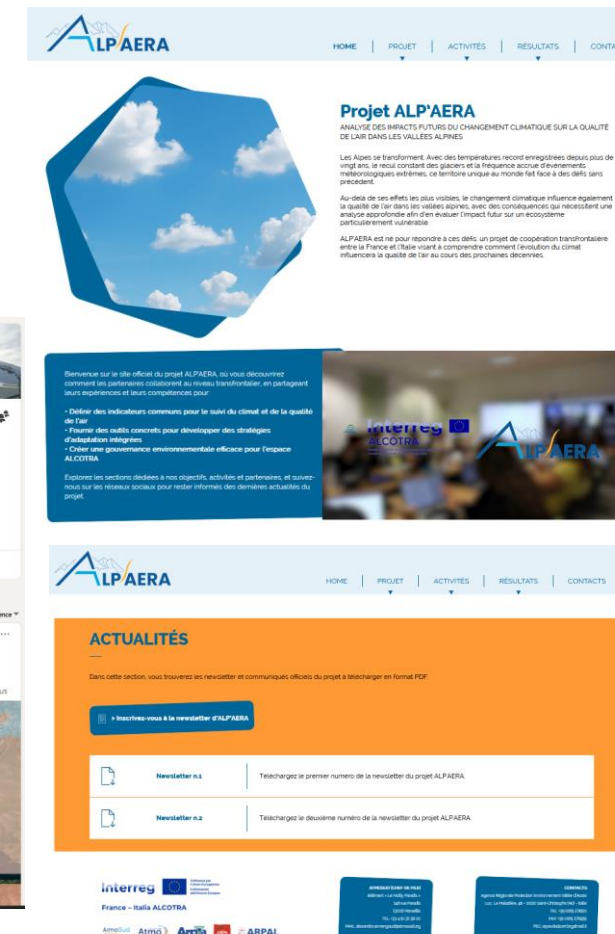
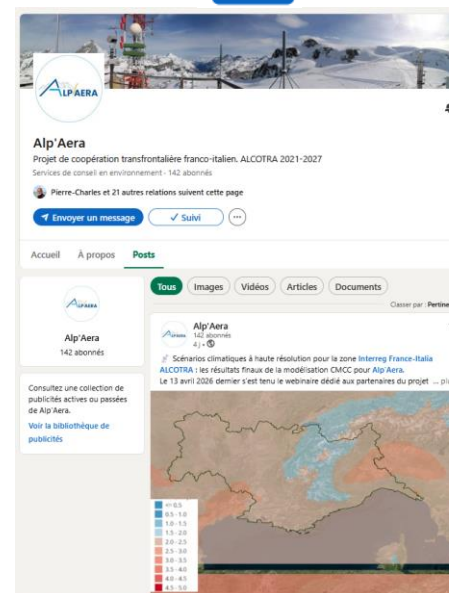
5 partenaires Fr/It

5/6 comités pilotage

3/4 comités EXPERTS
Fr/It

Plateforme
INDICATEURS

<https://alpaera-data.atmosud.org/>



urlr.me/ZXCNbg

Du niveau mondial au niveau local : processus de réduction d'échelle dynamique du CMIP6



EUROPEO:

Model version	COSMO-CLM v6.00clm1
Boundary forcing	GCM(CMIP6) CMCC-CM2-SR5
Horizontal resolution	0.11° (= 12 km)
Time step	90 s
N° grid points	450 x 438 x 40
N° vertical levels	40
Output frequency	1 h
Lateral Boundary Condition (LBC) update frequency	6 h
Transient Aerosols	Monthly variation from MRI-ESM2-0



Interfaccia meteo
Interface météo



modulo emissioni
modèle d'émission

WP4.1

ALCOTRA:

Model version	COSMO-CLM v6.00clm1
Boundary forcing	EUROPEO ≈ 12 km
Horizontal resolution	0.027° (≈ 3 km)
Time step	20 s
N° grid points	450 x 350 x 50
N° vertical levels	50
Output frequency	1 h
Lateral Boundary Condition (LBC) update frequency	6 h

Interfaccia meteo
Interface météo



Interfaccia BC
Interface BC

MRI-ESM2.0
(CMIP6 data storage)

modulo emissioni
modèle d'émission

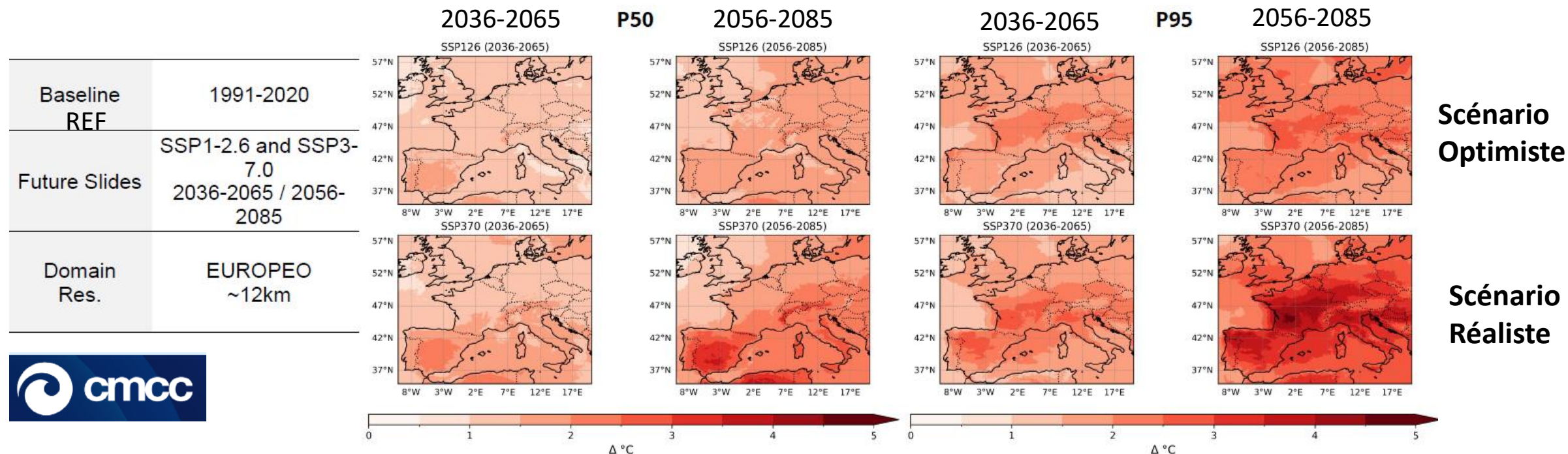


BC/1 way nesting



EUROPEO : projet COPAT2 (COordinated Parameter Testing 2), une initiative de la communauté CLM visant à optimiser la configuration du modèle COSMO-CLM 6.0 pour des applications climatiques régionales sur l'Europe. (Russo et al. 2024 ; Geyer et al., en cours d'évaluation) : **EUROPEO domaine 12 km resolution** – **ALCOTRA : 3 km de resolution**

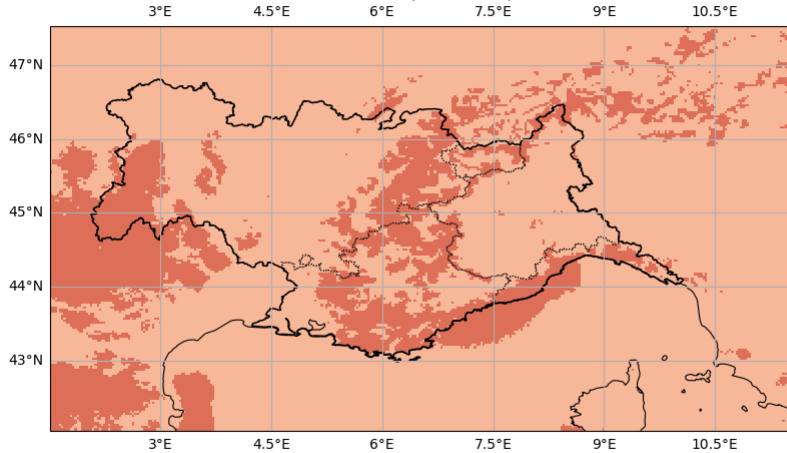
EUROPE : Températures Moyennes 2m : FUTUR – REF (1991-2020)



