

AtmoSud
Inspirer un air meilleur

Atmo
votre parten'air
AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Arpa
PIEMONTE
Agenzia Regionale
per la Protezione Ambientale

ARPA
Valle d'Aosta

ARPAL
Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure

Interreg



Cofinancé par
l'Union Européenne
Cofinanziato
dall'Unione Europea

France – Italia ALCOTRA

ALP'AERA

COMITÉ D'EXPERTS N°3

COMITATO DI ESPERTI N°3

01/07/2025

Référence du
livrable/Referenza del
prodotto :
ALP'AERA – Ref. CTE
159716

SOMMAIRE/SOMMARIO

Tour de table / Giro di interventi

1. Présentation du projet ALP'AERA et objectifs du comité d'experts/ **Presentazione del progetto ALP'AERA e degli obiettivi del comitato di esperti**
2. Thématique n°1 : Scénarios météorologiques en Europe en 2050 et 2070 (présentation du CMCC) **Tema 1: Scenari meteorologici per l'Europa nel 2050 e 2070 (presentazione del CMCC) (14.15-15.30)**
- Pause de 15 minutes / **15 minuti di pausa**
3. Thématique n°2 : Constat et tendance sur le territoire ALCOTRA : Quelles est l'évolution des particules fines sur nos territoires? **Tema 2: Situazione e tendenze nella regione ALCOTRA: come si stanno evolvendo le polveri fini nelle nostre regioni? (15.45-16.45)**
4. Restitution courte des échanges & Conclusion/ **Breve riassunto delle discussioni e conclusioni**

COMPOSITION DU COMITÉ N°3 / COMPOSIZIONE DEL COMITATO N°3

Alain Clappier : Professeur à l'Université de Strasbourg et animateur du comité d'experts ALP'AERA/Professore all'Università di Strasburgo e moderatore del comitato di esperti ALP'AERA

Gilles Bogaert : Physicien à l'Université de la Côte d'Azur (CNRS)/Fisico presso l'Università della Costa Azzurra (CNRS)

Sandro Finardi : Modélisateur de l'atmosphère à ARIANET/ Modellizzatore dell'atmosfera presso ARIANET

Palmira-Valentina Messina : Ingénieur de recherche et chef de projet à l'INERIS/Ingegnere di ricerca e project manager presso INERIS

Patrizia Costi : Experte technique en qualité de l'air de la région Ligurie - secteur écologie/Tecnico esperto per la qualità dell'aria presso la Regione Liguria – settore ecologia

Silvia Trini Castelli : Chercheur principal à l'Institut des sciences de l'atmosphère et du climat du Conseil national de la recherche et professeur adjoint au département de physique de l'université de Turin./Ricercatore senior presso l'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del Consiglio Nazionale delle Ricerche e Professore a contratto presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Torino

Mihaela Mircea : Scientifique à l'ENEA (Agence nationale italienne pour les nouvelles technologies, l'énergie et le développement économique durable)/Scientifico presso l'ENEA (Agenzia nazionale italiana per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile)

Giacomo Gerosa : Professeur de physique de l'atmosphère à l'Université de Brescia/Professore di fisica dell'atmosfera all'Università di Brescia

Cristina Colombi : Cadre physicien à ARPA Lombardie/Dirigente fisico a ARPA Lombardia

Umberto Dal Santo : Responsable de la métrologie à ARPA Lombardie/ Responsabile della metrologia presso ARPA Lombardia

PRÉSENTATION DU PROJET / PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

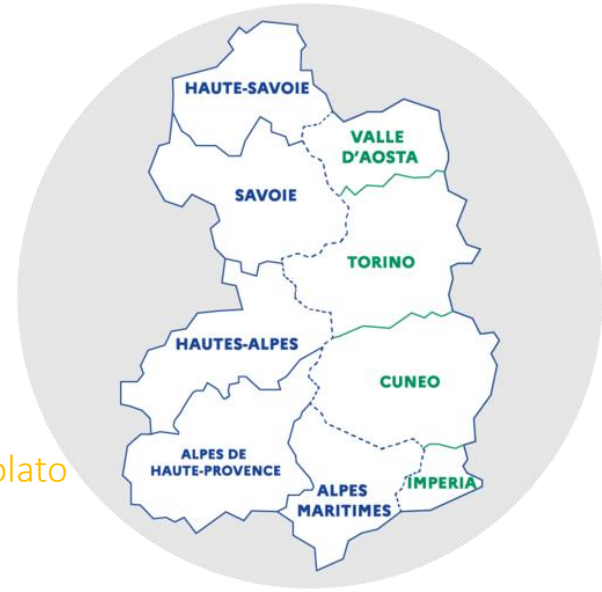
ALP'AERA : Aide à la gouvernance de l'air et du climat en zones alpines ALCOTRA / Sostegno alla governance dell'aria e del clima nelle aree alpine ALCOTRA

CONTEXTE/CONTESTO

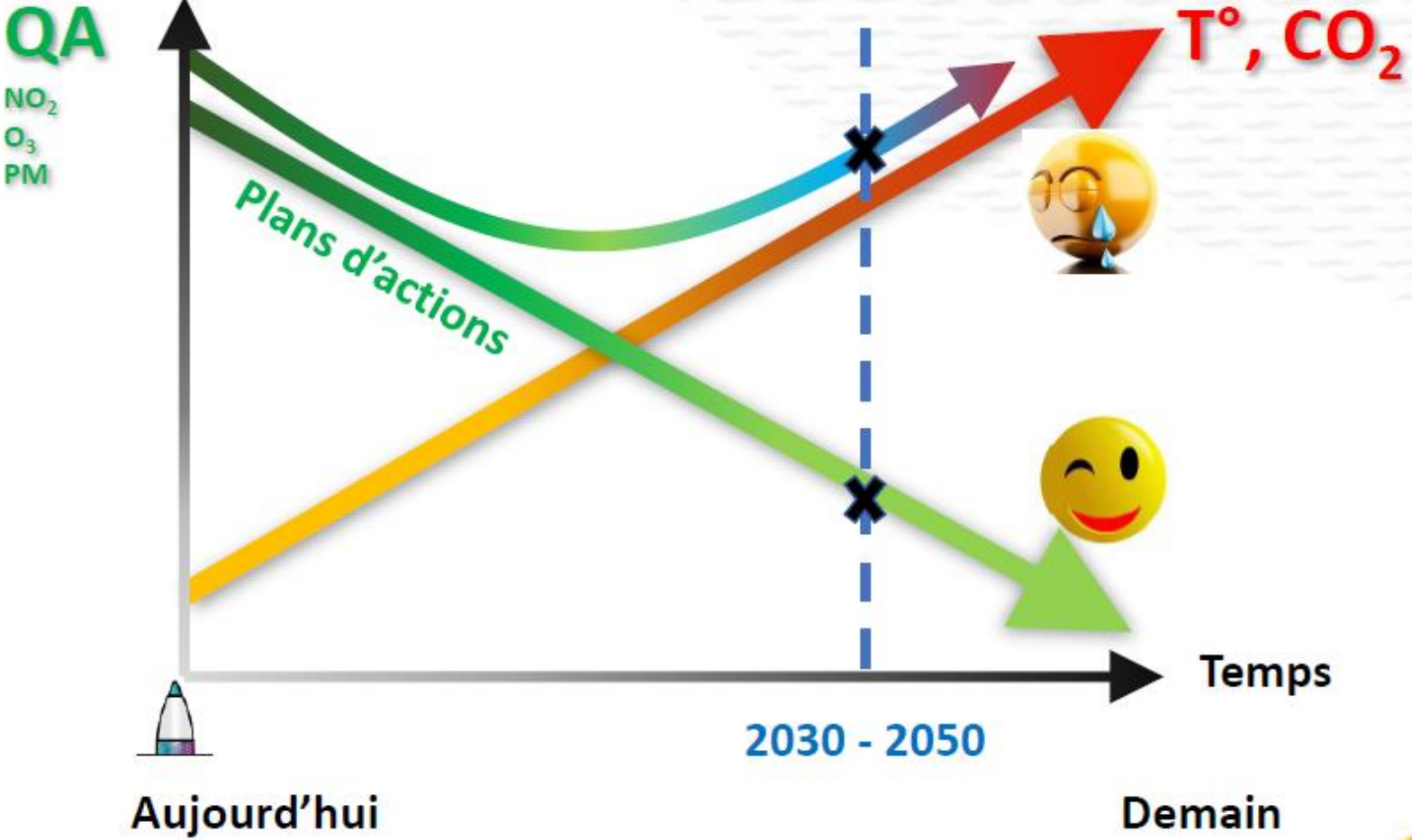
ALP'AERA : 5ème projet/5° progetto ALCOTRA

<https://www.climaera.eu/fr/presentation/projets-anterieurs>

- AERA : 2010-2013 - AIR ENVIRONNEMENT Regione ALCOTRA
- PART'AERA : 2013-2015 - Coopération Franco-Italienne sur les Particules/Cooperazione franco-italiana sul particolato
- SH'AIR : 2014-2015 - Système d'échange Atmosphérique Inter Régional sur la zone ALCOTRA/Sistema di scambio atmosferico interregionale nella zona ALCOTRA
- CLIMAERA : 2017 – 2020 - Améliorer la planification territoriale des institutions publiques pour l'adaptation au changement/Migliorare la pianificazione territoriale delle istituzioni pubbliche per adattarsi al cambiamento
- ALP'AERA : 2023-2026 - Aide à la gouvernance de l'air et du climat en zones alpines ALCOTRA/Sostegno alla governance dell'aria e del clima nelle aree alpine ALCOTRA



CHANGEMENT CLIMATIQUE ET QUALITE DE L'AIR



CONTEXTE/CONTESTO

ALP'AERA : Aide à la gouvernance de l'air et du climat en zones alpines ALCOTRA/Sostegno alla governance dell'aria e del clima nelle aree alpine ALCOTRA

Le projet ALP'AERA a pour objectif de proposer une aide à la gouvernance pour s'adapter aux conséquences du changement climatique dans les vallées alpines franco-italiennes.

Il s'attache également à mieux caractériser les impacts futurs de l'évolution climatique sur la qualité de l'air dans les Alpes et à proposer des indicateurs de suivi du climat et de la qualité de l'air sur le territoire ALCOTRA.

L'obiettivo del progetto ALP'AERA è fornire un supporto di governance per l'adattamento alle conseguenze del cambiamento climatico nelle valli alpine franco-italiane.

Questo progetto mira a caratterizzare meglio il futuro impatto dei cambiamenti climatici sulla qualità dell'aria nelle valli alpine e a proporre indicatori per il monitoraggio del clima e della qualità dell'aria nella regione ALCOTRA.

Appel à projet/Bando: ALCOTRA Interreg 2021-2027

Budget : 1 999 790€

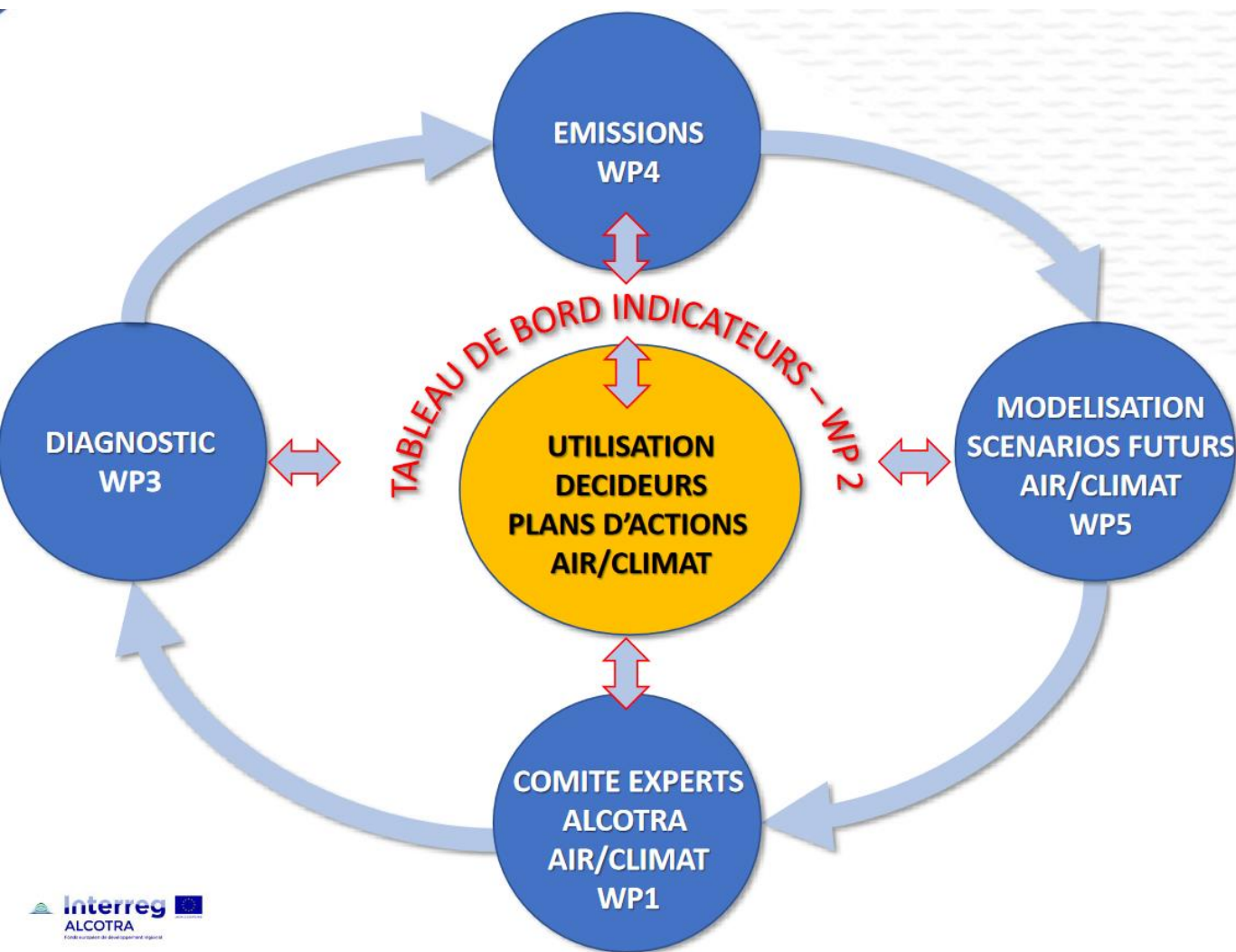
Partenaires/Partners : AtmoSud, Atmo AURA, ARPA Piemonte, ARPA Valle d'Aosta & ARPA Liguria

Durée/Durata : 3 ans (2023-2026)



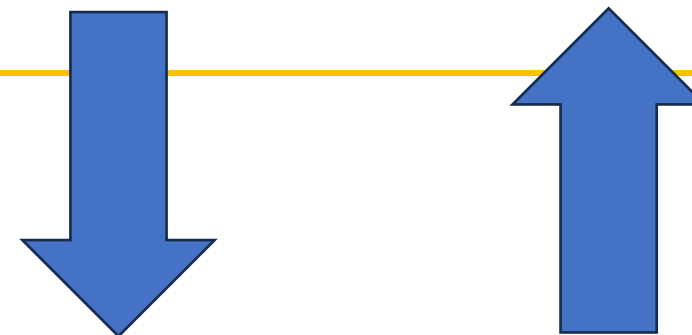
LOGIGRAMME

Objectifs du projet



Objectif spécifique : Favoriser l'adaptation au changement climatique, la prévention des risques de catastrophe et la résilience, en tenant compte des approches fondées sur les écosystèmes

- WP3: meilleure connaissance des concentrations de BC en vallées alpines
- WP4: meilleure connaissance des émissions de GES + développement méthodologique
- WP5: impact CC sur la QA + levier action ozone



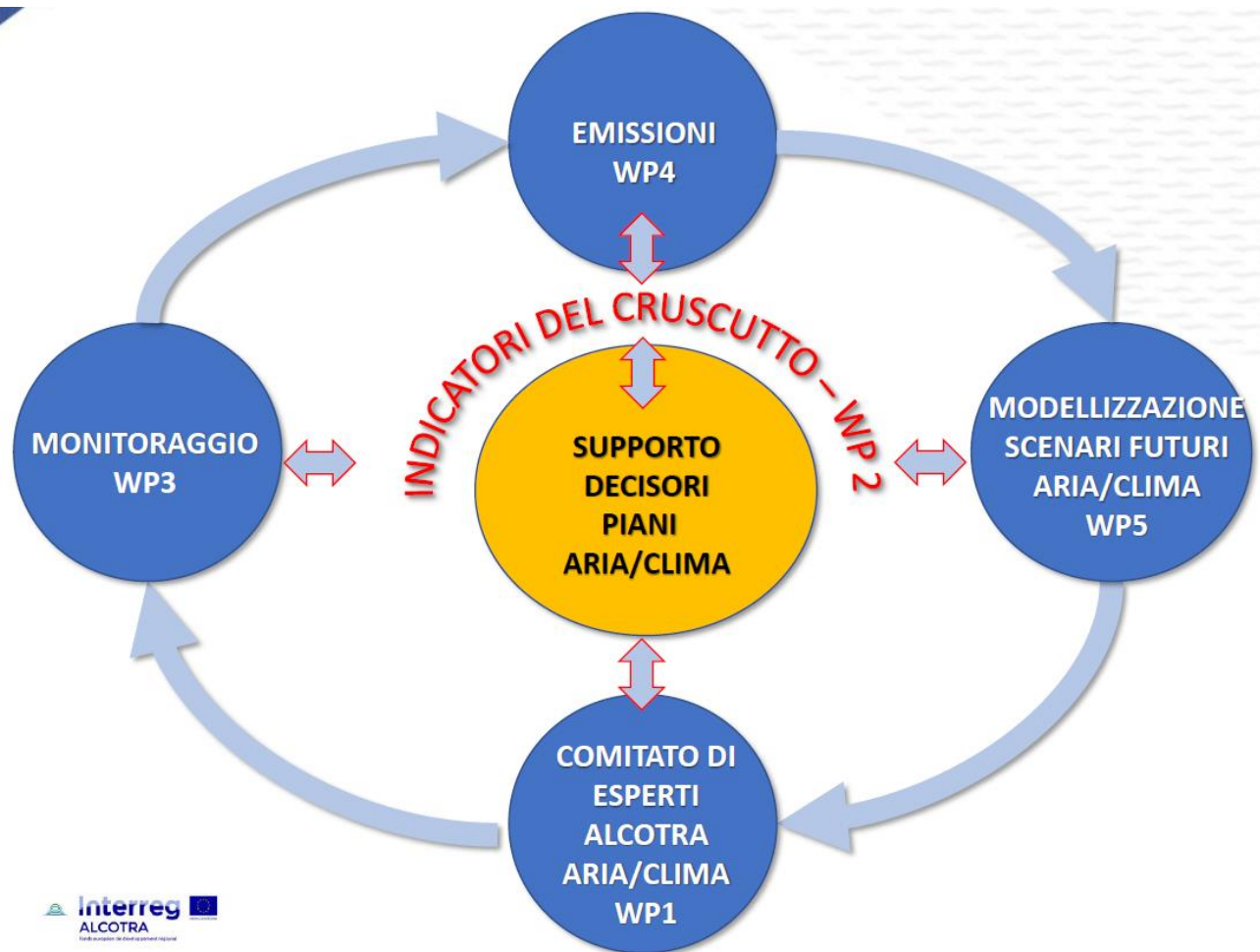
Animation d'un comité d'experts transfrontalier composé d'experts scientifiques, observatoires et directions régionales environnement



Tableau de bord Climat & air ALCOTRA (site web du projet)

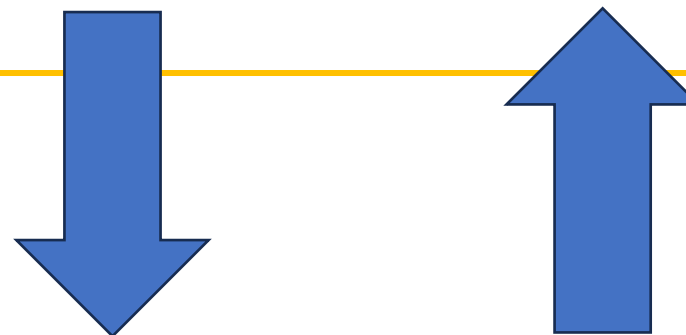
DIAGRAMMA

Obiettivi del progetto



Obiettivi specifici: Promuovere l'adattamento ai cambiamenti climatici, la prevenzione dei rischi di catastrofe e la resilienza, prendendo in considerazione approcci di tipo ecosistemici

- ➔ WP3: migliore conoscenza delle concentrazioni nelle valli alpine
- ➔ WP4: migliore comprensione delle emissioni di gas serra + sviluppo metodologico
- ➔ WP5: impatto del CC sull'AQ + azione sull'ozono



Guidare un comitato scientifico transfrontaliero composto da esperti scientifici, osservatori e dipartimenti ambientali regionali



Dashboard Clima & aria ALCOTRA (website del progetto)

