



Progetto di Interesse strategico NEXTDATA

Rendicontazione scientifica per il periodo di riferimento **01/01/2012-31/12/2012**

Unità ICTP

WP 2.5 - Archivio digitale di dati numerici e previsionali

1. Attività prevista e risultati attesi (come indicato sul Piano Esecutivo, inclusi i milestones)

Durante il primo anno di progetto, l'ICTP si è prefisso queste attività:

- 1) Partecipazione al censimento di simulazioni climatiche e armonizzazione del protocollo di archivio; partecipazione alla definizione di strategie di esperimenti numerici per il progetto.

Milestones: Contributo al M2.5.1 (PM12): Completamento del censimento delle simulazioni climatiche e armonizzazione dei protocolli di archiviazione; definizione delle “scientific questions” e delle strategie di simulazione.

- 2) Partecipazione allo studio pilota sui cambiamenti nella copertura nevosa e nel ciclo idrologico sulle Alpi e sugli Appennini, che include l'implementazione di tecniche di *downscaling* stocastico della precipitazione.

Milestones: Contributo M2.6.1 (PM12): Risultati preliminari dei primi studi pilota.

2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento

- 1) Contributo al D2.5.1 (PM12): Relazione sul censimento delle simulazioni climatiche
- 2) Contributo al D2.6.1 (PM12): Relazioni sui risultati degli studi pilota nel primo anno

3. Attività effettivamente svolta durante il periodo di riferimento

3.1 Attività di ricerca

Un censimento delle simulazioni disponibili, che saranno incluse nell'archivio NextData, è stato completato (WP2.5) ed riportato nell'Allegato 1.

Il formato dei dati deciso nel protocollo NextData è NetCDF; le precedenti simulazioni riportate nell'Allegato 1 (simulazioni con RegCM3), saranno convertite dal formato binario in NetCDF come richiesto.

Una serie di simulazioni sono state completate con il modello regionale RegCM (ultima versione RegCM4) su differenti domini CORDEX (WP2.5). Le simulazioni usano come condizioni al contorno diversi GCMs a partire dal 1970 e terminano nel 2100, con scenari di gas a effetto serra RCP8.5 e RCP4.5. I vari domini del modello sono Mediterraneo, Africa, Asia del Sud, America Centrale e Sud America, la griglia orizzontale del modello è di 50km (come definita dal protocollo CORDEX) e sono state usate differenti configurazioni del modello per i differenti domini. Un'analisi di questi esperimenti è ancora in atto. I dati di queste simulazioni saranno inclusi nell'archivio NextData e nell'Allegato1 si riporta una lista degli esperimenti del modello completati in questo periodo.

Per i domini del Mediterraneo e del Sud Asia (quest'ultimo comprende l'intera catena dell'Himalaya e dell'altopiano tibetano) un'analisi dei cambiamenti nel manto nevoso per le simulazioni di scenario è stata eseguita. Oltre a fornire informazioni sulla risposta della neve al riscaldamento globale, questa analisi fornirà informazioni sulle esigenze in termini di sviluppo del modello per le regioni alpine (WP2.6). I risultati preliminari indicano che il modello tende a sovrastimare il manto nevoso sull'Himalays e le ragioni di questa sopravvalutazione sono attualmente in fase di studio.

3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Uno sviluppo sostanziale è stata effettuato del modello regionale RegCM, apportando miglioramenti sia negli schemi di fisica (convezione, superficie terrestre, radiazione, strato limite planetario) sia nell'ottimizzazione del codice. In particolare, una versione del modello è stata sviluppata migliorando notevolmente la parallelizzazione e scalatura rispetto a quello precedente. Questa versione ha permesso di aumentare la risoluzione del modello, mantenendo i tempi di calcolo ragionevoli.

Il completamento delle simulazioni CORDEX ha comportato l'uso intensivo delle risorse di calcolo parallelo (circa 1 milione di ore di CPU in un periodo di tre mesi). Le simulazioni hanno prodotto circa 150 Terabyte di dati, che vengono gestiti su due archivi di memorizzazione. Sono stati sviluppati i programmi Post-elaborazione per facilitare l'analisi dei dati.

3.3 Attività di formazione

Nel workshop del Maggio 2012 (svolto presso l'ICTP a Trieste) l'ultima versione del modello RegCM, RegCM4, è stata presentata. Questo workshop incluse sia lezioni teoriche sia sessioni di esercitazioni/laboratorio. Circa 90 studenti hanno partecipato a questo workshop. Inoltre, 4 studenti dal Brasile, India, Messico e Ungheria sono stati invitati all'ICTP per un periodo di 6 mesi per effettuare le simulazioni del punto 3.1 e per la fase iniziale dell'analisi sotto la supervisione del personale scientifico ICTP.