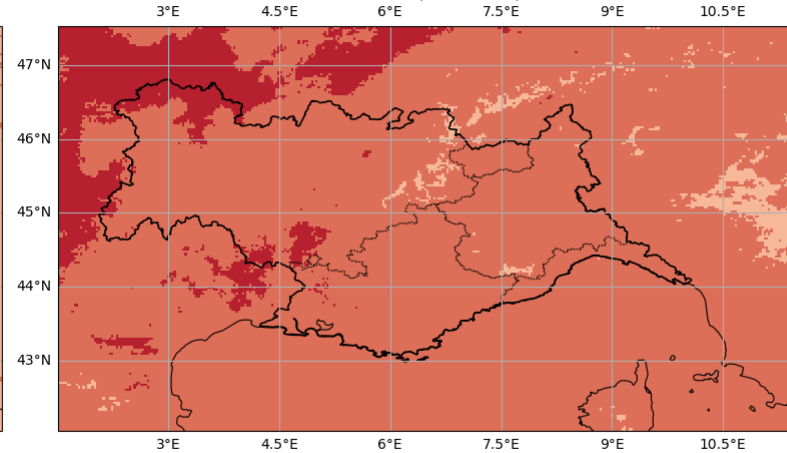
Contrairement aux valeurs extrêmes quotidiennes, les anomalies de température moyennes révèlent un **réchauffement généralisé et systématique à travers l'Europe**. Le passage du 50e au 95e centile montre que même les journées aux températures modérées deviennent plus chaudes. **D'ici 2100, selon le scénario SSP3-7.0 (réaliste), l'Europe du Sud et de l'Ouest sera confrontée au réchauffement le plus intense**

ALCOTRA : Températures Moyennes 2m. : 2050 – REF (1991-2020)

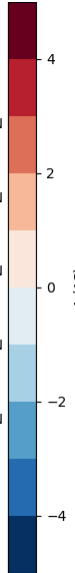
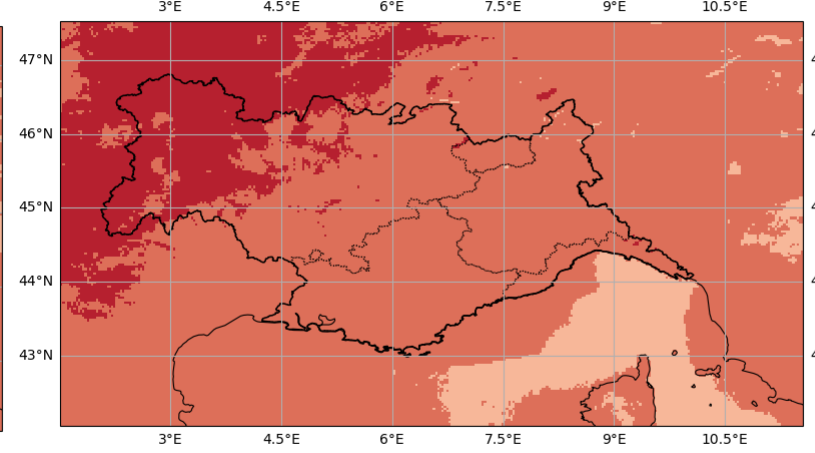
50th percentile anomaly of the daily mean temperature at 2m
SSP3-7.0 (2045-2054)



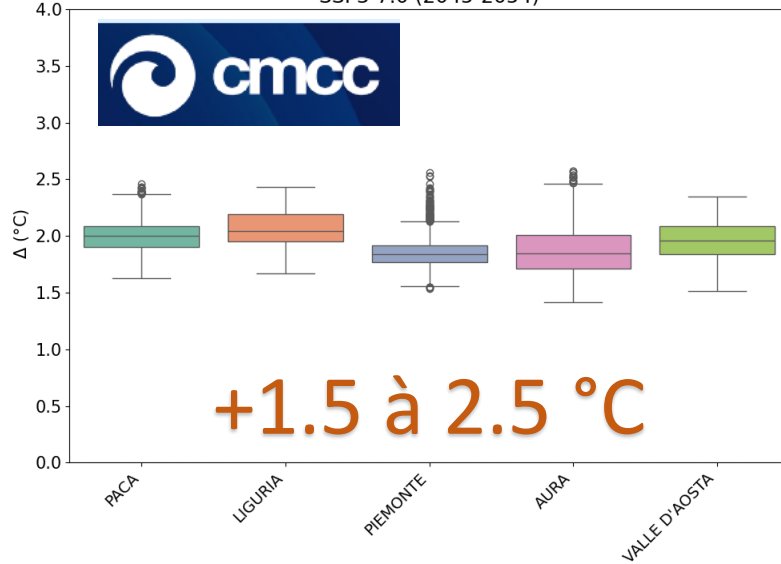
90th percentile anomaly of the daily mean temperature at 2m
SSP3-7.0 (2045-2054)



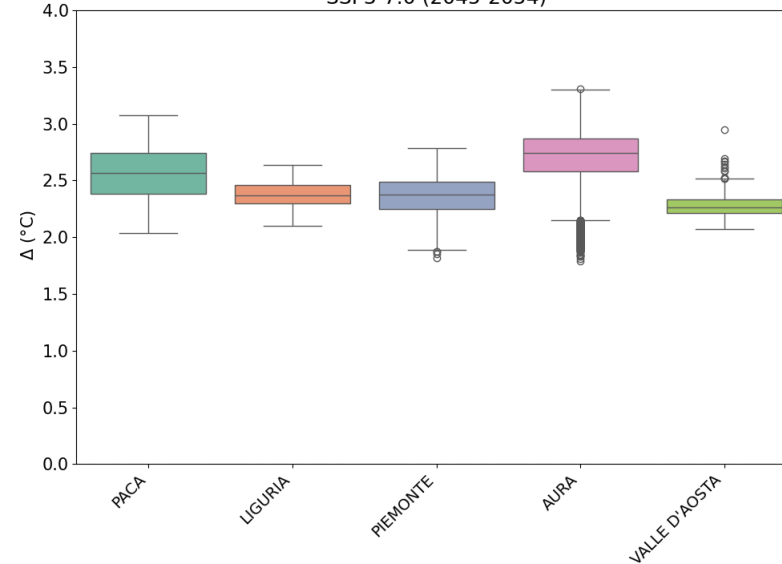
95th percentile anomaly of the daily mean temperature at 2m
SSP3-7.0 (2045-2054)



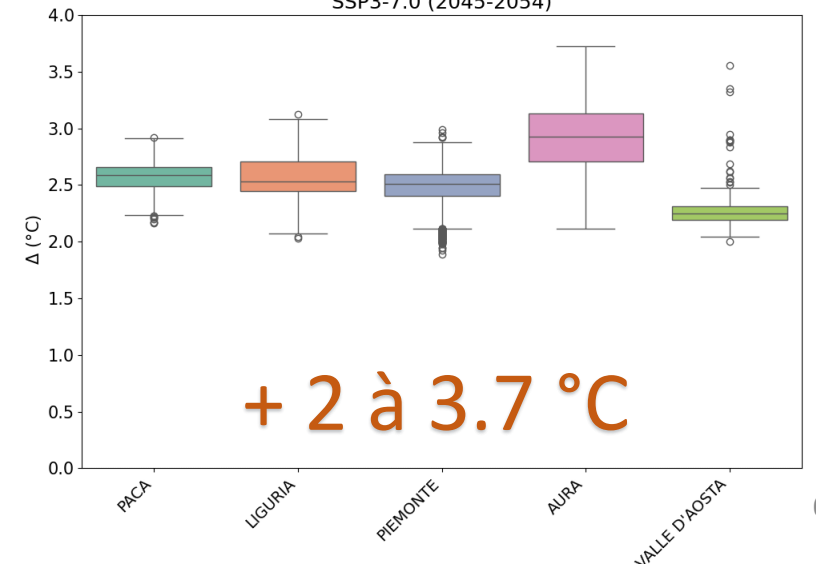
50th percentile anomaly of the daily mean temperature at 2m
SSP3-7.0 (2045-2054)



90th percentile anomaly of the daily mean temperature at 2m
SSP3-7.0 (2045-2054)