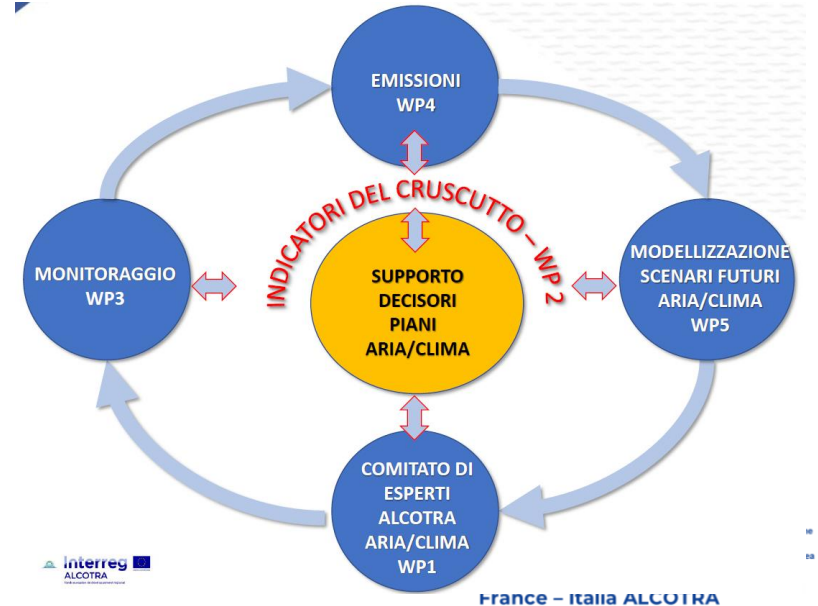
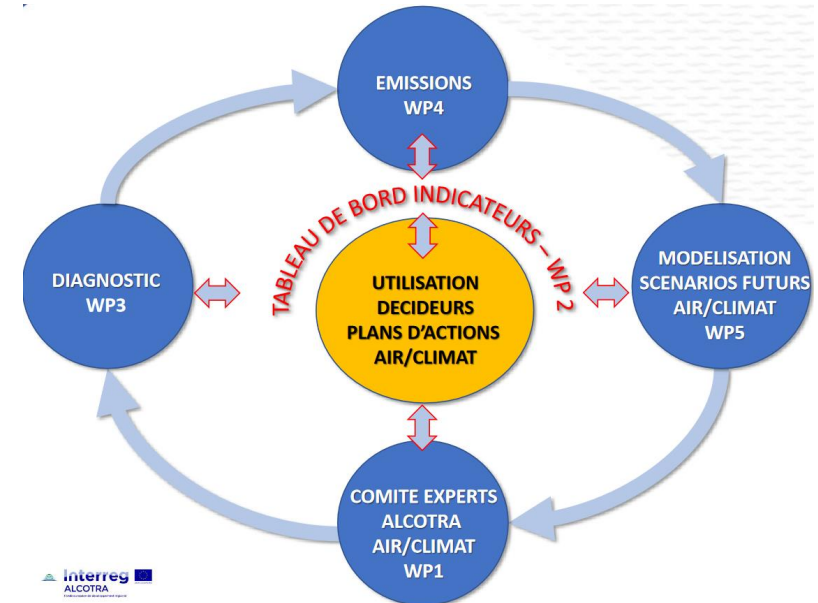
WP1 – COMITÉ EXPERTS/COMITATO DI ESPERTI ALCOTRA

Objectifs :

1. Échange autour de la **démarche scientifique du projet** pour répondre aux objectifs de lutte contre la pollution de l'air et du changement climatique
2. Discussion autour **des résultats obtenus au cours du projet** afin d'identifier les leviers majeurs à communiquer aux décideurs par la suite

Obiettivi:

1. Discutere l'**approccio scientifico del progetto** per raggiungere gli obiettivi di lotta all'inquinamento atmosferico e al cambiamento climatico
2. Discussione **dei risultati ottenuti durante il progetto** per identificare le principali azioni da comunicare ai decisori in una fase successiva



2

THÉMATIQUES ABORDÉES/TEMI TRATTATI

ALP'AERA : Aide à la gouvernance de l'air et du climat en zones alpines ALCOTRA/Sostegno alla governance dell'aria e del clima nelle aree alpine ALCOTRA

2. THÈMES ABORDÉS / TEMI TRATTATI

Sujet n°1 : Scénarios météorologiques en Europe en 2050 et 2070 (présentation du CMCC)

Tema 1: Scenari meteorologici per l'Europa nel 2050 e 2070 (presentazione del CMCC)

Sujet n°2 : Constat et tendance sur le territoire ALCOTRA : Quelle est l'évolution des particules fines sur nos territoires?

Tema 2: Situazione e tendenze nella regione ALCOTRA: qual è l'evoluzione delle polveri fini nelle nostre regioni?

3

THÉMATIQUE N°1/TEMA 1

**Scénarios météorologiques en Europe en 2050 et 2070
(présentation du CMCC)**

**Scenari meteorologici per l'Europa nel 2050 e 2070
(presentazione del CMCC)**

Climate Sciences in the 21st century

Development of high spatial and temporal resolution climate modeling scenarios for ALP'AERA project: preliminary results

Mario Raffa, Alejandro Vichot Llano, Paola Mercogliano

REgional Models and geo-Hydrological Impacts (REMHI) Division
Fondazione CMCC, Italy

Turin, 1st July 2025





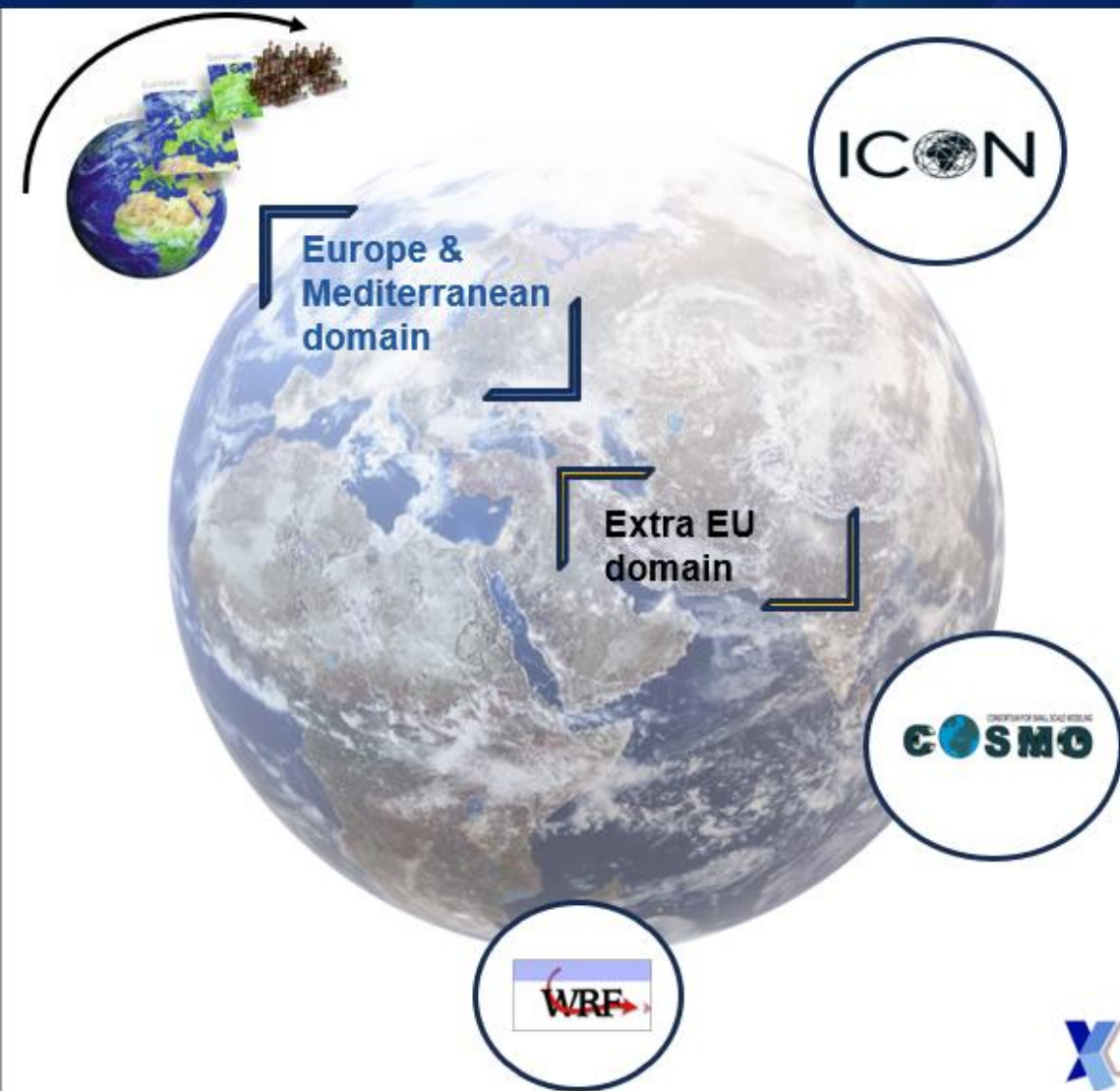
The **CLM-Community** (Climate Limited-area Modelling-Community) is an open, international network of scientists, who develop and apply the regional climate models COSMO-CLM and ICON-CLM.

- **CMCC Foundation** is member of CLM Community from 2005. After a long period of scientific collaboration in the development and testing Regional Models COSMO and now ICON, from 2023 **REMHI Division** is a **core institution** of the **CLM-community** scientific board and promotes the usage of ICON model for regional climate modelling and climate change.



- **CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment):** “*The CORDEX vision is to advance and coordinate the science and application of regional climate downscaling through global partnerships.*” **REMHI Division** is involved in several research activities (**EURO-CORDEX**, **MENA-CORDEX**) such as the downscaling of the global model CMIP6 both with COSMO and ICON .
- **CORDEX Flagship Pilot Studies:** Involvement in the **FPS-URB-RCC (Urban)**, to understand the effect of urban areas on the regional climate, or **FPS-LUCAS (Land Use Change)**, to assess the effects of the time-varying land use classes on atmospheric variables. **FPS-CPM (Convection Permitting Model):** investigating the CPM added value for heatwaves, Multi-tracker, Lightning, Snow cover, extreme precipitation.

Regional Models & HPCs



Installation, configuration, customization and optimization of Regional Models on the main HPC Facilities, fully dedicated to Climate Change Research



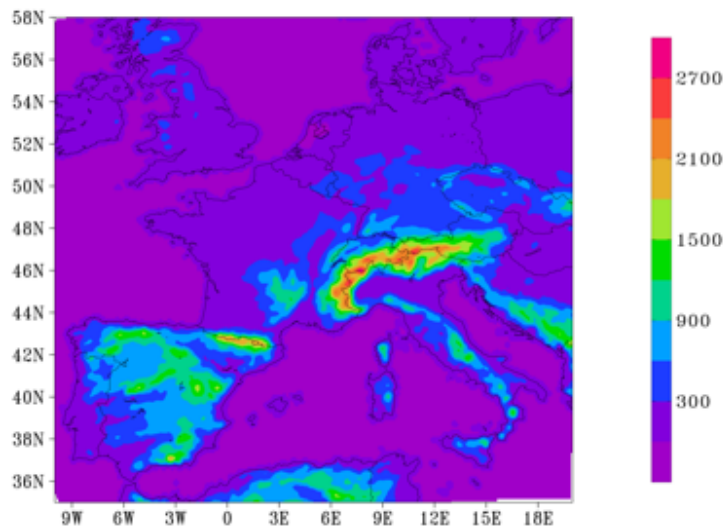
DKRZ
DEUTSCHES
KLIMARECHENZENTRUM



A grid of 10 small images representing different research spokes:

- SPOKE 1: FUTURE HPC & BIG DATA
- SPOKE 2: FUNDAMENTAL RESEARCH & SPACE ECONOMY
- SPOKE 3: ASTROPHYSICS & COSMOS OBSERVATIONS
- SPOKE 4: EARTH & CLIMATE
- SPOKE 5: MATERIALS & MOLECULAR SCIENCES
- SPOKE 6: MULTISCALE MODELLING & ENGINEERING APPLICATIONS
- SPOKE 7: MATERIALS & MOLECULAR SCIENCES
- SPOKE 8: IN-SILICO MEDICINE & OMICS DATA
- SPOKE 9: DIGITAL SOCIETY & SMART CITIES
- SPOKE 10: QUANTUM COMPUTING

ICSC
Centro Nazionale di Ricerca in HPC,
Big Data and Quantum Computing

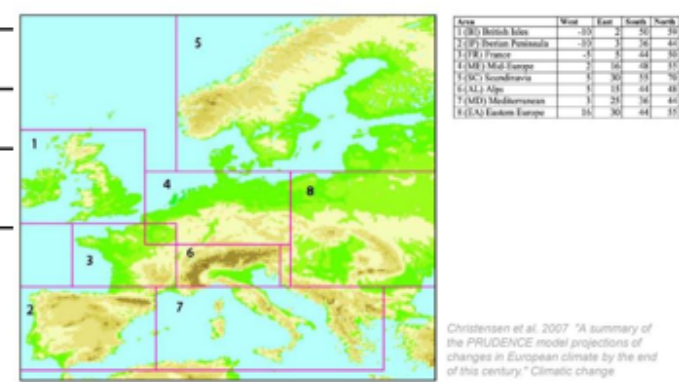


Historical Experiment	2010-2019
Scenario Experiment	SSP1-2.6 and SSP3-7.0 2045-2054 / 2065-2074

Model version	COSMO-CLM v6.00clm1
Boundary forcing	GCM(CMIP6) CMCC-CM2-SR5
Horizontal resolution	0.11° (\approx 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

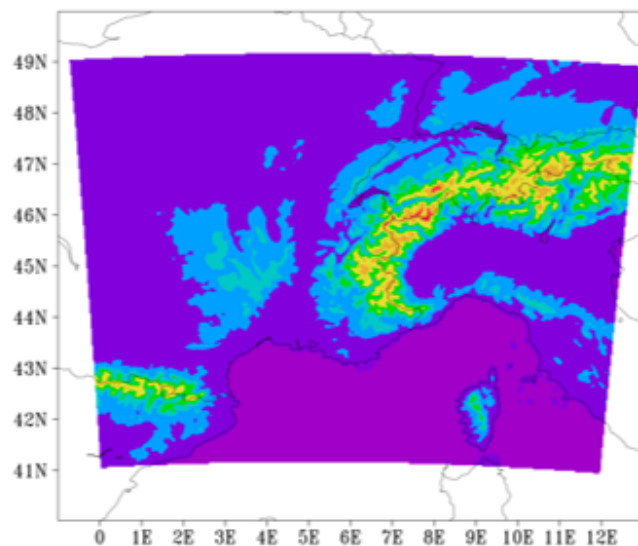
Observational Dataset: E-OBS (29.0e) daily gridded European (land-only) at a horizontal resolution of 0.1° (\approx 11 km).

Validation over European sub-areas



COPAT2 (COordinated Parameter Testing 2) project, an initiative by the CLM Community aimed at optimizing the configuration of the COSMO-CLM 6.0 model for regional climate applications over Europe:

- Provide a reference configuration for CORDEX simulations.
- The final configuration demonstrated:
 - Improvements in surface temperatures and enhancements in precipitation accuracy for Central and Eastern Europe. despite a slight tendency to underestimate in some regions.
 - The configuration is applied to the CMIP6 Downscaling initiative for EURO-CORDEX domain.

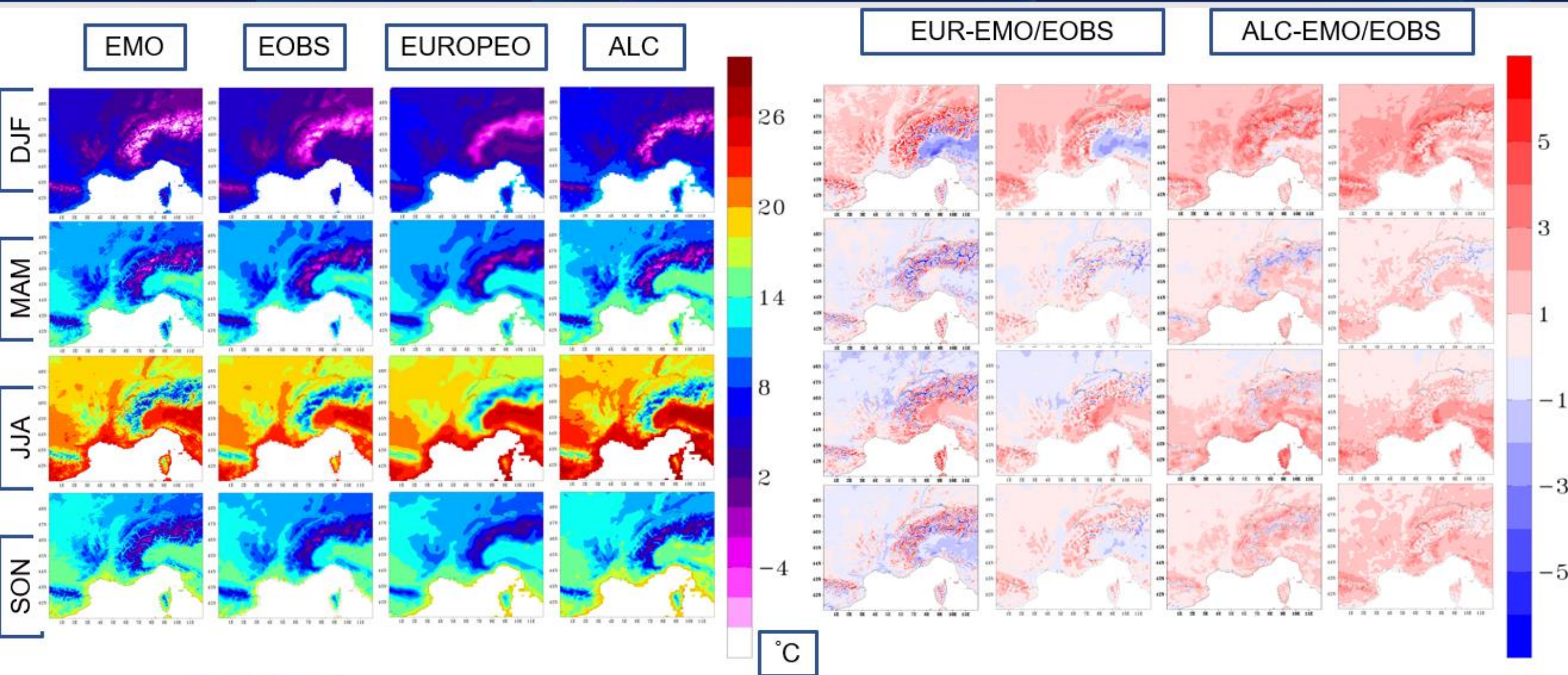


Model version	COSMO-CLM v6.00clm1
Boundary forcing	EUROPEO \approx 12 km
Horizontal resolution	0.027° (\approx 3 km)
Time step	20 s
N° grid points	450 x 350 x 50
N° vertical levels	50
Output frequency	1 h
Lateral Boundary Condition (LBC) update frequency	6 h
Historical Experiment	2010-2019
Scenario Experiment	SSP1-2.6 and SSP3-7.0 2045-2054 / 2065-2074

- Observational Dataset: E-OBS (29.0e) daily gridded European (land-only) at a horizontal resolution of 0.1° (~11 km).
- EMO (European Meteorological Observations) is a European high-resolution, (sub-)daily, multi-variable gridded meteorological data set built on historical and real-time observations(land-only) at a horizontal resolution of 0.01° (~1 km).

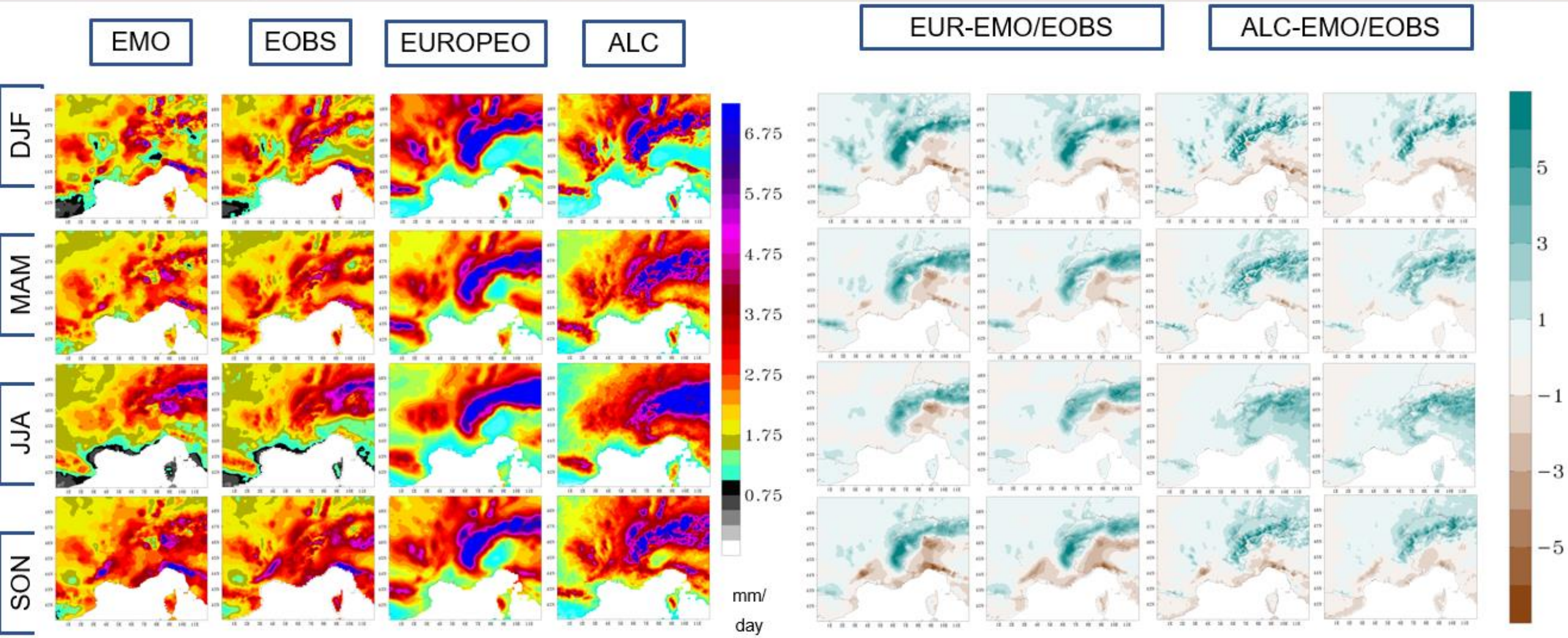
- The ALCOTRA domain configuration is based on the COSMO-D2 configuration, which refers to a high-resolution configuration, limited-area weather model used by the German Weather Service (DWD). COSMO-D2 is designed to provide detailed weather forecasts for Germany and surrounding regions.