3.4 Attività di disseminazione e divulgazione

Il modello RegCM è un codice libero e pubblico ed è mantenuto per uso di tutta la comunità. Si prevede inoltre che l'uscita dalle simulazioni del punto 3.1 sarà disponibile per la comunità, in particolare per gli studi di impatto.

3.5 Partecipazione a conferenze

Laura Mariotti ha partecipato alla riunione NextData a Bologna (Marzo 2012), a Roma (Ottobre 2012) e a Bologna (Novembre 2012).

4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento

4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)

Raccolta dei nuovi dati in output del modello delle simulazioni di scenario CORDEX, (Allegato 1).

4.2 Pubblicazioni

E' previsto un numero speciale su "Climate Change" (tra cui circa 10 articoli) sui primi risultati e l'analisi delle simulazioni CORDEX in Allegato 1, gli articoli saranno sottomessi tra Dicembre 2012 e Gennaio 2013.

4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)

L'Output delle simulazioni dell'Allegato 1 e' in formato NetCDF secondo il protocollo NextData in fase di sviluppo.

4.4 Deliverables completati

D2.5.1

D2.6.1

5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/deliverables previsti ed effettivamente realizzati

Le attività sono stati generalmente in linea con le aspettative. Il metodo di downscaling stocastico con CNR-ISAC non e' stato ancora implementato all'interno del sistema RegCM, e discussioni con CNR-ISAC saranno necessarie su come accelerare questa implementazione.

6. Attività previste per il periodo successivo

Partecipazione alla "Manifestazione d'interesse" espressa dal CNR per la continuazione del coinvolgimento in NextData sulle linee indicate nel workpackage 2.

Trasferimento dei dati all'archivio NextData, una volta che la conversione dei dati già disponibili da formato binario in NetCDF, e prima analisi delle simulazioni CORDEX sono completati.

ALLEGATO 1

Inventory of climate experiments performed at ICTP

(Please see the appendices for a more detailed description of the models and of the experimental configurations)

1) RegCM3

Model version: RegCM3 (Giorgi et al 1993a,b)

Atmosphere 18 vertical sigma levels.

Raw output files are in binary + netcdf (to be converted)

See appendix 1 for a description of the model.

See appendix 2 for the spatial plots for all the domains.

Completed runs:

- *Alpine Region*
 - Time period: (1951-2050)
 - BC: RegCM3 at 25km of resolution (ECHAM5 boundary, A1B scenario)
 - Horizontal Resolution: 15km
 - Approximate size of the raw output archive (netcdf): 5TB
- *African Region*
 - Time period: (1980-2100)
 - BC: ECHAM5 GCM, A1B scenario
 - Horizontal Resolution: 50km
 - Approximate size of the raw output archive (netcdf): 9TB

2) CORDEX simulations with the regional climate model RegCM4.3

Model: RegCM4.3 (Giorgi et al.2012)

All runs at 50km of horizontal resolution.

See appendix 3 for a description of model.

See appendix 4 for a description of variables for CORDEX archives and of the frequency of the outputs.

See appendix 5 for the spatial plots for all the domains.

The following table summarizes the experiments which have been performed

Domain	Boundary conditions (GCMs)	period	approx. size (Tb)
South Asia	GFDL scenarios: RCP4.5, RCP8.5	1970-2100	3.4
South Asia	MPI ECHAM6 scenario RCP8.5	1970-2100	3.4
Africa	HadGEM scenarios: RCP4.5, RCP8.5	1970-2100	6.3
Africa	MPI ECHAM6 scenario RCP8.5	1970-2100	3.4
Central America	HadGEM scenarios: RCP4.5, RCP8.5	1970-2100	3.8
Central America	MPI ECHAM6 scenario RCP8.5	1970-2100	5.2
South America	HadGEM scenarios: RCP4.5, RCP8.5	1970-2100	6.4
South America	GDFL, scenario RCP8.5	1970-2100	3.5
South America	MPI ECHAM6 scenario RCP8.5	1970-2100	2.6
Mediterranean	HadGEM scenarios: RCP4.5, RCP8.5	1970-2100	6.0
Mediterranean	MPI ECHAM6 scenario RCP8.5	1970-2100	5.0