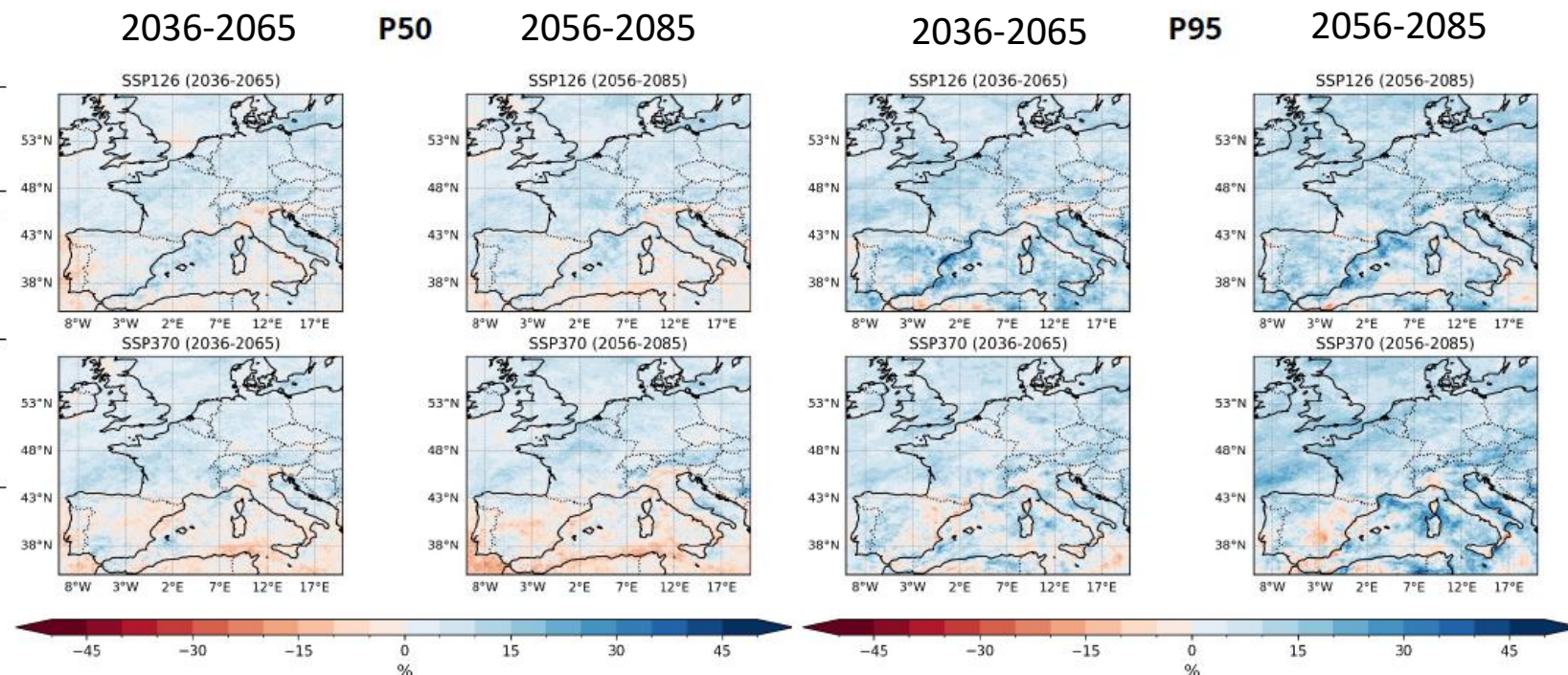


95th percentile anomaly of the daily mean temperature at 2m
SSP3-7.0 (2045-2054)



EUROPE : Précipitations (P50, P95) : FUTUR – REF (1991-2020)

Baseline REF	1991-2020
Future Slides	SSP1-2.6 and SSP3-7.0 2036-2065 / 2056-2085
Domain Res.	EUROPEO ~12km