Seasonal spatial distribution of Temperature for the period 2010-2019



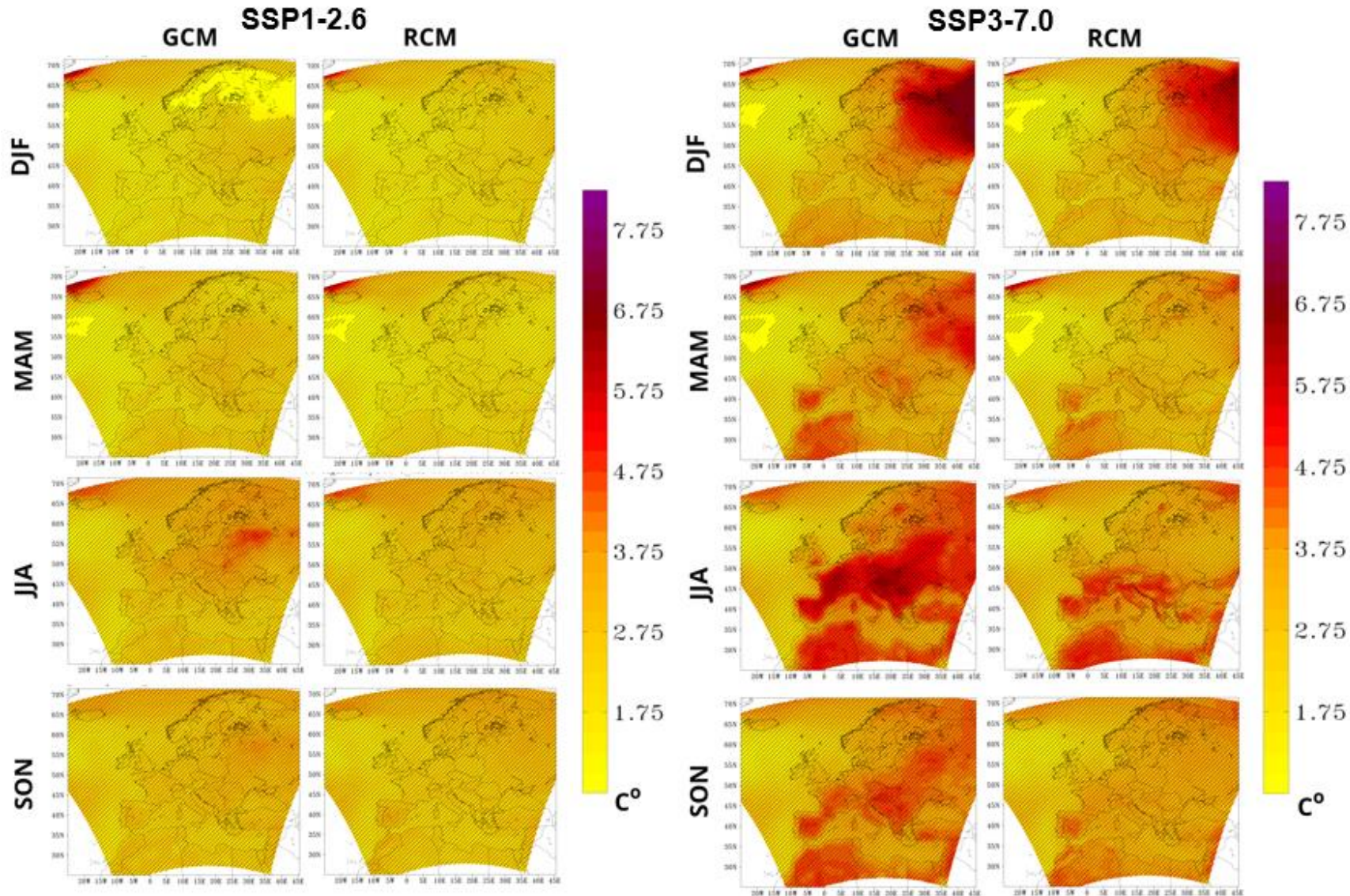
COSMO-CLM outperformed the driving GCM: over EUR12km. A considerable BIAS reduction is observed confirming the potential of RCMs to substantially improve the representation of fine scale climate processes compared with coarse-resolution GCMs.

Seasonal spatial distribution of Precipitation for the period 2010-2019



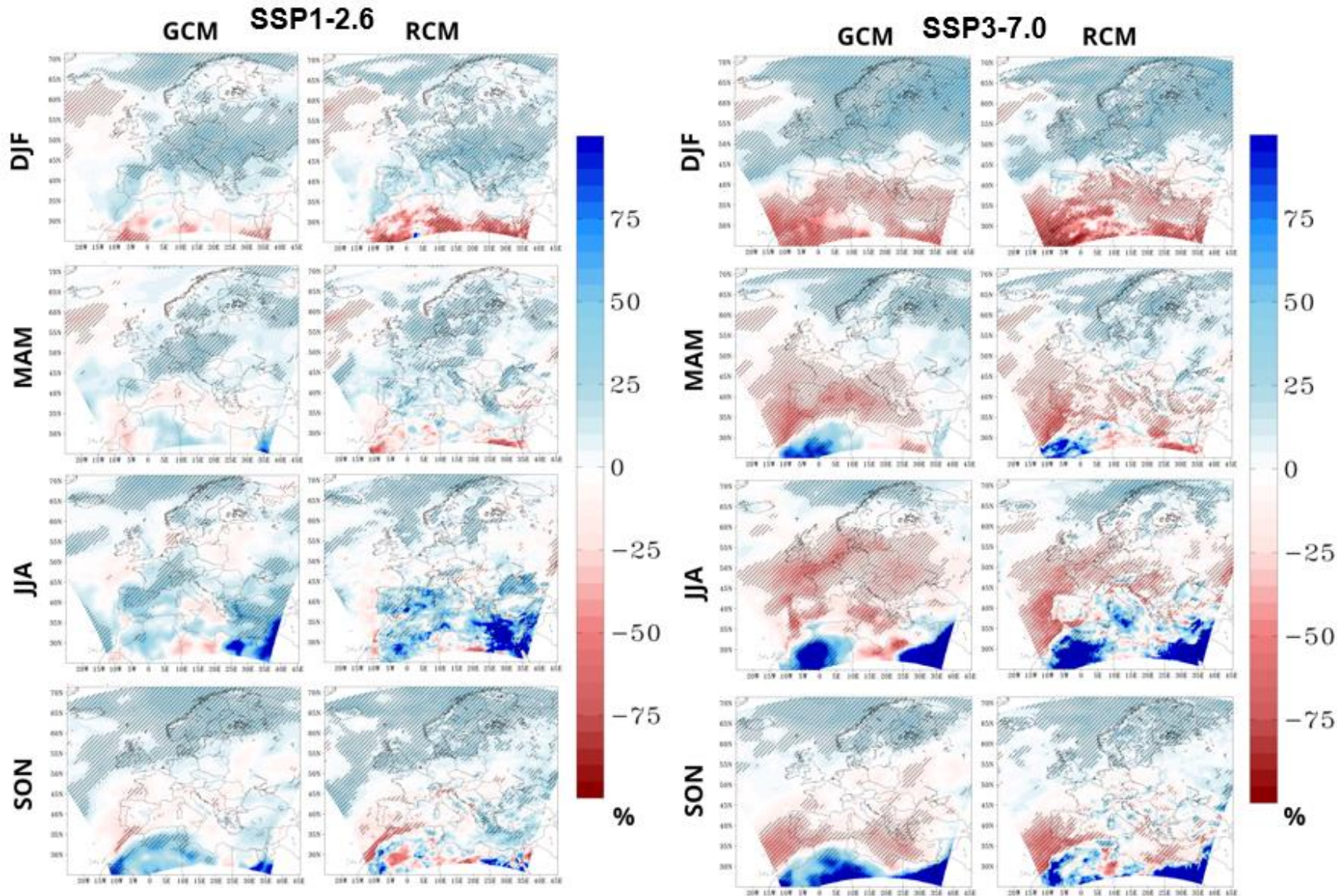
COSMO-CLM bias is small, but an overestimation is observed over complex topography.

Climate Change (CC) Signal (SSP1-2.6 & SSP3-7.0) for T_{2M} 2070-2099 vs 1991-2020



Climate projections highlight general warming. A general increase in temperature is expected over Europe. Temperature projections are statistically significant. The current results responded to the SSP1-2.6 and the SSP3-7.0 scenarios.

Climate Change (CC) Signal (SSP1-2.6 & SSP3-7.0) for TOTAL PRECIPITATION 2070-2099 vs 1991-2020



The climate change signal for precipitation remains **highly uncertain**. However, the CC signal is **preserved** by the **RCM**, providing **significant** information in various areas where the driving **GCM does not**. The current results correspond to the **SSP1-2.6** and the **SSP3-7.0** scenarios.

A dipole pattern emerged, with increases in northern Europe and decreases in central and southern regions. Under **SSP3-7.0**, the drying signal was more extensive and intense compared to **SSP1-2.6**, with the global model showing a more homogeneous decrease

Conclusion

As part of the ALPAERA Project, CMCC performed a dynamical downscaling using the COSMO-CLM model, driven by the CMIP6 GCM CMCC-CM2-SR5, in accordance with the scientific framework of the CLM-Community and the EURO-CORDEX initiative.

- EUROPEO domain at 12 km resolution: Historical, SSP1-2.6 and SSP3-7.0 simulations (completed)
- ALCOTRA domain at 3 km resolution: Historical, SSP1-2.6 and SSP3-7.0 simulations (ongoing)

The benefits of increased resolution are evident, particularly in the improved representation of temperature patterns by the regional climate model (RCM) compared to the global climate model (GCM). Trends for several climate variables are consistent with those projected by the driving GCM.

Climate projections over the European domain show a general warming trend during the period 2070–2099 compared to the historical baseline (1991-2020). However, the climate change signal for precipitation remains more uncertain, with a more extensive drying signal under SSP3-7.0

Next steps: Complete the climate experiments for Alcotra domain and prepare the paper based on the full chain, from climate scenarios to air quality impacts

Conclusion

As part of the ALPAERA Project, CMCC performed a dynamical downscaling using the COSMO-CLM model, driven by the CMIP6 GCM CMCC-CM2-SR5, in accordance with the scientific framework of the CLM-Community and the EURO-CORDEX initiative.

- EUROPEO domain at 12 km resolution: Historical, SSP1-2.6 and SSP3-7.0 simulations (completed)
- ALCOTRA domain at 3 km resolution: Historical, SSP1-2.6 and SSP3-7.0 simulations (ongoing)

The benefits of increased resolution are evident, particularly in the improved representation of temperature patterns by the regional climate model (RCM) compared to the global climate model (GCM). Trends for several climate variables are consistent with those projected by the driving GCM.

Climate projections over the European domain show a general warming trend during the period 2070–2099 compared to the historical baseline (1991-2020). However, the climate change signal for precipitation remains more uncertain, with a more extensive drying signal under SSP3-7.0

Next steps: Complete the climate experiments for Alcotra domain and prepare the paper based on the full chain, from climate scenarios to air quality impacts

QUESTION N°1 / DOMANDA 1

Dans les premiers résultats, y-a-t-il des tendances différentes des scénarios calculés dans le projet CLIMAERA ? / Dai primi risultati si riscontrano trend che si discostano dagli scenari calcolati nel progetto CLIMAERA?

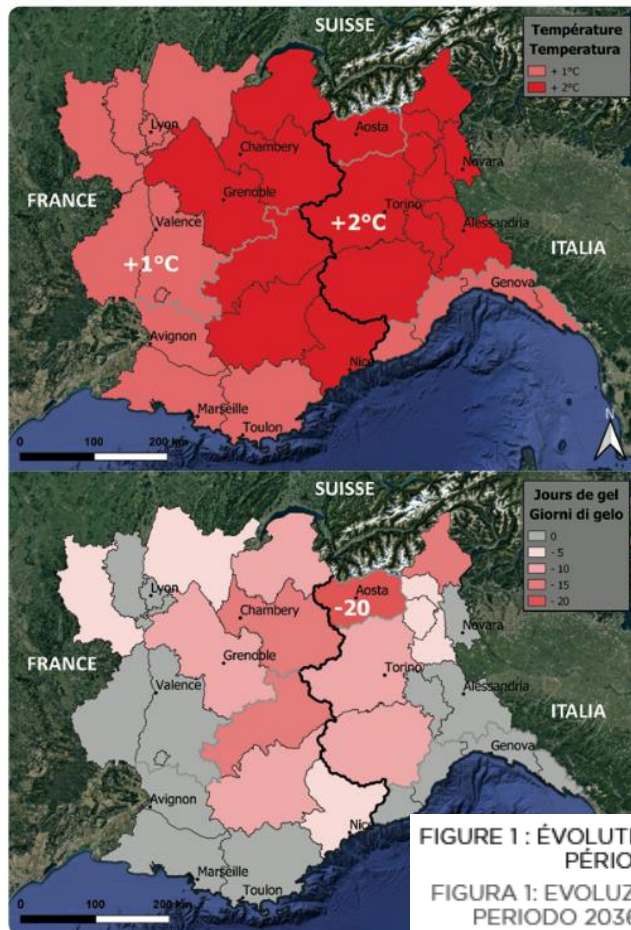
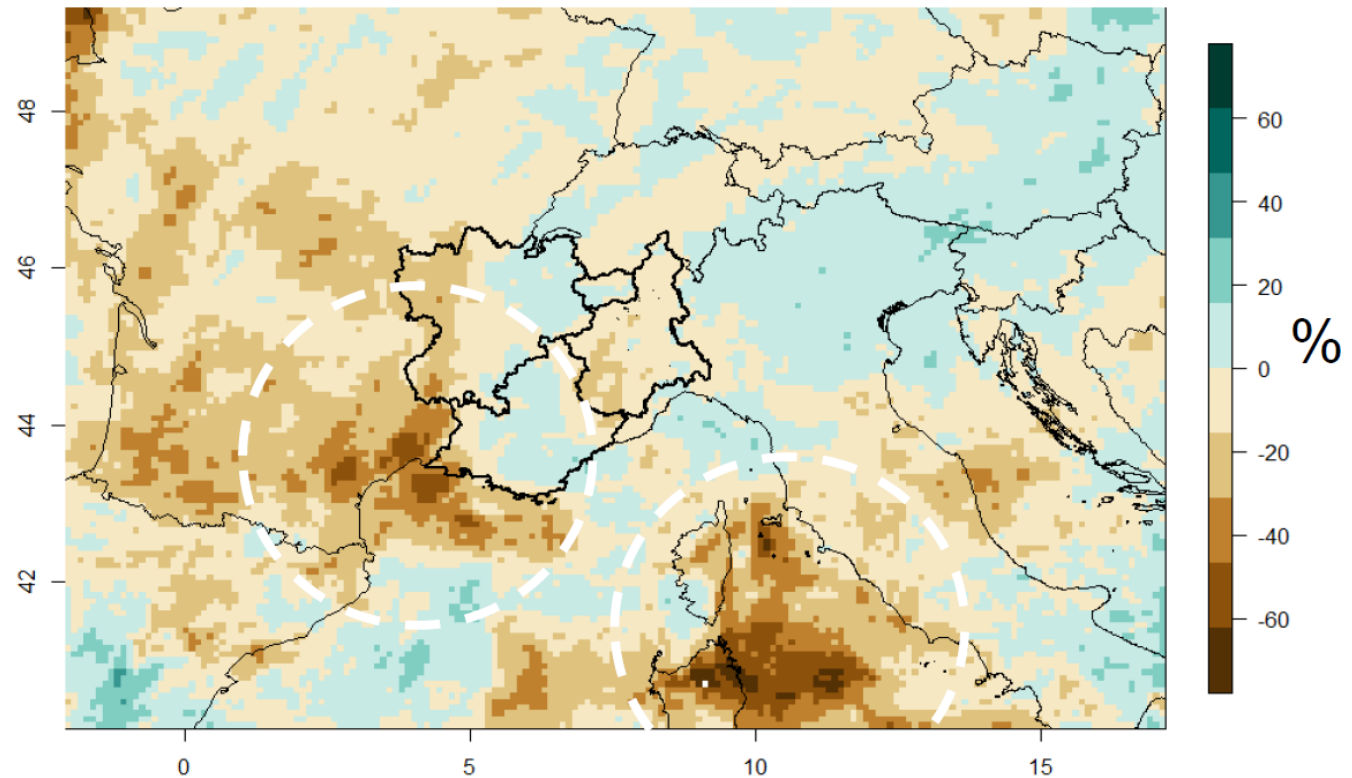


FIGURE 1 : ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE ET DU NOMBRE DE JOURS DE GEL POUR LA PÉRIODE 2036-2065 PAR RAPPORT À LA PÉRIODE DE RÉFÉRENCE 1981-2010
FIGURA 1: EVOLUZIONE DELLE TEMPERATURE E DEL NUMERO DI GIORNI DI GEL PER IL PERIODO 2036-2065 RISPETTO AL PERIODO DI RIFERIMENTO 1981-2010 (DATI CMCC)

Yealy cumulated precipitation: difference % 2030 - 2013 (MODEL)



RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Dans les premiers résultats, y-a-t-il des tendances différentes des scénarios calculés dans le projet CLIMAERA ?

Ci sono tendenze nei risultati iniziali che differiscono dagli scenari calcolati per il progetto CLIMAERA?

M. Raffa : Il y a des différences substantielles entre CLIMAERA et ALP'AERA. Les périodes sont différentes ainsi que leur durée. La variabilité climatique rentre dans une période de 30 ans donc cela ne pourrait ne pas avoir trop d'impact. Ce qui est fondamental c'est le scénario : On a parlé du RCP 4.5 et RCP 8.5 par rapport aux nouveaux scénario SCP. Dans la communauté scientifique, ce débat est encore ouvert. Même les simulations 12km, nous sommes dans des processus longs et les conformes. On a commencé récemment les premiers travaux multi-modèles, nous contribuons avec COSMOS mais également avec ICON. Les premiers multi-modèles nous disent que l'une des premières choses que nous ne voyons pas dans les scénarios RCP, c'est l'expérience historique n'avaient pas une évolution significative par rapport à l'observation. Ce qu'on a fait dans cette réduction d'échelle d'EUROCORDEX c'est d'introduire les aérosols variables dans le temps ce qui n'était pas fait auparavant. Nous n'avons pas de comparaison directe mais nous savons que nous allons améliorer en introduisant les aérosols mais ce sont des études qui viennent de démarrer. Il y a une série d'étapes pour la publication de la donnée qui demande du temps. C'est répandu entre les modèles globaux et régionaux.

Esistono differenze sostanziali tra CLIMAERA e ALP'AERA. I periodi sono diversi, così come la loro durata. La variabilità climatica rientra in un periodo di 30 anni, quindi potrebbe non avere un impatto eccessivo. Ciò che è fondamentale è lo scenario: abbiamo parlato di RCP 4,5 e RCP 8,5 in relazione al nuovo scenario SCP. Nella comunità scientifica il dibattito è ancora aperto. Anche per le simulazioni a 12 km, siamo coinvolti in lunghi processi e i risultati sono ancora in fase di analisi. Abbiamo recentemente iniziato il primo lavoro multi-modello, contribuendo con COSMOS ma anche con ICON. I primi multi-modelli ci dicono che una delle prime cose che non vediamo negli scenari RCP è che l'esperienza storica non si è evoluta in modo significativo rispetto alle osservazioni. In questo downscaling di EUROCORDEX abbiamo introdotto aerosol variabili nel tempo, cosa che non era stata fatta prima. Non abbiamo un confronto diretto, ma sappiamo che l'introduzione degli aerosol migliorerà, ma questi studi sono appena iniziati. La pubblicazione dei dati richiede una serie di fasi che richiedono tempo. Questo è diffuso tra modelli globali e regionali.

M. Mircea : Concernant l'interprétation des résultats de précipitations, on voit que dans le domaine ALCOTRA, il y a plutôt une augmentation des précipitations totales alors que dans la slide sur le scénario historique, on a pu voir que dans certaines saisons, la modélisation sous-estime. Donc comment interpréter ces résultats ? Quel est l'effet du biais projeté à l'avenir ? Est-ce que ça a un effet compensateur voire de synergie qui augmenterait les précipitations.