Appendix 1: RegCM3 model description

The ICTP regional climate model, RegCM3, is described in Giorgi et al. 1993a, b; Pal et al. 2007. RegCM3 is a primitive equation, sigma vertical coordinate, regional climate model based on the hydrostatic version of the dynamical core of the NCAR/PSU's mesoscale meteorological model MM5 (Grell et al. 1994). Radiation is represented by the CCM3 parameterization of Kiehl et al. (1996) and the planetary boundary scheme is represented by the scheme of Holtslag et al. (1990) in the implementation of Giorgi et al. (1993a). Interactions between the land surface and the atmosphere are described using the biosphere atmosphere transfer scheme (BATS1E; Dickinson

et al. 1993). For the ocean flux parameterization with two schemes were used: Zeng et al. (1998) and BATS (Dickinson et al. 1993).

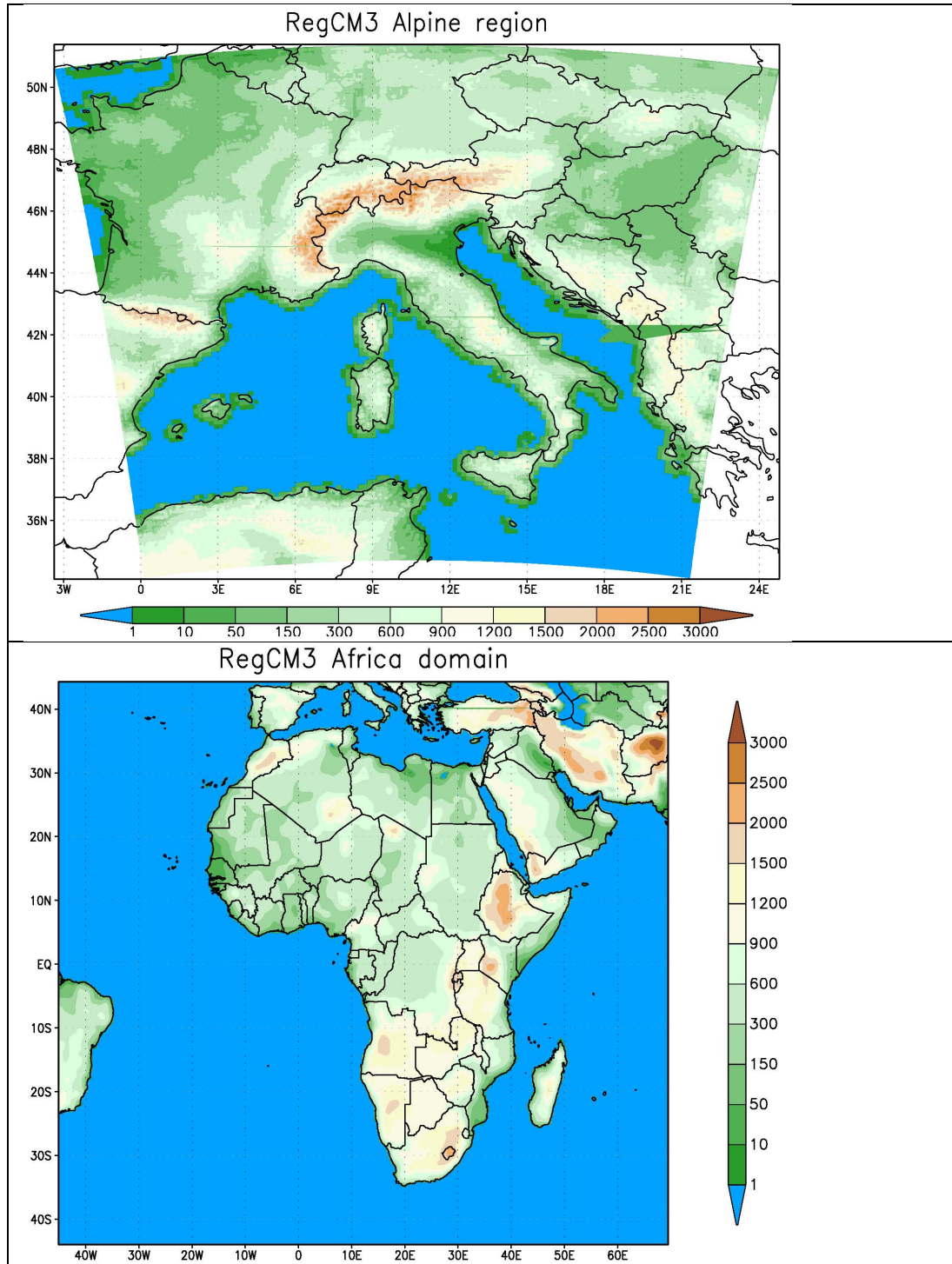
Convective precipitation is computed using one of three schemes: (1) Modified-Kuo scheme Anthes (1977); (2) Grell scheme (1993); and (3) MIT-Emanuel scheme (Emanuel, 1991; Emanuel and Zivkovic-Rothman, 1999). In addition, the Grell parameterization is implemented using one of two closure assumptions: (1) the Arakawa and Schubert closure Grell et al. (1994) and (2) the Fritsch and Chappell closure Fritsch and Chappell (1980), hereafter referred to as AS74 and FC80, respectively.

