

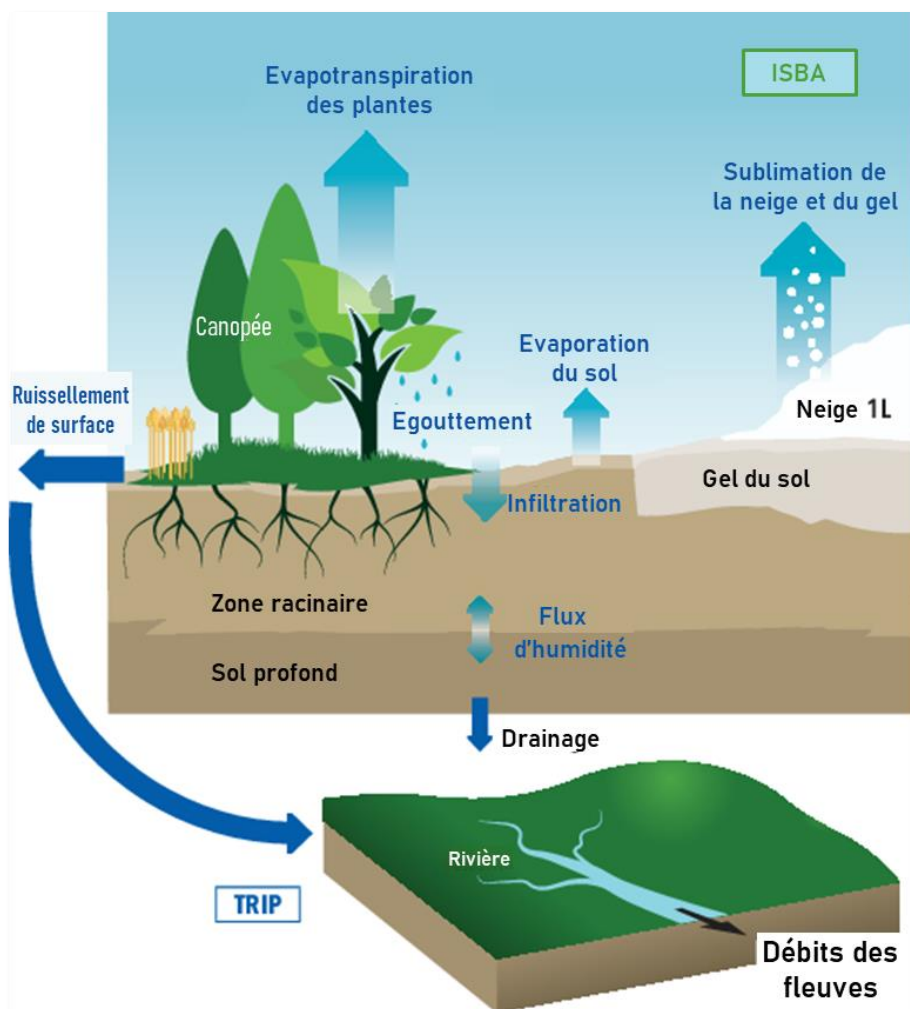


ISBA-CTRIP, une nouvelle modélisation des surfaces continentales dans le modèle de climat du CNRM

Bertrand Decharme, Christine Delire, Marie Minvielle, Jeanne Colin, Jean-Pierre Vergnes, Antoinette Alias, David Saint-Martin, Roland Séférian, Stéphane Sénési, Aurore Voldoire

Remerciements à Ramdane Alkama, Aaron Boone, Eric Brun, Jean-Christophe Calvet, Dominique Carrer, Hervé Douville, Stéphanie Faroux, Florence Habets, Patrick LeMoigne, Eric Martin, Joël Noilhan, Emilie Joetzer, Sophie Tytecas

ISBA_{FR}-TRIP (SURFEXv5.2) pour CNRM-CM5



(Decharme & Douville, Clim. Dyn. 2007)

- 3 couches de sol pour l'hydrologie (méthode "force-restore") & Transpiration type Jarvis
 - Noilhan & Planton, 1989
 - Boone et al., 1999
- Gel du sol mais seulement superficiel
 - Boone et al., 2000
- Schéma de neige simple mono couche
 - Douville et al., 1995
- Processus sous maille pour simuler le ruissellement (topographie, intensité des pluies, végétation 12 types)
 - Decharme & Douville, 2006
- Schéma de routage simple (TRIP) à 1° de résolution avec une vitesse d'écoulement constante (0.5 m.s^{-1})
 - Oki & Sud, 1998
- Couplage à « sens unique » d'ISBA vers TRIP pour simuler le débit des rivières à l'échelle globale
 - Decharme & Douville, 2007

ISBA_{DF}-CTRIP (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6

➤ 14 couches de sol, schéma explicite (diffusion énergie et humidité) avec les mêmes processus sous-maille qu'avant

➤ Boone et al., 2000

➤ Decharme et al., 2011, 2013 & 2016

➤ 12 couches de neige, schéma explicite (masse et énergie)

➤ Boone and Etchevers, 2001

➤ Decharme et al., 2016

➤ Transpiration via photosynthèse (conductance stomatique calculée) mais LAI prescrit

➤ Calvet et al., 1998

➤ Joetzjer et al., 2014

➤ Réseau de rivière à 0,5° avec une vitesse d'écoulement qui varie en fonction de la masse

➤ Decharme et al., 2010

➤ Couplage explicite (1h) « aller-retour » entre ISBA et CTRIP via une interface standardisée dans SURFEX utilisant OASIS-MCT

➤ Voldoire et al. 2017

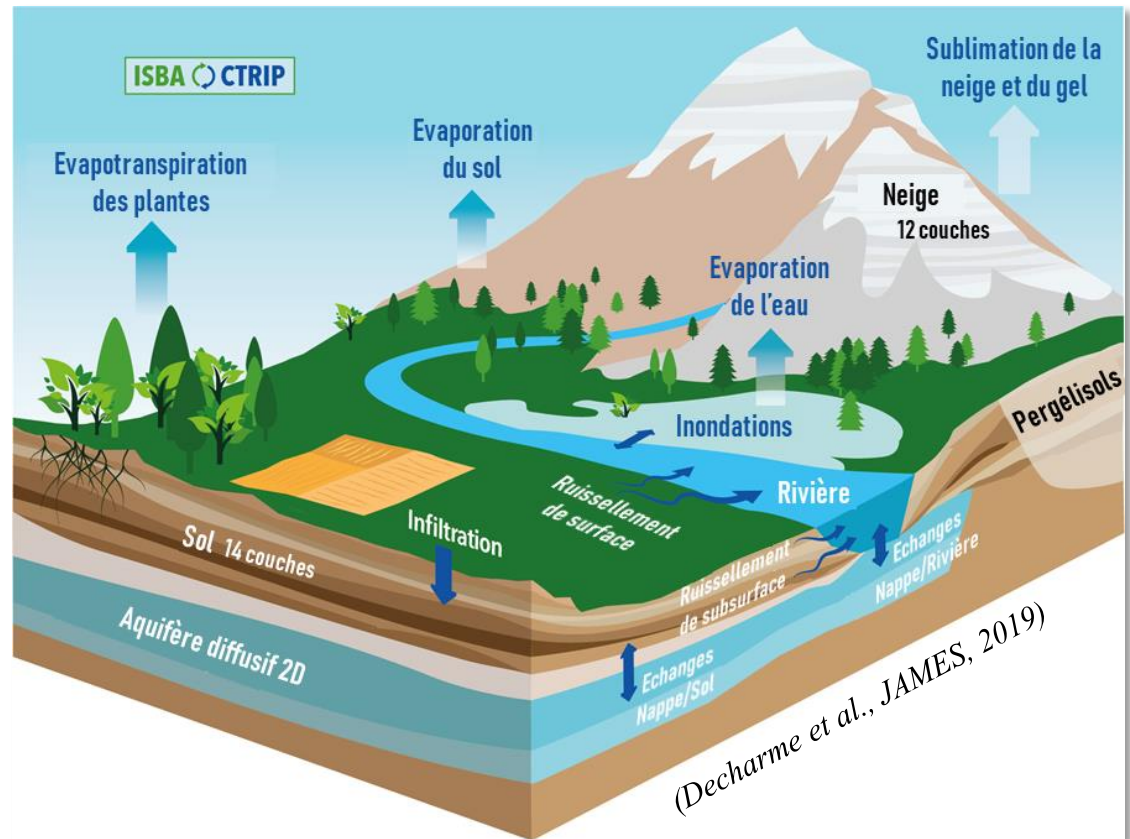
➤ Dynamique des inondations saisonnières permettant l'évaporation et la ré-infiltration dans le sol des eaux de crue

➤ Decharme et al., 2008 & 2012

➤ Aquifère non confinés, schéma diffusif 2D permettant des échanges avec les rivières et le sol superficiel

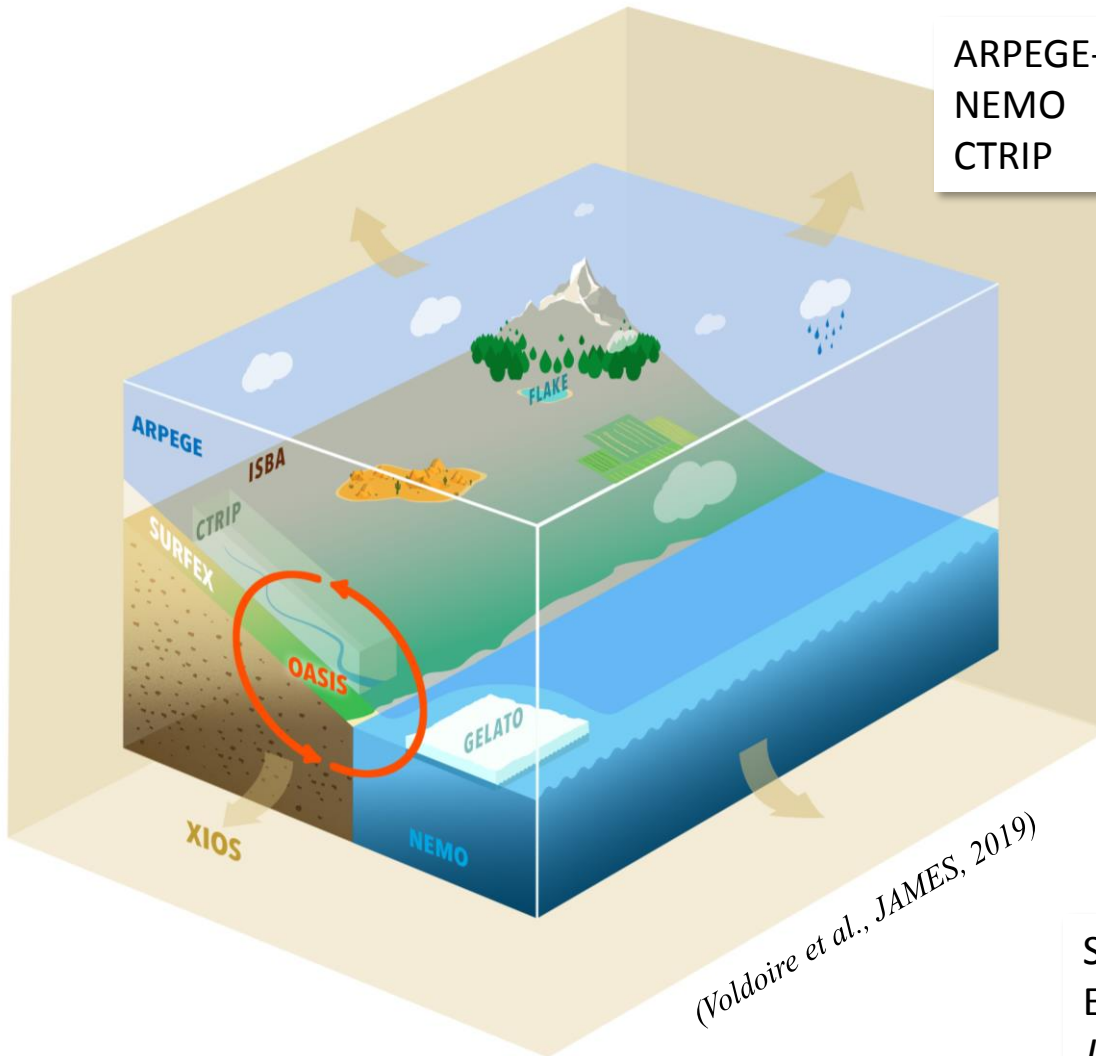
➤ Vergnes et al., 2012 & 2014

➤ Vergnes and Decharme, 2012



CNRM-CM6

ARPEGE-SURFEX = T127 ($\sim 1,4^\circ$) ou T355 ($0,5^\circ$)
NEMO = 1° ou $0,25^\circ$
CTRIP = $0,5^\circ$



(Voldoire et al., JAMES, 2019)

Spéciale issue «The CNRM Climate and Earth System Models for CMIP6 » dans JAMES (AGU)

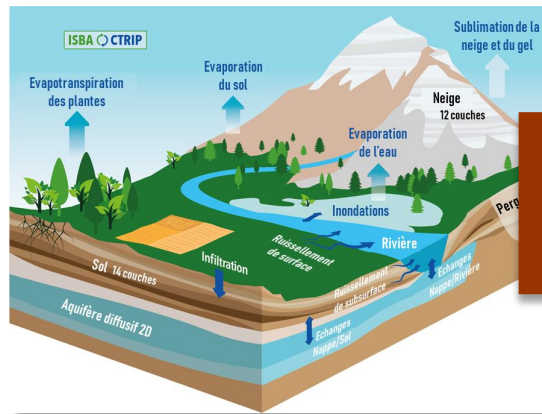
Production expériences « land-hist » 1850-2014 (LS3MIP)

Forçages 3-hr ou 6-hr (T127)

LS3MIP (gswp3, pgf, crujra, watch)

Paramètres Végétation & Sol

ECOCLIMAP-2 1km ➡ T127



SURFEXv8
(sfxcm6)

Débits, évaporation

Stock d'eau continental

Humidité du sol, neige, etc...

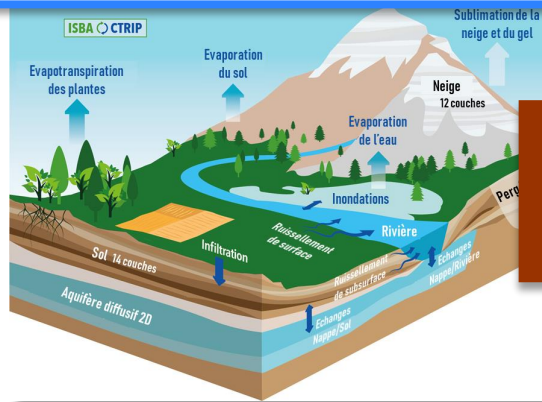
Production expériences « land-hist » 1850-2014 (LS3MIP)

Forçages 3-hr ou 6-hr (T127)

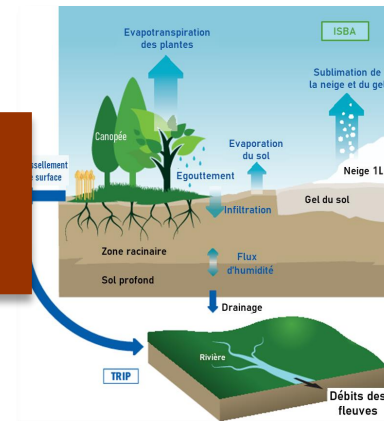
LS3MIP (gswp3, pgf, crujra, watch) & E2O (era-i/mswep)

Paramètres Végétation & Sol

ECOCLIMAP-2 1km → T127



SURFEXv8
(sfxcm6 vs. sfxcm5)



Débits, évaporation

Stock d'eau continental

Humidité du sol, neige, etc...