Per quanto riguarda l'interpretazione dei risultati delle precipitazioni, si può notare che nella regione ALCOTRA c'è un aumento maggiore delle precipitazioni totali, mentre nella diapositiva sullo scenario storico si può notare che in alcune stagioni la modellizzazione sottostima. Come dobbiamo interpretare questi risultati? Qual è l'effetto della distorsione prevista per il futuro? Questo ha un effetto di compensazione o addirittura sinergico che aumenterebbe le precipitazioni?

RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Dans les premiers résultats, y-a-t-il des tendances différentes des scénarios calculés dans le projet CLIMAERA ?

Ci sono tendenze nei risultati iniziali che differiscono dagli scenari calcolati per il progetto CLIMAERA?

M. Raffa : La slide 30 représente la différence entre le signal climatique future et celui du passé. Une moyenne de 30 ans par rapport à une période de référence qu'est 1991-2020. Vous pouvez voir la comparaison du modèle qui a une erreur intrinsèque avec la série historique. On fait l'hypothèse que le modèle présente la même erreur, ce que nous avons montré dans l'historique. Dans ce contexte, la chose importante n'est pas la valeur mais le signal.

La slide 30 rappresenta la differenza tra il segnale climatico futuro e quello del passato. Si tratta di una media su 30 anni rispetto a un periodo di riferimento che è il 1991-2020. È possibile osservare il confronto del modello, che presenta un errore intrinseco, con la serie storica. Si fa l'ipotesi che il modello presenti lo stesso errore, come abbiamo mostrato con i dati storici. In questo contesto, ciò che conta non è il valore in sé, ma il segnale.

M. Mircea : On a donc démontré que dans le domaine ALCOTRA, le modèle en tendancier sous-estime les précipitations. En particulier dans la zone de la plaine du Pô et pas dans les Alpes qui sont un cas spécifique. Pour extrapoler, il faudrait quantifier cette sous-estimation, notamment quand on aura d'autres résultats de modèles. Donc la validation sera plus robuste quand il y aura une incertitude liée à un multi-modèle. Il y a également des indicateurs différents qu'on pourrait regarder comme la variabilité des précipitations par rapport à la période de référence en pourcentage.

Abbiamo quindi dimostrato che nell'area ALCOTRA il modello tende a sottostimare le precipitazioni, in particolare nella zona della Pianura Padana e non nelle Alpi, che rappresentano un caso specifico. Per effettuare un'estrapolazione, bisognerebbe quantificare questa sottostima, soprattutto quando avremo dei risultati da altri modelli. La validazione sarà quindi più sicura in presenza di un'incertezza legata a un approccio multi-modello. Esistono anche altri indicatori che si potrebbero considerare, come la variabilità delle precipitazioni rispetto al periodo di riferimento espressa in percentuale.

S. Finardi : Je voulais demander des détails entre le couplage de l'échelle régionale et régionale. Le forçage a-t-il été imposé seulement à travers les conditions aux limites ou bien on a utilisé des conditions au sein du domaine ? Avez-vous utilisé l'évolution de l'occupation du sol pour l'avenir ? Avez-vous analysé l'impact sur la vitesse du vent qui est un paramètre clé pour la qualité de l'air.

Vorrei chiedere dei dettagli sul collegamento tra scala regionale e scala locale. Il forcing è stato imposto solo attraverso le condizioni al contorno oppure si sono utilizzate anche condizioni interne al dominio? Avete utilizzato l'evoluzione dell'uso del suolo per le proiezioni future? Avete analizzato l'impatto sulla velocità del vento, che è un parametro chiave per la qualità dell'aria?

RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Dans les premiers résultats, y-a-t-il des tendances différentes des scénarios calculés dans le projet CLIMAERA ?

Ci sono tendenze nei risultati iniziali che differiscono dagli scenari calcolati per il progetto CLIMAERA?

M. Raffa : Il n'y a pas de technologie de nudging, on prépare les conditions aux limites et ensuite on fait le downscaling. Beaucoup d'études sont en cours mais le vent est un champ qu'on utilise mais la difficulté à ces résolutions et de ne pas avoir de grilles pour couvrir et valider le modèle. La validation est souvent réduite à des points de stations de petites zones où on a possibilité d'observations. Parfois, on fait des comparaisons avec les réanalyses qui couvrent la grille en entier. Nous pourrions le faire pour les prochaines rencontres. Pour l'occupation du sol, le protocole EURO-CORDEX donne un landuse statique. Une variabilité serait souhaitable, nous avons déjà introduit une variabilité dans des scénarios historiques grâce aux jeux de données satellitaires. Après il y a une combinaison de scénarios pour l'avenir, défini par l'établissement allemand GERICS (Climate Service Center Germany) et nous l'avons intégré dans les prochains objectifs du CORDEX. Il y a des études mais il s'agit d'initiatives individuelles. Mais dans ALP'AERA, c'est un élément constant.

Non è stata utilizzata alcuna tecnologia di nudging: prepariamo le condizioni al contorno e poi applichiamo il downscaling. Sono in corso molti studi, ma il vento è una variabile che si usa, con la difficoltà però che, a queste risoluzioni, mancano le griglie per coprire e validare il modello. La validazione è spesso limitata a stazioni puntuali in piccole aree dove è possibile fare osservazioni. A volte, si fanno confronti con le rianalisi che coprono l'intera griglia. Potremmo farlo per i prossimi incontri. Per quanto riguarda l'uso del suolo, il protocollo EURO-CORDEX prevede un land use statico. Una variabilità sarebbe auspicabile, abbiamo già introdotto una variabilità negli scenari storici grazie ai dataset satellitari. Poi, c'è una combinazione di scenari futuri definiti dall'istituto tedesco GERICS (Climate Service Center Germany), che abbiamo integrato negli obiettivi futuri di CORDEX. Ci sono degli studi, ma si tratta di iniziative individuali. In ALP'AERA, però, è un elemento costante.

A. Clappier : En complément de la question de Sandro, pourrions-nous également regarder les hauteurs de couches de mélange ? Je me souviens que dans le précédent comité d'experts, nous avons abordé cette problématique et de manière assez contre-intuitive il apparaît que des augmentations de températures devraient faire baisser les hauteurs de couche limites. Pouvons-nous extraire un tel indicateur ?

In aggiunta alla domanda di Sandro, potremmo anche considerare l'altezza dello strato di rimescolamento? Ricordo che nel precedente comitato di esperti avevamo discusso di questa questione, e in modo piuttosto controintuitivo era emerso che l'aumento delle temperature dovrebbe far diminuire le altezze dello strato limite. Possiamo estrarre un tale indicatore?

M. Raffa : On parle de la comparaison de la hauteur de couche limite et on pourrait le faire avec des analyses CAMS et comparer avec des analyses. Pour la variabilité prévue, c'est une chose que nous pourrions faire en utilisant les données que nous avons reçu mais pour l'instant il n'y a pas d'impact.

Parliamo del confronto dell'altezza dello strato limite, potremmo farlo con delle analisi CAMS e confrontarle con altre analisi. Per quanto riguarda la variabilità prevista, è qualcosa che potremmo fare con i dati che abbiamo ricevuto, ma per il momento non ci sono impatti osservati.

RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Dans les premiers résultats, y-a-t-il des tendances différentes des scénarios calculés dans le projet CLIMAERA ?

Ci sono tendenze nei risultati iniziali che differiscono dagli scenari calcolati per il progetto CLIMAERA?

G. Gerosa : Pourquoi avez-vous choisi le SSP3-7.0 et pas SSP2-4.5 ? En effet, le SSP3-7.0 est le triple de la force actuelle. J'aurais attendu une simulation de SSP2-4.5 pour dire c'est probablement le scénario que nous pouvons attendre. Vu l'incertitude énorme, vous avez probablement cherché un contraste. Je peux dire que pour les précipitations, on prévoit une séparation nette entre l'Europe du nord et du sud mais dans la réalité ce n'est pas comme ça, nous aurons une situation plus nuancée. Nous n'allons pas vers ce scénario.

Deuxièmement, vos simulations sont-elles fiables sur les Alpes ? Il faudrait pousser la résolution. Dans la plaine du Pô, les simulations sont correctes je pense.

Perché avete scelto lo scenario SSP3-7.0 e non SSP2-4.5? Infatti, l'SSP3-7.0 ha un'intensità tripla rispetto alla situazione attuale. Mi sarei aspettato una simulazione con SSP2-4.5, che probabilmente è lo scenario più realistico. Vista la grande incertezza, probabilmente volevate avere un contrasto marcato. Posso dire che per quanto riguarda le precipitazioni, ci si aspetta una netta separazione tra il nord e il sud dell'Europa, ma nella realtà non è così: la situazione sarà più sfumata. Non andremo verso quello scenario. Secondo punto: le vostre simulazioni sono affidabili sulle Alpi? Bisognerebbe aumentare la risoluzione. Nella Pianura Padana, credo che le simulazioni siano corrette.

M. Raffa : Nous avons choisi des scénarios prioritaires au sein du CORDEX, nous choisissons un scénario de référence SSP1-2.6, qui est le scénario le plus important pour la communauté scientifique. Cela signifie que les autres scénarios seront simulés mais sans être prioritaire, notamment pour les parties prenantes qui s'intéressent aux impacts. Donc la réponse d'un point de vue scientifique n'est pas évidente. Pour la seconde question qui concerne les simulations sur le domaine alpins, notre résolution est au-dessous de 4km. On a pu descendre au-dessous du kilomètre mais il y a des limites liées à des coûts et dans d'autres expérimentations on joue avec ces résolutions. Très souvent les résultats d'un point de vue statistique n'ont pas de résultat. Quand l'objectif ne sera que les Alpes, ces expérimentations seront faites de manière plus poussée. Mais le compromis est de ne pas avoir de période aussi longue.

Abbiamo scelto degli scenari prioritari all'interno del programma CORDEX, selezionando come scenario di riferimento l'SSP1-2.6, che è lo scenario più importante per la comunità scientifica. Questo significa che gli altri scenari verranno comunque simulati, ma non saranno prioritari, soprattutto per le parti interessate che si concentrano sugli impatti. Quindi, da un punto di vista scientifico, la risposta non è semplice. Per quanto riguarda la seconda domanda, relativa alle simulazioni sull'area alpina, la nostra risoluzione è inferiore a 4 km. Siamo riusciti a scendere sotto il chilometro, ma ci sono dei limiti legati ai costi e in altri esperimenti si gioca con queste risoluzioni. Molto spesso, però, i risultati dal punto di vista statistico non sono significativi. Quando l'obiettivo sarà focalizzato solo sulle Alpi, queste sperimentazioni saranno condotte in modo più approfondito. Ma il compromesso è che non si potrà simulare un periodo di tempo altrettanto lungo.

RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Dans les premiers résultats, y-a-t-il des tendances différentes des scénarios calculés dans le projet CLIMAERA ?

Ci sono tendenze nei risultati iniziali che differiscono dagli scenari calcolati per il progetto CLIMAERA?


A. Clappier : Quand vous utilisez une résolution de 3km sur des terrains complexes, est-ce que vous utilisez une paramétrisation de convection spécifique ou vous estimez que le modèle va pouvoir le simuler directement ?

Quando utilizzate una risoluzione di 3 km su territori complessi, impiegate una parametrizzazione specifica della convezione oppure ritenete che il modello possa simularla direttamente?

M. Raffa : Sur la convection, on utilise le modèle explicite seulement. *Per la convezione, utilizziamo esclusivamente il modello esplicito (indicato?).*

J. Beaumet : Sur les précipitations dans les projections climatiques, il y a toujours beaucoup plus d'incertitudes que sur les températures. J'ai participé à une étude de Martin Ménégoz et typiquement dans les Alpes, il faut des séries temporelles de 80 ans pour faire émerger le signal du changement climatique sur les précipitations. Tandis que pour les températures, 30 ans sont suffisants. Donc dans les scénarios futurs, c'est toujours bien d'avoir des ensembles et des séries pour mieux comprendre le signal.

Per quanto riguarda le precipitazioni nelle proiezioni climatiche, ci sono sempre molte più incertezze rispetto alle temperature. Ho partecipato a uno studio di Martin Ménégoz e, tipicamente, nelle Alpi, servono serie temporali di 80 anni per far emergere il segnale del cambiamento climatico sulle precipitazioni. Mentre per le temperature, 30 anni sono sufficienti. Quindi, nel caso degli scenari futuri, è sempre utile avere ensemble e serie temporali per comprendere meglio il segnale.

 **Ménégoz, M., Valla, E., Jourdain, N. C., Blanchet, J., Beaumet, J., Wilhelm, B., Gallée, H., Fettweis, X., Morin, S., & Anquetin, S. (2020). *Contrasting seasonal changes in total and intense precipitation in the European Alps from 1903 to 2010. Hydrology and Earth System Sciences, 24(11), 5355–5377. <https://doi.org/10.5194/hess-24-5355-2020>***

S. Oppo : La seconde question que nous voulions adresser au comité et au CMCC était relative au différence de température sur les vallées alpines. Nous avons vu que dans le projet CLIMAERA, ce territoire était particulièrement impacté par une augmentation de température. Y-a-t-il déjà dans les simulations ALP'AERA des résultats sur cette zone ou devons-nous attendre les scénarios fine-échelle ?

La seconda domanda che volevamo porre al comitato e al CMCC riguardava le differenze di temperatura nelle valli alpine. Abbiamo visto che, nel progetto CLIMAERA, questo territorio è particolarmente colpito da un aumento delle temperature. Esistono già dei risultati nelle simulazioni di ALP'AERA per questa zona oppure dobbiamo attendere gli scenari ad alta risoluzione?

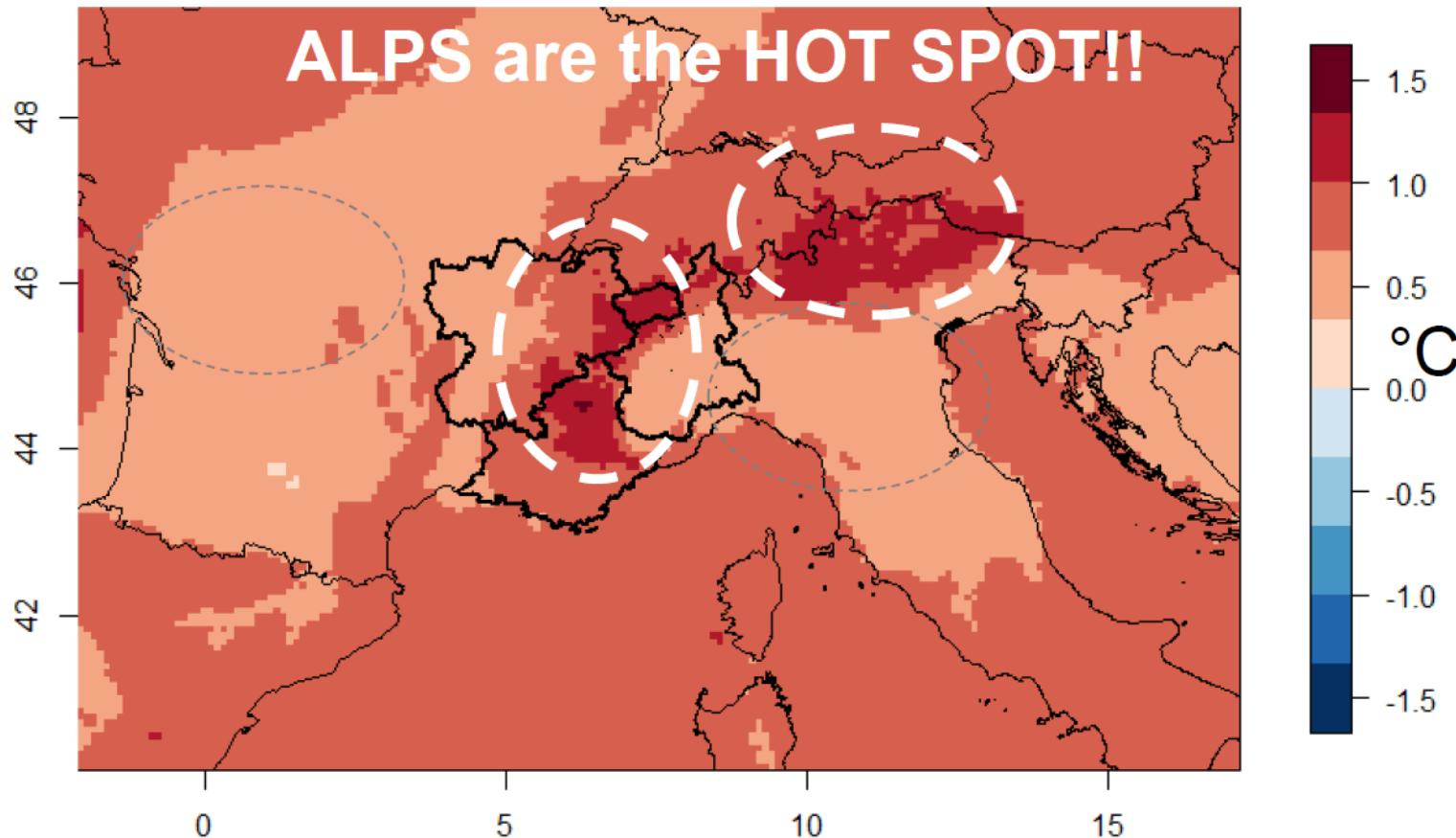
QUESTION N°2 / DOMANDA 2

Est-ce que les Alpes sont toujours des territoires particulièrement vulnérables dans les scénarios évalués ? /

Le Alpi sono ancora aree particolarmente vulnerabili negli scenari valutati?

Alcotra –CLIMAREA Domain

TMAX Yearly mean: difference 2030 vs 2013 (MODEL)



RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Est-ce que les Alpes sont toujours des territoires particulièrement vulnérables dans les scénarios évalués ?

Le Alpi sono ancora aree particolarmente vulnerabili negli scenari valutati?

M. Raffa : Sur les Alpes, clairement la résolution à 12km n'aide pas il vaut mieux attendre les simulations à 3 km.

Sulle Alpi, è chiaro che la risoluzione a 12 km non è d'aiuto; è meglio aspettare le simulazioni a 3 km.

A. Clappier : Une remarque à propos des alpes, qui est une zone particulière qui à priori devraient connaître des élévations de température un peu plus forte que dans les plaines. Au niveau des précipitations, je n'ai pas vu quelque chose de très claire. Il y avait ce découplage entre le nord et le sud. Mais ce n'est pas forcément là qu'on a le plus de pollution. La question c'est de savoir si on regarde le changement climatique sous l'oeil du climatologue qui va être intéressé par les problèmes liés à la température et aux précipitations. Ou bien de le regarder sous l'œil de la qualité de l'air qui sera influencé par les vitesses de vent, les hauteurs de couche limite et peut être moins par les précipitations. Ce que j'ai trouvé très intéressant dans ce qui a été dit c'est le fait que maintenant dans les simulations on prend en compte les aérosols. Ce qui bien sûr peut impacter le bilan radiatif et donc les températures mais aussi les précipitations. Mais ces aérosols sont directement liés à nos préoccupations sur la qualité de l'air.

Un'osservazione sulle Alpi, che rappresentano una zona particolare e che, a priori, dovrebbero registrare aumenti di temperatura leggermente più marcati rispetto alle pianure. Per quanto riguarda le precipitazioni, non ho visto risultati molto chiari. C'era quel disaccoppiamento tra il nord e il sud. Ma non è necessariamente lì che si riscontra il maggior inquinamento. La questione è sapere se si guarda al cambiamento climatico con l'occhio del climatologo, che sarà interessato ai problemi legati alla temperatura e alle precipitazioni, oppure se lo si osserva dalla prospettiva della qualità dell'aria, che sarà influenzata dalla velocità del vento, dall'altezza dello strato limite e forse meno dalle precipitazioni. Quello che ho trovato molto interessante rispetto a quanto è stato detto è il fatto che ora, nelle simulazioni, si tengano in considerazione gli aerosol. Cosa che ovviamente può influenzare il bilancio radiativo e quindi le temperature, ma anche le precipitazioni. Tuttavia, questi aerosol sono direttamente legati alle nostre preoccupazioni sulla qualità dell'aria.

G. Bogaert : S'agissant des activités sportives dans les Alpes, qui ont lieu grâce à la neige. Est-ce qu'on a déjà des résultats concernant l'enneigement des stations de sports d'hiver ?

Per quanto riguarda le attività sportive nelle Alpi, che si svolgono grazie alla presenza della neve, abbiamo già dei risultati sull'innnevamento delle stazioni sciistiche?

RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Est-ce que les Alpes sont toujours des territoires particulièrement vulnérables dans les scénarios évalués ?

Le Alpi sono ancora aree particolarmente vulnerabili negli scenari valutati?

M. Raffa : Nous ne l'avons pas encore considéré. Normalement, il y a les précipitations et la neige mais nous n'avons pas séparé les composantes. Je voudrais ajouter sur les aérosols que la variabilité temporelle des aérosols provient d'un modèle japonais en raison des comparaisons du modèle avec les données satellitaires sur les simulations historiques qui sont très bonnes (proches de l'observations). Tous les modèles ne produisent pas des variables aérosols, dusts et sels marins. Donc le choix était lié à la disponibilité des variables et des bons scores de ce modèle.