The Large-Scale precipitation scheme Subgrid Explicit Moisture Scheme (SUBEX) is used to handle nonconvective clouds and precipitation resolved by the model. SUBEX accounts for the subgrid variability in clouds by linking the average grid cell relative humidity to the cloud fraction and cloud water following the work of Sundqvist et al. (1989) and it also includes simple formulations for raindrop accretion and evaporation. For a more detailed description of SUBEX and a list of the parameter values refer to Pal et al. (2000).

RegCM Bibliography is in the Appendix 3

Appendix 2: spatial plots for all the domains with RegCM3

Spatial horizontal resolution: 50km for the Africa domain, 15km for Alpine region.



Appendix 3: RegCM4.3 model description

A new version of the regional climate modeling system, RegCM4, has been recently developed in the Abdus Salam International centre for Theoretical Physics (ICTP), described in Giorgi et al., 2012. Compared to previous versions, RegCM4 includes new land surface, planetary boundary layer, and air–sea flux schemes, a mixed convection and tropical band configuration, modifications to the pre-existing radiative transfer and boundary layer schemes, and a full upgrade of the model code towards improved flexibility, portability, and user friendliness.

The model can be interactively coupled to a 1D lake model, a simplified aerosol scheme (including organic carbon, black carbon, SO₄, dust, and sea spray), and a gas phase chemistry module (CBM-Z). The new version RegCM4.3 can be used in multiple 2-way nested mode.

In the table are reported the model options available in RegCM4.

Model aspects	Available options
Dynamics	Hydrostatic, σ -vertical coordinate (Giorgi et al. 1993a)
Radiative transfer	Modified CCM3 (Kiehl et al. 1996)
PBL (planetary boundary layer)	Modified Holtslag (Holtslag et al. 1990) UW-PBL (Bretherton et al. 2004)
Cumulus convection	Simplified Kuo (Kuo et al. 1986) Grell (Grell et al. 1993) MIT (Emanuel and Zivkovic-Rothman 1999) Tiedtke (Tiedtke 1989, in progress)
Resolved scale precipitation	SUBEX (Pal et al. 2000)
Land surface	BATS (Dickinson et al. 1993) Sub-grid BATS (Giorgi et al. 2003) CLM (Steiner et al. 2009)
Ocean fluxes	BATS (Dickinson et al. 1993) Zeng (Zeng et al. 2008) Diurnal SST (Zeng and Beljaars 2005)
Interactive aerosols	OC,BC, SO ₄ (Solmon et al. 2006) Dust (Zakey et al. 2006) Sea salt (Zakey et al. 2008)
Interactive lake	1D diffusion/convection (Hostetler et al. 1993)
Tropical band	Coppola et al. (2011)
Coupled ocean (not in public version)	MIT (Artale et al. 2010) ROMS (Ratnam et al. 2009)

A series of global climate simulations has been completed with RegCM4.3, in coordination with the RegCNET community (Giorgi et al. 2006), to produce climate change projections within the CORDEX framework (Giorgi et al. 2009) for at least 6 domains: Africa, Europe, Central America, South America, East Asia, and South Asia. The emissions from the CMIP5 GCMs were used for these experiments. The main reference is the CMIP5 website: <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/forcing.html>