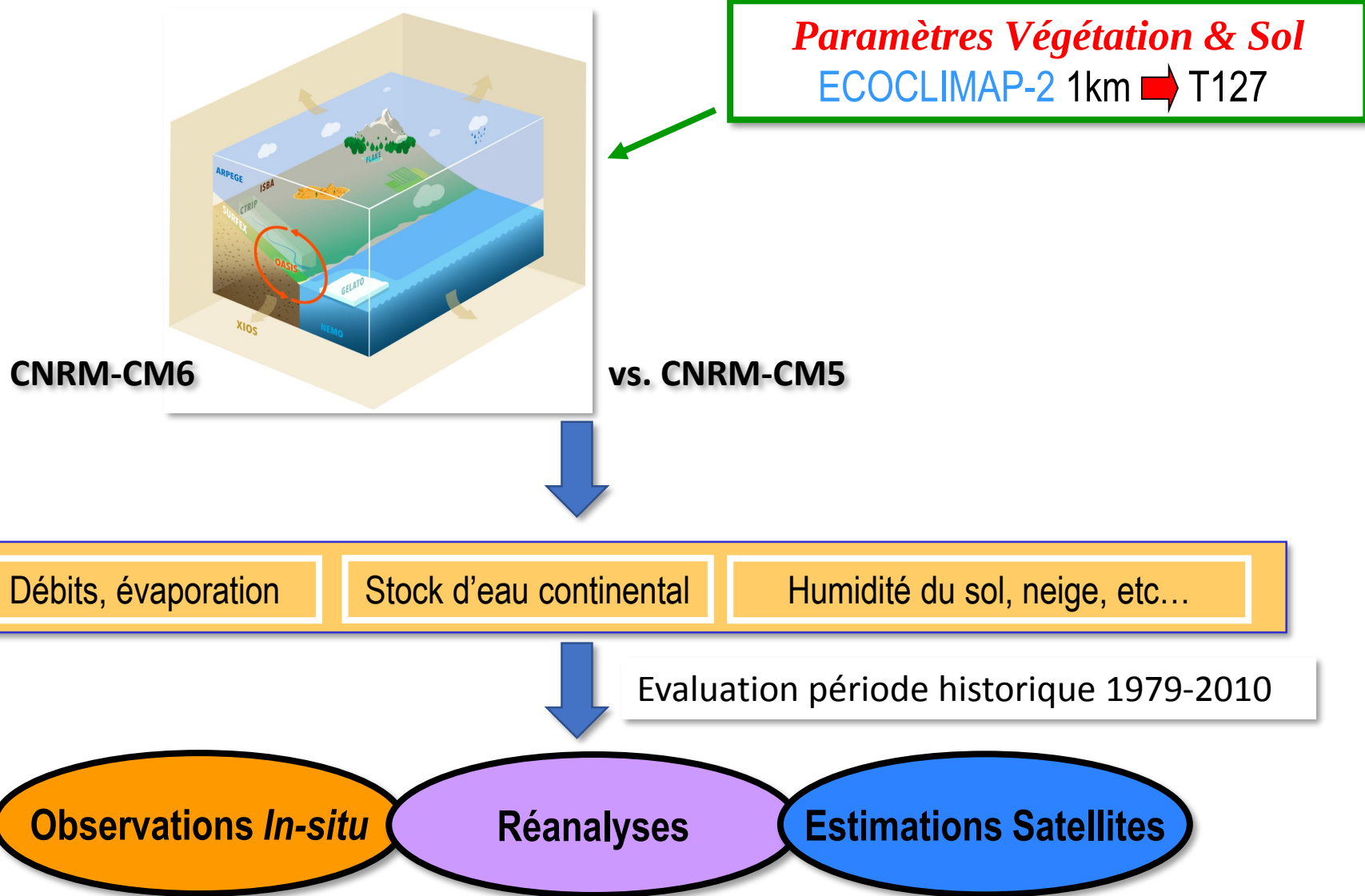
Evaluation période historique 1979-2010

Observations *In-situ*

Réanalyses

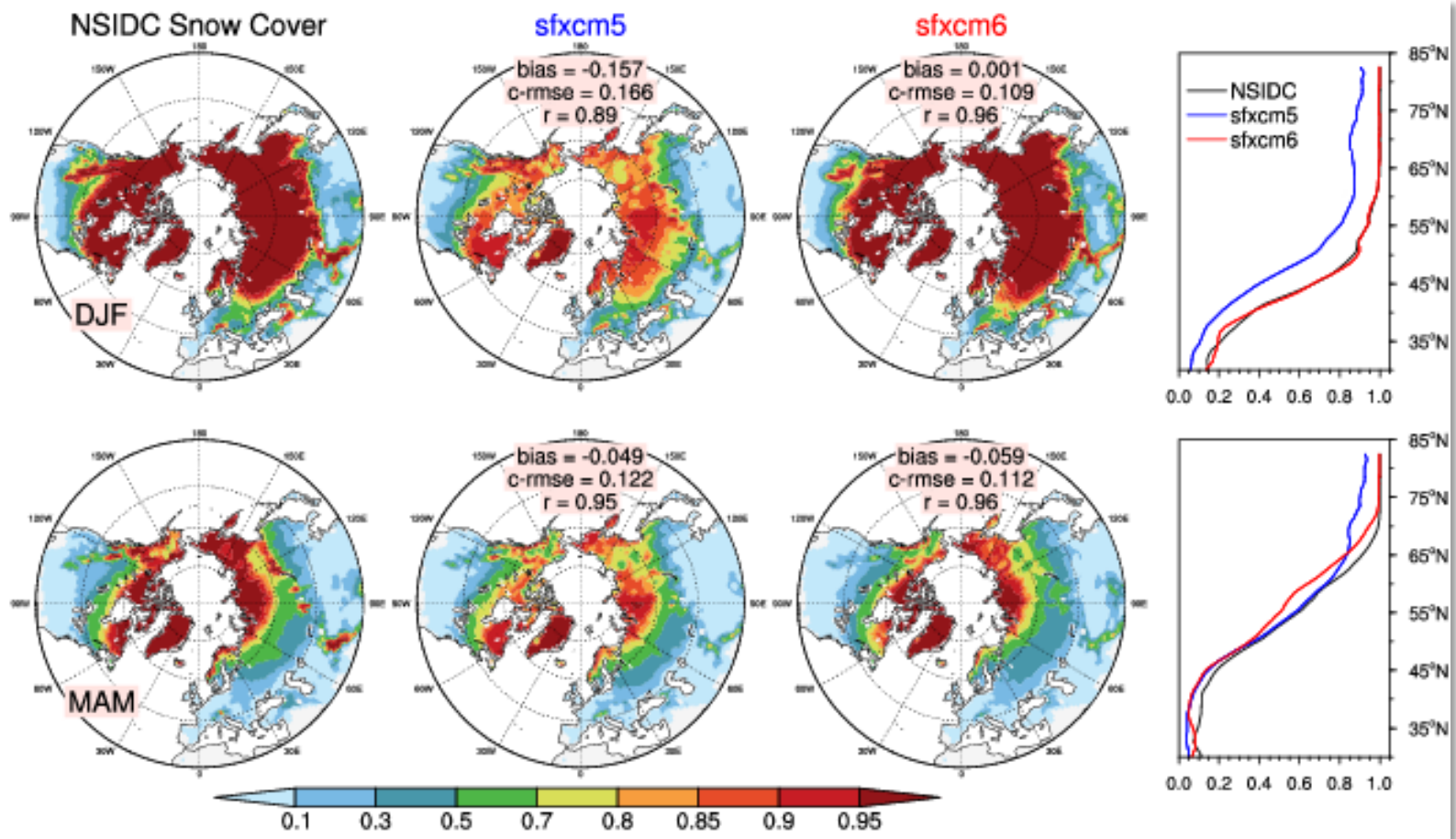
Estimations Satellites

Production mode « couplée » CMIP



Climatologie de la couverture de neige 1979 – 2010

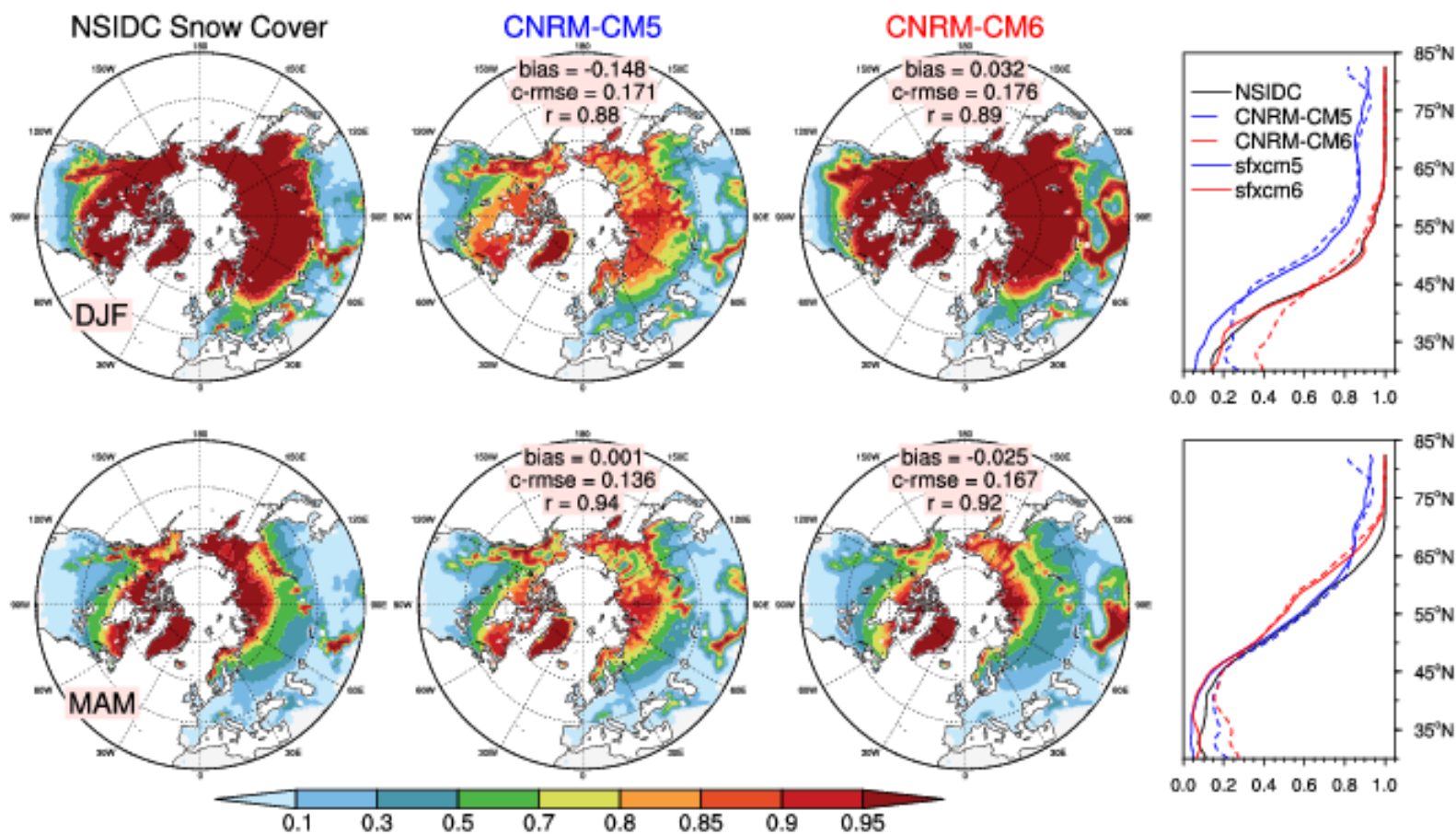
Couverture de neige simulée en **hiver** (DJF) & **printemps** (MAM) comparée aux estimations satellites (NSIDC; *Brodzik & Armstrong, 2013*)



➤ Besoin d'un bilan d'énergie séparé pour les forêts (MEB; *Boone et al. 2017*)

Climatologie de la couverture de neige 1979 – 2010

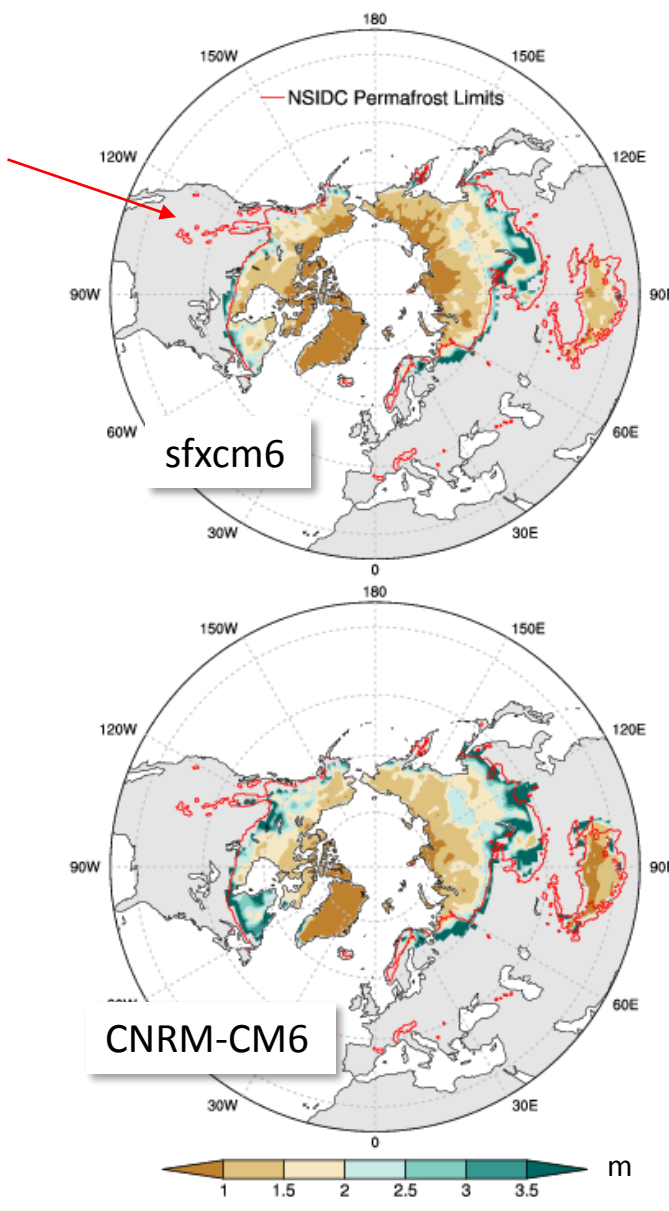
Couverture de neige simulée en **hiver** (DJF) & **printemps** (MAM) comparée aux estimations satellites (NSIDC; *Brodzik & Armstrong, 2013*)



➤ Besoin d'un bilan d'énergie séparé pour les forêts (MEB; *Boone et al. 2017*)

Limite du pergélisol & Profondeur de sa couche active (1990 – 2010)

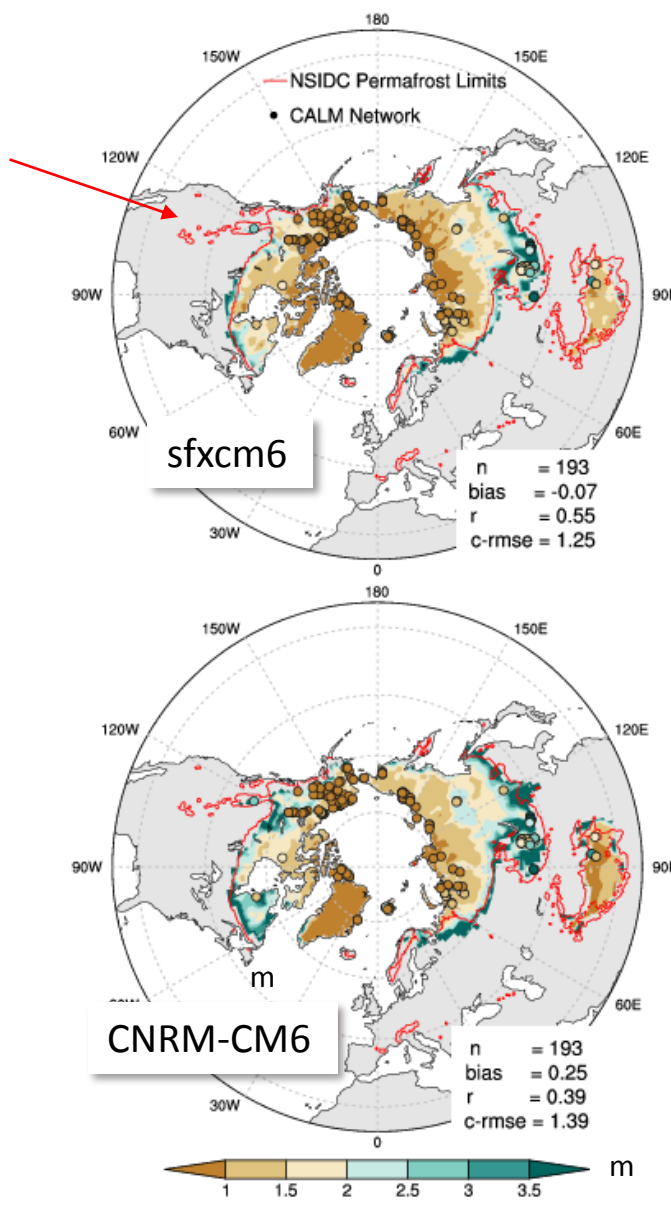
Limites du pergélisol
issues de *Brown et al. (2002)*