Non lo abbiamo ancora preso in considerazione. In teoria, ci sono le precipitazioni e la neve, ma non abbiamo ancora separato le componenti. Vorrei aggiungere, a proposito degli aerosol, che la variabilità temporale degli aerosol proviene da un modello giapponese, scelto per via dell'ottima corrispondenza tra il modello e i dati satellitari nelle simulazioni storiche (molto vicina alle osservazioni). Non tutti i modelli producono variabili relative agli aerosol, alle polveri desertiche e ai sali marini. La scelta è quindi dipesa dalla disponibilità di queste variabili e dai buoni punteggi di questo modello.

J. Beaumet : Pour la question sur l'enneigement, il faut se tourner vers Météo France et le centre de l'étude de la neige à Grenoble où il y a eu pas mal d'étude avec l'outil [ClimSnow](#) qui montre la viabilité économique des stations de sports d'hiver à l'horizon 2050 et plus loin. En 2050, certaines restent viables moyennant l'usage de neige artificielle. Plus tard dans le siècle, ce paramètre est fortement dépendant des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre. A la fin du siècle, dans les scénarios SSP2-4.5 et SSP2-6.5, ils ne restent plus beaucoup de stations viables.

Per quanto riguarda la domanda sull'innnevamento, bisogna rivolgersi a Météo France e al Centre d'Étude de la Neige di Grenoble, dove sono stati condotti numerosi studi con lo strumento [ClimSnow](#). Questo strumento valuta la sostenibilità economica delle stazioni sciistiche all'orizzonte 2050 e oltre. Nel 2050, alcune stazioni restano sostenibili grazie all'uso della neve artificiale. Più avanti nel secolo, questo parametro dipende fortemente dagli scenari di emissioni di gas a effetto serra. Alla fine del secolo, negli scenari SSP2-4.5 e SSP2-6.5, restano poche stazioni ancora economicamente sostenibili.

RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Est-ce que les Alpes sont toujours des territoires particulièrement vulnérables dans les scénarios évalués ?

Le Alpi sono ancora aree particolarmente vulnerabili negli scenari valutati?

S. Finardi : Par rapport aux aérosols, je voulais ajouter quelque chose que nous avons au programme au projet FOCl. La partie qui concerne les polluants, nous voulons comparer deux scénarios futurs, l'un est le SSP3-7.0 et l'autre le même scénario d'émissions de gaz à effet de serre mais avec des émissions de polluants différentes. La différence entre ces scénarios devrait mettre en lumière la différence induite par une variabilité forte de la partie émissions atmosphériques. C'est un travail en cours mais par ailleurs, les simulations globales de ces deux scénarios existent et pourraient déjà donner une première indication sur cet impact.

Riguardo agli aerosol, volevo aggiungere qualcosa che abbiamo in programma nel progetto FOCl. Per la parte che riguarda gli inquinanti, vogliamo confrontare due scenari futuri: uno è lo SSP3-7.0 e l'altro è lo stesso scenario di emissioni di gas serra ma con emissioni di inquinanti diverse. La differenza tra questi scenari dovrebbe mettere in evidenza la differenza indotta da una forte variabilità della parte delle emissioni atmosferiche. È un lavoro in corso, ma d'altronde le simulazioni globali di questi due scenari esistono già e potrebbero fornire una prima indicazione su questo impatto.

A. Clappier : Je pense que c'est une remarque très intéressante et il est vrai que dans le futur nous pouvons faire varier pleins de différents paramètres (émissions, GES) et si on fait tout varier en même temps, à la fin, on ne sait plus qui influence qui. C'est essentiel d'avoir des scénarios de base pour le climat puis de faire varier des émissions. C'est un des objectifs du projet ALP'AERA comme je l'ai mentionné avant. À partir de deux scénarios climatiques, c'est de faire varier les émissions en fonction de l'évolution du climat. Par exemple, s'il fait plus chaud, on aura moins besoin de chauffage mais plus d'air conditionné. Je pense que le projet va dans ce sens et c'est le sujet de ce qui va suivre.

Penso che sia un'osservazione molto interessante e in effetti è vero che nel futuro possiamo far variare molti parametri diversi (emissioni, gas serra) ma, se li facciamo variare tutti contemporaneamente, alla fine non sappiamo più chi influenza cosa. È essenziale avere degli scenari di base per il clima e poi far variare le emissioni. Questo è uno degli obiettivi del progetto ALP'AERA, come ho già menzionato. A partire da due scenari climatici, si tratta di far variare le emissioni in funzione dell'evoluzione del clima. Ad esempio, se farà più caldo, avremo meno bisogno di riscaldamento ma più di condizionamento. Penso che il progetto vada proprio in questa direzione ed è questo il tema di ciò che seguirà.

4

THÉMATIQUE N°2/TEMA 2

Constat et tendance sur le territoire ALCOTRA : Quelles est l'évolution des particules fines sur nos territoires?

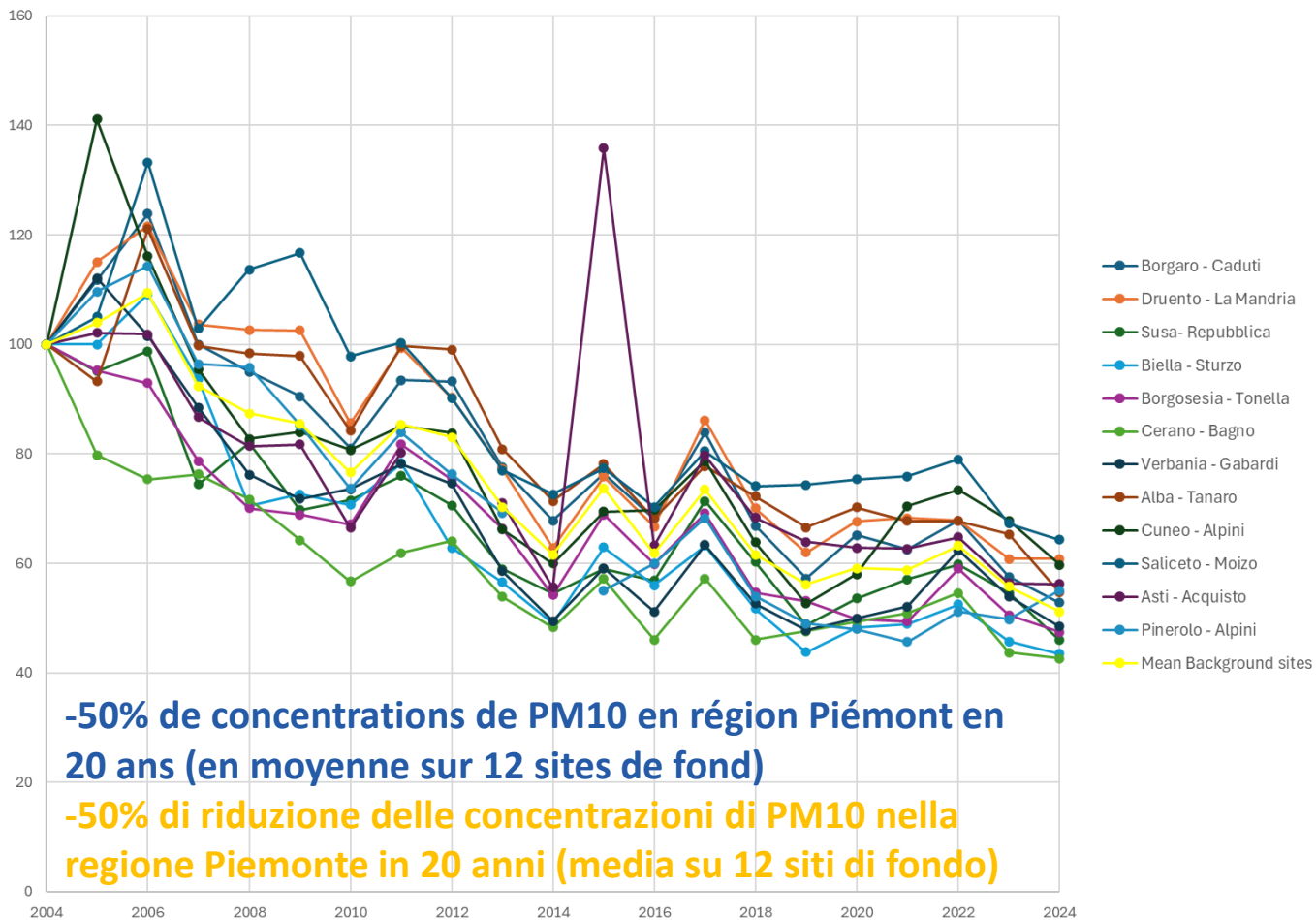
Situazione e tendenze nella regione ALCOTRA: come si stano evolvendo le polveri nelle nostre regioni?

ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS DE PM10 / TENDENZE DELLE

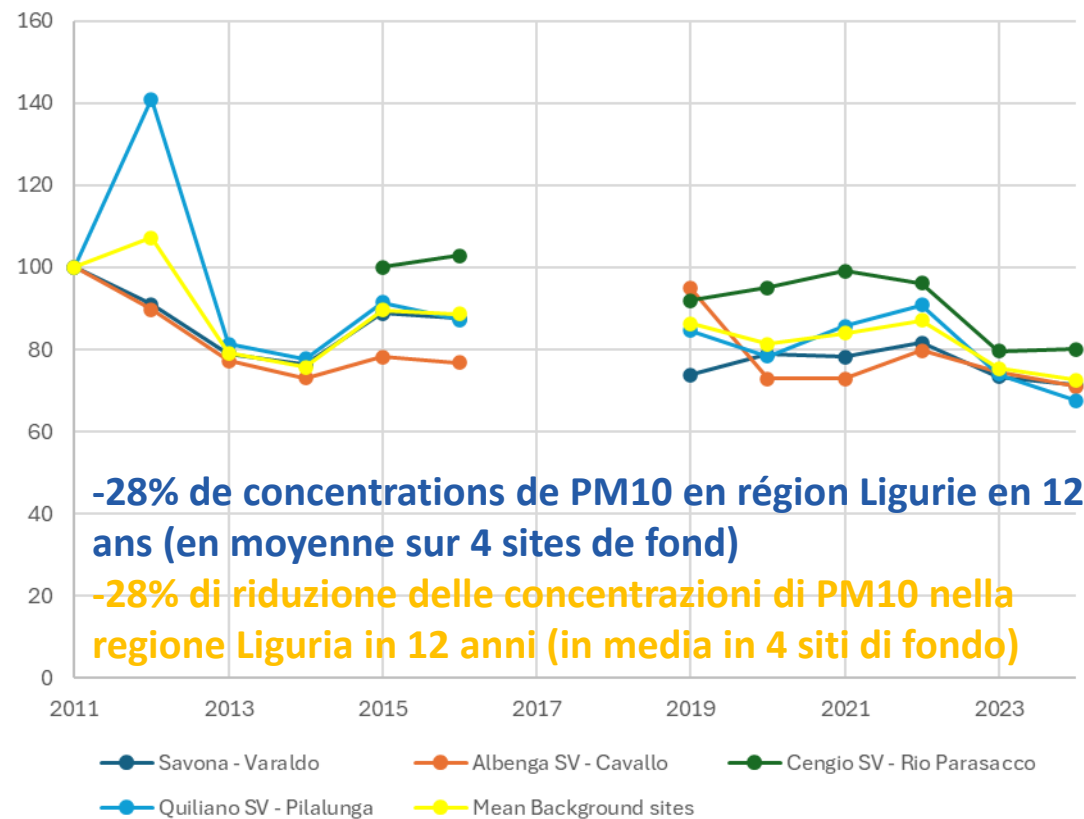
CONCENTRAZIONI DI PM10

Italia

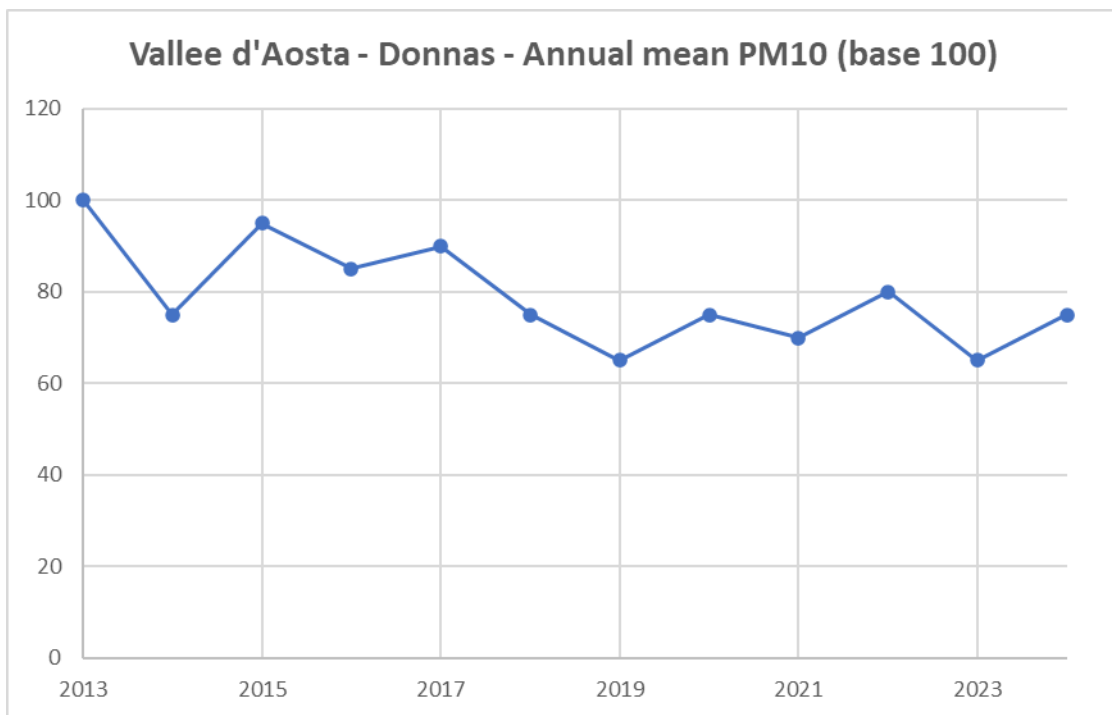
Annual mean PM10 (base 100) - Piemonte region



Annual mean PM10 (base 100) - Liguria region



ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS DE PM10 / TENDENZE DELLE CONCENTRAZIONI DI PM10

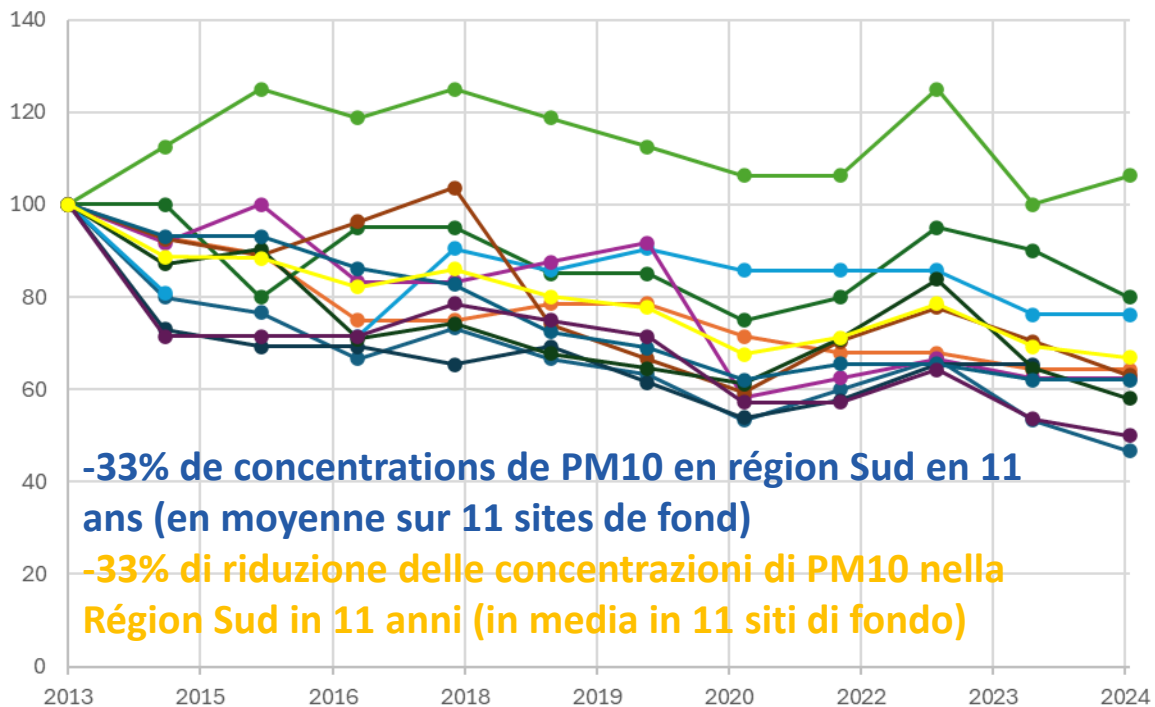


**-25% de concentrations de PM10 en Vallée d'Aoste
(Donnas) en 11 ans**

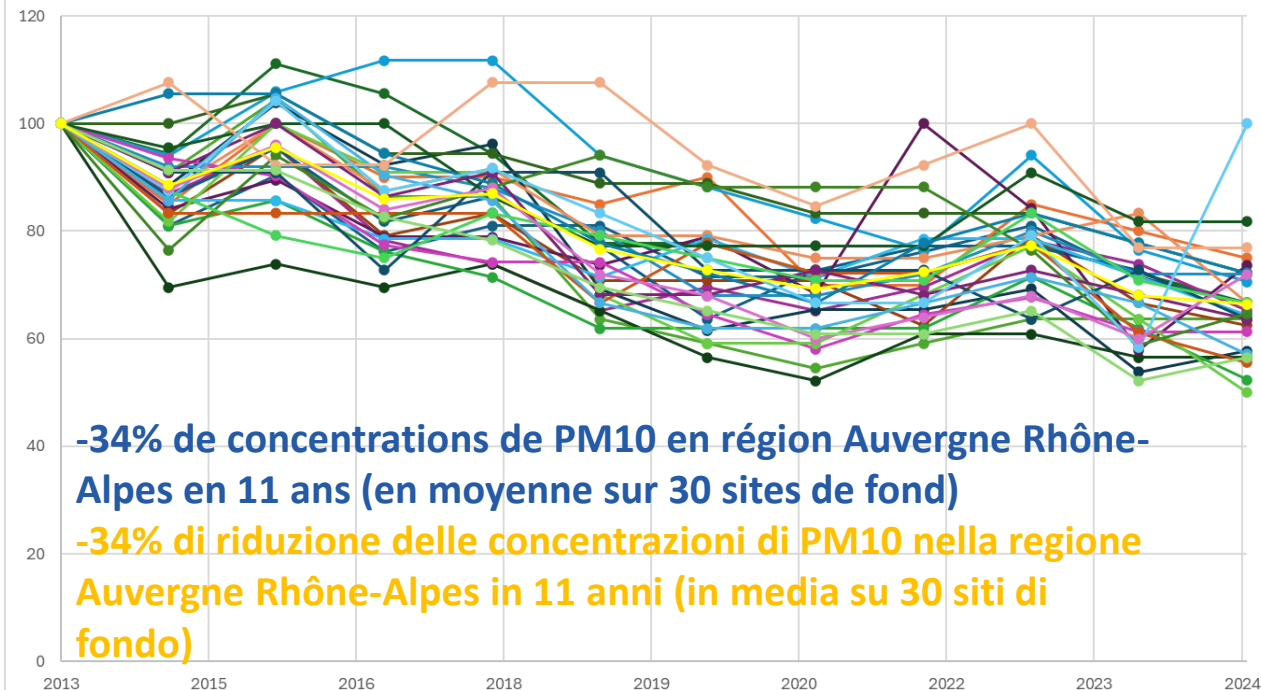
**-25% di riduzione delle concentrazioni di PM10 nella
regione Vallee d'Aosta in 11 anni**

ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS DE PM10 / TENDENZE DELLE CONCENTRAZIONI DI PM10

Annual mean PM10 (base 100) - PACA region



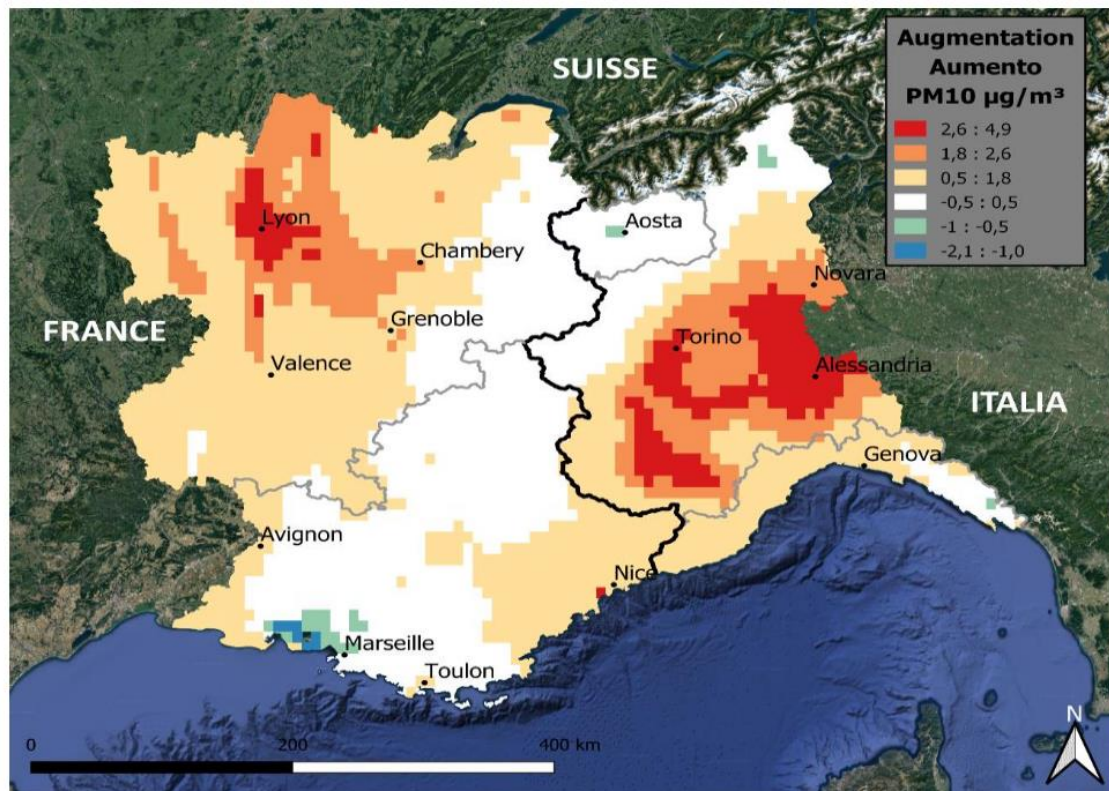
Annual mean PM10 (base 100) - AURA region



- | | | | | |
|-------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| ● Albertville | ● ANNEMASSE | ● Bourg-en-Bresse | ● Bourgoin-Jallieu | ● CHAMONIX |
| ● COTIERE AIN | ● GERLAND | ● Grenoble Les Frenes | ● Grenoble PeriurbSud | ● Gresivaudan Periurb |
| ● Jardin Lecoq | ● LA TALAUDIERE | ● LOVERCHY | ● LYON Centre | ● Montferrand |
| ● Paray le Fresil | ● PASSY | ● PASTEUR | ● Rageade | ● ROANNE |
| ● Romans-sur-Isère | ● SAINT ETIENNE SUD | ● SAINT EXUPERY | ● SAINT JEAN | ● SAINT-CHAMOND |
| ● St Germain/Rhône | ● St Martin d'Herès | ● TERNAY | ● Valence Periurb. Sud | ● Voiron Urbain |
| ● Mean Background sites | | | | |

TENDANCE FUTURE / TENDENZE FUTURE

Résultats du projet CLIMAERA / Risultati del progetto CLIMAERA



Figure/Figura 58: Impact potentiel de la météorologie dérivée du climat futur 2030 sur les concentrations des PM10 à émissions constantes (dérivées du scénario d'émissions actuel)/Potenziale impatto della meteorologia derivante dal clima futuro 2030 sulle concentrazioni di PM10, a emissioni costanti (quelle derivanti dallo scenario emissivo attuale)

TENDANCE FUTURE /

TENDENZE FUTURE

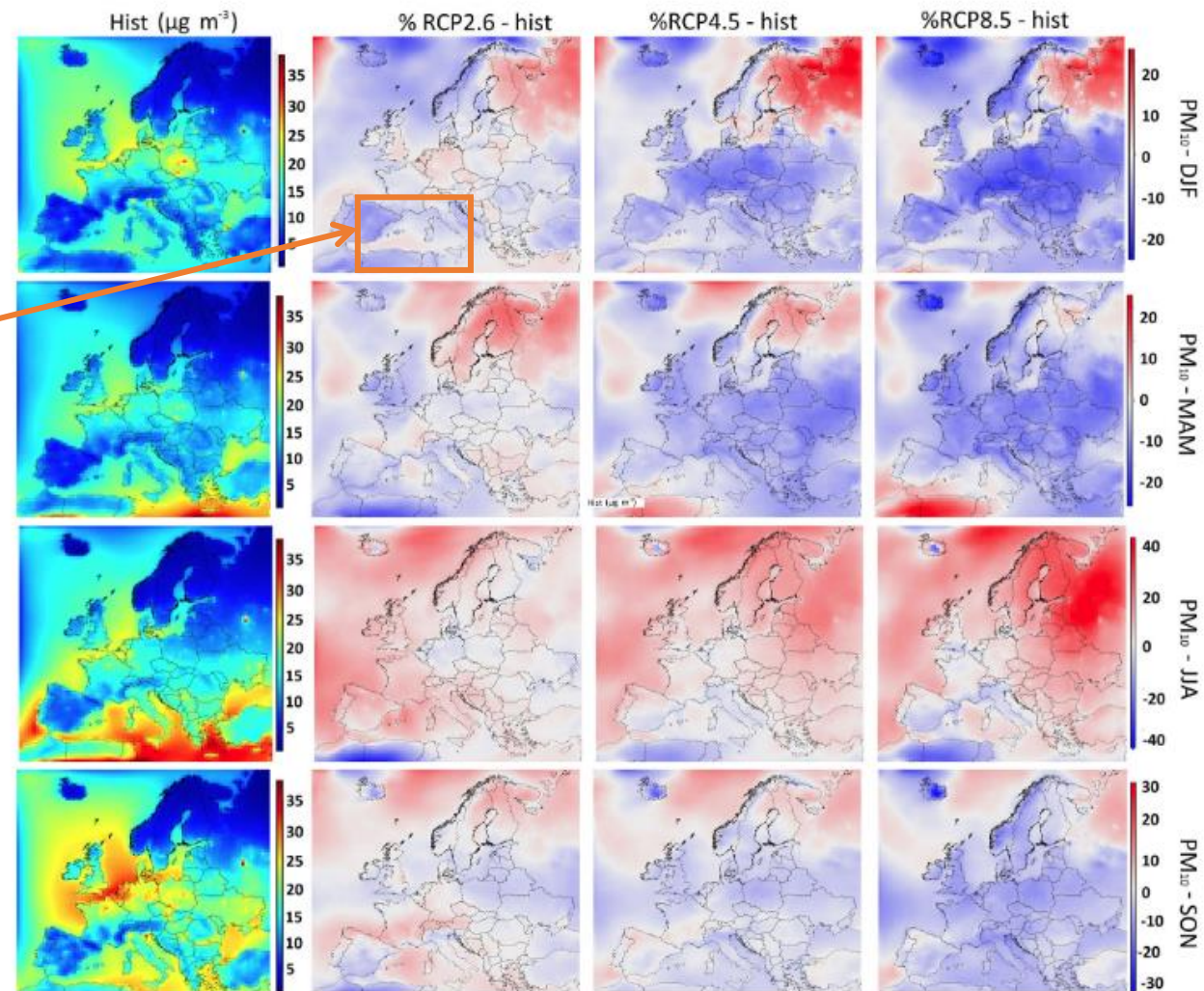
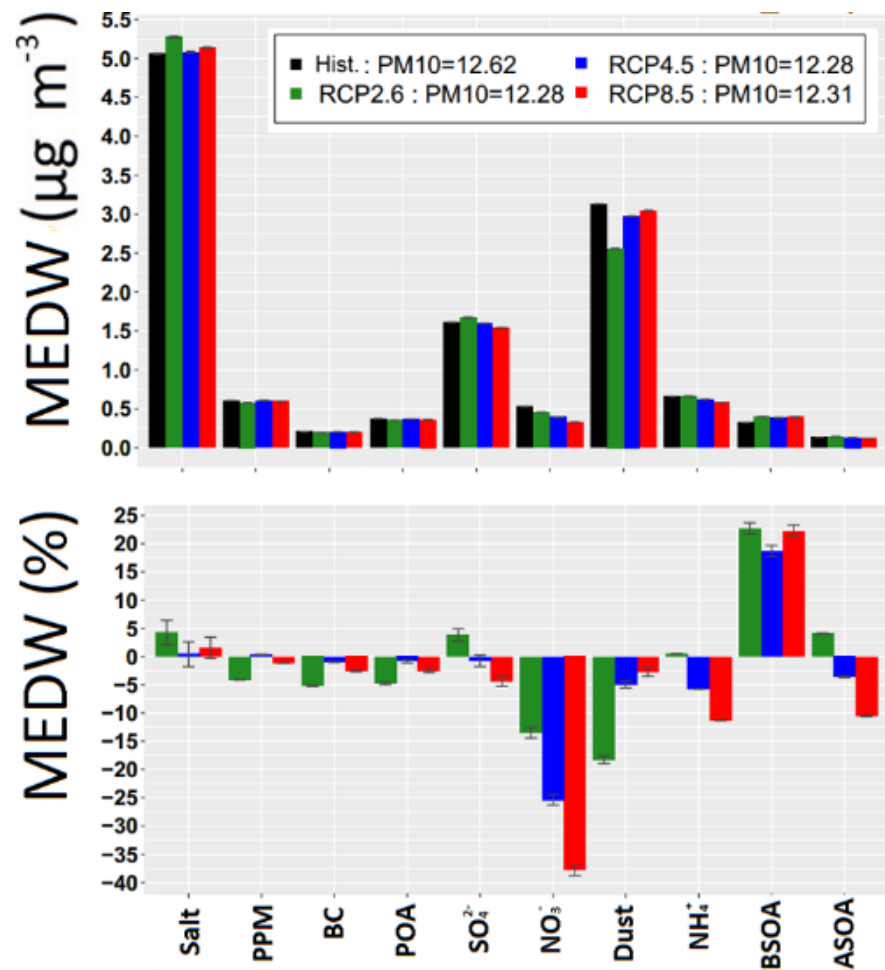
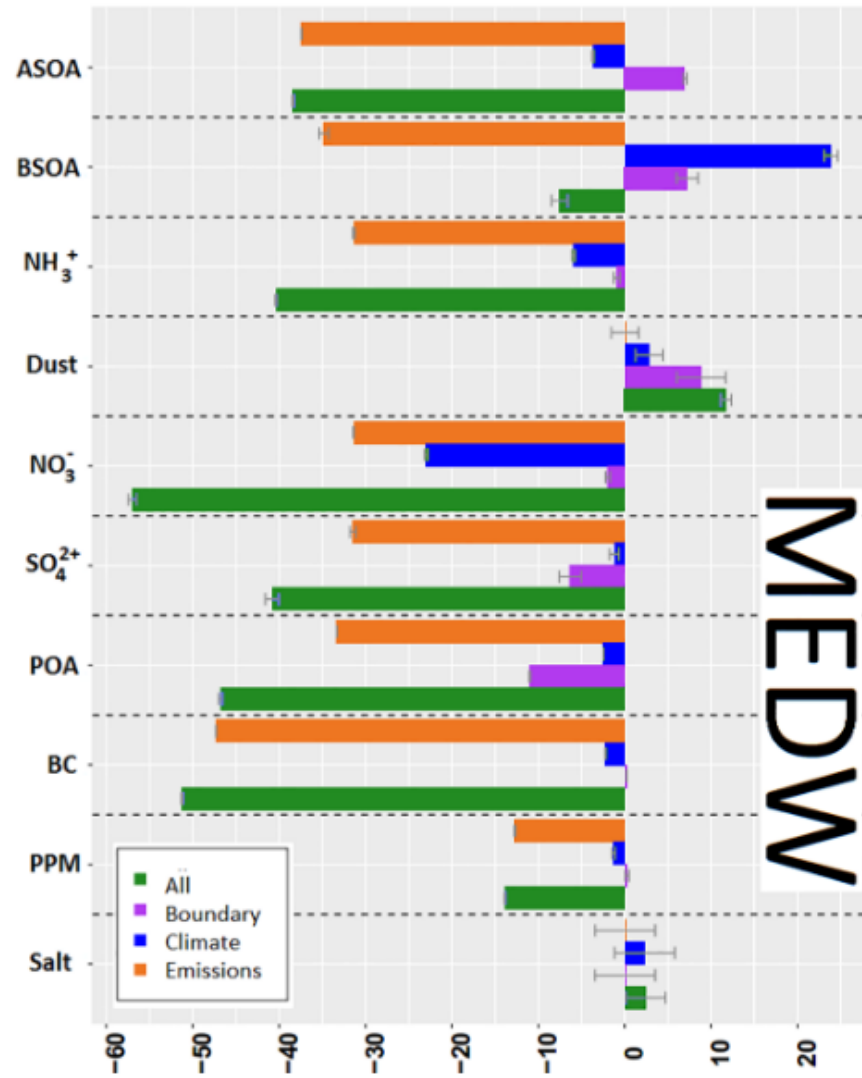


Figure 5. PM₁₀ seasonal average concentrations in the historical simulation (first column). Relative differences between the climate simulations (RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5) and the historical simulation (Hist) (second, third and fourth columns, respectively). Rows represents the different seasons (winter, spring, summer and fall, from top to the bottom). Please note that the scale used differs between seasons for the sake of readability.

Cholakian, A., Colette, A., Pison, I., Szopa, S., Coll, I., and Szarka, A.: Future climatic drivers and their effect on PM₁₀ components in Europe and the Mediterranean Sea, *Atmos. Chem. Phys.*, 19, 4459–4484, <https://doi.org/10.5194/acp-19-4459-2019>, 2019.

TENDANCE FUTURE/ TENDENZE FUTURE



Relative impact of climate, boundary conditions and emission drivers on PM₁₀ components for different subdomains

Cholakian, A., Colette, A., Pison, I., Szopa, S., Coll, I., and Szarka, A.: Future climatic drivers and their effect on PM₁₀ components in Europe and the Mediterranean Sea, *Atmos. Chem. Phys.*, 19, 4459–4484, <https://doi.org/10.5194/acp-19-4459-2019>, 2019.

PARTICULES DÉSERTIQUES / PARTICELLE DEL DESERTO

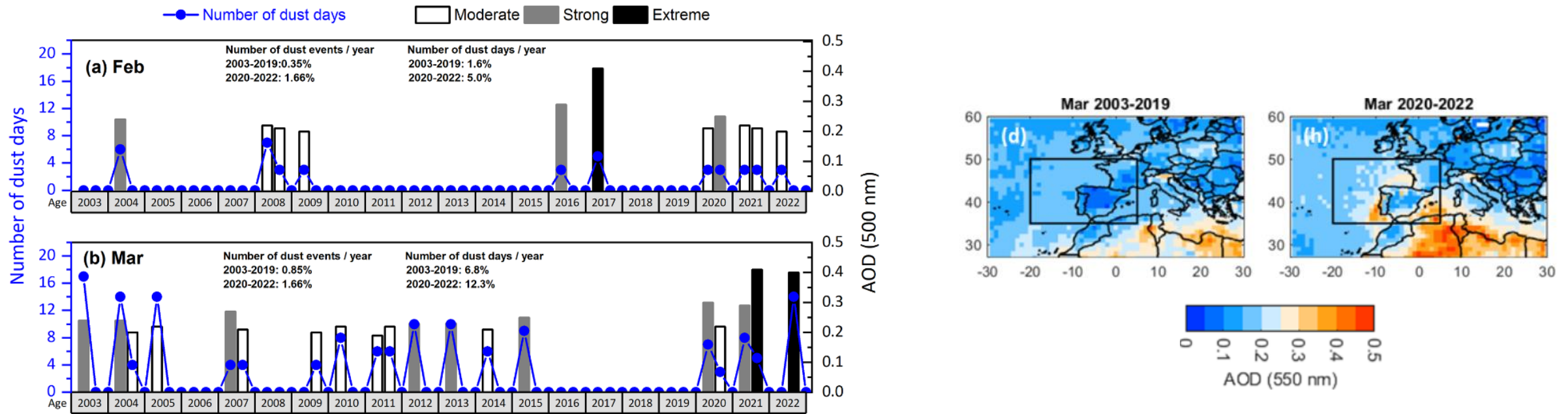


Figure 3. Monthly time series (2003–2022) with the number of dust days (blue dots and lines, left y axis) and the AOD at 550 nm averaged over the WEM and for all dust days in the month (bars, right y axis) for (a) February and (b) March. The colour of the bars indicates the type of dust event: moderate ($0.18 < AOD_{avg} \leq 0.23$) in white, strong ($0.23 < AOD_{avg} \leq 0.33$) in grey, and extreme ($AOD_{avg} > 0.33$) in black.

Cuevas-Agulló, E., Benas, N., Pérez, C., Obregón, M. A., Algarra, I., Román, R., Fuertes, D., de la Morena, B. A., Alados-Arboledas, L., and Cachorro, V.: Sharp increase in Saharan dust intrusions over the western Euro-Mediterranean (2020–2022), *Atmos. Chem. Phys.*, **24**, 1755–1778, 2024, <https://doi.org/10.5194/acp-24-1755-2024>.

PARTICULES DÉSERTIQUES / PARTICELLE DEL DESERTO

Mediterranean region

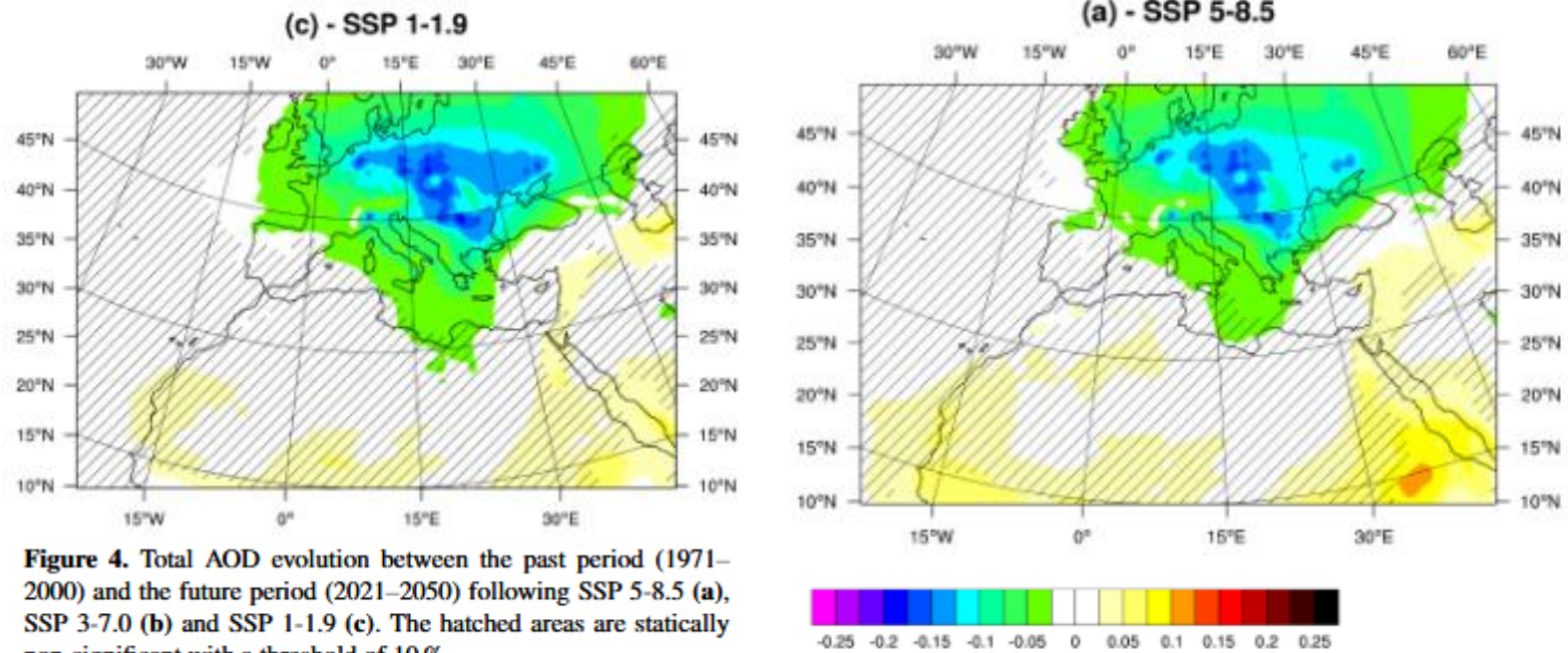


Figure 4. Total AOD evolution between the past period (1971–2000) and the future period (2021–2050) following SSP 5-8.5 (a), SSP 3-7.0 (b) and SSP 1-1.9 (c). The hatched areas are statically non-significant with a threshold of 10 %.

Drugé, T., Nabat, P., Michou, M., Szopa, S., Mallet, M., Peuch, V.-H., Alban, F., and Saint-Martin, D.: Future evolution of aerosols and implications for climate change in the Euro-Mediterranean region using the CNRM-ALADIN63 regional climate model, *Atmos. Chem. Phys.*, 21, 7639–7661, 2021, <https://doi.org/10.5194/acp-21-7639-2021>.

Table 2. Relative contribution (%) of the different aerosols to the total AOD (550 nm) over the historical period (1971–2000) and the future period (2021–2050) according to SSPs 1-1.9, 3-7.0 and 5-8.5.