RegCM Bibliography

- Artale V, et al. (2010) An atmosphere-ocean regional climate model for the Mediterranean area: Assessment of a present climate simulation. *Climate Dynamics*, 35, 721-740
- Bretherton CS, McCaa JR, Grenier H (2004) A new parameterization for shallow cumulus convection and its application to marine subtropical cloud-topped boundary layers. Part I: Description and 1D results. *Mon Wea Rev* 132:864-882..
- Coppola E, Giorgi F, Mariotti L, Bi X (2012) RegT-Band: a tropical band version of RegCM4. *Clim Res* 52:115-133
- Dickinson RE, Henderson-Sellers A, Kennedy P (1993) Biosphere-atmosphere transfer scheme (BATS) version 1e as coupled to the NCAR community climate model, Technical report, National Center for Atmospheric Research Technical Note NCAR.TN-387+STR, 72 pp.
- Emanuel, K. A., 1991: A scheme for representing cumulus convection in large-scale models, *J. Atmos. Sci.*, 48(21), 2313–2335.
- Emanuel, K. A., and M. Zivkovic-Rothman, 1999: Development and evaluation of a convection scheme for use in climate models, *J. Atmos. Sci.*, 56, 1766–1782.
- Grell GA, Dudhia J, Stauffer DR (1994) Description of the fifth generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5). Technical note NCAR/TN-398STR, p 121
- Grell, G., 1993: Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations, *Mon. Wea. Rev.*, 121, 764–787
- Holtzlag AAM, De Bruin EIF, Pan HL (1990) A high resolution air mass transformation model for short-range weather forecasting. *Mon Weather Rev* 118:1561–1575
- Hostetler SW, Bates GT, Giorgi F (1993) Interactive nesting of a lake thermal model within a regional climate model for climate change studies. *J Geophys res* 98: 5045-5057
- Kiehl JT, Hack JJ, Bonan GB, Boville BA, Briegleb BP, Williamson DL, Rasch PJ (1996) Description of the NCAR Community Climate Model (CCM3), Technical Report TN-420?STR, NCAR, Boulder, p 152
- Fritsch JM, Chappell CF (1980) Numerical prediction of convectively driven mesoscale pressure systems. Part I: convective parameterization. *J Atmos Sci* 37:1722–1733
- Giorgi F, Marinucci MR, Bates GT (1993a) Development of a second-generation regional climate model (RegCM2). Part I: boundary-layer and radiative transfer processes. *Mon Weather Rev* 121(10):2794–2813
- Giorgi F, Marinucci MR, Bates GT, Canio GD (1993b) Development of a second-generation regional climate model (RegCM2). Part II: convective processes and assimilation of lateral boundary conditions. *Mon Weather Rev* 121:2814–2832
- Giorgi F, Coppola E, Solmon F, Mariotti L and others (2012) RegCM4: model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. *Clim Res* 52:7-29
- Pal JS, Small EE, Eltahir EAB (2000) Simulation of regional-scale water and energy budgets: representation of subgrid cloud and precipitation processes within RegCM. *J Geophys Res* 105:29579–29594
- Pal JS et al. (2007) The ICTP RegCM3 and RegCNET: regional climate modeling for the developing world. *Bull Am Meteorol Soc* 88:1395–1409
- Ratnam JV, Giorgi F, Kaginalkar A, Cozzini S (2009) Simulation of the Indian monsoon using the RegCM3-ROMS regional coupled model. *Climate Dynamics* 33:119-139