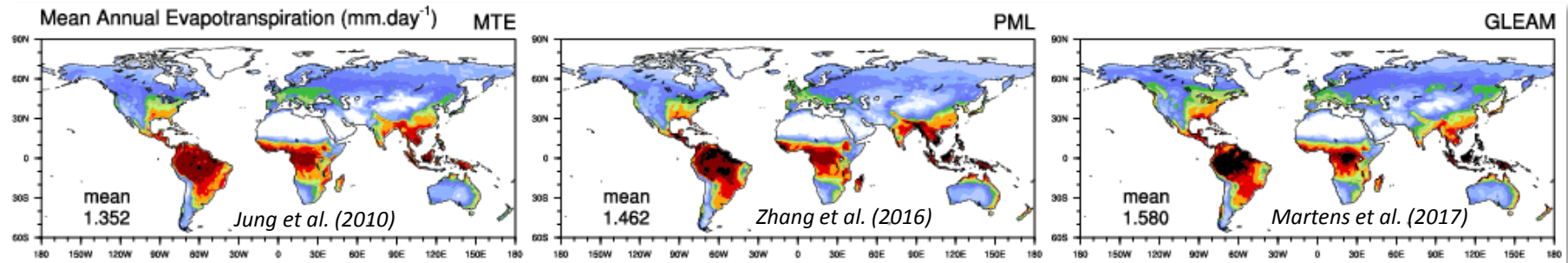
Limite du pergélisol & Profondeur de sa couche active (1990 – 2010)

Limites du pergélisol
issues de *Brown et al. (2002)*

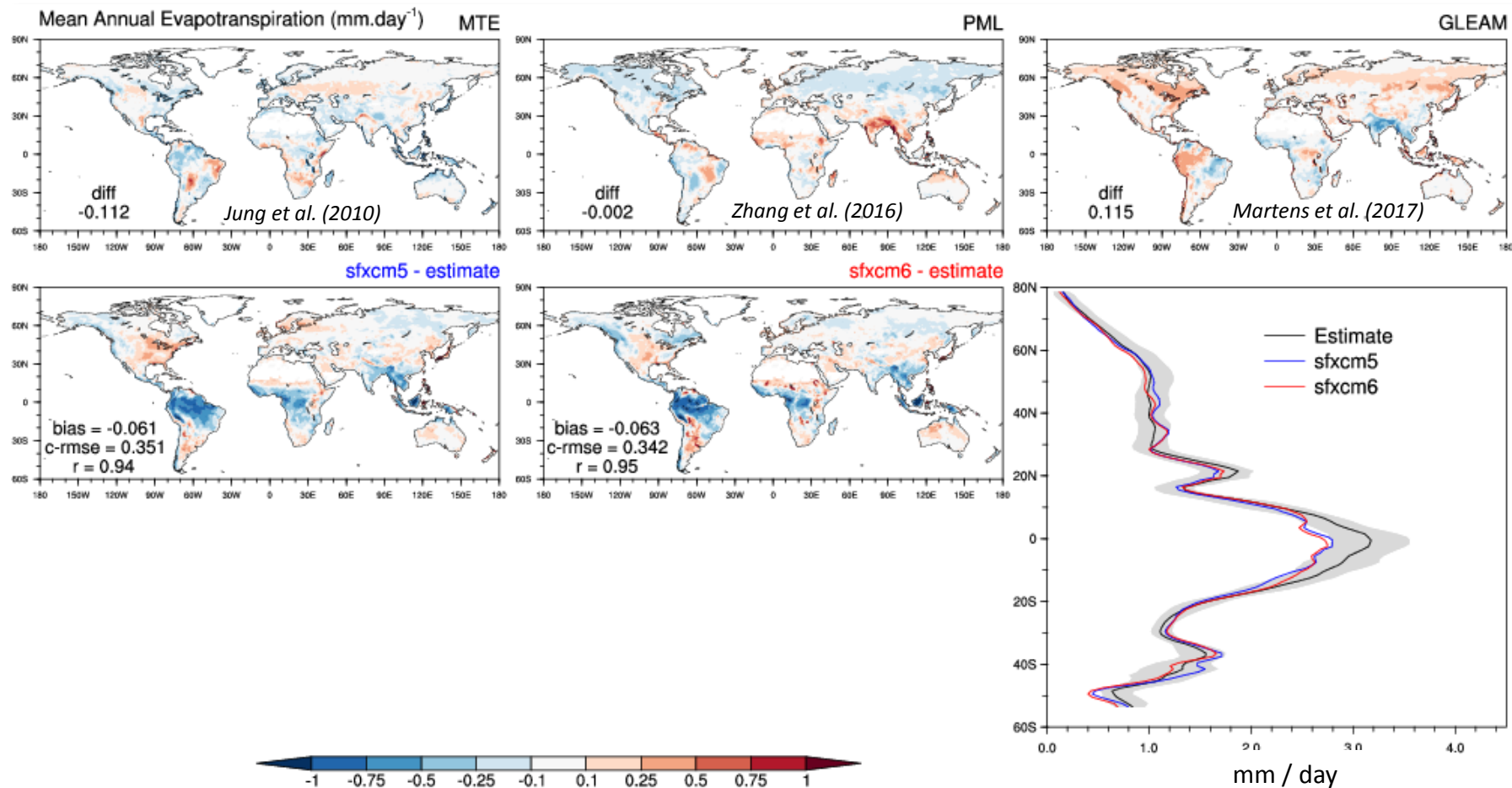
● Réseau CALM
(*Brown et al., 2000*)



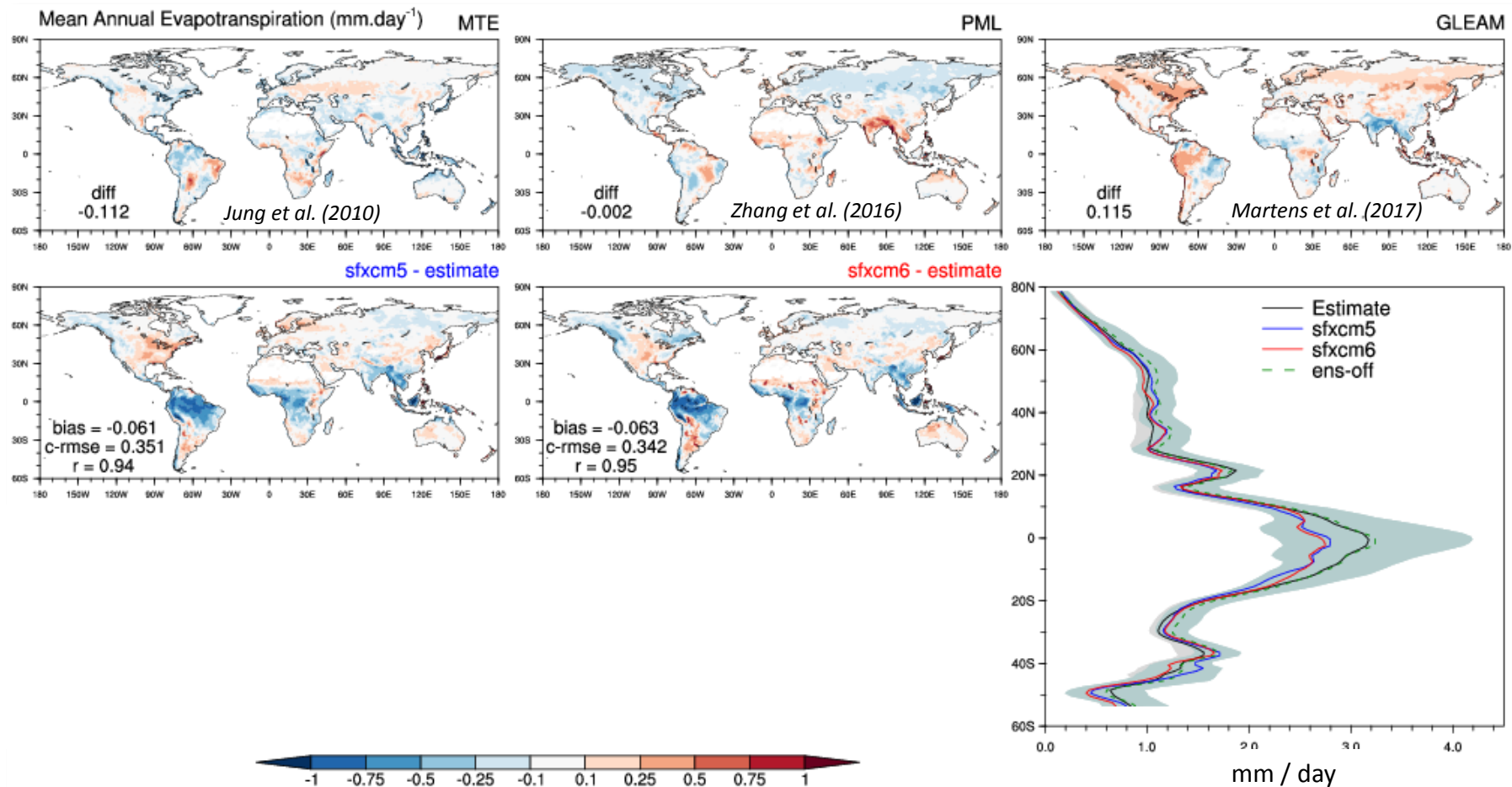
Evapotranspiration (1982 – 2008)



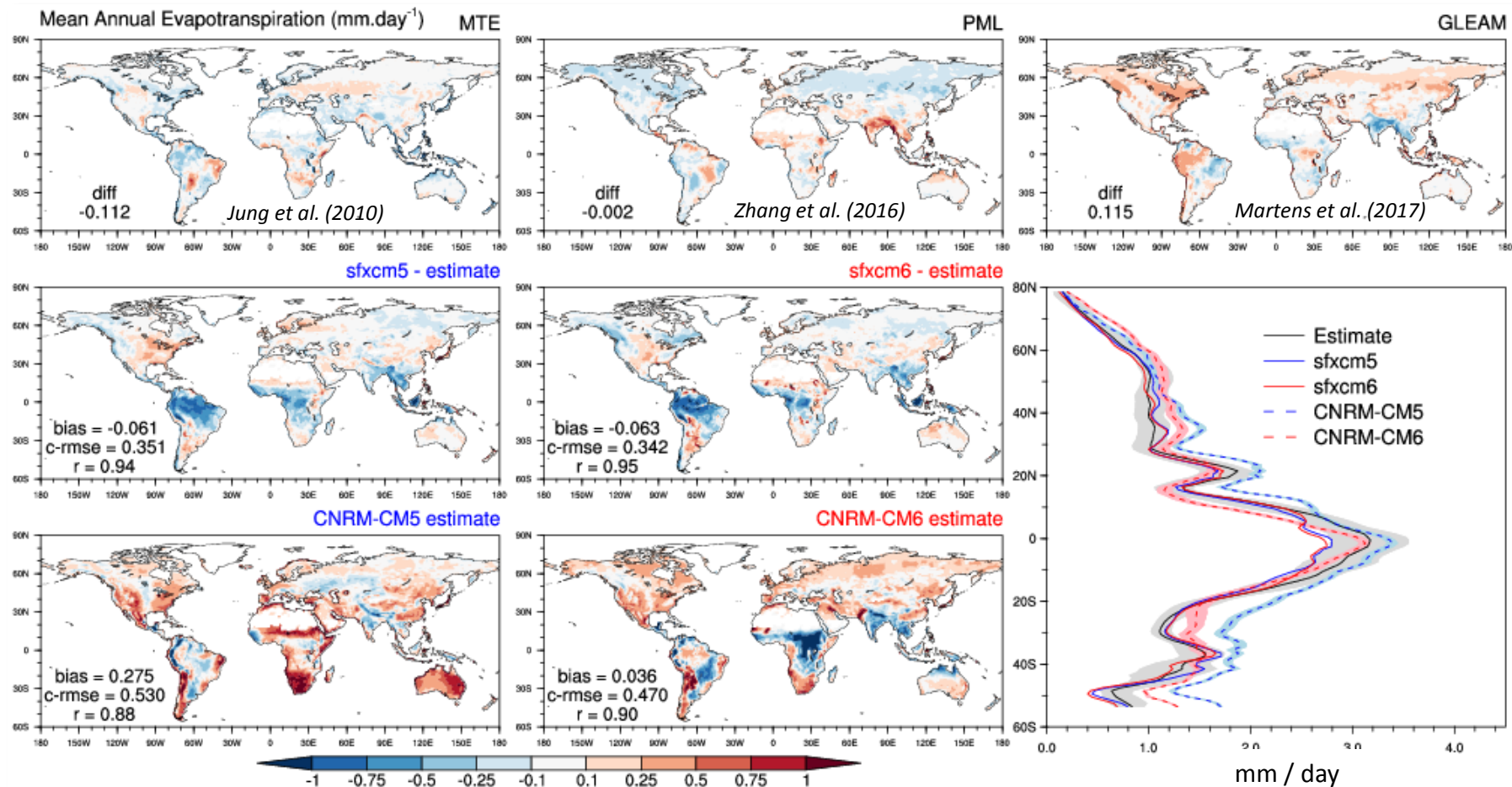
Evapotranspiration (1982 – 2008)



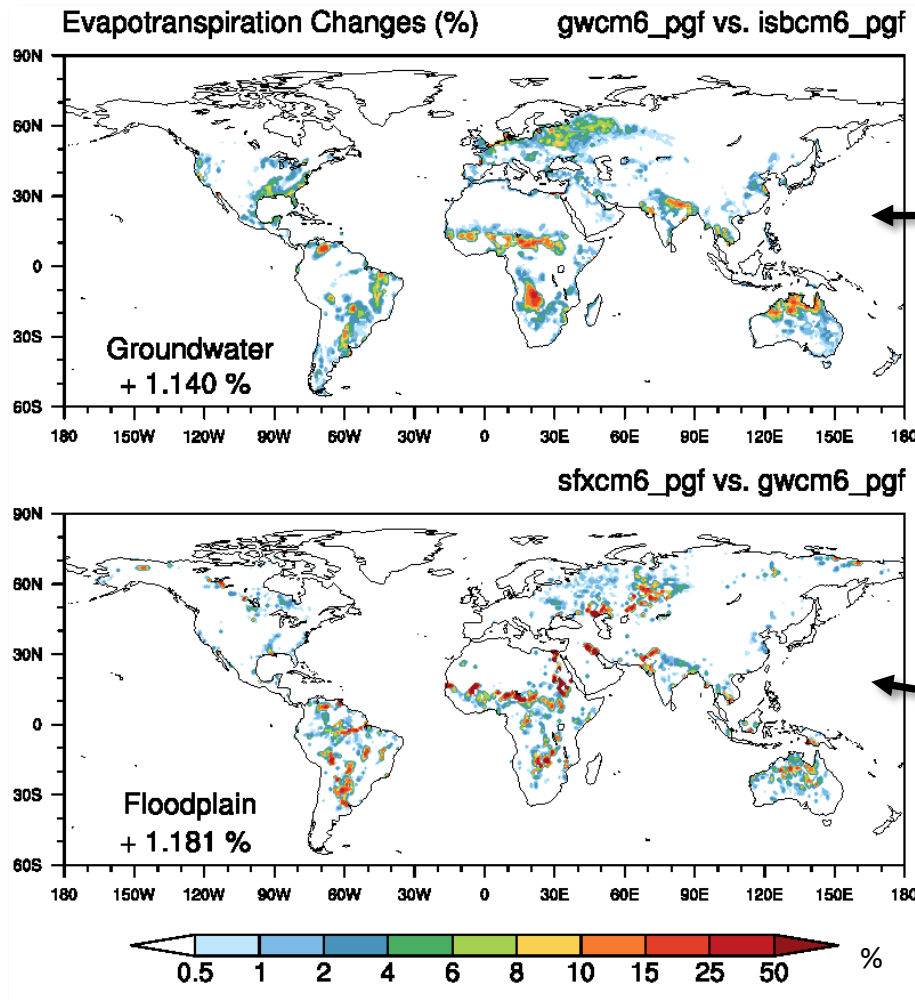
Evapotranspiration (1982 – 2008)