	Historical	SSP 1-1.9	SSP 3-7.0	SSP 5-8.5
Europe				
Sulfate	60	7	13	10
Nitrate	15	47.5	43.5	46
Ammonium	5	17	14.5	15.5
Organic carbon	6	6	8	8
Black carbon	2	1	1.5	1.5
Sea salt	7	12	10.5	11
Dust	5	9.5	9	9
Mediterranean Sea				
Sulfate	38.5	7	16	9
Nitrate	6	23	19	21.5
Ammonium	1.5	7.5	6	7
Organic carbon	4	3.5	5	4.5
Black carbon	1.5	1	2	1.5
Sea salt	14.5	17	15	16.5
Dust	34	41	37	40

PARTICULES DÉSERTIQUES/

POLVERI DESERTICHE

Dick, O., Viallon-Galinier, L., Tuzet, F., Hagenmuller, P., Fructus, M., Reuter, B., Lafaysse, M., et al.: Can Saharan dust deposition impact snowpack stability in the French Alps?, *The Cryosphere*, 17, 1755–1773, 2023, <https://doi.org/10.5194/tc-17-1755-2023>.

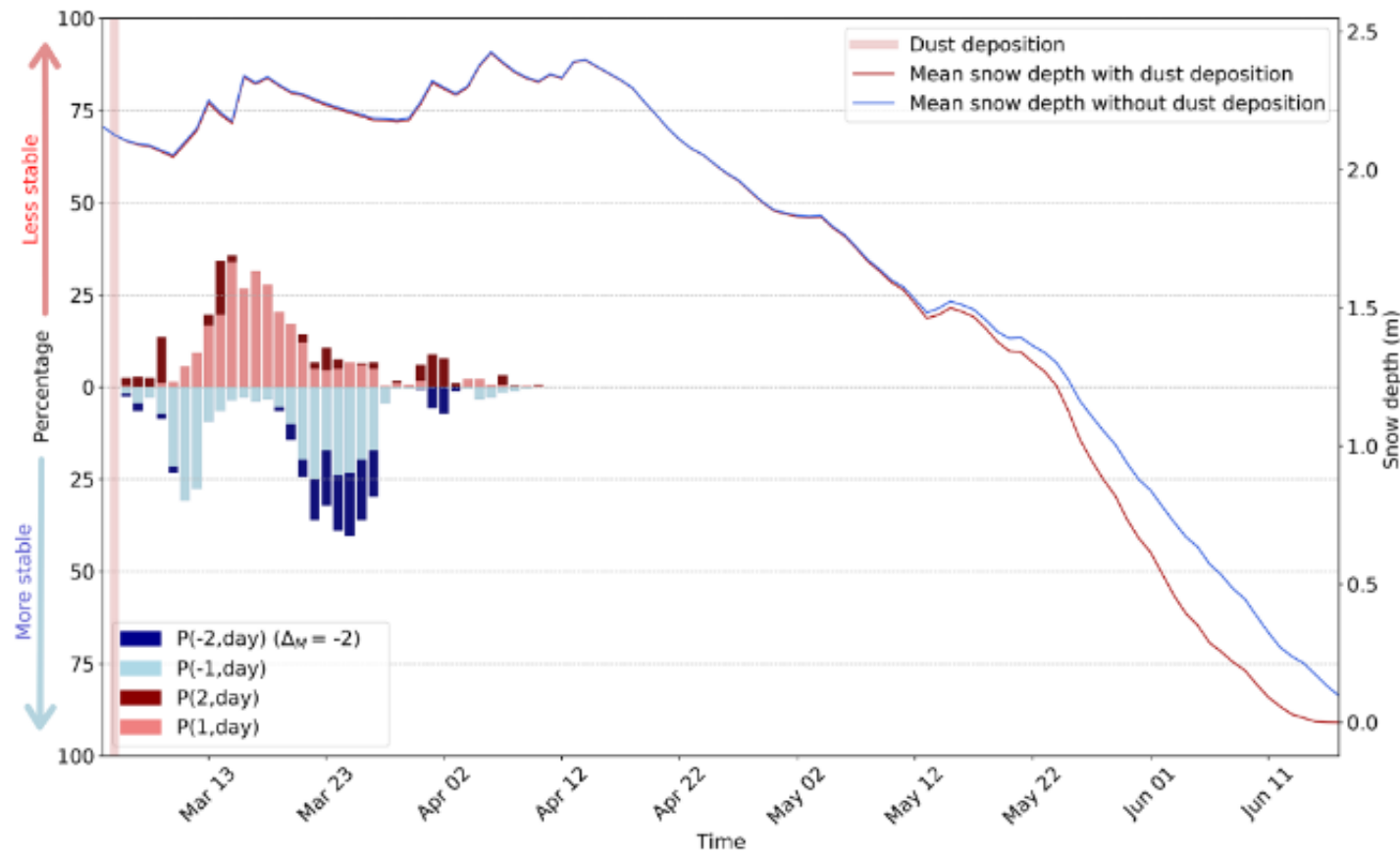


Figure 5. Evolution of the daily difference in stability Δ_M for the synthetic case of a north-facing slope at 2400 m. For each day the probability $P(V, \text{day})$ (in %) is graphed in blue for an increase in snowpack stability ($V < 0$) and in red for a decrease ($V > 0$). The blue and red lines represent the snow depth for the modeled snowpack without and with dust deposition, respectively, after the dust deposition event of 5 March 2018.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET POLLENS /

CAMBIAMENTI CLIMATICI E POLLINI

Lengthening of the pollen season (grasses, urticaceae, and ragweed):

An increase of **13 to 27 days** in the observed pollen season since 1995 in North America (Ziska et al. (2003)).

Increase in pollen per plant (olive, cypress, and ragweed):

Ragweed plant pollen production is enhanced by the rising atmospheric CO₂ concentrations (Ziska and Caulfield (2000)).

Increase in allergenicity (birch and ragweed):

Promoted by elevated CO₂ concentrations.

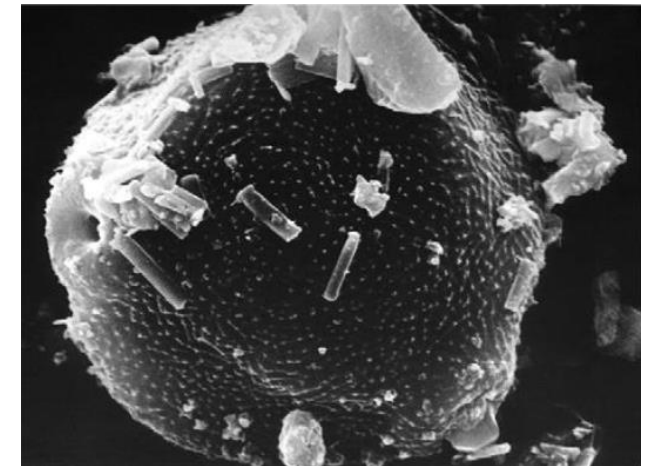
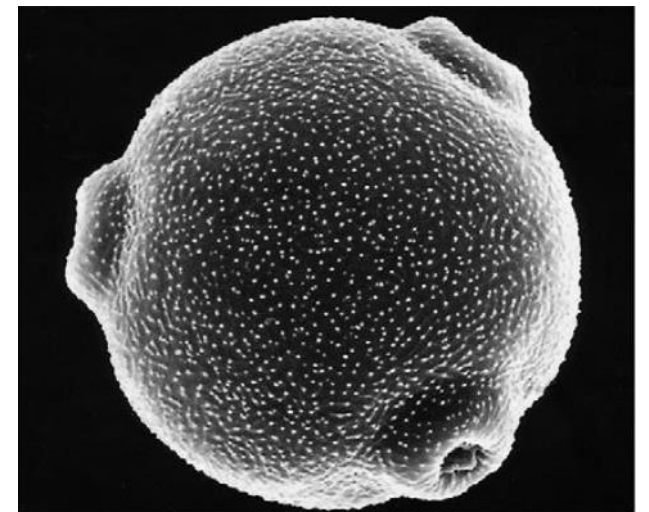
Greater impact on human health:

Temperature, CO₂ levels, and population density are all higher in urban areas compared to rural areas.

Ziska, L. H., Gebhard, D. E., Frenz, D. A., Faulkner, J. D., and Singer, B. D.: Rising CO₂ and pollen production of common ragweed (Ambrosia artemisiifolia L.), a known allergy-inducing species: implications for public health, Aust. J. Plant Physiol., 27, 893–898, 2000, <https://doi.org/10.1071/PP00032>.

Ziska LH, Gebhard DE, Frenz DA, et al. Cities as harbingers of climate change: common ragweed, urbanization, and public health. J Allergy Clin Immunol 2003;111:290–5

Ziska et Al., 2003; Evaluation of the growth response of six invasive species to past, present and future atmospheric carbon dioxide



Pollen grains (rural and urban background)
H. Behrendt & W.M Becker, 2001

QUESTION N°1/ DOMANDA 1

Est-ce que l'amélioration technologique et les actions de mitigation anthropiques vont être contrebalancées par les émissions de dust et de pollens ? / Il miglioramento tecnologico e le azioni di mitigazione antropica saranno controbilanciati dalle emissioni di polveri e di pollini?

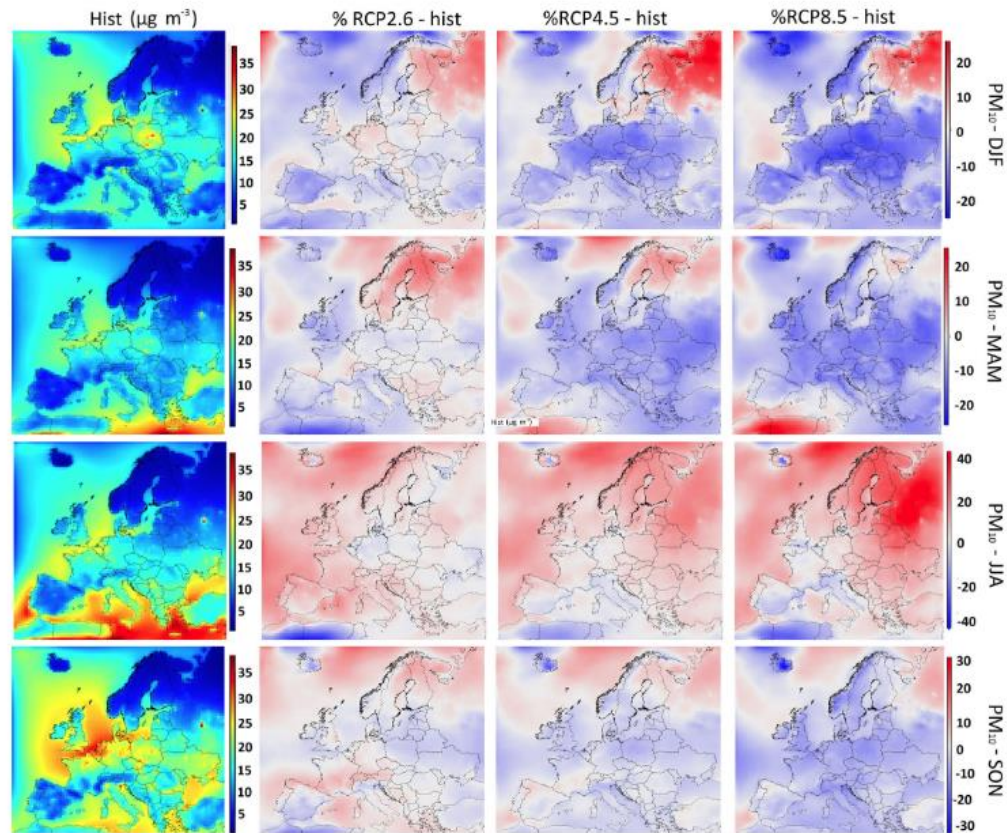


Figure 5. PM₁₀ seasonal average concentrations in the historical simulation (first column). Relative differences between the climate simulations (RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5) and the historical simulation (Hist) (second, third and fourth columns, respectively). Rows represents the different seasons (winter, spring, summer and fall, from top to the bottom). Please note that the scale used differs between seasons for the sake of readability.

RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Est-ce que l'amélioration technologique et les actions de mitigation anthropiques vont être contrebalancées par les émissions de dust et de pollens ?

Il miglioramento tecnologico e le azioni di mitigazione antropica saranno controbilanciati dalle emissioni di polveri e di pollini?

A. Clappier : La question est plus large que ça puisque dans les particules naturelles, on peut citer les poussières désertiques, les pollens mais aussi les particules liées aux incendies de forêts qui sont aussi à prendre en compte en lien avec la récente actualité. Dans la mesure où on risque d'avoir des incendies tous les étés ce qui pourraient être un facteur responsable de l'augmentation des particules et qui n'est pas toujours pris en compte dans les stratégies que l'on essaie de concevoir.

La questione è più ampia di così, perché tra le particelle naturali possiamo citare le polveri desertiche, i pollini, ma anche le particelle legate agli incendi boschivi, che devono essere considerate, soprattutto alla luce degli eventi recenti. Nella misura in cui rischiamo di avere incendi ogni estate, questi potrebbero diventare un fattore responsabile dell'aumento delle particelle, e non sempre vengono presi in considerazione nelle strategie che stiamo cercando di sviluppare.

S. Bande : Dans les scénarios ALP'AERA, nous allons utiliser le modèle SURFPro (SURFace-atmosphere interface Processor) pour les phénomènes de resuspension. Pour les émissions naturelles ce sera avec MEGAN.

Negli scenari ALP'AERA utilizzeremo il modello SURFPro per i fenomeni di risospensione. Per le emissioni naturali sarà utilizzato MEGAN.

M. Mircea : Pour information, nous faisons en ce moment un exercice EMEP où ils investiguent l'impact des émissions naturelles sur l'ozone. L'année prochaine, ils le feront également avec les particules fines. La particularité de cet exercice est qu'il y a plus de dix systèmes de modélisation et qu'il y a des données expérimentales donc on pourra mieux quantifier la contribution des biogéniques sur les particules. De ce que je connais, la contribution des biogéniques sera importante pour les PM2.5. Il faut avoir en tête également la nouvelle directive européenne qui prévoit un seuil réglementaire de $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ en lien avec la santé. Dans les slides présentées, le biogénique contribuait déjà à la moitié du seuil. Le dust sera lui plus important pour les PM10 mais difficile de le quantifier. Nous avons fait une évaluation de la contribution des dust en Italie par le passé et sur la moyenne annuelle, nous n'avons pas d'impact important, même pas dans les stations de l'Italie du sud.

Per informazione, stiamo attualmente partecipando a una sperimentazione EMEP in cui si indaga l'impatto delle emissioni naturali sull'ozono. Il prossimo anno lo faranno anche per le particelle fini. La particolarità di questa prova è che ci sono più di dieci sistemi di modellizzazione e che sono disponibili dati sperimentali, quindi si potrà quantificare meglio il contributo delle emissioni biogeniche sulle particelle. Da quello che so, il contributo delle emissioni biogeniche sarà importante per le particelle di PM2.5. Bisogna tenere presente anche la nuova direttiva europea che prevede un limite normativo di $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ in relazione alla salute. Nelle slides presentate, il contributo biogenico rappresentava già metà di questo limite. Il dust sarà invece più importante per le particelle di PM10, ma è difficile da quantificare. In passato abbiamo fatto una valutazione del contributo delle polveri (dust) in Italia e sulla media annuale non abbiamo riscontrato un impatto significativo, neanche nelle stazioni del Sud Italia.

RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Est-ce que l'amélioration technologique et les actions de mitigation anthropiques vont être contrebalancées par les émissions de dust et de pollens ?

Il miglioramento tecnologico e le azioni di mitigazione antropica saranno controbilanciati dalle emissioni di polveri e di pollini?

S. Oppo : Il est vrai que l'impact sur la moyenne annuelle est limité mais il peut arriver que le seuil réglementaire journalier soit dépassé en raison de masses d'air chargée en particules désertiques.

È vero che l'impatto sulla media annuale è limitato, ma può succedere che il limite normativo giornaliero venga superato a causa di masse d'aria cariche di particelle desertiche.

M. Mircea : Les études faites par le passé étaient peu nombreuses, la plupart du transport de dust se faisait pour des concentrations de PM faibles, qui ne dépassaient pas les seuils. Ce n'est pas important pour une moyenne annuelle.

Gli studi fatti in passato erano pochi, la maggior parte del trasporto di polveri (dust) avveniva per concentrazioni di PM basse, che non superavano i limiti. Non è rilevante per una media annuale.

A. Clappier : Il y a également la localisation des pays qui va être influencé par les poussières désertiques notamment ceux dans le sud comme le Portugal ou l'Espagne. Je trouve très intéressant qu'on essaie de faire la distinction entre les pics et la moyenne et jusqu'à maintenant les études sur la santé publique sont plutôt basées sur des moyennes. Est-ce que c'est parce que les méthodes employées par les épidémiologistes ne peuvent qu'analyser des moyennes, que leurs prescriptions ne sont que sur des moyennes ? Il reste la question de savoir si les pics affectent la santé.

C'è anche la posizione geografica dei paesi che sarà influenzata dalle polveri desertiche, in particolare quelli del sud come il Portogallo o la Spagna. Trovo molto interessante il fatto che si cerchi di distinguere tra i picchi e la media, mentre finora gli studi di sanità pubblica si sono basati principalmente sulle medie. È perché i metodi utilizzati dagli epidemiologi permettono solo di analizzare le medie? O perché le loro raccomandazioni si basano solo su valori medi? Resta la questione di sapere se i picchi abbiano un impatto sulla salute.

RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Est-ce que l'amélioration technologique et les actions de mitigation anthropiques vont être contrebalancées par les émissions de dust et de pollens ?

Il miglioramento tecnologico e le azioni di mitigazione antropica saranno controbilanciati dalle emissioni di polveri e di pollini?

S. Finardi : Je voudrais ajouter que pour comprendre l'impact sur la qualité de l'air, les simulations de Mihaela sont importantes. Du point de vue des émissions, il faut dire qu'il y a des éléments dont on est sûr comme l'impact de la température parce qu'il y a déjà un impact depuis 20 ans qu'on peut évaluer. Dans le futur, il y a déjà plusieurs modèles qui donnent une estimation de croissance des émissions biogéniques en raison de l'effet combiné de la température et de la radiation solaire. Ce qui est incertain et difficile à quantifier ce sont les périodes de sécheresse qui impactent les émissions réelles de la végétation. A l'avenir, on attend une augmentation de l'impact de CO₂ en cohérence avec l'activité biologique des plantes. Les incertitudes sont nombreuses. Récemment, j'ai découvert que dans certaines simulations climatiques, les émissions biogéniques ont été moyennées au mois, avec une variabilité journalière. Si nous pensons à la situation alpine, nous devons penser qu'à l'avenir, les changements que nous attendons de la végétation (augmentation des plantes en altitudes donc déplacement des émissions). Les émissions d'isoprènes peuvent par exemple avoir un effet sur les particules et l'ozone.

Vorrei aggiungere che, per comprendere l'impatto sulla qualità dell'aria, le simulazioni di Mihaela sono importanti. Dal punto di vista delle emissioni, bisogna dire che ci sono elementi di cui siamo certi, come l'impatto della temperatura, perché è già visibile da vent'anni e può essere valutato. Per il futuro, esistono già diversi modelli che stimano una crescita delle emissioni biogeniche a causa dell'effetto combinato della temperatura e della radiazione solare. Ciò che invece è incerto e difficile da quantificare sono i periodi di siccità, che influenzano le emissioni reali della vegetazione. In futuro, ci si aspetta anche un aumento dell'impatto della CO₂, in coerenza con l'attività biologica delle piante. Le incertezze sono molte. Recentemente, ho scoperto che in alcune simulazioni climatiche, le emissioni biogeniche sono state mediate su base mensile, ma con una variabilità giornaliera. Se pensiamo alla situazione alpina, dobbiamo considerare che in futuro ci saranno cambiamenti nella vegetazione (aumento della presenza vegetale in altitudine e quindi spostamento delle emissioni). Le emissioni di isoprene, ad esempio, possono avere un effetto sia sul particolato che sull'ozono.

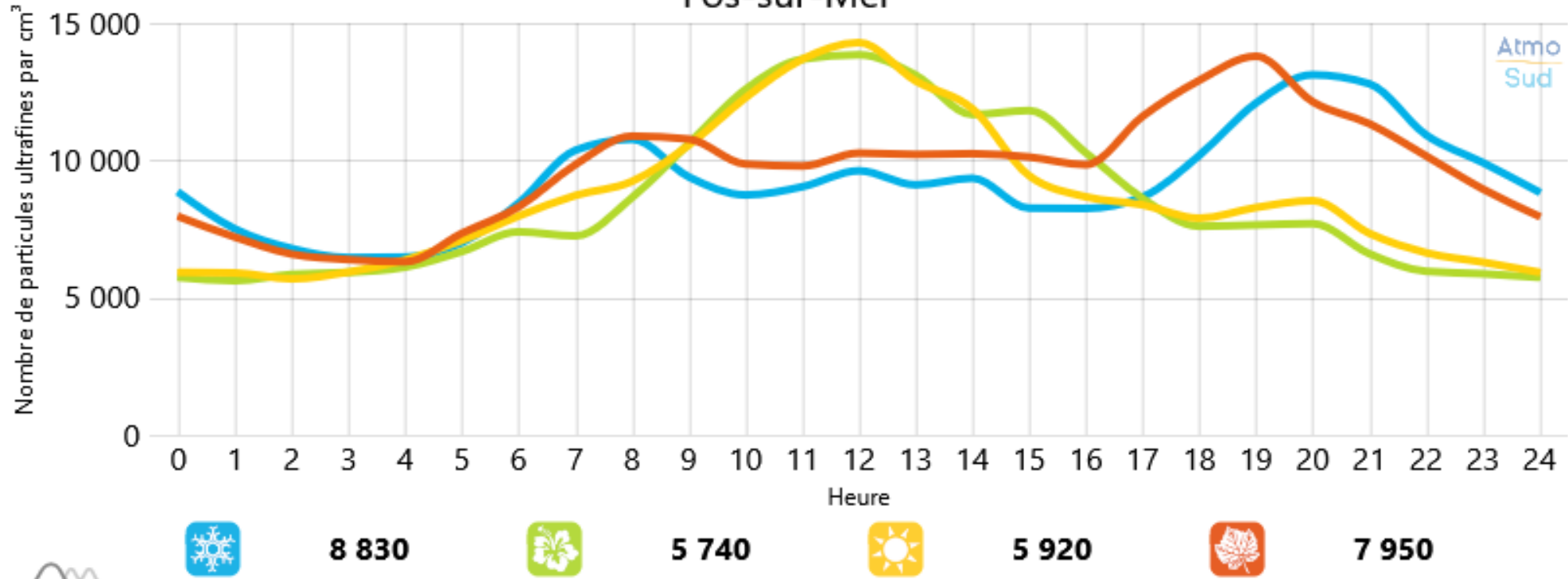
A. Clappier : Ce que tu dis recoupe ce que tu disais sur le changement du landuse pour les calculs climatiques. Si on vit dans une période où la température va augmenter, on aura plus d'incendies et on aura donc un changement des essences et donc du type de végétation ce qui va impacter les émissions de composés organiques volatils (COV) mais aussi la resuspension qui peuvent être important par exemple après un incendie. On doit donc prendre en compte ces changements dans l'occupation du sol car ils sont progressifs mais assez rapides.