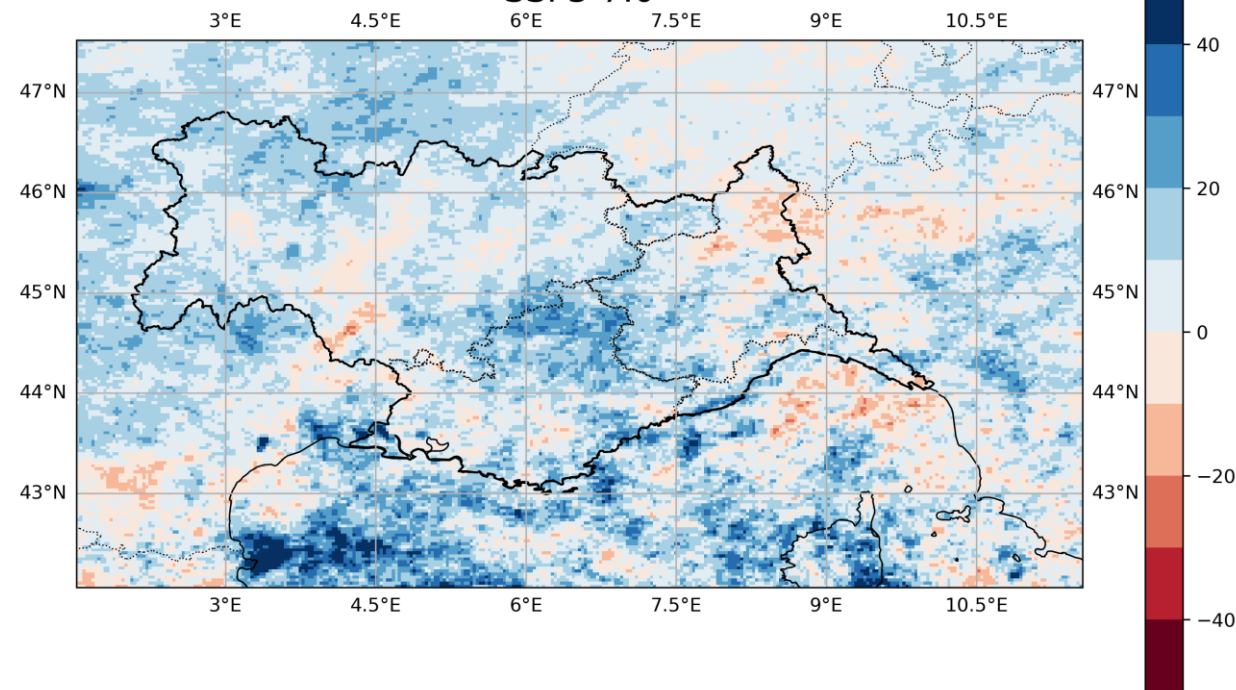
Scénario
Optimiste

Scénario
Réaliste

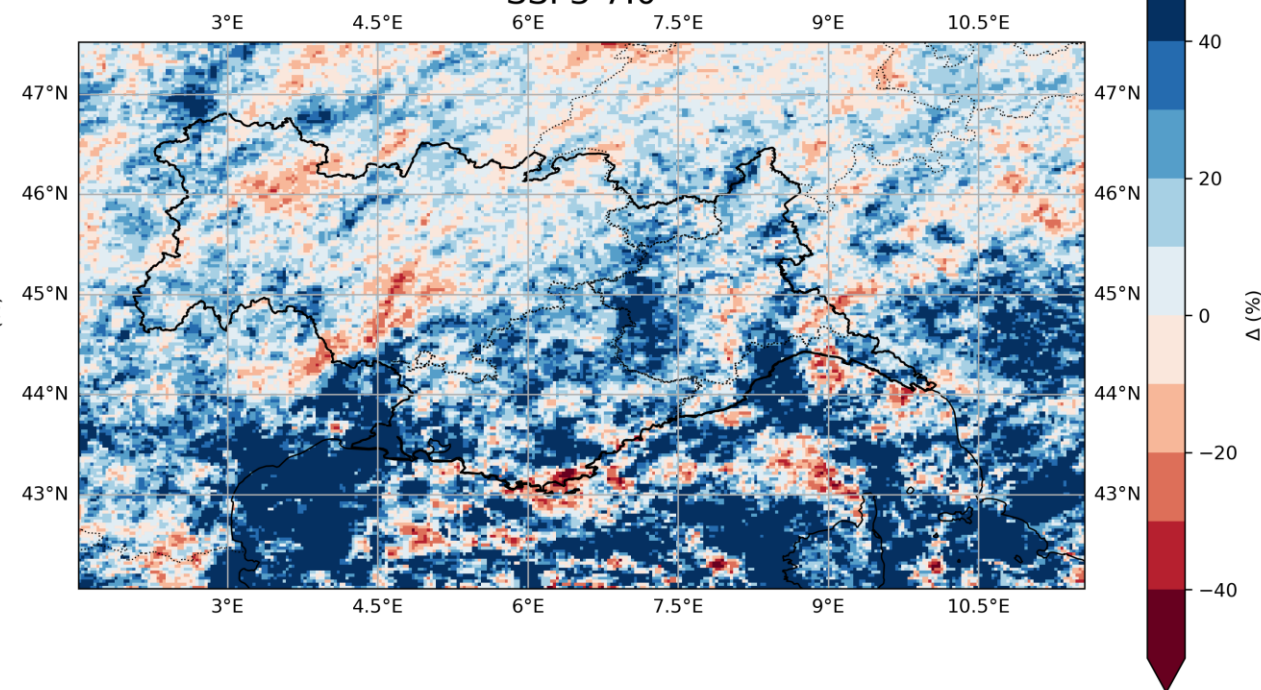
Les précipitations médianes (R50p) restent stables à l'échelle européenne, avec de légères baisses dans le sud et de légères hausses dans le nord. En revanche, **les phénomènes extrêmes (R95p, R99p) s'intensifient fortement**. Dans le scénario SSP3-7.0, ceux-ci présentent des anomalies localisées dépassant 30 à 50 %, en particulier dans le bassin méditerranéen.

ALCOTRA : Précipitations (P50, P99) : 2050 – REF (1991-2020)

50th percentile anomaly of the daily precipitation
SSP3-7.0

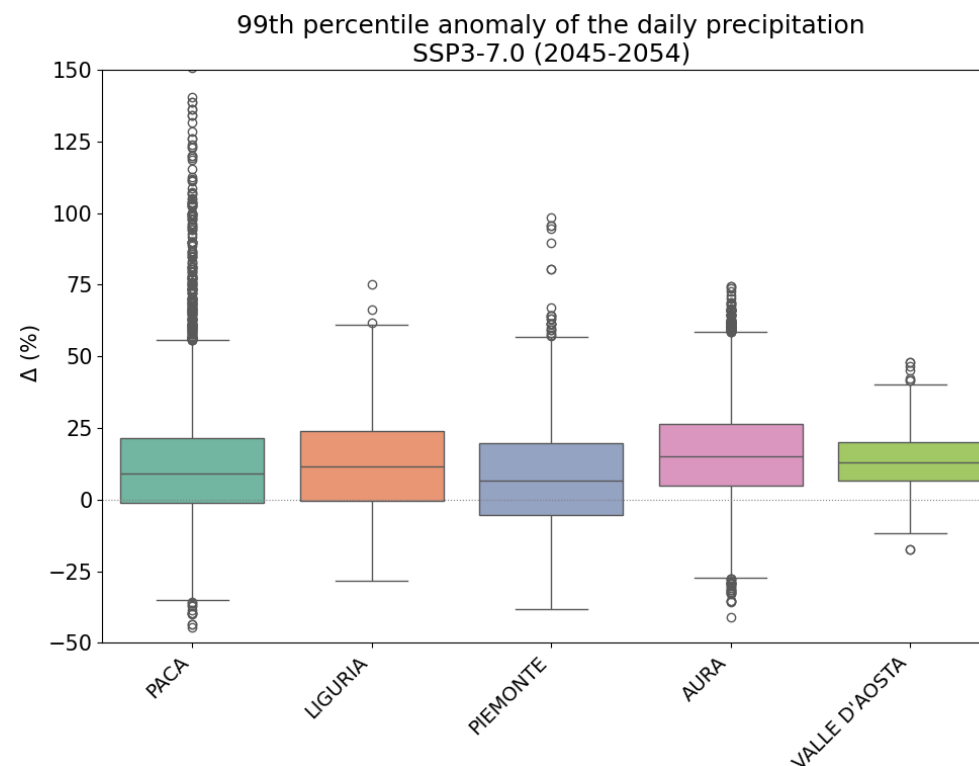
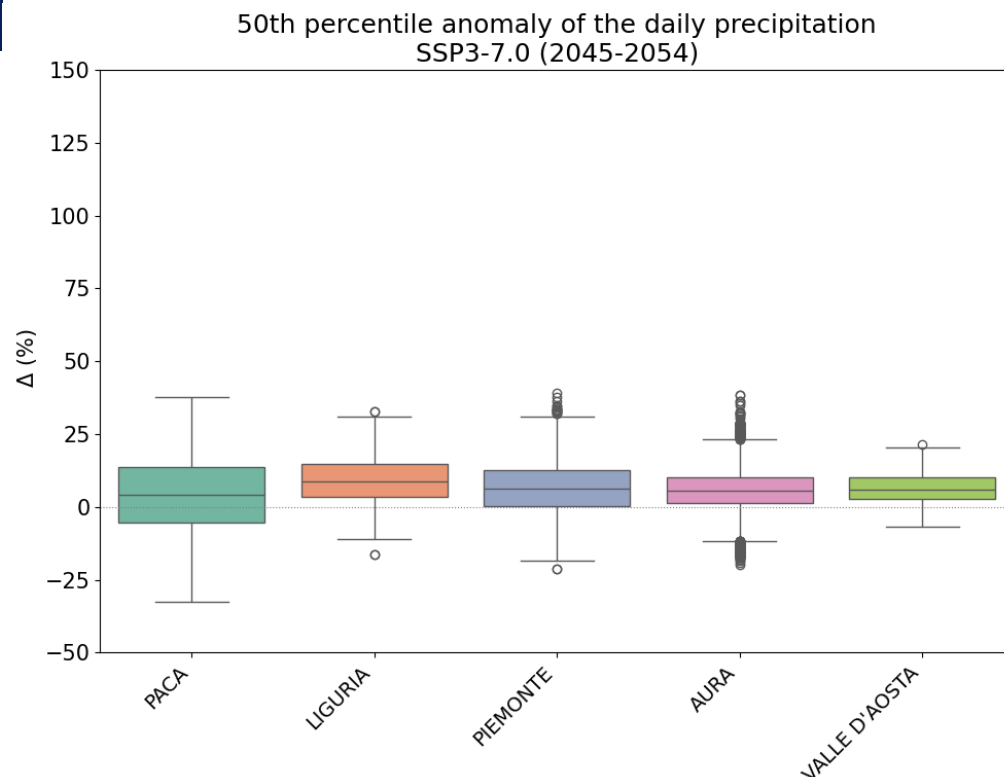


99th percentile anomaly of the daily precipitation
SSP3-7.0



Les précipitations médianes (R50p) restent stables à l'échelle européenne, avec de légères baisses dans le sud et de légères hausses dans le nord. En revanche, **les phénomènes extrêmes (R95p et R99p) s'intensifient fortement**. Dans le scénario SSP3-7.0 (réaliste), ceux-ci présentent des anomalies localisées dépassant 30 à 50 %, en particulier dans le bassin méditerranéen.