Evapotranspiration (1982 – 2008)



Evapotranspiration (1982 – 2008)



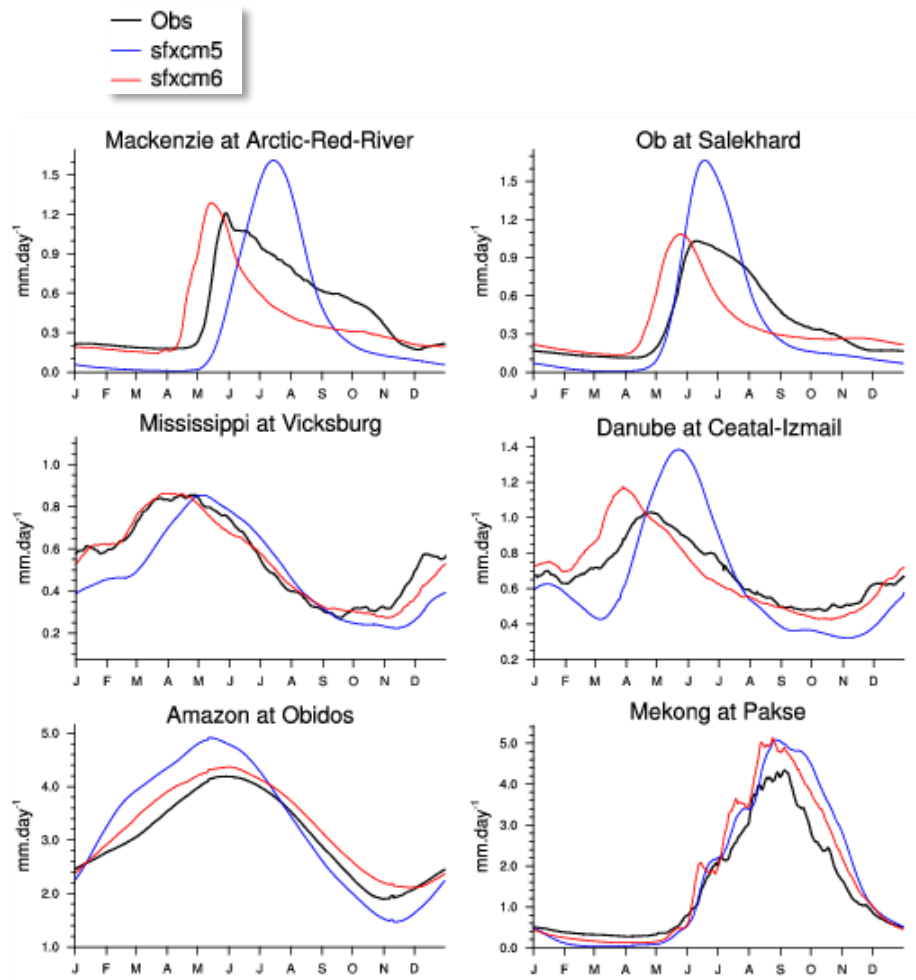
Impact des remontées capillaires provenant de la nappe

Impact de l'évaporation directe et de la ré-infiltration des inondations

➤ Impact globalement faible mais pouvant être significatif regionalement

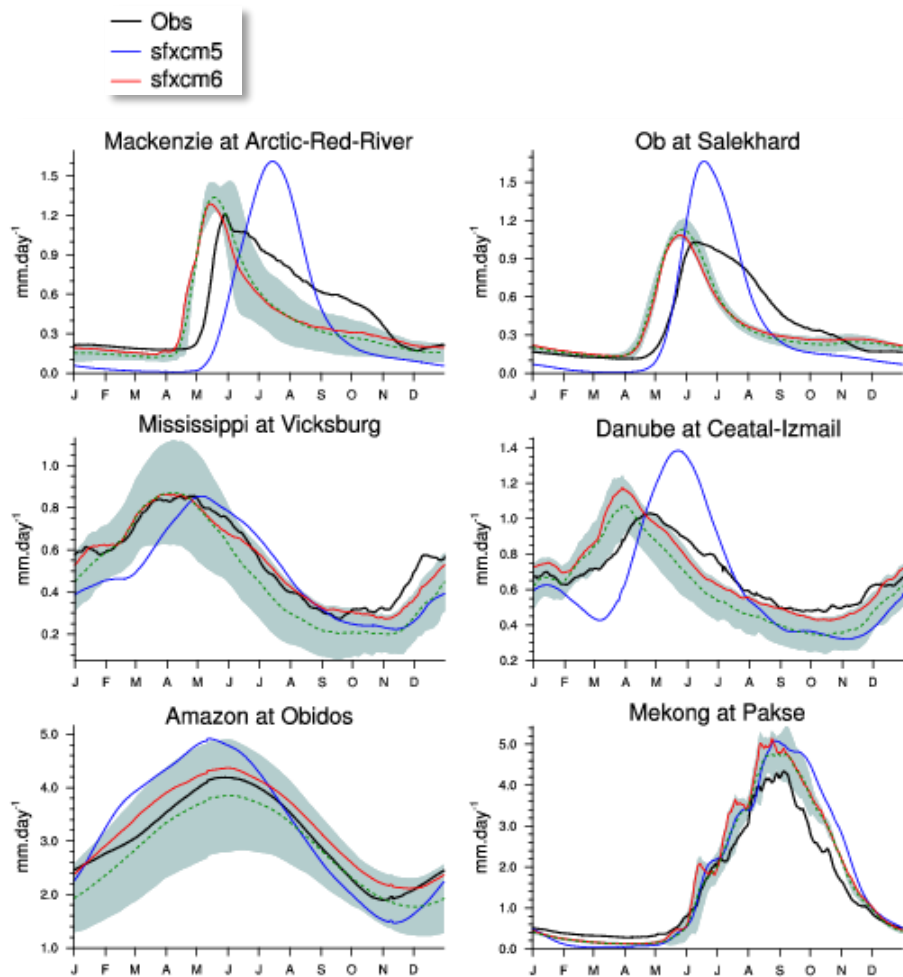
Débits journaliers des fleuves (1979 – 2010)

➤ 21000 stations de 1900 jusqu'à aujourd'hui (GRDC, USGS, Hybam, eau-France)



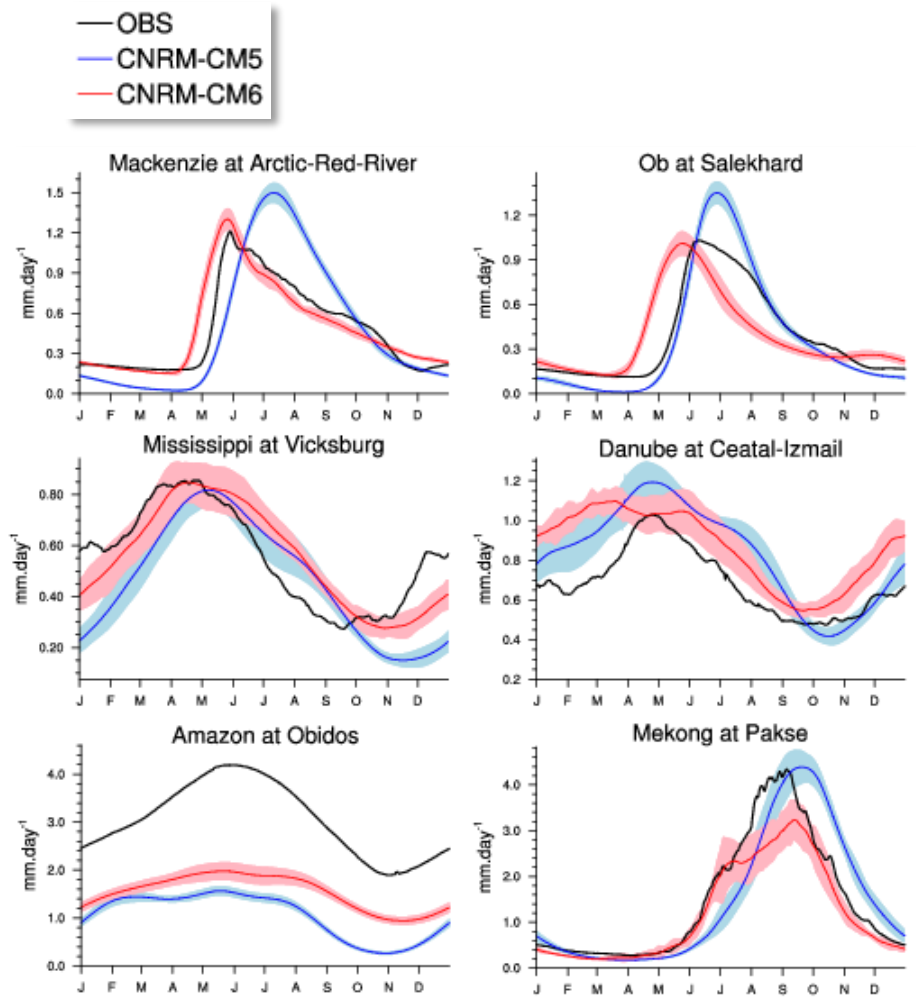
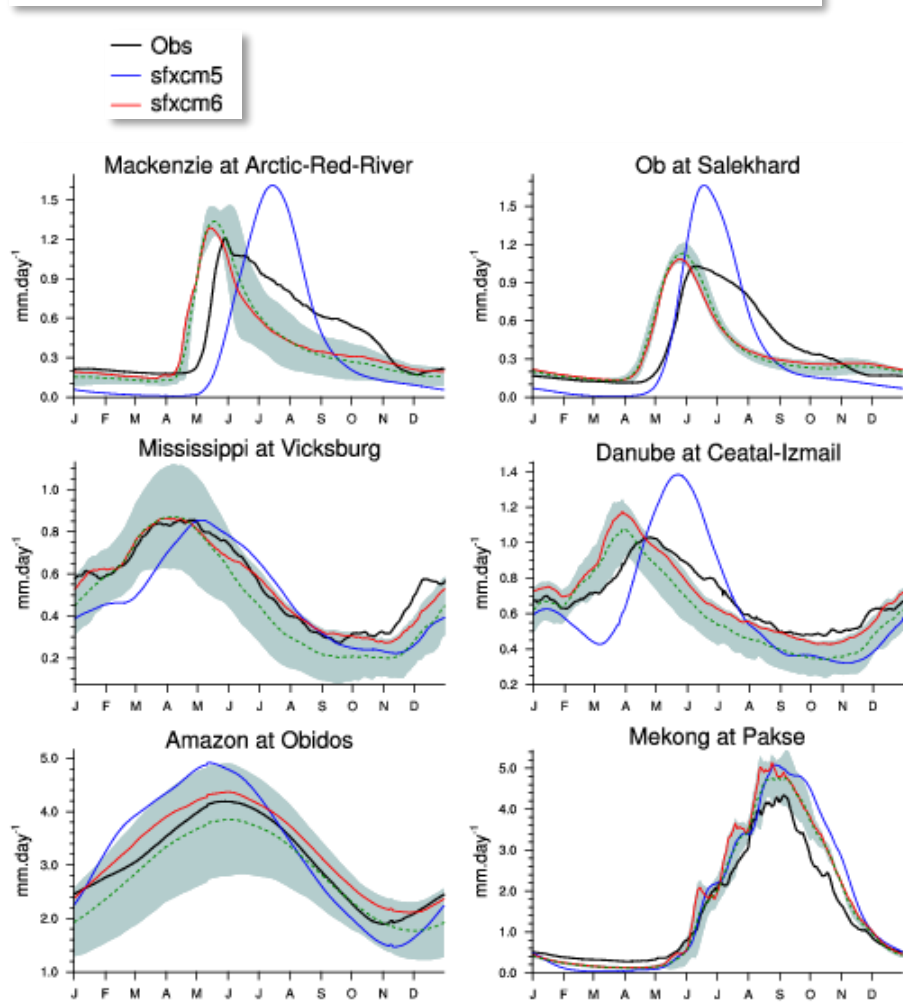
Débits journaliers des fleuves (1979 – 2010)

➤ 21000 stations de 1900 jusqu'à aujourd'hui
(GRDC, USGS, Hybam, eau-France)



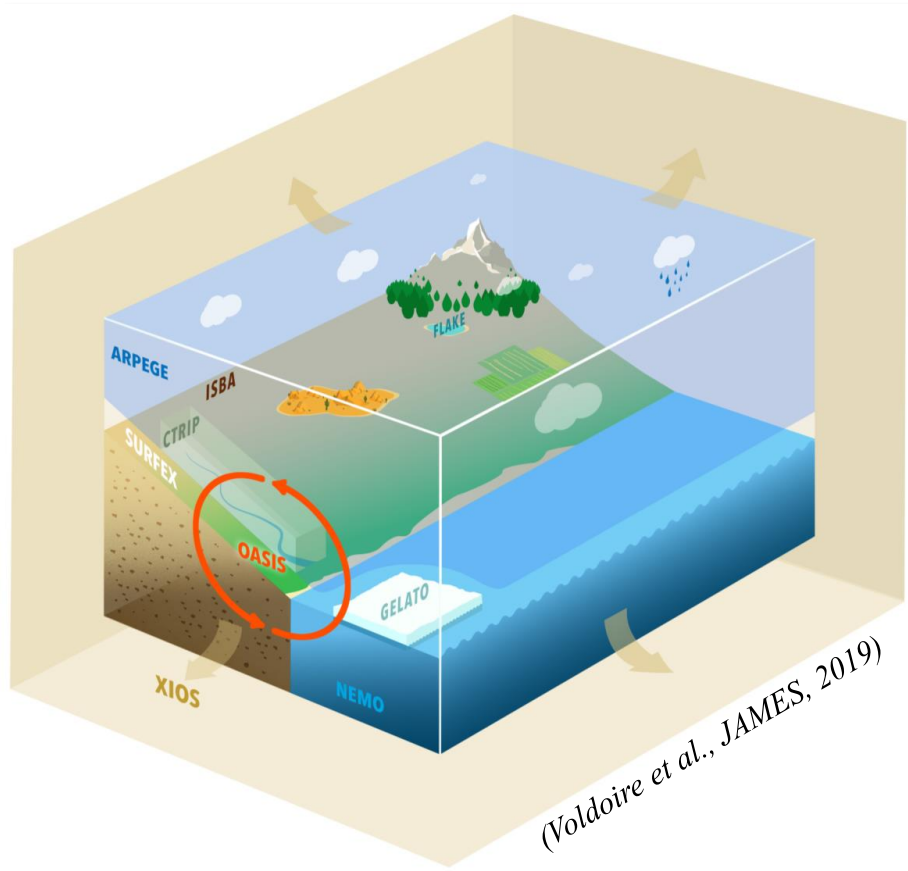
Débits journaliers des fleuves (1979 – 2010)