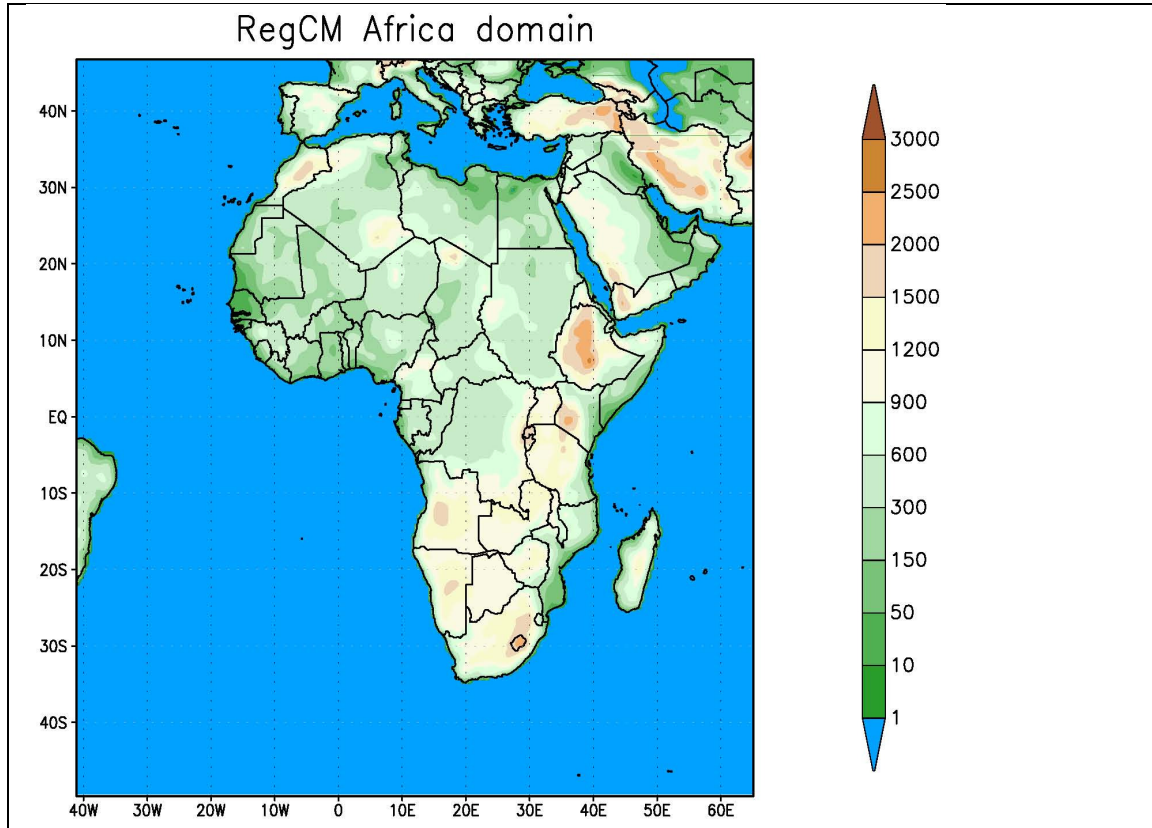
- Solmon F, Giorgi F, Liou C (2006) Aerosol modeling for regional climate studies: Application to anthropogenic particles and evaluation over a European/African domain. *Tellus B* 58:51–72
- Steiner AL, et al. (2009) land surface coupling in regional climate simulations of the West Africa monsoon. *Climate Dynamics* 33:869-892
- Tiedtke, M (1989) A comprehensive mass-flux scheme for cumulus parameterization in large-scale models. *Monthly Weather review* 117:1779-1800
- Zakey AS, Solmon F, Giorgi F (2006) Implementation and testing of a desert dust module in a regional climate model. *Atmos Chem Phys* 6:4687–4704.
- Zakey AS, Giorgi F, Bi X (2008) Modeling of seas salt in a regional climate model: Fluxes and radiative forcing. *J Geophys Res* 113:D14221.
- Zeng X, Zhao M, Dickinson RE (1998) Intercomparison of bulk aerodynamic algorithms for the computation of sea surface fluxes using TOGA COARE and TAO data. *J Clim* 11:2628–2644