Quello che dici si ricollega a quanto osservavi sul cambiamento dell'uso del suolo nei calcoli climatici. Se viviamo in un periodo in cui la temperatura aumenterà, ci saranno più incendi, e questo comporterà un cambiamento delle specie vegetali e quindi del tipo di vegetazione, il che influenzerà le emissioni di composti organici volatili (COV), ma anche la risospensione, che può essere significativa, ad esempio, dopo un incendio. Dobbiamo, quindi, tenere conto di questi cambiamenti nell'uso del suolo, perché sono progressivi ma anche piuttosto rapidi.

QUESTION N°2 / DOMANDA 2

Les particules ultrafines vont-elles augmenter en lien avec la hausse de la photochimie et de certaines sources (secteur aérien, maritime...)? / Le particelle ultrafini aumenteranno a causa dell'aumento della fotochimica e di alcune fonti (aeroporti, trasporto marittimo, ecc.)?

Évolution journalière des PUF en fonction des saisons à Fos-sur-Mer



RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Les particules ultrafines vont-elles augmenter en lien avec la hausse de la photochimie et de certaines sources (secteur aérien, maritime...)?

Le particelle ultrafini aumenteranno a causa dell'aumento della fotochimica e di alcune fonti (aeroporti, trasporto marittimo, ecc.)?

G. Gerosa : En ce qui concerne notre expérience, nous avons vu une augmentation des émissions de particules nanométriques donc ultrafines au-dessous de 0.1µm. Ce constat est clairement piloté par l'augmentation de la température. La température augmente l'évaporation d'isoprène et de terpène des feuilles qui s'accumule dans l'air. Si nous ajoutons le fait qu'il y a une augmentation de l'ozone de fond, donc il y a une augmentation des aérosols organiques secondaires dans les milieux forestiers. Il faut donc s'attendre à une augmentation de l'aérosol biogénique sur l'arc alpins en raison de la grande couverture de forêts à l'échelle locale. Nous avons notamment des émissions dues à des sources hétérogènes et la tendance est liée à des phénomènes sociaux-économiques que je ne peux pas prévoir. Mais pour le reste, je peux dire que les biogéniques joueront un rôle plus important à l'avenir surtout la partie non réglementée, en dessous de 2,5µm. Autre problème dans la plaine du Pô, les émissions d'ammoniac émises par les sols agricoles en lien avec la fertilisation et l'élevage. Ces émissions d'ammoniac amènent ensuite à la formation d'aérosols inorganiques secondaires. Si on prévoit une augmentation de la consommation de viande, nous devons prévoir l'augmentation des émissions d'ammoniac liées à la température. Si la température est plus élevée, il y aura une volatilisation de l'ammoniac qui sera plus élevée et donc nous devons nous attendre à ce type d'augmentation.

Per quanto riguarda la nostra esperienza, abbiamo osservato un aumento delle emissioni di particelle nanometriche, quindi ultrafini, al di sotto di 0,1 µm. Questa osservazione è chiaramente guidata dall'aumento della temperatura. La temperatura aumenta l'evaporazione di isoprene e terpeni dalle foglie, che si accumulano nell'aria. Se aggiungiamo il fatto che c'è anche un aumento dell'ozono di fondo, allora si verifica un incremento degli aerosol organici secondari negli ambienti forestali. Ci si deve quindi aspettare un aumento dell'aerosol biogenico sull'arco alpino, a causa dell'ampia copertura forestale a livello locale. Abbiamo, inoltre, emissioni dovute a fonti eterogenee e la tendenza è legata a fenomeni socio-economici che non posso prevedere. Ma, per il resto, posso dire che i biogenici giocheranno un ruolo sempre più importante in futuro, soprattutto per la parte non regolamentata, sotto i 2,5 µm.

Un altro problema, nella Pianura Padana, sono le emissioni di ammoniaca provenienti dai suoli agricoli, legate alla fertilizzazione e all'allevamento. Queste emissioni portano poi alla formazione di aerosol inorganici secondari. Se prevediamo un aumento del consumo di carne, dobbiamo anche prevedere un aumento delle emissioni di ammoniaca legate alla temperatura. Se la temperatura sarà più alta, ci sarà una maggiore volatilizzazione dell'ammoniaca e quindi dobbiamo attenderci questo tipo di aumento.

S. Oppo : Ces aérosols organiques secondaires ont un impact sanitaire conséquent puisqu'ils sont de très petite taille. Il est donc nécessaire de les mesurer, plus seulement en masse mais surtout en nombre. C'est notamment un indicateur qui est visé dans la nouvelle directive.

Questi aerosol organici secondari hanno un impatto sanitario significativo, poiché sono di dimensioni molto piccole. È quindi necessario misurarli, non solo in termini di massa, ma soprattutto in termini di numero. Si tratta, in particolare, di un indicatore preso in considerazione nella nuova direttiva.

RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Les particules ultrafines vont-elles augmenter en lien avec la hausse de la photochimie et de certaines sources (secteur aérien, maritime...)?

Le particelle ultrafini aumenteranno a causa dell'aumento della fotochimica e di alcune fonti (aeroporti, trasporto marittimo, ecc.)?

A. Clappier : Je me rappelle d'une publication où ils se sont intéressés aux particules pas forcément en fonction de leur taille mais aussi de leur composition. Ça serait les particules primaires (usure des plaquettes de freins...) qui seraient les plus dangereuses, beaucoup plus que les nitrates d'ammonium. Idéalement, il faudrait également pouvoir tenir compte de ces aspects là. Néanmoins, au niveau des directives européennes, ils ne pourront pas faire de distinction car localement vous ne pourrez pas être dotés d'appareillage capable de distinguer la composition. C'est de nouveau la taille qui sera le critère principal.

Ricordo una pubblicazione in cui si sono interessati alle particelle non solo in funzione della loro dimensione, ma anche della loro composizione. Sembra che i nitrati di ammonio e le particelle primarie (come l'usura delle pastiglie dei freni...) siano tra le più pericolose. Idealmente, bisognerebbe poter tenere conto anche di questi aspetti. Tuttavia, a livello delle direttive europee, non sarà possibile fare questa distinzione, perché a livello locale non si disporrà di strumentazione in grado di distinguere la composizione. Ancora una volta, sarà quindi la dimensione il criterio principale.

S. Oppo : Sur notre territoire, nous avons pu accueillir des analyseurs de potentiel oxydant des particules. Cette métrique est souvent utilisée pour connaître le véritable impact sanitaire des particules et c'est en lien avec la composition des particules que tu évoquais.

Nel nostro territorio, abbiamo avuto la possibilità di ospitare analizzatori del potenziale ossidante delle particelle. Questa metrica è spesso utilizzata per valutare il reale impatto sanitario delle particelle ed è legata alla composizione delle particelle di cui parlavi.

A. Clappier : Oui cette mesure est intéressante car le potentiel oxydant peut être directement mis en lien avec l'impact sur la santé. Il reste à savoir si la directive européenne va utiliser cet indicateur de potentiel oxydant.

Sì, questa misura è interessante perché il potenziale ossidante può essere messo direttamente in relazione con l'impatto sulla salute. Resta da vedere se la direttiva europea utilizzerà questo indicatore del potenziale ossidante.

RÉPONSES DES EXPERTS/LE RIPOSTE DEGLI ESPERTI

Les particules ultrafines vont-elles augmenter en lien avec la hausse de la photochimie et de certaines sources (secteur aérien, maritime...)?

Le particelle ultrafini aumenteranno a causa dell'aumento della fotochimica e di alcune fonti (aeroporti, trasporto marittimo, ecc.)?

J. Cozic : C'est Gaëlle Uzu au sein de l'IGE qui a mis les mesures de potentiel oxydant en place. Il y a des mesures sur filtre mais également un analyseur en ligne. En Auvergne Rhône-Alpes, on a des mesures depuis plus de 10 ans, on commence même à avoir des tendances dessus. Des publications scientifiques viennent d'être soumises. Ils ont également fait des mesures de potentiel oxydant sur des particules agricoles qui montrent un potentiel oxydant très bas, en lien avec ce que tu disais Alain. La combustion de biomasse et les particules de frein sont les particules les plus réactives mais elles ne réagissent pas de la même façon suivant le type de mesure (Test DTT ou AA). La future directive recommande d'installer des mesures de potentiel oxydant sur tous les supersites européens comme Marseille ou à Grenoble.

È stata Gaëlle Uzu, all'interno dell'IGE, a mettere in atto le misure del potenziale ossidativo. Ci sono misure effettuate su filtro, ma anche un analizzatore in continuo. In Alvernia-Rodano-Alpi, disponiamo di misurazioni da oltre 10 anni, e iniziamo persino ad osservare delle tendenze. Alcune pubblicazioni scientifiche sono appena state presentate. Hanno anche effettuato misure di potenziale ossidativo su particelle di origine agricola, che mostrano un potenziale molto basso, in linea con quanto dicevi tu, Alain. La combustione della biomassa e le particelle provenienti dall'usura dei freni sono le più reattive, ma non reagiscono allo stesso modo a seconda del tipo di test (DTT o AA). La futura direttiva raccomanda di installare misure del potenziale ossidante in tutti i supersiti europei, come a Marsiglia o a Grenoble.



Dinh Ngoc Thuy Vy, Jaffrezo, J.-L., Dominutti, P., & Uzu, G. (2025, July). *Decadal trends (2013–2023) in PM10 sources and oxidative potential at a European urban supersite (Alpine Valley, Grenoble, France)*. *EGUsphere*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-2933>

A. Clappier : Cette approche est très intéressante et peut rabattre les cartes en matière de stratégies. Si on prend l'exemple de l'ammoniac, lorsqu'on est dans un régime saturé en oxydes d'azote, on arrive à la conclusion qu'il faut réduire l'ammoniac pour réduire les particules fines. Mais si on s'aperçoit que ce ne sont pas ces particules là les plus dangereuses, ça changera l'ordre des stratégies qu'on préconise.

Questo approccio è molto interessante e potrebbe rimettere in discussione le strategie attuali. Prendiamo l'esempio dell'ammoniaca: quando ci si trova in un regime saturo di ossidi di azoto, si arriva alla conclusione che è necessario ridurre l'ammoniaca per diminuire le particelle fini. Ma se si scopre che non sono queste le particelle più pericolose per la salute, allora l'ordine delle strategie da adottare potrebbe cambiare.

G. Bogaert : Y-a-t-il d'autres analyseurs de particules ultrafines, notamment dans les Alpes ? Ci sono altri analizzatori di particelle ultrafini, in particolare nelle Alpi?

S. Oppo : En région Sud, les analyseurs sont principalement sur le littoral. En vallées alpines, Atmo AURA doit avoir des mesures. Nella regione Sud, gli analizzatori si trovano principalmente lungo la costa. Nelle valli alpine, Atmo AURA dovrebbe avere delle misure.

5

RESTITUTION DES ÉCHANGES

BREVE RIASSUNTO DELLE DISCUSSIONI

RESTITUTION DES ÉCHANGES

Sur la question de savoir s'il y avait des différences entre les simulations de CLIMAERA et celles d'ALPAERA, le facteur principal est le choix des scénarios de référence. Pour les nouvelles simulations, nous avons choisi des scénarios SSP1 et SSP3. Il y a eu une remarque sur le scénario SSP4 qui permettrait de couvrir plus de variabilité. Néanmoins, ce qui compte dans ces scénarios, c'est le forçage. Le SSP3 a un forçage très important et le SSP1 est déjà obsolète car il faudrait tenir entre 1,5°C et 2°C d'augmentation par rapport à l'ère pré-industrielle et on sait que ce n'est vraisemblablement pas possible.

De plus, il y a une raison pour laquelle nous ne voulons pas multiplier le nombre de scénarios de façon à ne pas avoir trop de cas d'étude à analyser en plus du temps de calcul important.

Contrairement aux simulations du projet CLIMAERA, le modèle prend en compte les aérosols. Le module aérosol a été choisi en fonction des données satellites disponibles.

Dans les simulations, l'occupation du sol est fixe et une amélioration possible serait de prendre en compte la variabilité du «landuse » en fonction du temps.

Une remarque importante sur les sources d'incertitudes dans les modèles, qui sont difficiles à évaluer. En particulier, celles induites par la résolution. La résolution des simulations météo dans ALPAERA est de 3km pour ce qui est du domaine le plus petit permettant des calculs sans avoir recours à des paramétrisations de convection car la convection est explicite dans le modèle pour reproduire ce qui va se passer au dessus de reliefs importants. Néanmoins, avec cette résolution, on ne pourra pas voir ce qui se passe dans le creux des vallées, affectant les calculs de qualité de l'air. On a donc évoqué le fait de regarder les précipitations et les températures mais également d'avoir accès à des données de force du vent dans la couche limite et des hauteurs de couche limite qui affecte directement les niveaux de pollution.

Dans la seconde partie, on s'est intéressé à ce qui pouvait affecter les niveaux de particules et qui ne serait pas émis par l'humain. Dans ces émissions naturelles, vous avez évoqué les émissions biogéniques comme les composés organiques volatils (COV) qui vont impacter la formation d'ozone mais aussi celle de PM. Vous avez aussi évoqué les poussières désertiques et la resuspension qui sont des particules minérales qui vont être émises à l'intérieur du domaine mais aussi beaucoup au bord du domaine comme le désert du Sahara. Le biogénique semble assez important même s'il est difficile de le prévoir. Vous alliez faire plus de mesures pour estimer ces sources biogéniques et l'impact qu'elles peuvent avoir sur les PM. Pour les dust, ça restait des influences ponctuelles pouvant générer des pics très importants mais qui n'impacte pas la moyenne annuelle. Vous avez également parlé du changement d'utilisation du sol en termes d'essences et type de végétation. En effet, une végétation qui va changer de type va faire varier les émissions de COV biogéniques. Les incendies peuvent également modifier la végétation et créer plus de resuspension. Donc toutes ces variations d'utilisation du sol ne sont pas encore tout à fait bien prises en compte et mal étudiées mais impactent de manière significative les particules.

On a vu que la formation des PUF pouvait être affectée puisque l'augmentation des températures peut augmenter les émissions biogéniques comme les terpènes et former des aérosols organiques secondaires. Ca peut également affecter les émissions d'ammoniac : plus de température, plus de volatilité de l'ammoniac ce qui va générer des particules fines par interactions avec les oxydes d'azote et les oxydes de soufre.

Enfin, on a évoqué le fait que la taille des particules n'était pas le seul paramètre qui pouvait quantifier la dangerosité mais également leur composition. Vous avez signalé qu'il y a des travaux récents sur l'évaluation du potentiel oxydant qui était un indicateur pertinent pour évaluer la dangerosité des particules. Il y a notamment des appareils qui sont au point et qui sont de plus en plus utilisés. Il est notamment recommandé dans la future directive européenne d'utiliser ce potentiel oxydant pour évaluer la dangerosité des particules. D'ailleurs, les récentes études pointent les particules issues de l'usure des plaquettes de freins comme les plus dangereuses suivi de celles issues des feux de cheminée. Cela changerait les stratégies puisque l'ammoniac perdrait son rôle prépondérant notamment en situation de saturation en NOx.

BREVE RIASSUNTO DELLE DISCUSSIONI

Per quanto riguarda le differenze tra le simulazioni di CLIMAERA e quelle di ALP'AERA, il principale fattore discriminante è la scelta degli scenari di riferimento. Per le nuove simulazioni, abbiamo scelto gli scenari SSP1 e SSP3. È stato fatto un commento sullo scenario SSP4, che consentirebbe di coprire una maggiore variabilità. Tuttavia, ciò che conta in questi scenari è il forzante climatico. L'SSP3 ha un forzante molto elevato, mentre l'SSP1 è ormai obsoleto perché presuppone di mantenere un riscaldamento tra 1,5°C e 2°C rispetto all'era preindustriale, cosa che ormai appare poco probabile.

Inoltre, c'è una ragione per cui non vogliamo moltiplicare il numero di scenari: evitare di avere troppi casi studio da analizzare, considerato anche il tempo di calcolo richiesto.

A differenza delle simulazioni del progetto CLIMAERA, il modello prende in considerazione gli aerosol. Il modulo aerosol è stato scelto in funzione dei dati satellitari disponibili.

Nelle simulazioni, l'uso del suolo è considerato fisso, e un possibile miglioramento sarebbe tenere conto della variabilità del "land use" nel tempo.

È stato fatto un commento importante sulle fonti di incertezza nei modelli, che sono difficili da valutare, in particolare quelle dovute alla risoluzione. La risoluzione delle simulazioni meteorologiche in ALP'AERA è di 3 km nel dominio più piccolo, il che consente di fare calcoli senza dover ricorrere a parametrizzazioni della convezione, perché quest'ultima è esplicitamente rappresentata nel modello per simulare ciò che accade sopra rilievi importanti. Tuttavia, con questa risoluzione non si riesce a rappresentare adeguatamente ciò che avviene nei fondovalle, il che ha un impatto sui calcoli della qualità dell'aria. Abbiamo quindi menzionato la possibilità di guardare alle precipitazioni e alle temperature, ma anche di avere accesso ai dati sull'intensità del vento nello strato limite e sulle altezze dello strato limite, che influenzano direttamente i livelli di inquinamento.

Nella seconda parte, ci si è concentrati su ciò che può influenzare i livelli di particolato e che non è di origine antropica. Tra queste emissioni naturali, sono state citate le emissioni biogeniche, come i composti organici volatili (COV), che influenzano sia la formazione dell'ozono che quella del particolato. Si è parlato anche delle polveri desertiche e della risospensione, che sono particelle minerali emesse sia all'interno del dominio che soprattutto ai suoi margini, come nel caso del Sahara. Le emissioni biogeniche sembrano essere piuttosto importanti, anche se difficili da prevedere. Si intende effettuare ulteriori misure per stimare queste fonti biogeniche e il loro impatto sul PM. Per quanto riguarda le polveri desertiche, si tratta di influenze puntuali che possono generare picchi molto alti ma che non influenzano la media annuale. Si è parlato anche dei cambiamenti d'uso del suolo in termini di specie e tipi di vegetazione: infatti, un cambiamento nella vegetazione può comportare variazioni nelle emissioni di COV biogenici. Gli incendi possono anch'essi modificare la vegetazione e aumentare la risospensione. Tutte queste variazioni nell'uso del suolo non sono ancora ben considerate né ben studiate, ma hanno un impatto significativo sul particolato.

È stato osservato che anche la formazione delle particelle ultrafini (PUF) potrebbe essere influenzata, poiché l'aumento delle temperature può incrementare le emissioni biogeniche (come i terpeni), che portano alla formazione di aerosol organici secondari. Possono inoltre aumentare le emissioni di ammoniaca: temperature più alte implicano maggiore volatilità dell'ammoniaca, che interagendo con ossidi di azoto e ossidi di zolfo può generare particolato fine.

Infine, si è detto che non è solo la dimensione delle particelle a determinare la pericolosità, ma anche la loro composizione. È stato evidenziato che recenti studi si sono concentrati sulla valutazione del potenziale ossidante, un indicatore pertinente per stimare la pericolosità delle particelle. Esistono infatti strumenti specifici che sono sempre più utilizzati. Nella futura direttiva europea si raccomanda l'uso di questo potenziale ossidante per valutare la pericolosità del particolato. Tra l'altro, studi recenti indicano che le particelle più pericolose derivano dall'usura delle pastiglie dei freni, seguite da quelle provenienti dai caminetti. Ciò potrebbe modificare le strategie, perché l'ammoniaca perderebbe il suo ruolo predominante, in particolare nelle situazioni di saturazione in NOx.

6

CONCLUSION/CONCLUSIONI

Envoi de la synthèse des échanges/**Invio della sintesi della discussione**

Merci à tous pour ces échanges/**Grazie a tutti per la discussione**

Merci aux interprètes, Maura et Federica/

Grazie alle interpreti Maura e Federica