➤ 21000 stations de 1900 jusqu'à aujourd'hui (GRDC, USGS, Hybam, eau-France)

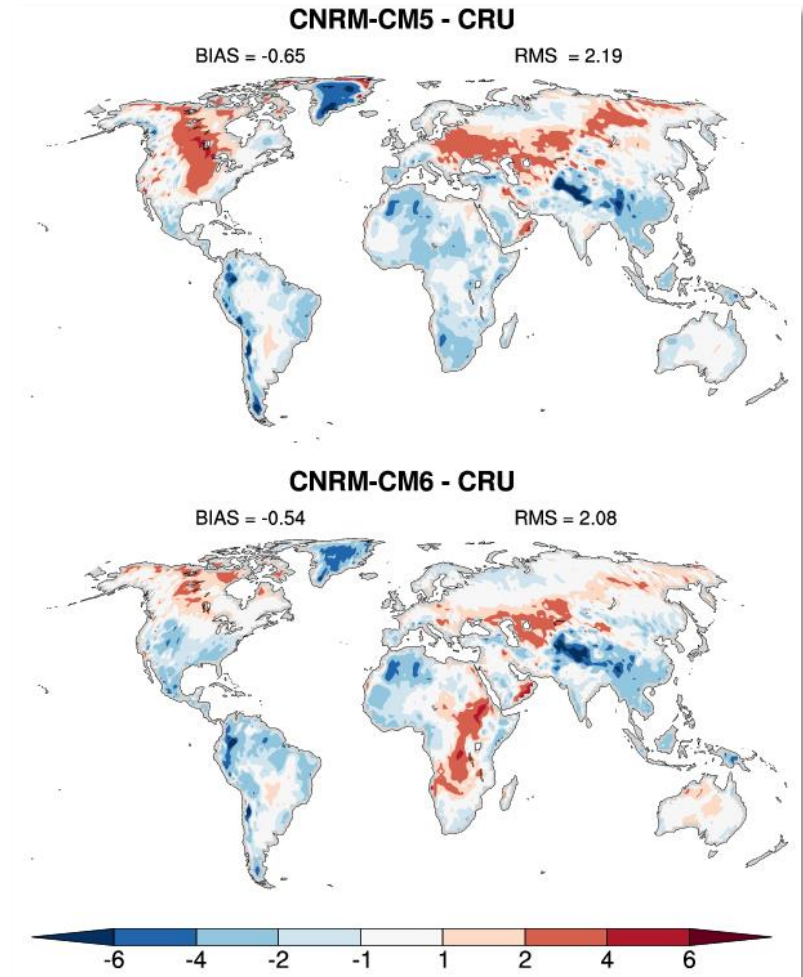


CNRM-CM6

ARPEGE-SURFEX = T127 ($\sim 1,4^\circ$) ou T355 ($0,5^\circ$)
NEMO = 1° ou $0,25^\circ$
CTRIP = $0,5^\circ$

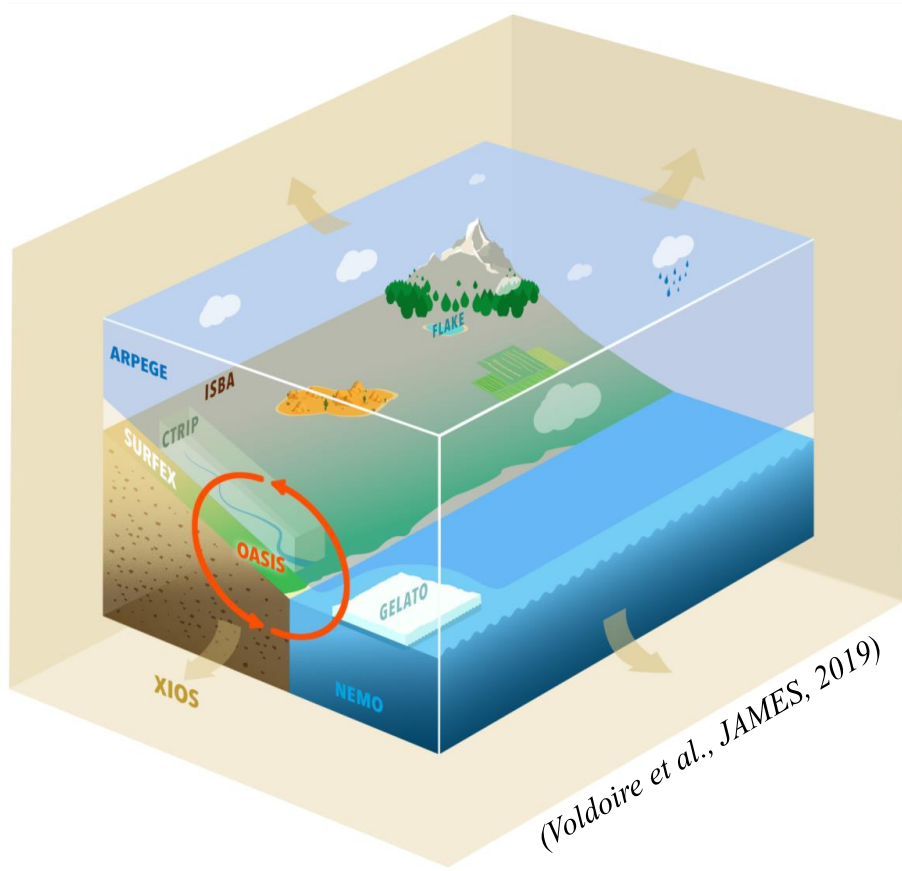


Température à 2m simulées (1979-2014)

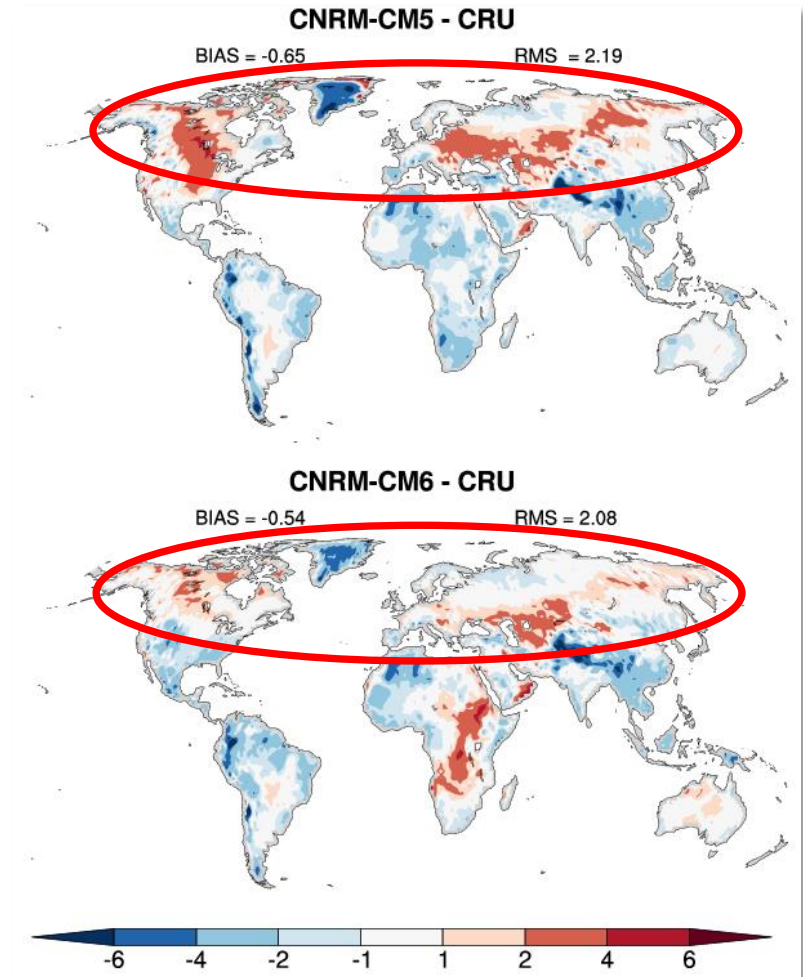


CNRM-CM6

ARPEGE-SURFEX = T127 ($\sim 1,4^\circ$) ou T355 ($0,5^\circ$)
NEMO = 1° ou $0,25^\circ$
CTRIP = $0,5^\circ$

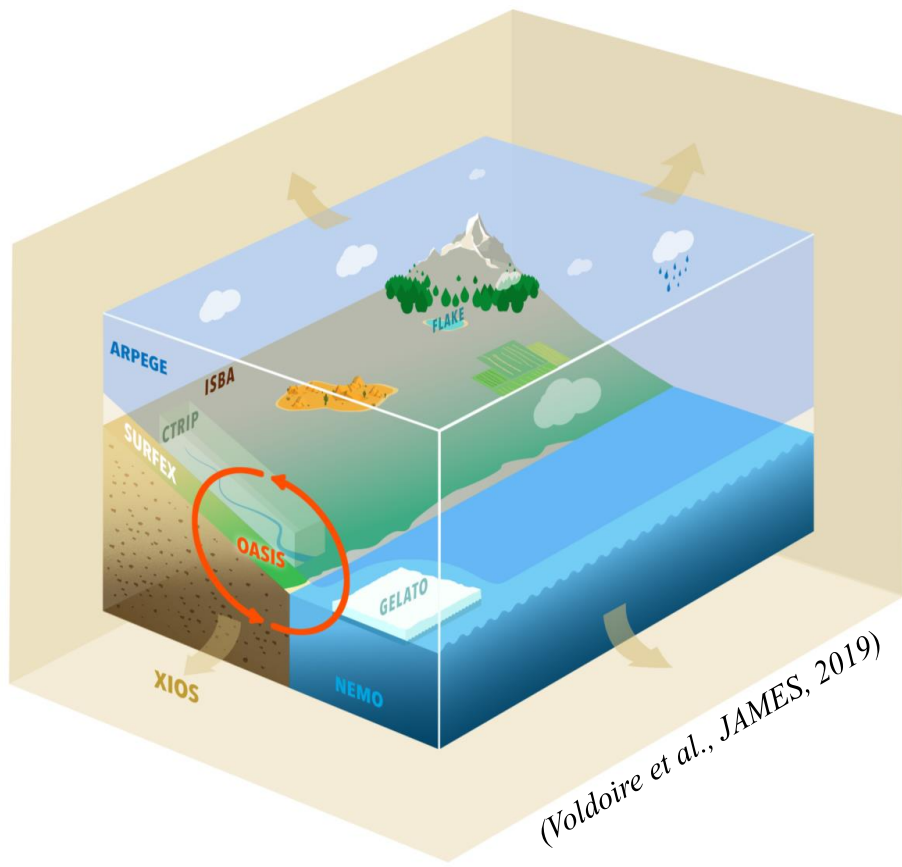


Température à 2m simulées (1979-2014)

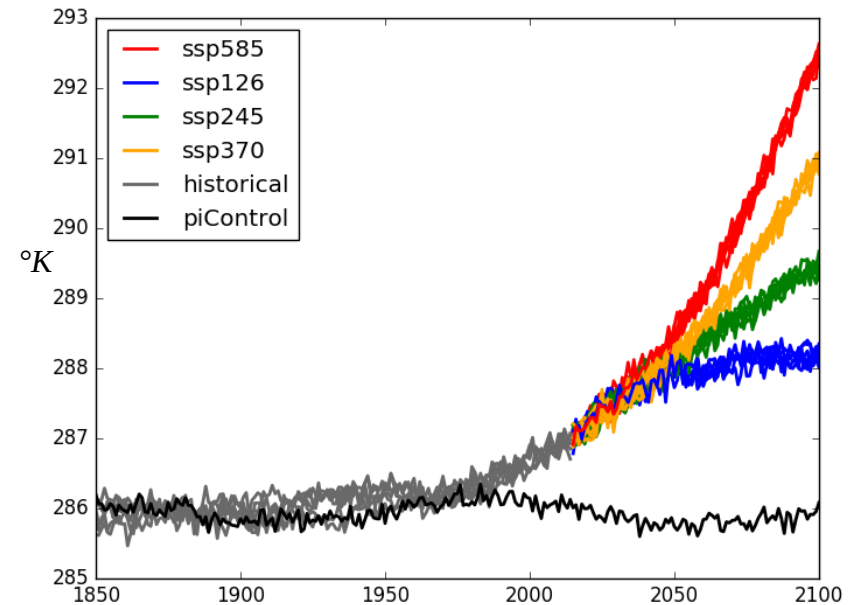


CNRM-CM6 & l'AR6

ARPEGE-SURFEX = T127 ($\sim 1,4^\circ$) ou T355 ($0,5^\circ$)
NEMO = 1° ou $0,25^\circ$
CTRIP = $0,5^\circ$