Appendix 4: Summary of variables saved for CORDEX archives

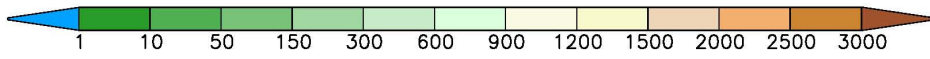
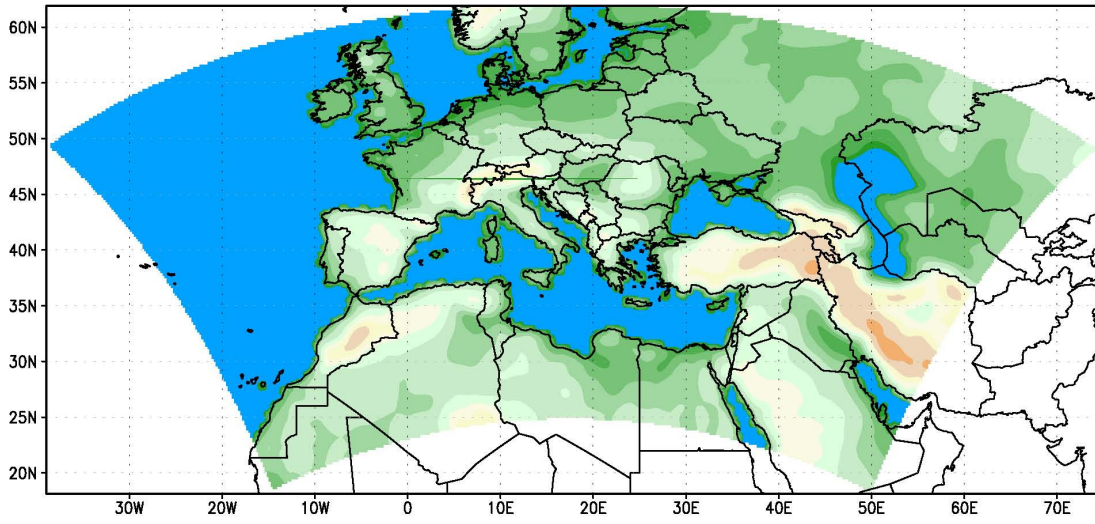
Description	Name	Unit	CORDEX name	CORDEX unit	Freq	Dim.
Atmosphere						
westerly wind	uwind	m/s	ua	m s-1	Daily mean	Height, Lat, Lon
southerly wind	vwind	m/s	va	m s-1	Daily mean	Height, Lat, Lon
omega	omega	hPa s-1	wap	Pa s-1	Daily mean	Height, Lat, Lon
Geopotential height	hgt	m	zg	m	Daily mean	Height, Lat, Lon
Cloud cover	fc	fraction	clt	%	Daily mean	Height, Lat, Lon
air temperature	tk	K	ta	K	Daily mean	Height, Lat, Lon
Relative humidity	th	fraction	hur	%	Daily mean	Height, Lat, Lon
Surface Abs solar	fsw	W/m2			Daily mean	Lat, Lon
LW Cooling of Surf	flw	W/m2			Daily mean	Lat, Lon
Sea Level Pressure	slp	hPa	psl	Pa	Daily mean	Lat, Lon
Surface						
westerly wind at 10m	ua	m/s	uas	m s-1	6hr mean	Lat, Lon
southerly wind at 10m	va	m/s	vas	m s-1	6hr mean	Lat, Lon
ground temperature	tg	K	tslsi	K	6hr mean	Lat, Lon
temperature of foliage	tf	K			6hr mean	Lat, Lon
air temperature at 2m	ta	K	tas	K	6hr mean	Lat, Lon
specific humidity at 2m	qa	kg/kg	huss	1	6hr mean	Lat, Lon
upper layer soil water	smr	mm	mrsos	kg m-2	6hr mean	Lat, Lon
root zone soil water	smu	mm			6hr mean	Lat, Lon
total precipitation	rt	mm/day	pr	kg m-2 s-1	6hr mean	Lat, Lon
evapotranspiration	et	mm/day	evspsbl	kg m-2 s-1	6hr mean	Lat, Lon
total runoff	rnfs	mm/day	mrro	kg m-2 s-1	6hr mean	Lat, Lon
Snow depth	snow	mm H2O	snw	kg m-2	6hr mean	Lat, Lon
sensible heat flux	sh	W/m ²	hfss	W m-2	6hr mean	Lat, Lon
net LW energy surface flux	lwn	W/m ²			6hr mean	Lat, Lon
net solar energy surface flux	swn	W/m ²			6hr mean	Lat, Lon
downward LW energy surface flux	lwd	W/m ²	rlds	W m-2	6hr mean	Lat, Lon
incident solar energy flux	swi	W/m ²	rsds	W m-2	6hr mean	Lat, Lon
convective precipitation	rc	mm/day	prc	kg m-2 s-1	6hr mean	Lat, Lon
surface pressure	psrf	hPa	ps	Pa	6hr mean	Lat, Lon

PBL layer height	zpbl	m			6hr mean	Lat, Lon
maximum 2m air temperature	tamax	K	tasmax	K	Daily mean	Lat, Lon
minimum 2m air temperature	tamin	K	Tasmin	K	Daily mean	Lat, Lon