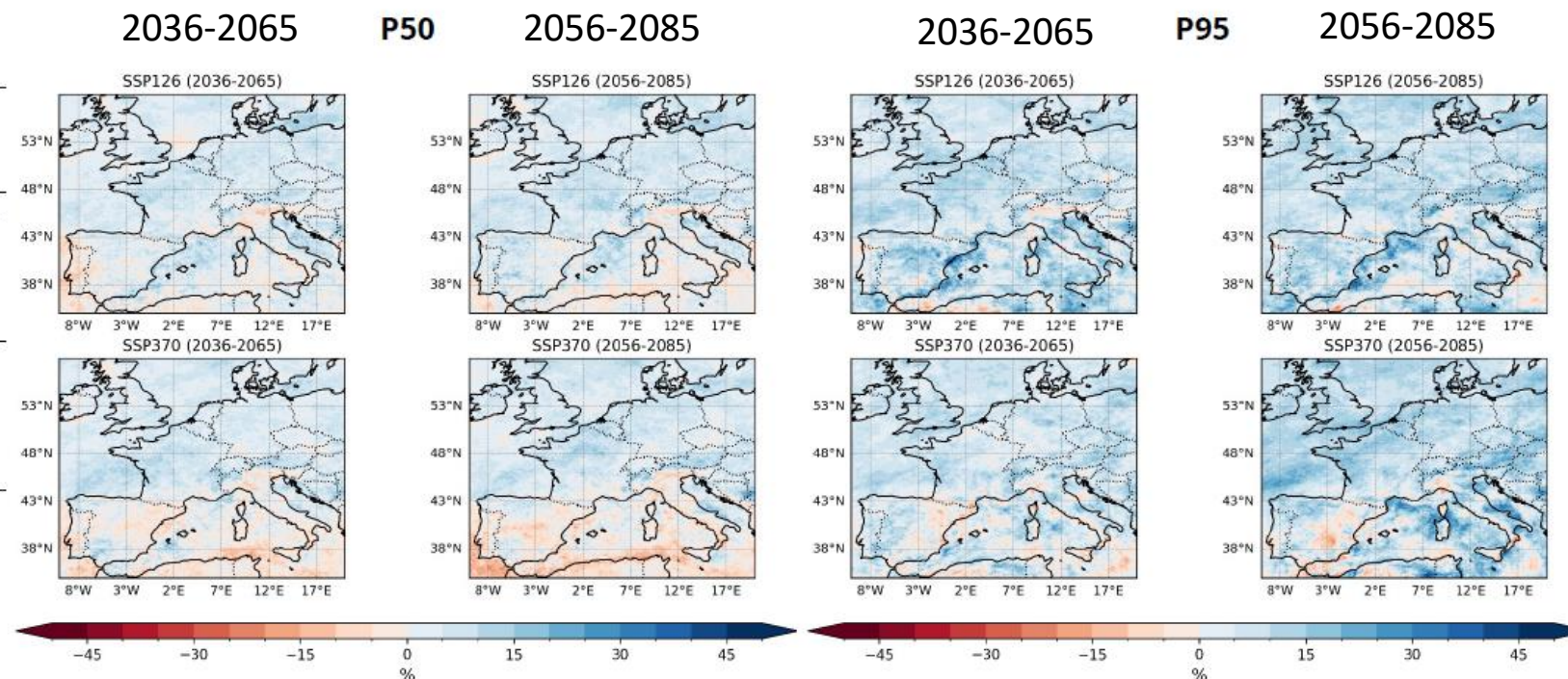
ALCOTRA : Précipitations (P50, P99) : 2050 – REF (1991-2020)



Les précipitations médianes (R50p) restent stables à l'échelle européenne, avec de légères baisses dans le sud et de légères hausses dans le nord. En revanche, **les phénomènes extrêmes (R95p et R99p) s'intensifient fortement**. Dans le scénario SSP3-7.0 (réaliste), ceux-ci présentent des anomalies localisées dépassant 30 à 50 %, en particulier dans le bassin méditerranéen.

EUROPE : Vitesses du vent – rafales : FUTUR – REF (1991-2020)

Baseline REF	1991-2020
Future Slides	SSP1-2.6 and SSP3-7.0 2036-2065 / 2056-2085
Domain Res.	EUROPEO ~12km

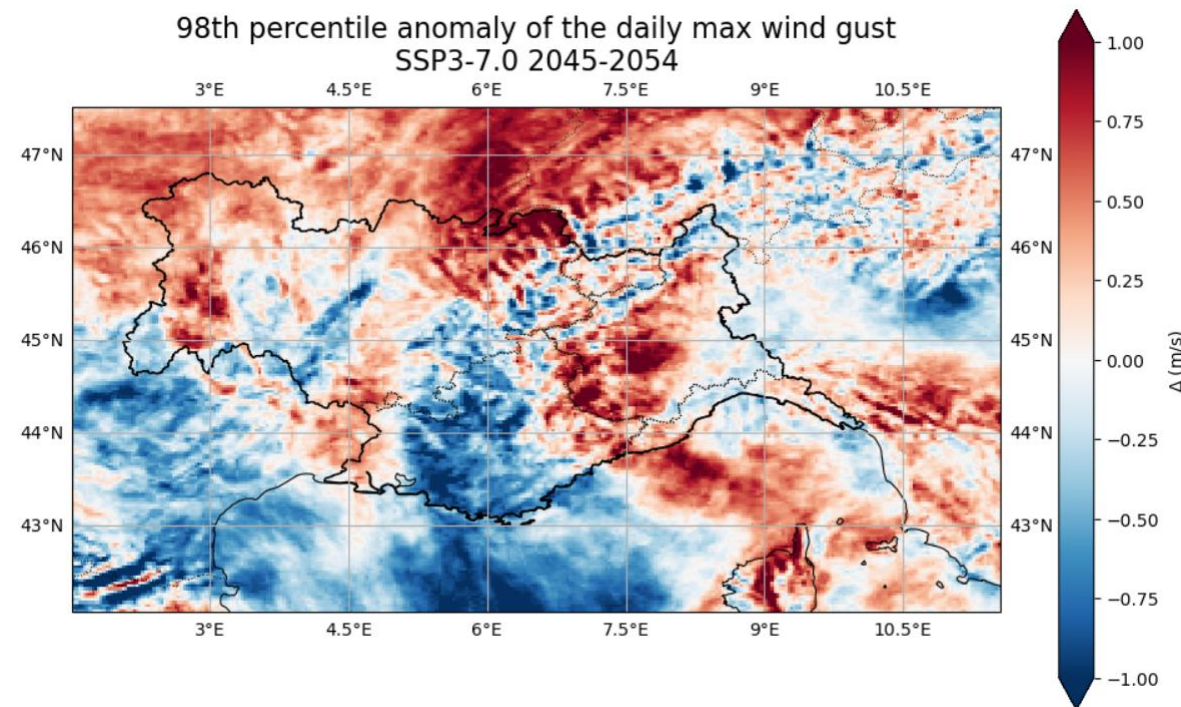
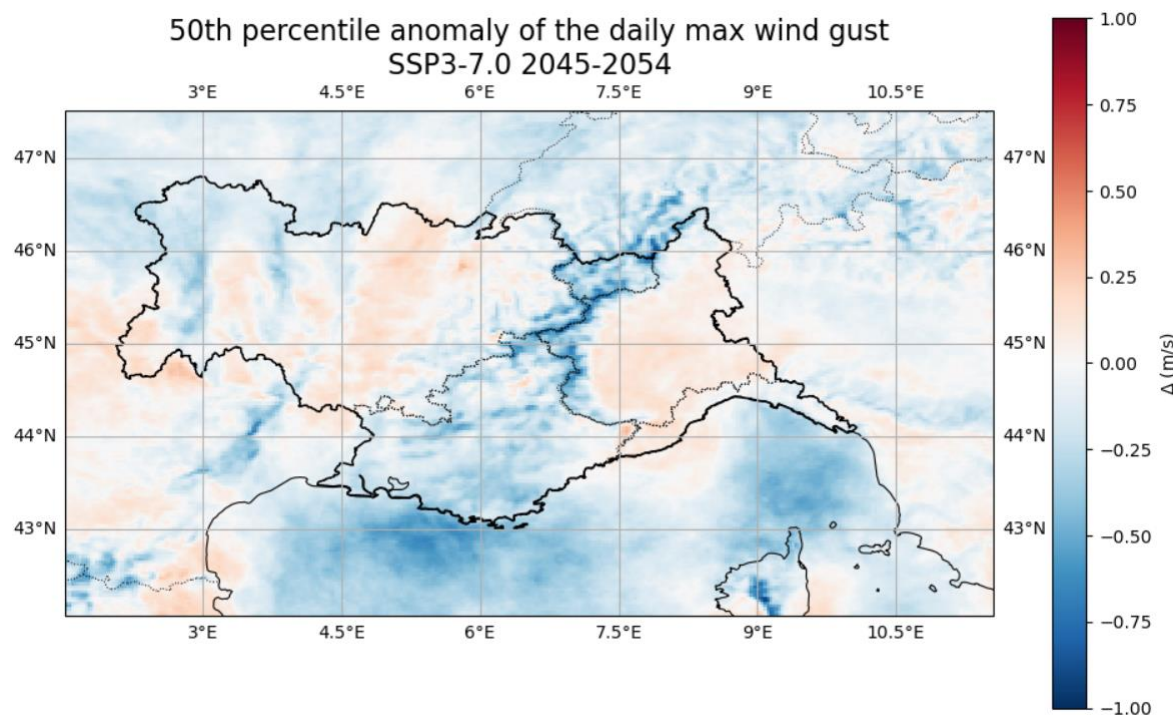