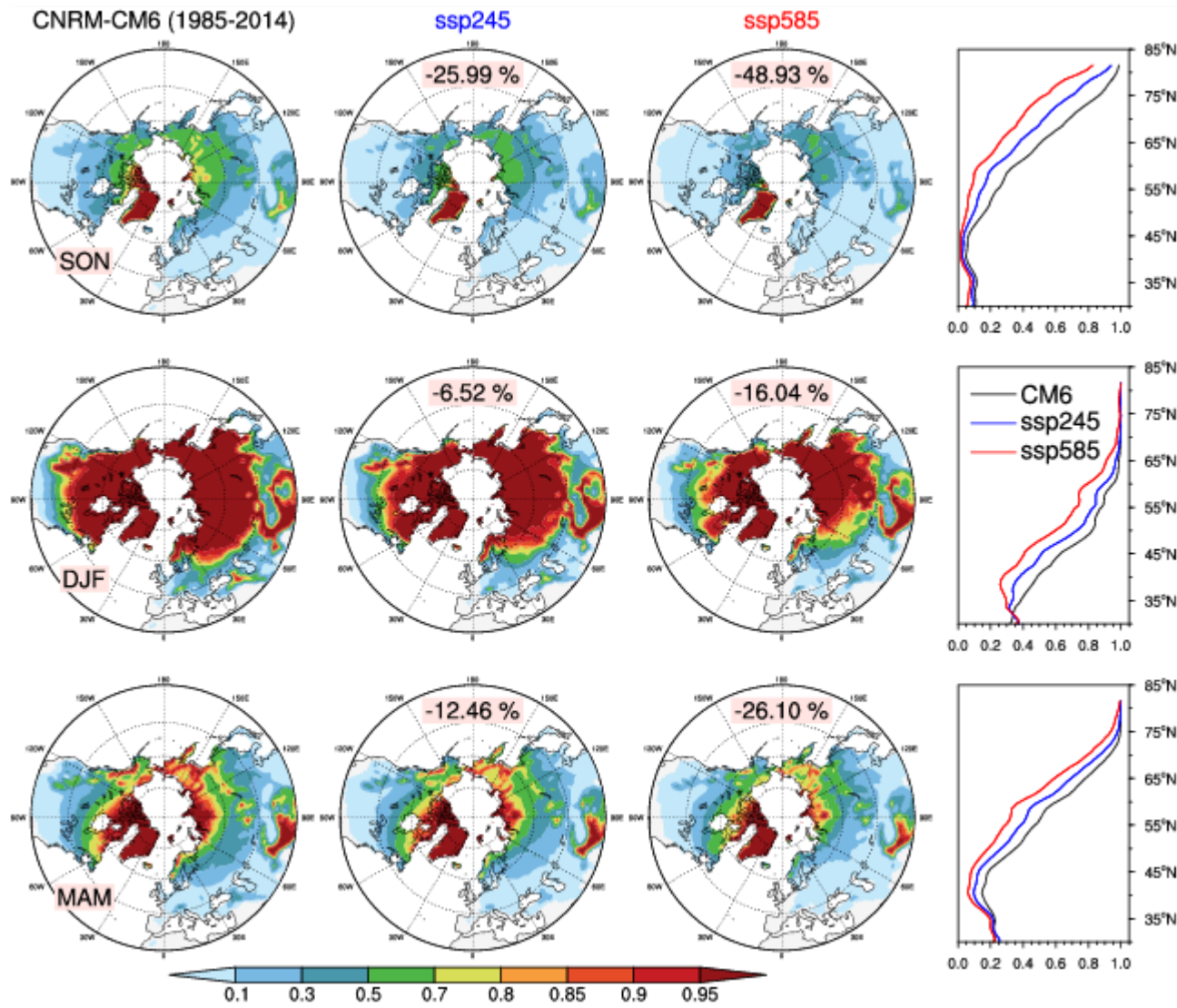


CMIP & ScenarioMIP

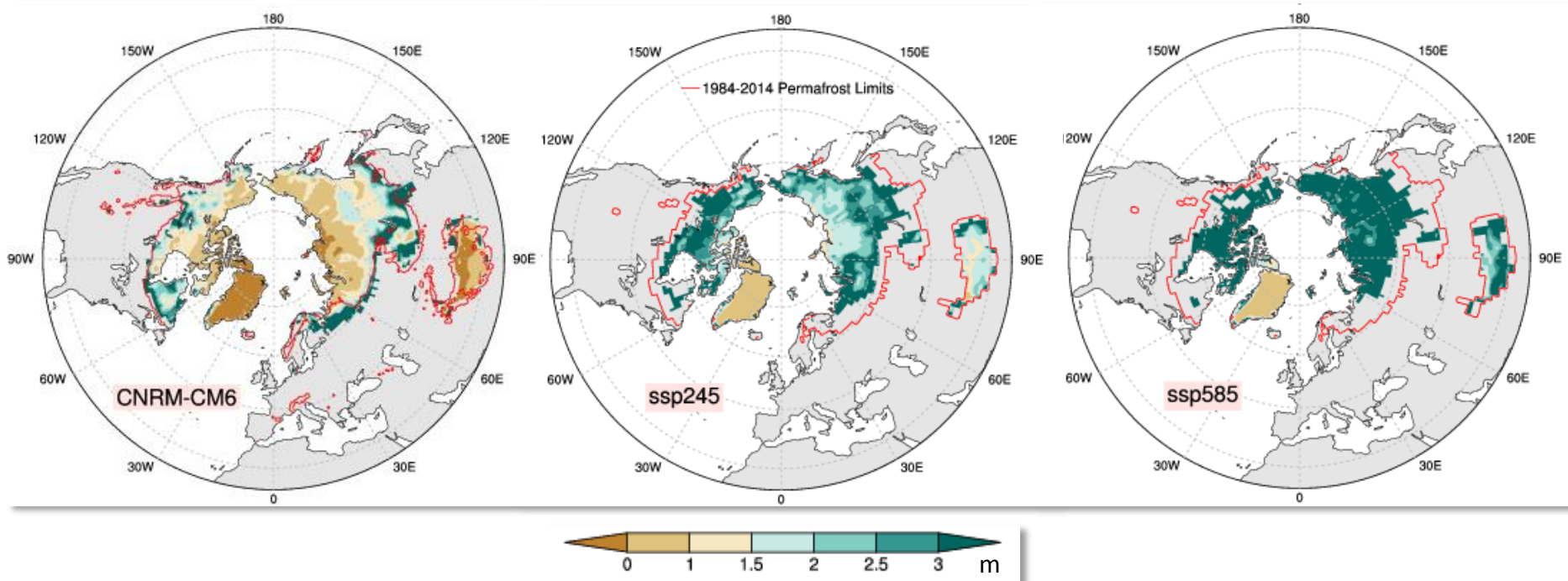


Evolution température moyenne globale

Projections 2071-2100 vs. 1985-2014



Projections 2071-2100 vs. 1985-2014



Superficie: 25.5x10⁶ km²

19.1x10⁶ km² (-24%)

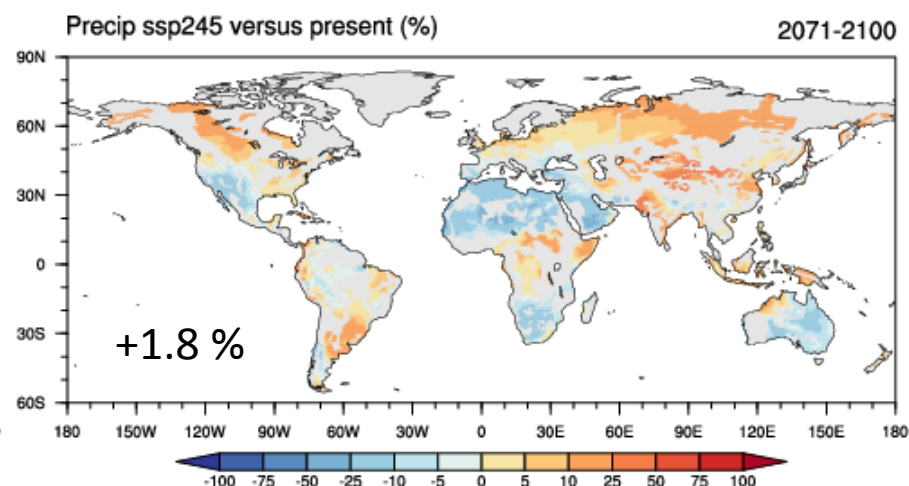
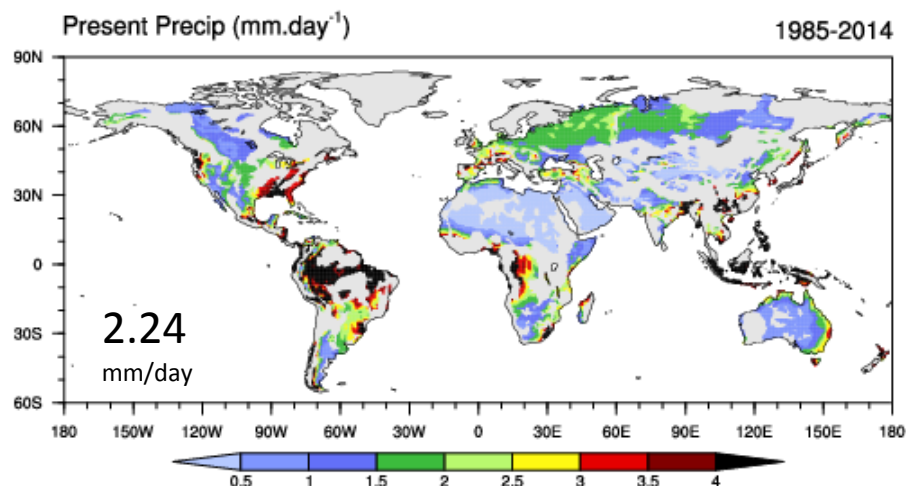
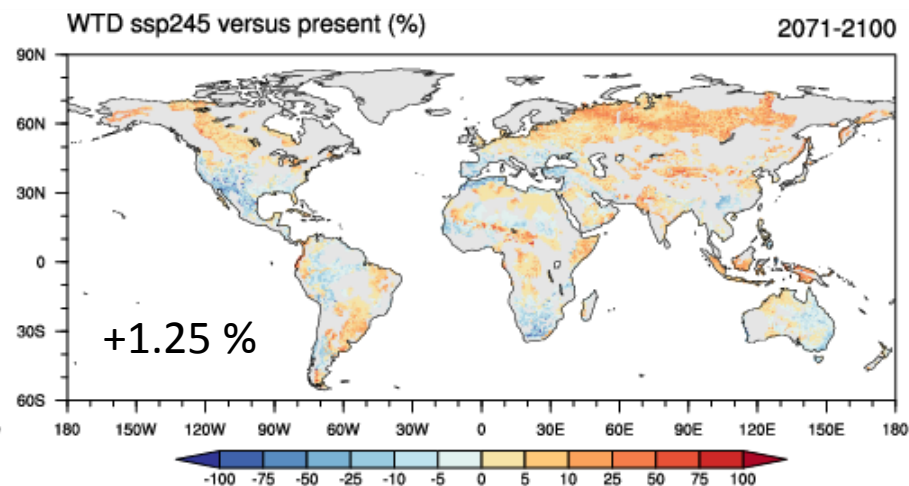
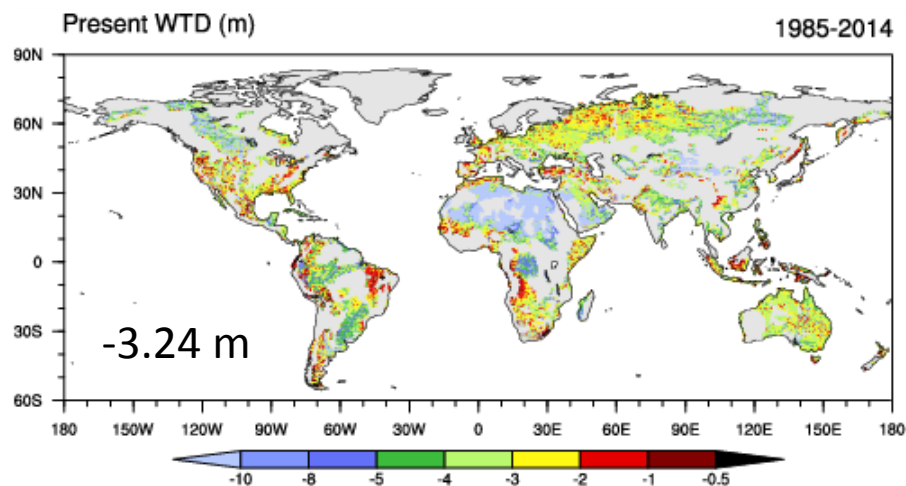
16.9x10⁶ km² (-33%)

Profondeur: 2.18 m

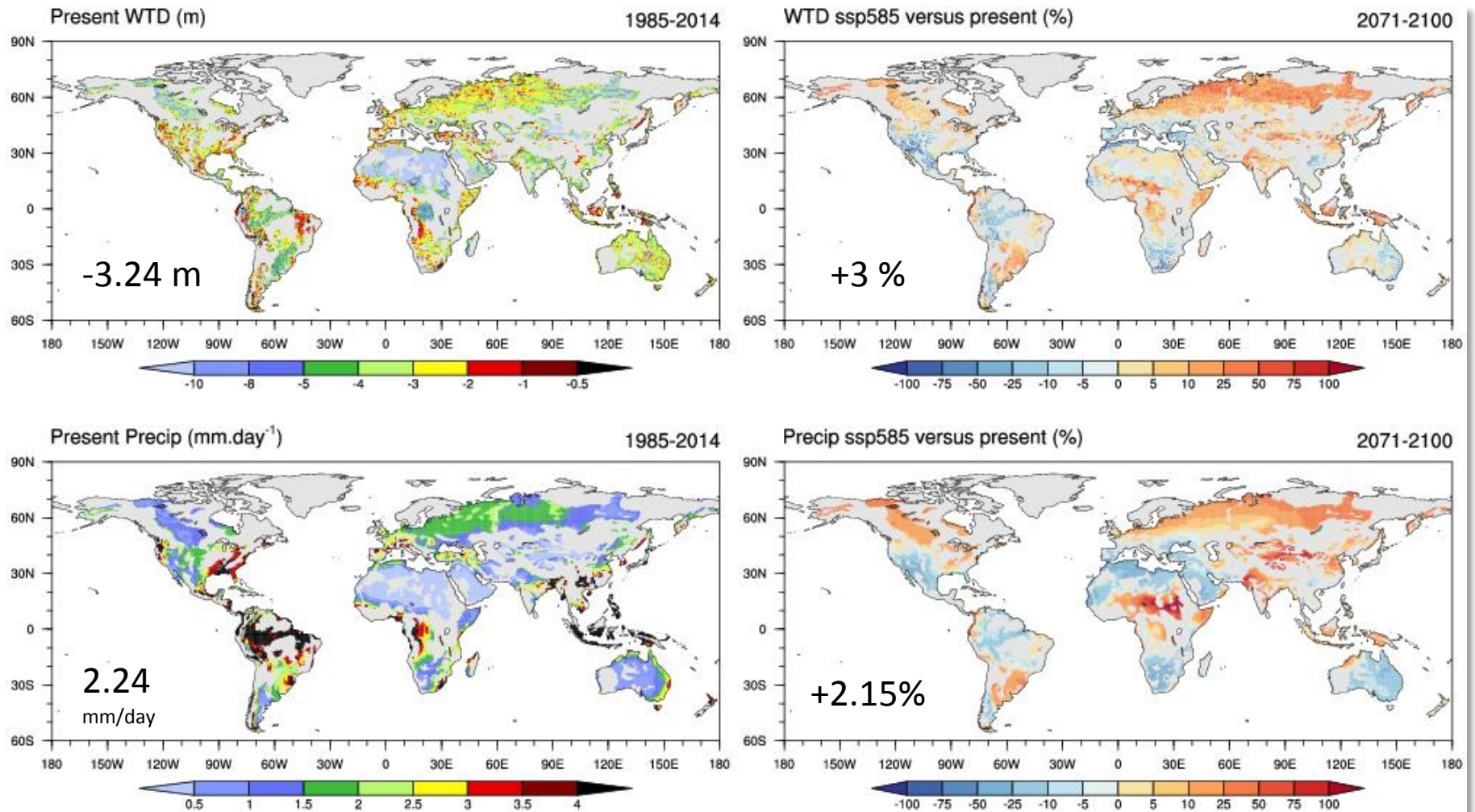
2.99 m (+37%)

4.51 (+106%)

Projections 2071-2100 vs. 1985-2014



Projections 2071-2100 vs. 1985-2014



Conclusions & Perspectives

- ISBA-CTRIP représente une « avancée » importante par rapport à la version précédente :
 - *L'enneigement saisonnier et les caractéristiques du pergélisol sont assez bien reproduit*
 - *L'évapotranspiration est aussi assez bien simulée même si une grande incertitude plane sur cette variable*
 - *Le débit des fleuves et les variation du stock d'eau continental sont bien mieux simulés*
- On retrouve les mêmes résultats « in-line » lorsque l'on compare CNRM-CM6 to CNRM-CM5
- Mais :
 - *La fonte printanière est trop précoce*
 - *Les pics de crue des fleuves boréaux sont donc aussi trop précoces*
 - *Le permafrost simulé bave un peu trop au sud du Canada et au sud-ouest de la Sibérie*
 - *Autres défauts non explicités ici*
 - *Grosses incertitudes dans évaluation globale « offline » liées aux forçages atmosphériques*
- Plans futurs :
 - *Utiliser la version ISBA-MEB pour améliorer le timing de la fonte de la neige*
 - *Représentation des processus dans la neige arctique ($\neq$ neige alpine)*
 - *CTRIP à $1/12^\circ$ ($\sim 9\text{km}$) de résolution avec bilan d'eau des lacs et barrages (Simon Munier)*
 - *Utilisation anthropique de l'eau: irrigation, pompage (aquifère et/ou rivière), etc.*
- Les projections réalisées pour l'AR6 sont cohérentes avec les résultats de l'AR5
 - *Diminution de la saison d'enneigement*
 - *Retrait vers le nord du pergélisol et approfondissement de sa couche active*
 - *Augmentation des précipitations au nord des moyennes latitudes de l'hémisphère Nord (surtout hiver)*
 - *Etc.*

WCRP CMIP6

World Climate Research Programme

You are at the [ESGF-INDEX1.CEDA.AC.UK](#) node[Home](#) [About Us](#) [Resources](#) [Contact Us](#)[Technical Support](#)MIP Era Activity ☒ LS3MIP (1003)☐ LUMIP (697)Model Cohort Product Source ID Institution ID Source Type Nominal Resolution Experiment ID Sub-Experiment Variant Label Grid Label Table ID Frequency

WARNING: Not all models include a variant "r1i1p1f1", and across models, identical values of variant_label do not imply identical variants! To learn which forcing datasets were used in each variant, please check modeling group publications and documentation provided through ES-DOC.