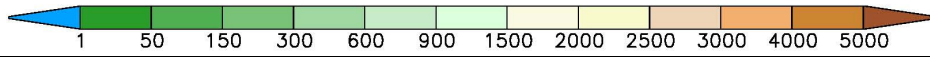
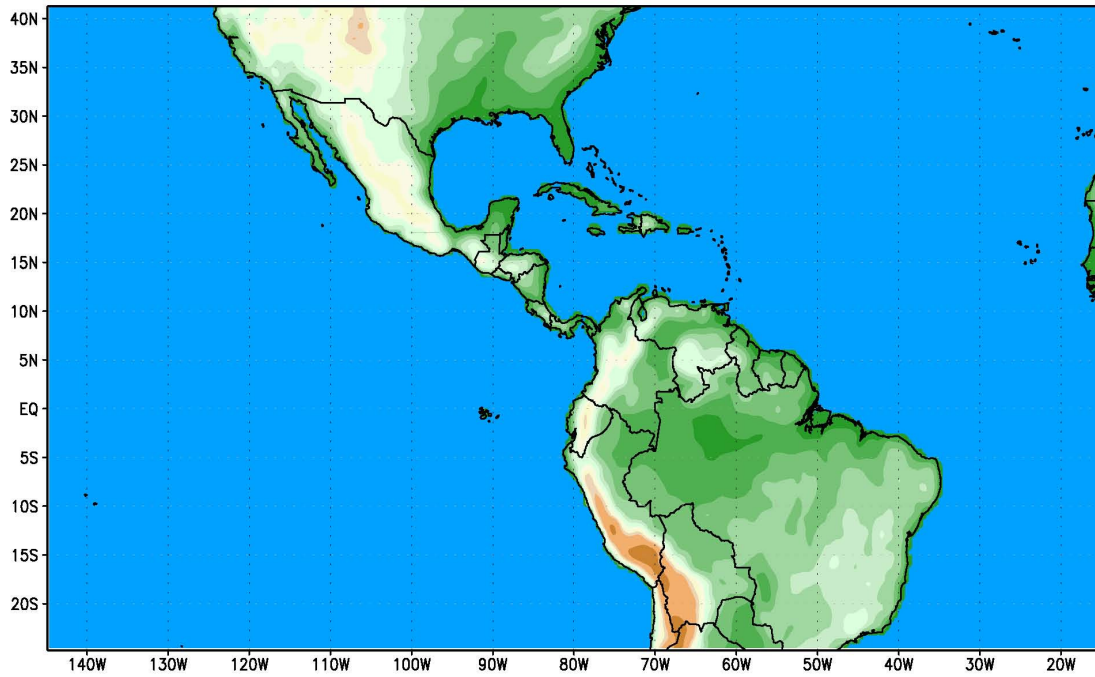
Appendix 5: spatial plots for all the domains
 Spatial horizontal resolution 50km



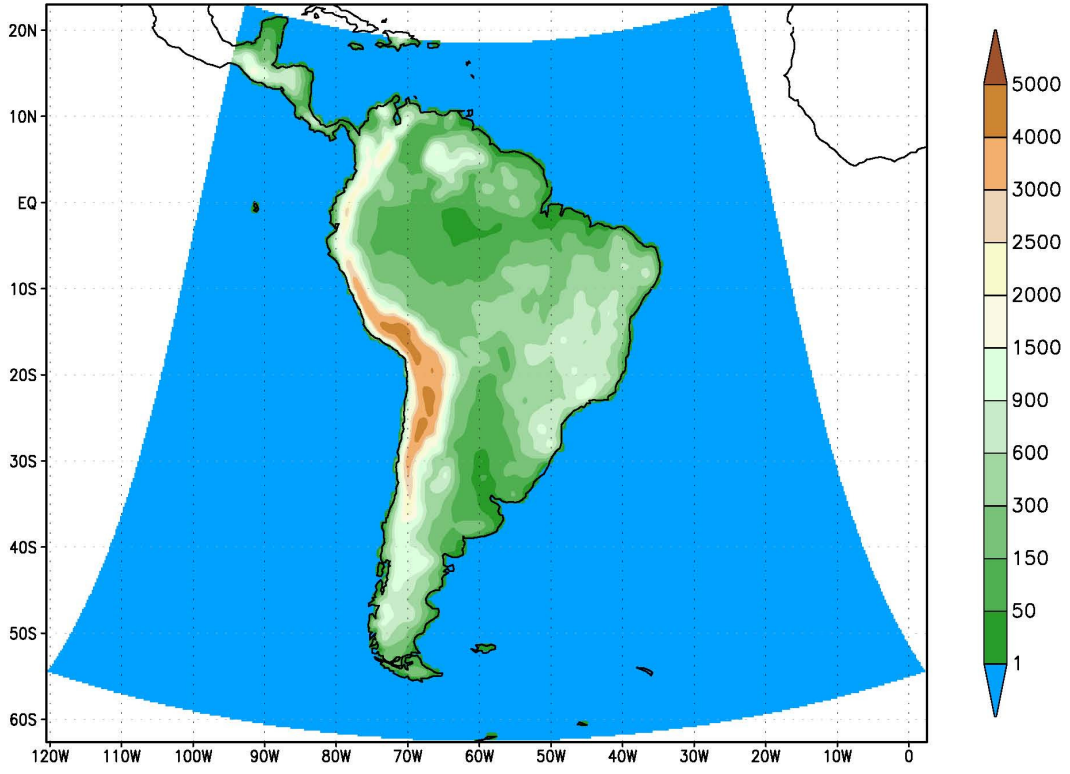
RegCM Mediterranean domain



RegCM Central America domain



RegCM South America domain



RegCM South Asia domain