Scénario
Optimiste

Scénario
Réaliste

- 50e centile : montre des changements limités.
- 95e centile : augmentations plus marquées.
- L'augmentation au 95e centile est particulièrement marquée dans le scénario SSP3-7.0 à très long terme.
- Les rafales extrêmes (95P) devraient s'intensifier. Ce renforcement est particulièrement évident dans le scénario SSP3-7.0 à très long terme, confirmant une **tendance générale à l'intensification des vents lors d'événements extrêmes, même si les conditions moyennes restent relativement stables.**

ALCOTRA : Vitesses du vent – rafales : 2050 – REF (1991-2020)



- 50e centile : montre des changements limités. - 98e centile : augmentations plus marquées.
- L'augmentation au 98e centile est particulièrement marquée dans le scénario SSP3-7.0 à très long terme.
- Les rafales extrêmes (98P) devraient s'intensifier. Ce renforcement est particulièrement évident dans le scénario SSP3-7.0 à très long terme, confirmant une **tendance générale à l'intensification des vents lors d'événements extrêmes, même si les conditions moyennes restent relativement stables.**

Indicateurs climatique : les grandes tendances confirmées



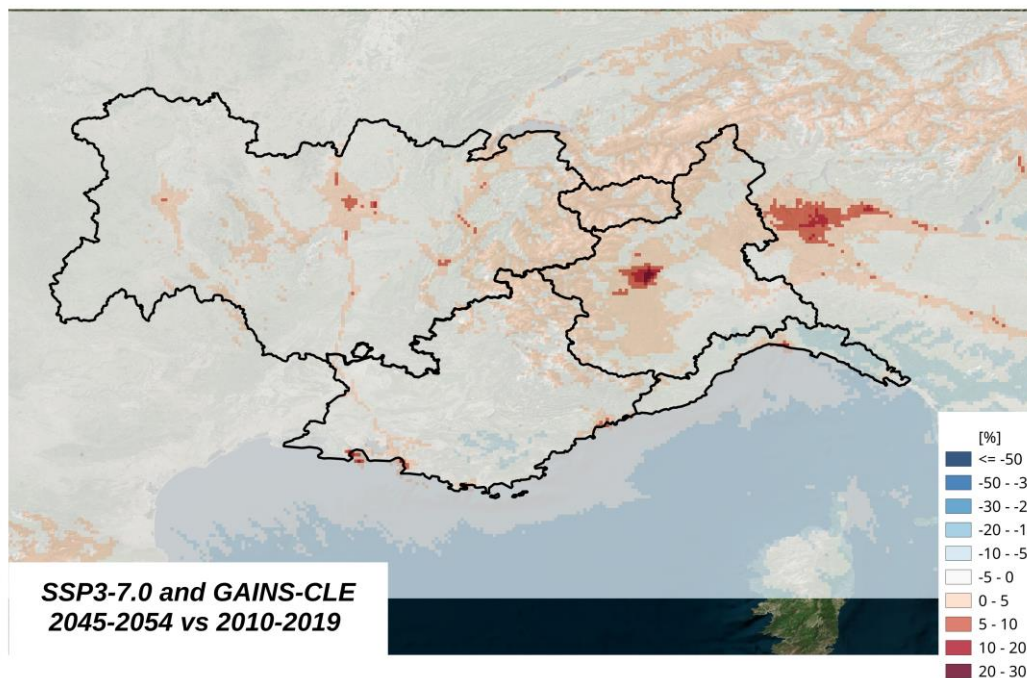
Indicateurs climatiques : selon le scénario SSP3-7.0 (réaliste), d'ici 2100, les projections pour l'Europe font état d'une évolution systématique des phénomènes climatiques extrêmes, et pas seulement des moyennes. Bien que les conditions médianes pour la **température (réchauffement)**, les **précipitations (stables)** et le **vent (inchangé)** affichent des variations modérées, **les extrêmes s'intensifieront fortement pour toutes les variables : les journées les plus chaudes deviendront plus intenses, les épisodes pluvieux rares seront plus intenses de 30 à 50% au-dessus de la Méditerranée**, et **les rafales de vent maximales se renforceront considérablement d'ici la fin du XXI^e siècle.**(3 km)

2.COSMO-CLM apporte une valeur ajoutée significative sur l'ensemble du domaine, surpassant systématiquement CCLM12 en matière de précipitations (toutes saisons confondues), tandis que les améliorations concernant le vent varient. Cependant, **la réduction d'échelle à l'échelle du kilomètre reste essentielle pour saisir les événements à fort impact sur des terrains complexes.**

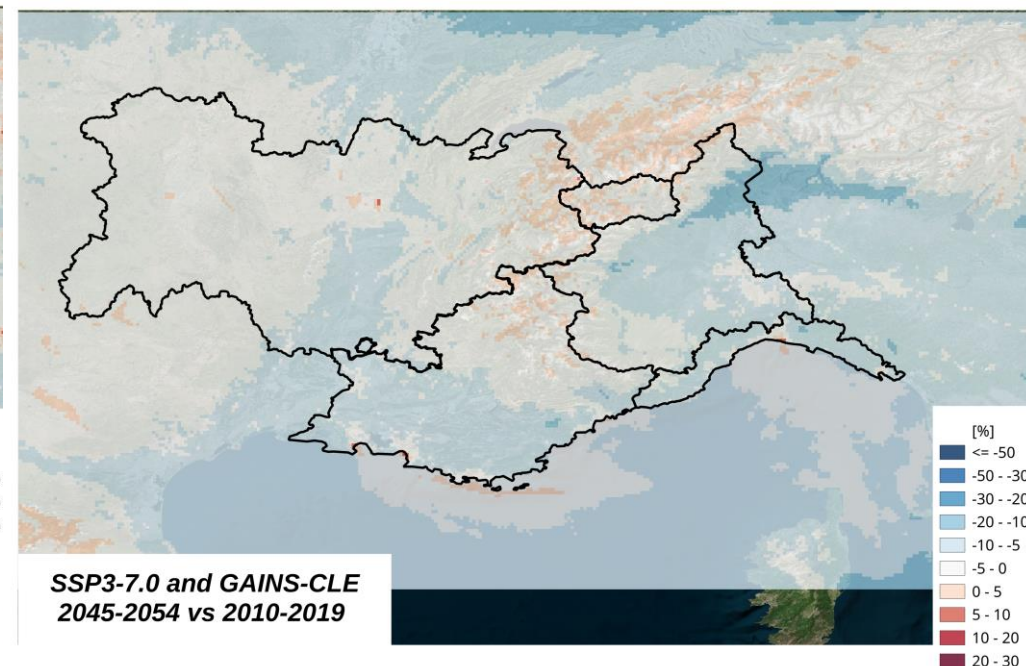
3.**COSMO-CLM est essentiel pour générer les informations climatiques nécessaires à la modélisation de la qualité de l'air.** En tant que moteur météorologique des modèles de qualité de l'air, il peut améliorer la précision des processus de ventilation et de dispersion des panaches, ce qui permet d'affiner les évaluations de l'exposition à la pollution et les projections de la qualité de l'air en milieu urbain. Ces résultats soulignent l'importance des modèles climatiques régionaux tenant compte de la convection pour la recherche intégrée sur le climat et la qualité de l'air.