Enter Text: Display **10**

results per page

[\[More Search Options \]](#)Search Constraints: ✖ LS3MIP

Show All Replicas



Show All Versions



Search Local Node Only (Including All Replicas)

Total Number of Results: 1003

[-1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [6](#) [Next >>](#)*Please login to add search results to your Data Cart*Expert Users: you may display the search URL and [return results as XML](#) or [return results as JSON](#)**1. CMIP6.LS3MIP.CMCC.CMCC-ESM2-SR5.land-hist.r1i1p1f1.Eday.mrfsofr.gn**Data Node: [esgf-node2.cmcc.it](#)

Version: 20190930

Total Number of Files (for all variables): 165

Full Dataset Services: [\[Show Metadata \]](#) [\[List Files \]](#) [\[THREDDS Catalog \]](#) [\[WGET Script \]](#) [\[LAS Visualization \]](#) [\[Show Citation \]](#) [\[PID \]](#) [\[Further Info \]](#)**2. CMIP6.LS3MIP.CMCC.CMCC-ESM2-SR5.land-hist.r1i1p1f1.Eday.mrlqso.gn**Data Node: [esgf-node2.cmcc.it](#)

Version: 20190930

Total Number of Files (for all variables): 165

Full Dataset Services: [\[Show Metadata \]](#) [\[List Files \]](#) [\[THREDDS Catalog \]](#) [\[WGET Script \]](#) [\[LAS Visualization \]](#) [\[Show Citation \]](#) [\[PID \]](#) [\[Further Info \]](#)**3. CMIP6.LS3MIP.CMCC.CMCC-ESM2-SR5.land-hist.r1i1p1f1.Eday.mrsfl.gn**Data Node: [esgf-node2.cmcc.it](#)

Version: 20190930

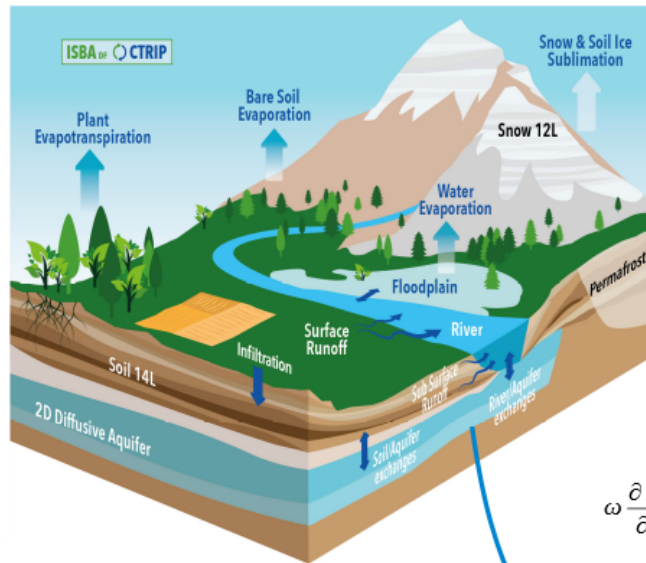
Total Number of Files (for all variables): 165

<https://esgf-node.ipsl.upmc.fr/search/cmip6-ipsl/>

ISBA_{DF}-CTRIP (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6

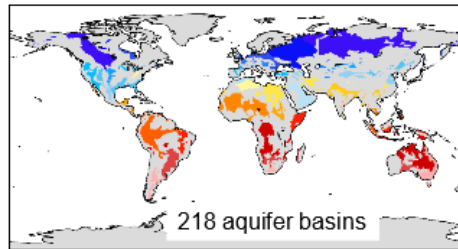
ISBA-CTRIP (within Surfex)

Decharme et al. 2019 (under review)



Aquifer scheme

Vergnes et al. 2012,
Vergnes and Decharme, 2012



- 1-layer unconfined aquifers
- 2D diffusive (lateral fluxes)
- Groundwater-river exchanges
- Coupling with ISBA Soil

$$\omega \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{1}{r^2 \cos(\phi)} \left[\frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{T_\theta}{\cos(\phi)} \frac{\partial H}{\partial \theta} \right) + \frac{\partial}{\partial \phi} \left(T_\phi \cos(\phi) \frac{\partial H}{\partial \phi} \right) \right] + Q_{sb} - Q_{riv}$$

H : water table head (m)

ω : effective porosity

T : transmissivity (m²/s)

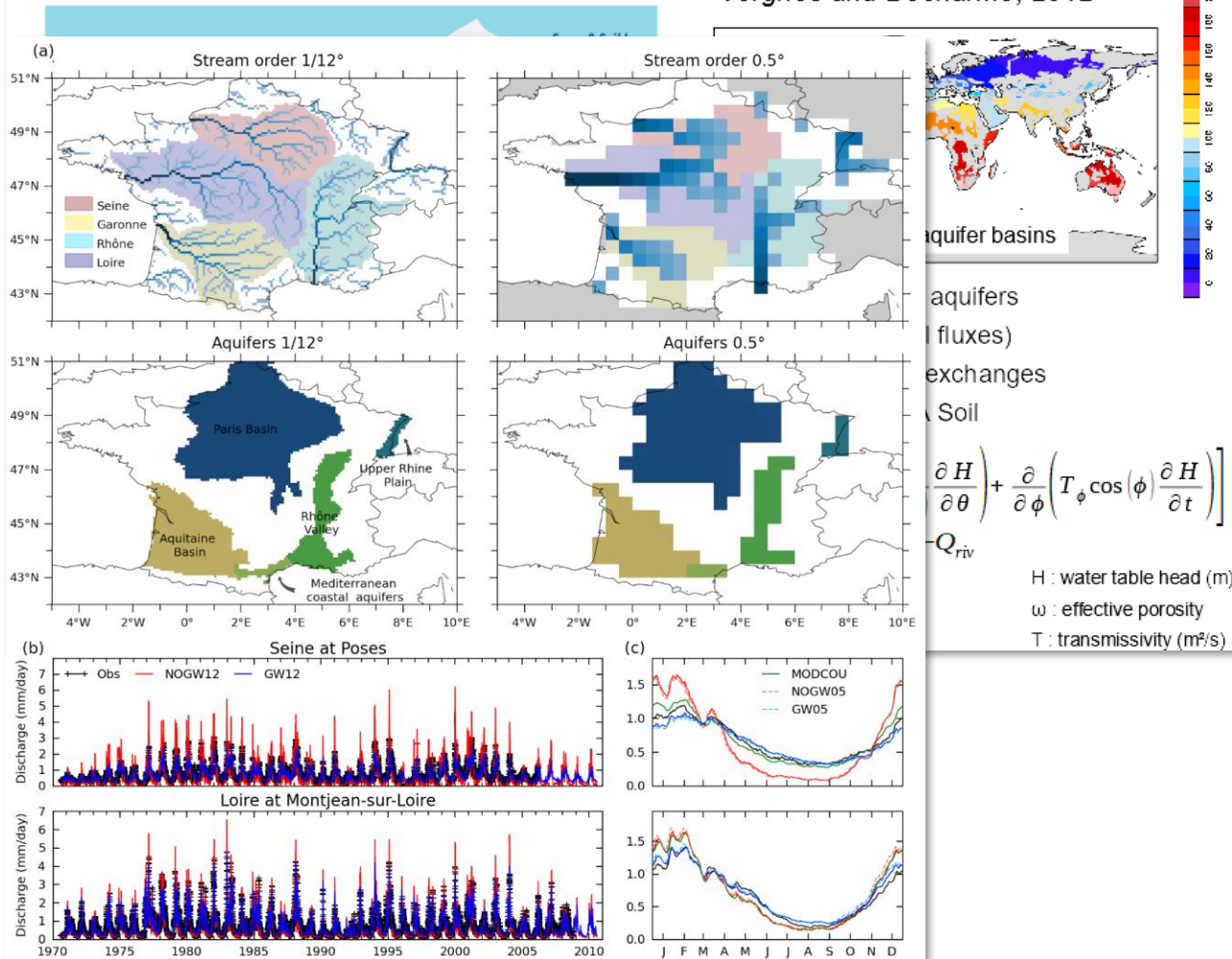
ISBA_{DF}-CTrip (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6

ISBA-CTrip (within Surfex)

Decharme et al. 2019 (under review)

Aquifer scheme

Vergnes et al. 2012,
Vergnes and Decharme, 2012



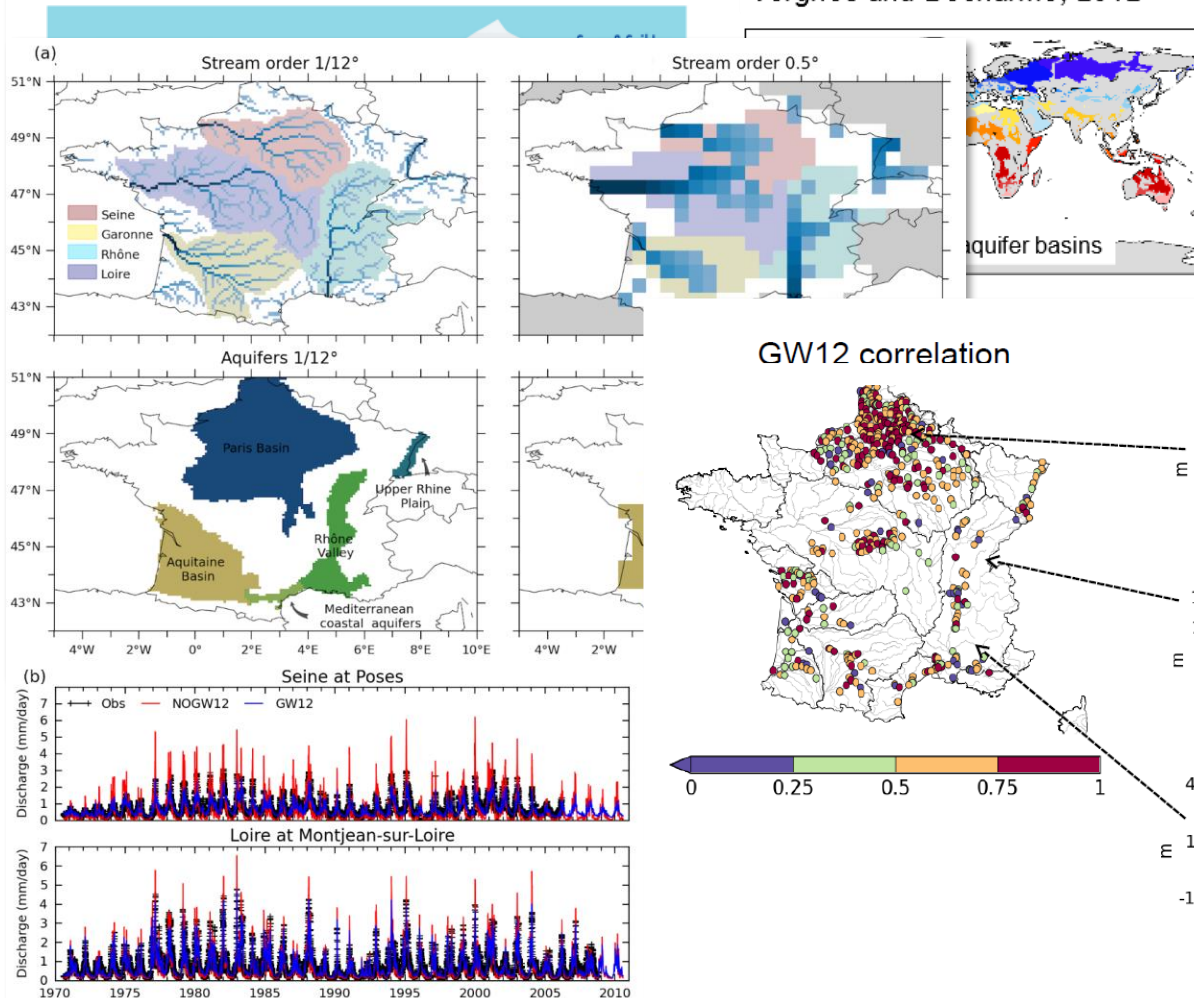
ISBA_{DF}-CTrip (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6

ISBA-CTrip (within Surfex)

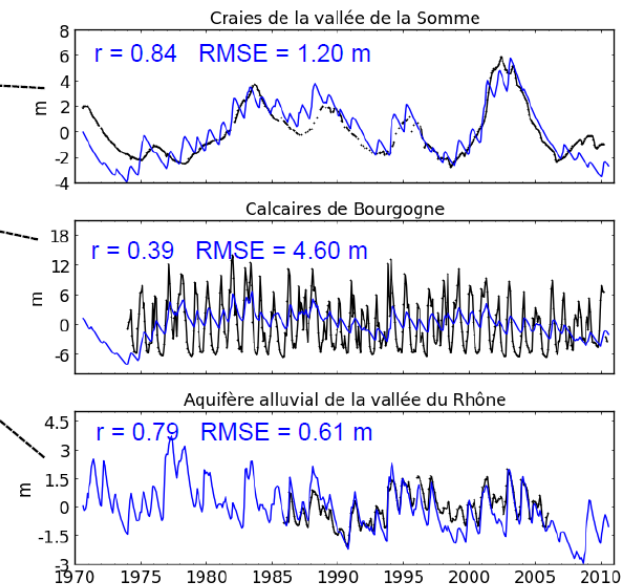
Decharme et al. 2019 (under review)

Aquifer scheme

Vergnes et al. 2012,
Vergnes and Decharme, 2012



Vergnes et al., 2012a



Terrestrial Water Storage Variation over 2002-2010

Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE)

- Monthly terrestrial water storage (TWS) variation estimates based on earth's gravity field (spatial scale about 300-400 km resolution)
 - 3 products over the 2002 – 2014 period :
 - GeoForschungZentrum (GFZ)
 - Center for Space Research (CSR)
 - Jet Propulsory Laboratory (JPL)
- ➔ TWS model variations are compared to the standard deviation and **mean** of the 3 GRACE products

Terrestrial water storage
TWS

surface water (storage reservoir)