ALCOTRA : Max journalier O₃ sur 8h : 2050 – REF (1991-2020)

50th percentile anomaly of the O₃ 8-hour running average daily maximum



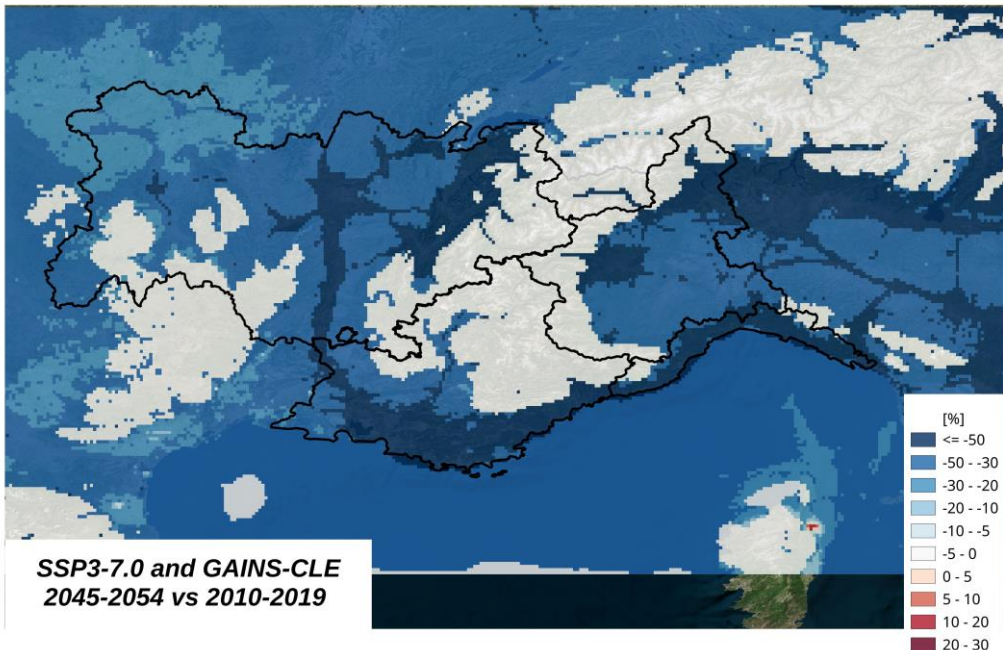
90th percentile anomaly of the O₃ 8-hour running average daily maximum



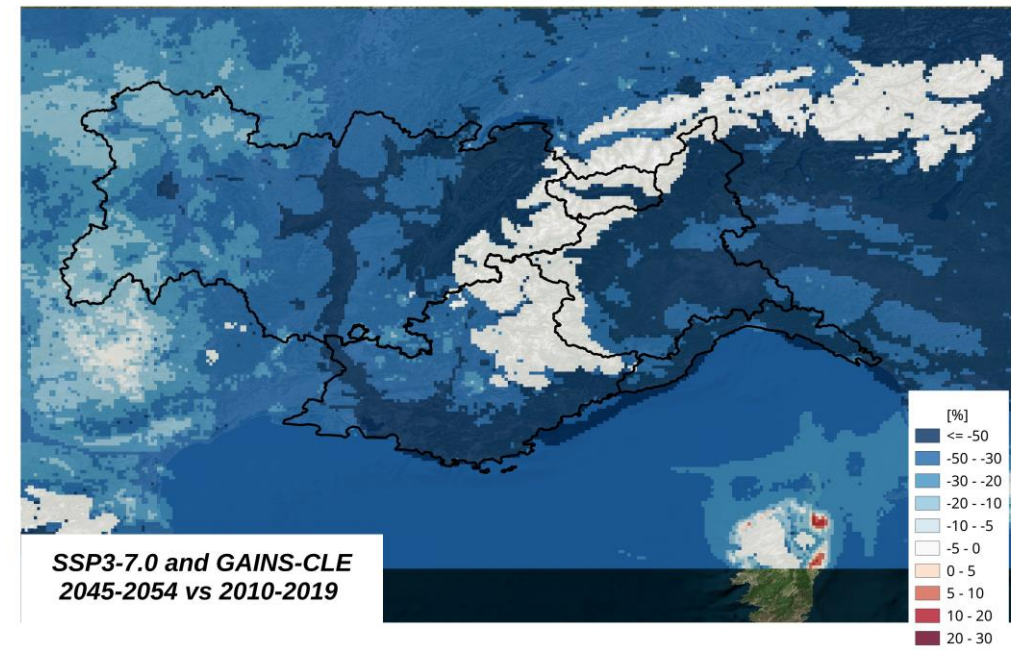
- 50e centile : montre une augmentation des maxima journaliers d'ozone (O₃) sur 8h (Métropoles et Arc alpin).
- 90e centile : augmentation plus modérée sur l'arc alpin pour les valeurs les plus élevées. Stagnation (légère diminution) dans les métropoles.
- **Tendance générale à l'augmentation des niveaux moyens d'ozone à l'horizon 2045-2054 sur la zone ALCOTRA**

ALCOTRA : Max journalier NO₂ : 2050 – REF (1991-2020)

50th percentile anomaly of the NO₂ daily mean



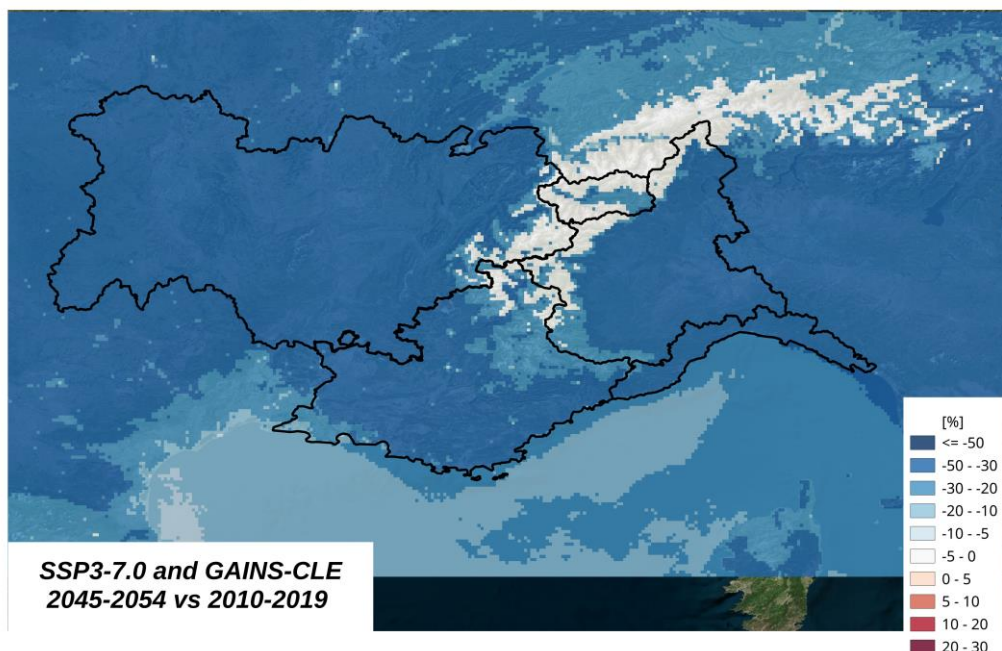
90th percentile anomaly of the NO₂ daily mean



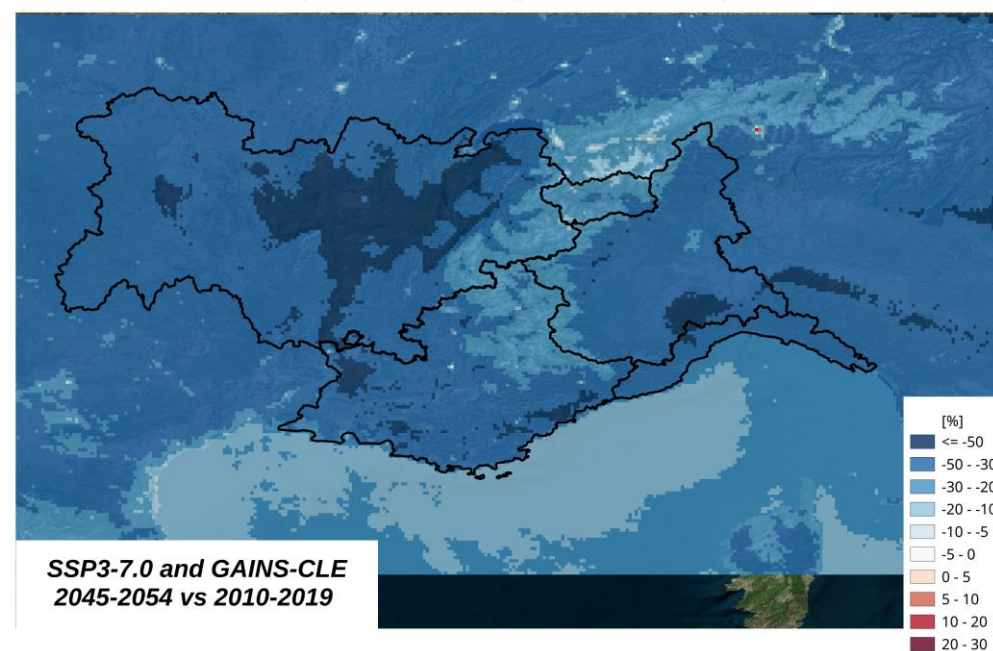
- 50e centile : montre une nette diminution des concentrations de dioxyde d'azote NO₂ (Métropoles, axes routiers) (-30 à -50%) en lien avec l'amélioration du parc automobile. Stagnation sur les niveaux de fond sur l'arc alpin.
- 90e centile : nette diminution des valeurs élevées du maximum journalier de NO₂ en zones urbanisées (-30 à -50%)
- **Tendance générale à une nette diminution des niveaux de NO₂ en zones urbanisées à l'horizon 2045-2054 sur la zone ALCOTRA**

ALCOTRA : Moyennes journalières PM10: 2050 – REF (1991-2020)

50th percentile anomaly of the PM10 daily mean



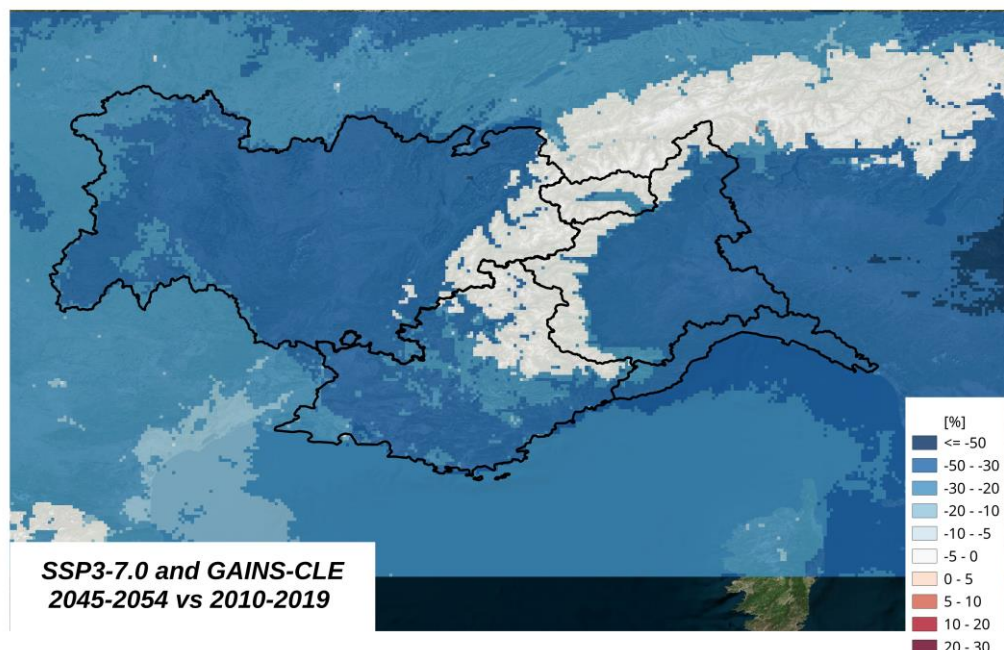
90th percentile anomaly of the PM10 daily mean



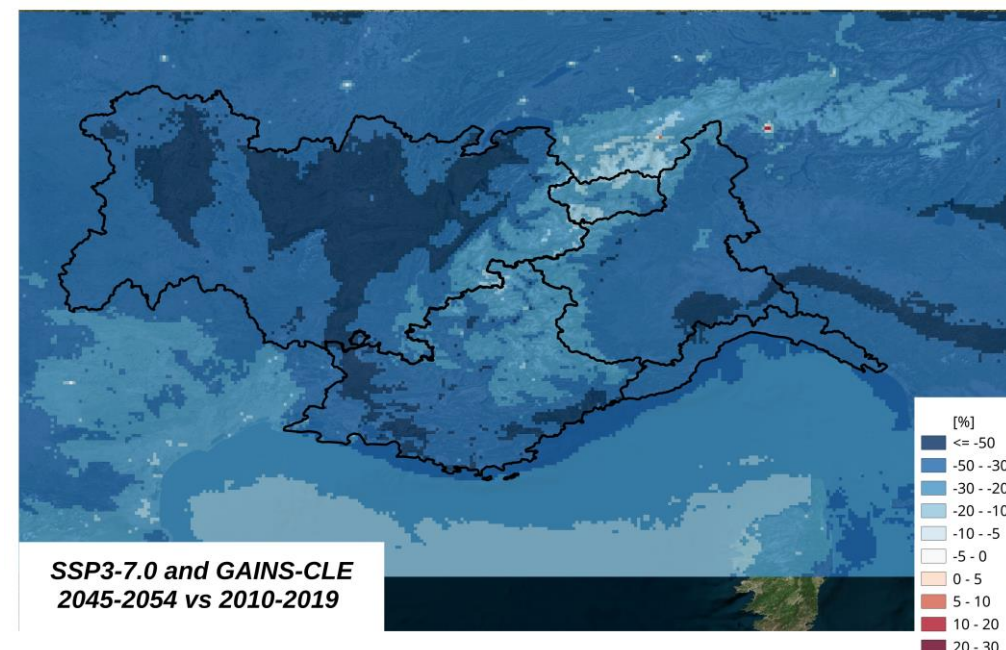
- 50e centile : nette diminution globale des concentrations moyennes journalières de PM10 en zones rurales et urbanisées (-20 à -30%) . Diminution plus faible voire stagnation sur l'arc alpin (-5 à -10%).
- 90e centile : nette diminution des valeurs élevées des moyennes journalières PM10 en zones urbanisées (jusqu'à -30 à -50%)
- **Tendance générale à une nette diminution des niveaux de PM10 en zone urbanisées à l'horizon 2045-2054 sur la zone ALCOTRA**

ALCOTRA : Moyennes journalières PM2.5 : 2050 – REF (1991-2020)

50th percentile anomaly of the PM2.5 daily mean



90th percentile anomaly of the PM2.5 daily mean



- 50e centile : nette diminution globale des concentrations moyennes journalières de PM2.5 en zones rurales et urbanisées (-20 à -30%) . Diminution plus faible voire stagnation sur l'arc alpin (-5 à -10%).
- 90e centile : nette diminution des valeurs élevées des moyennes journalières PM2.5 en zones urbanisées (jusqu'à -30 à -50%)
- **Tendance générale à une nette diminution des niveaux de PM2.5 en zones urbanisées à l'horizon 2045-2054 sur la zone ALCOTRA**

Indicateurs Qualité de l'Air 2050 : tendances encourageantes

1. Tendance générale à une nette **diminution** des niveaux de **NO₂** en zones urbanisées à l'horizon 2045-2054 sur la zone ALCOTRA
2. Tendance générale à une nette **diminution** des niveaux de **PM10** en zones urbanisées à l'horizon 2045-2054 sur la zone ALCOTRA
3. Tendance générale à une nette **diminution** des niveaux de **PM2.5** en zones urbanisées à l'horizon 2045-2054 sur la zone ALCOTRA
4. Tendance générale à **l'augmentation** des niveaux moyens d'**O₃** à l'horizon 2045-2054 sur la zone ALCOTRA



Interreg



Cofinancé par
l'Union Européenne
Cofinanziato
dall'Unione Europea

France – Italia ALCOTRA

MERCI GRAZIE

Présenté par :
Coordonnées :
Presentato da :
Dettagli di contatto :

Pierre-Charles MARIA

& Alexandre Armengaud



Alexandre.armengaud@atmosud.org



Consulter le site web d'ALP 'AERA /
Visita il sito web di ALP 'AERA

www.alp'aera.eu



Valeria Garbera
Stefano Bande