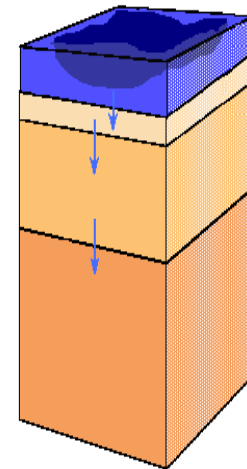
snow + vegetation

+

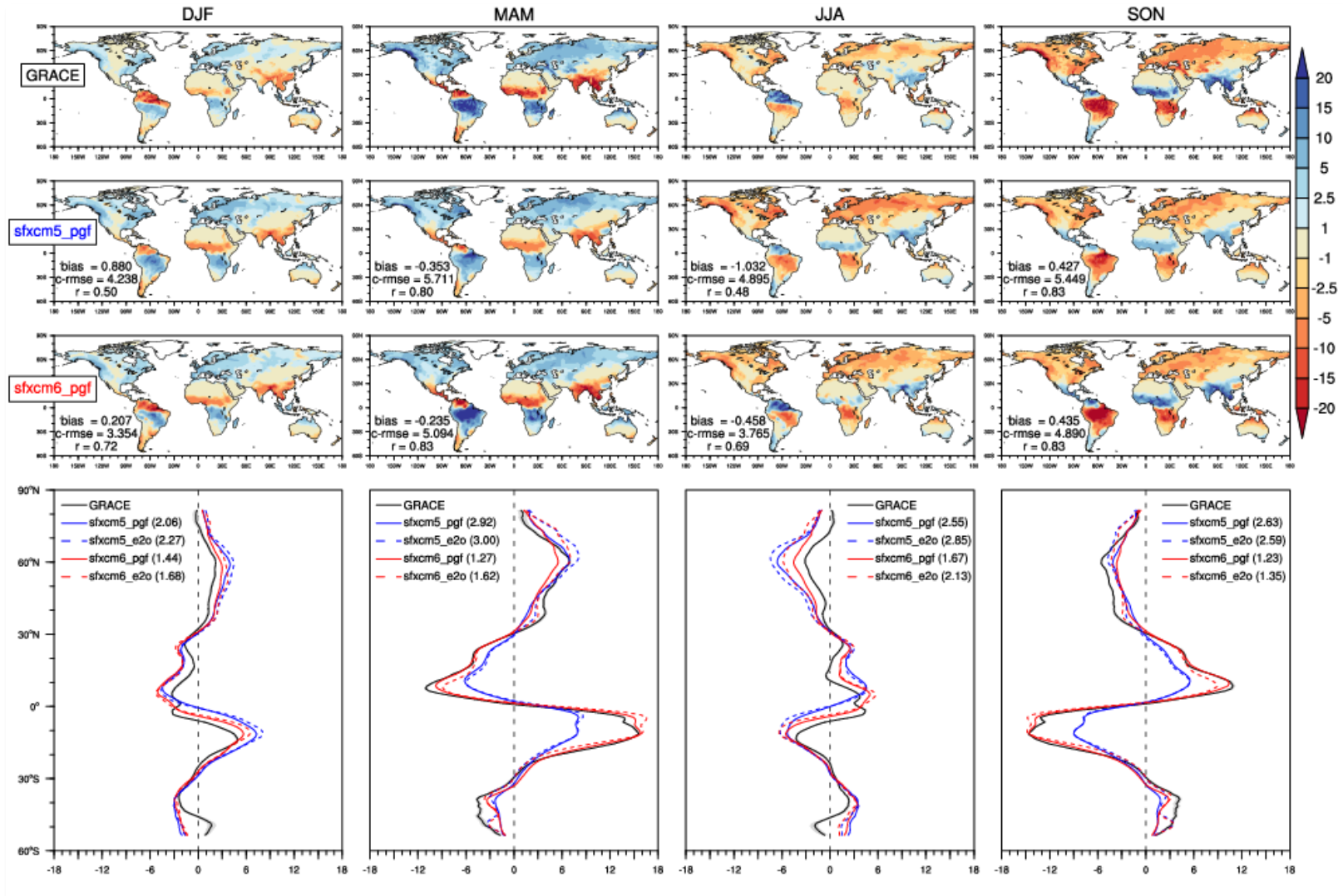
soil moisture

+

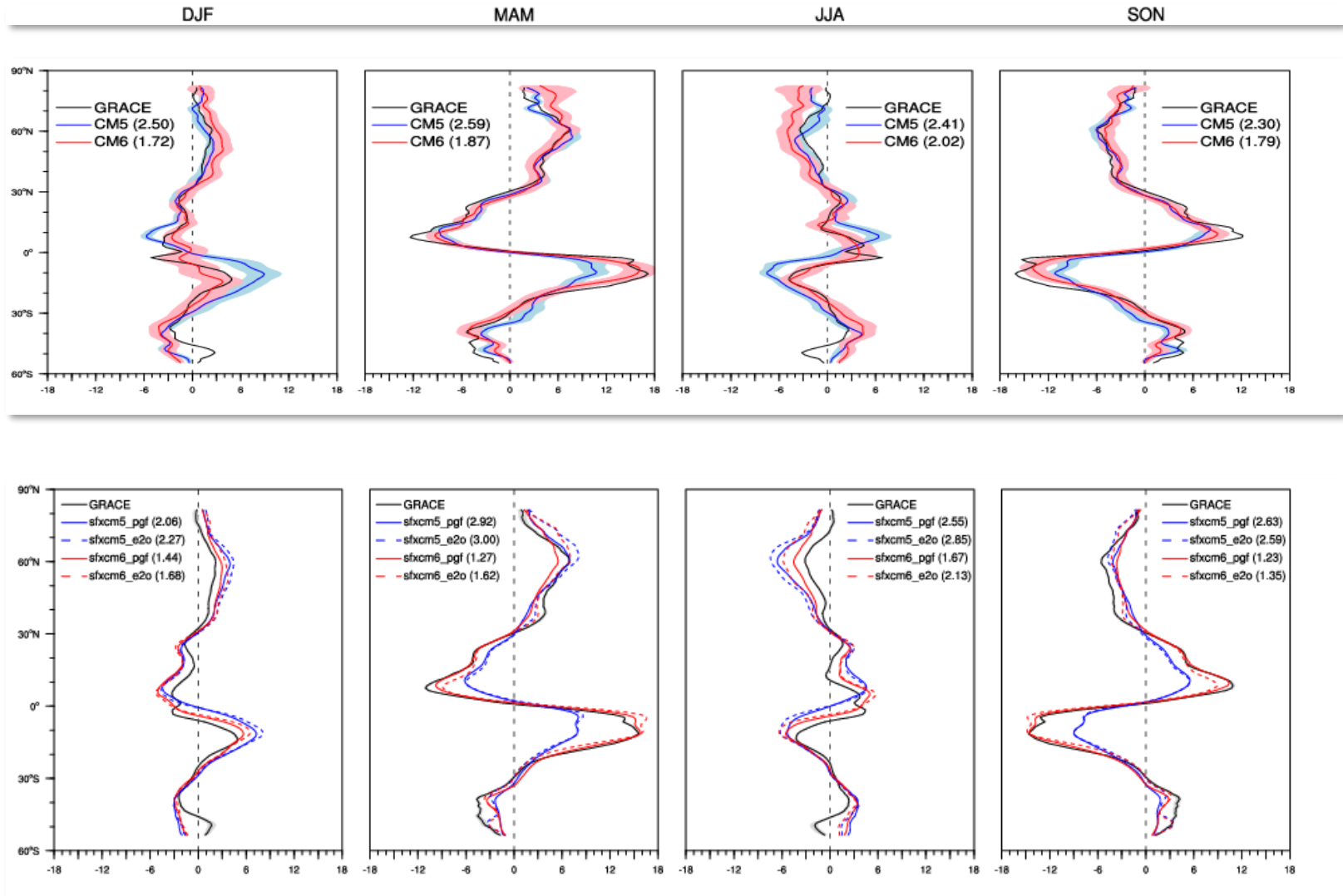
groundwater



Variations du stock d'eau continental (2002-2010)

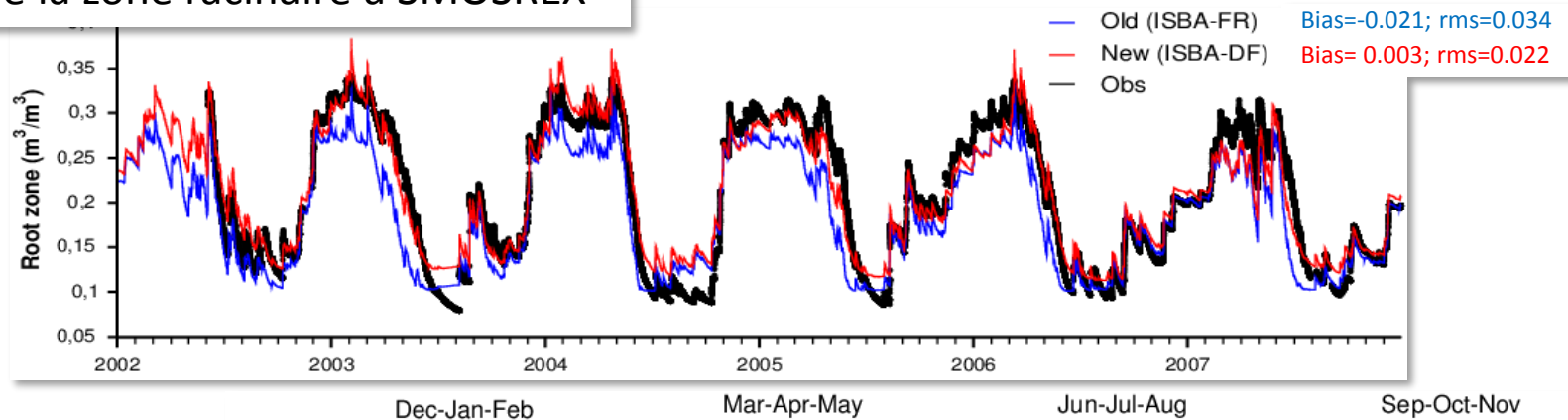


Variations du stock d'eau continental (2002-2010)

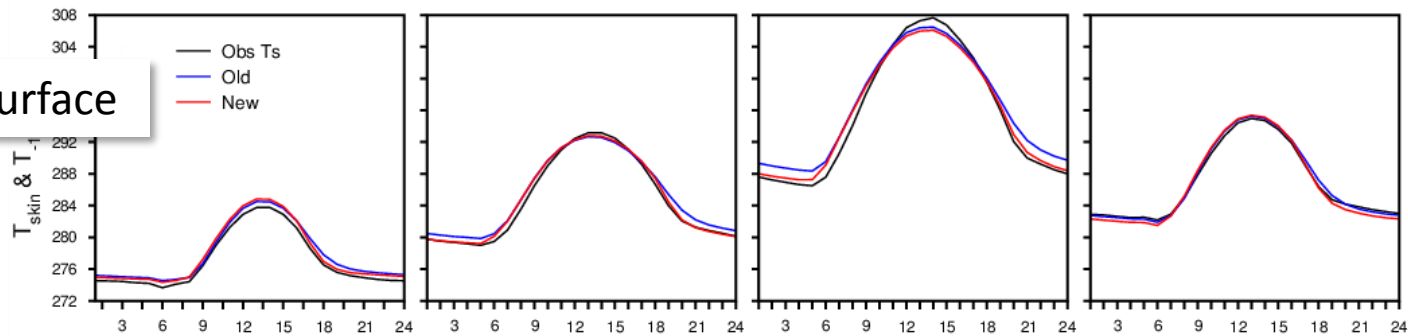


ISBA_{DF}-CTrip (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6

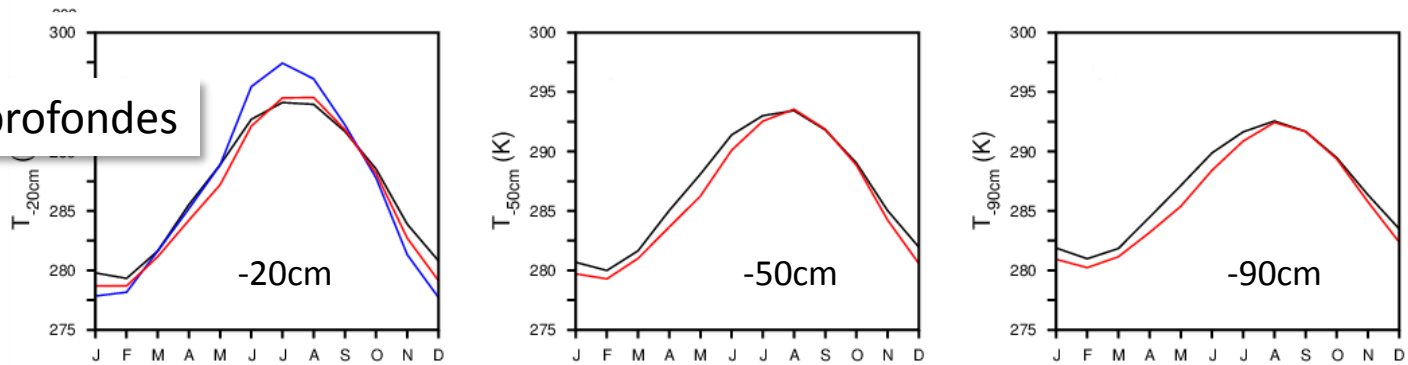
Humidité de la zone racinaire à SMOSREX



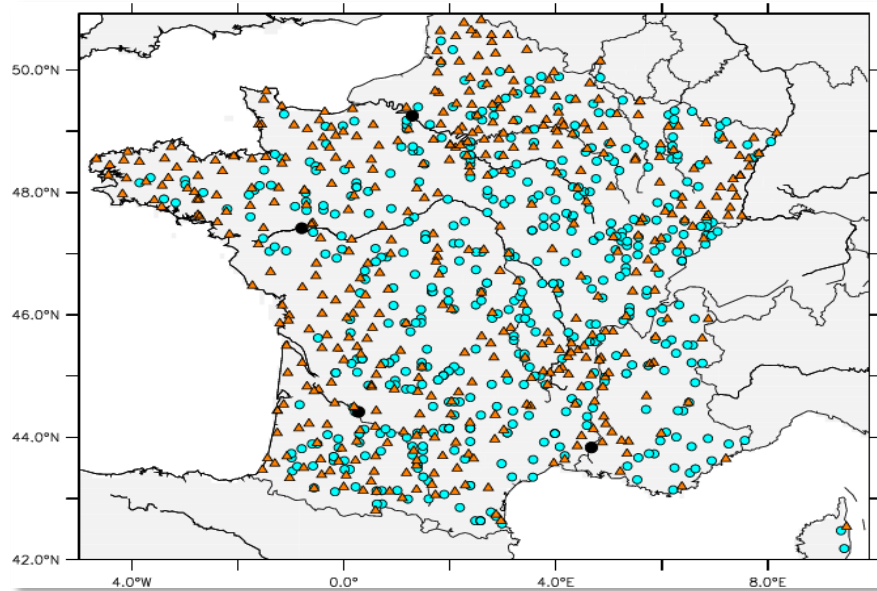
Cycle diurne temp. surface



Temp. saisonnières profondes

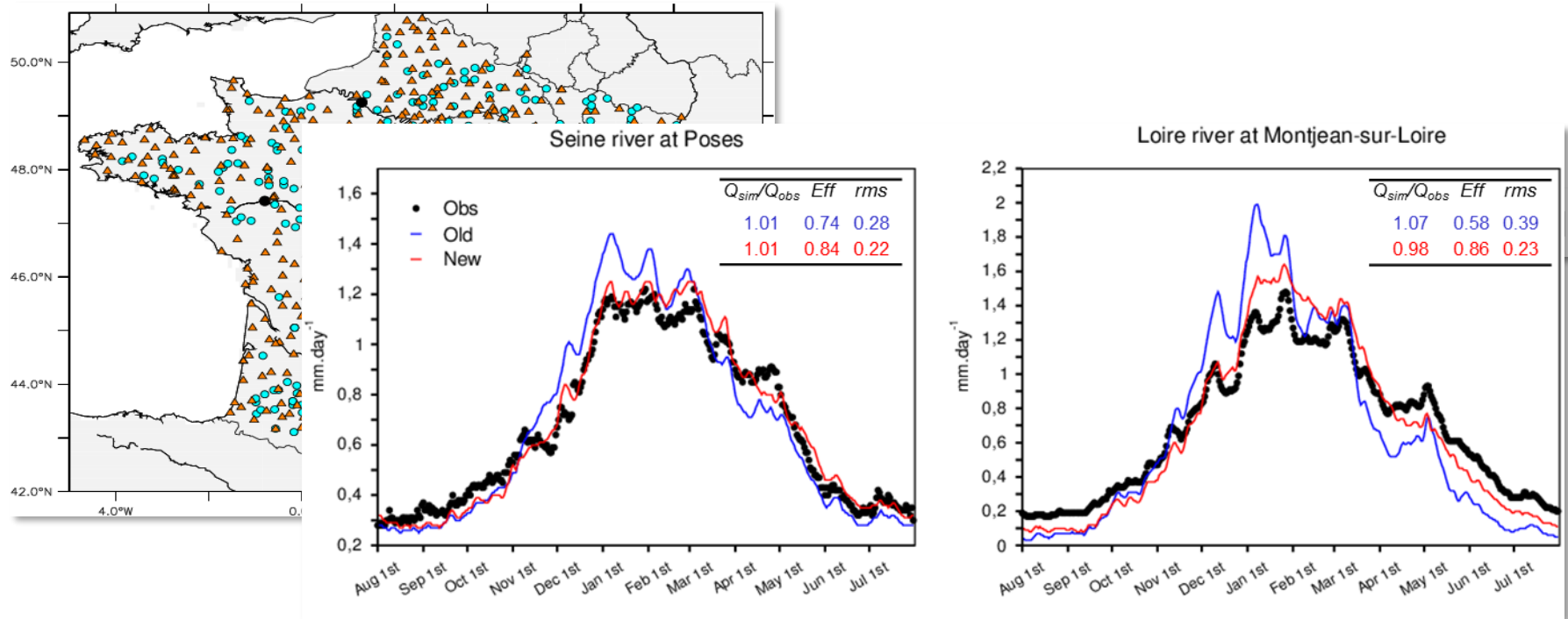


ISBA_{DF}-CTrip (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6

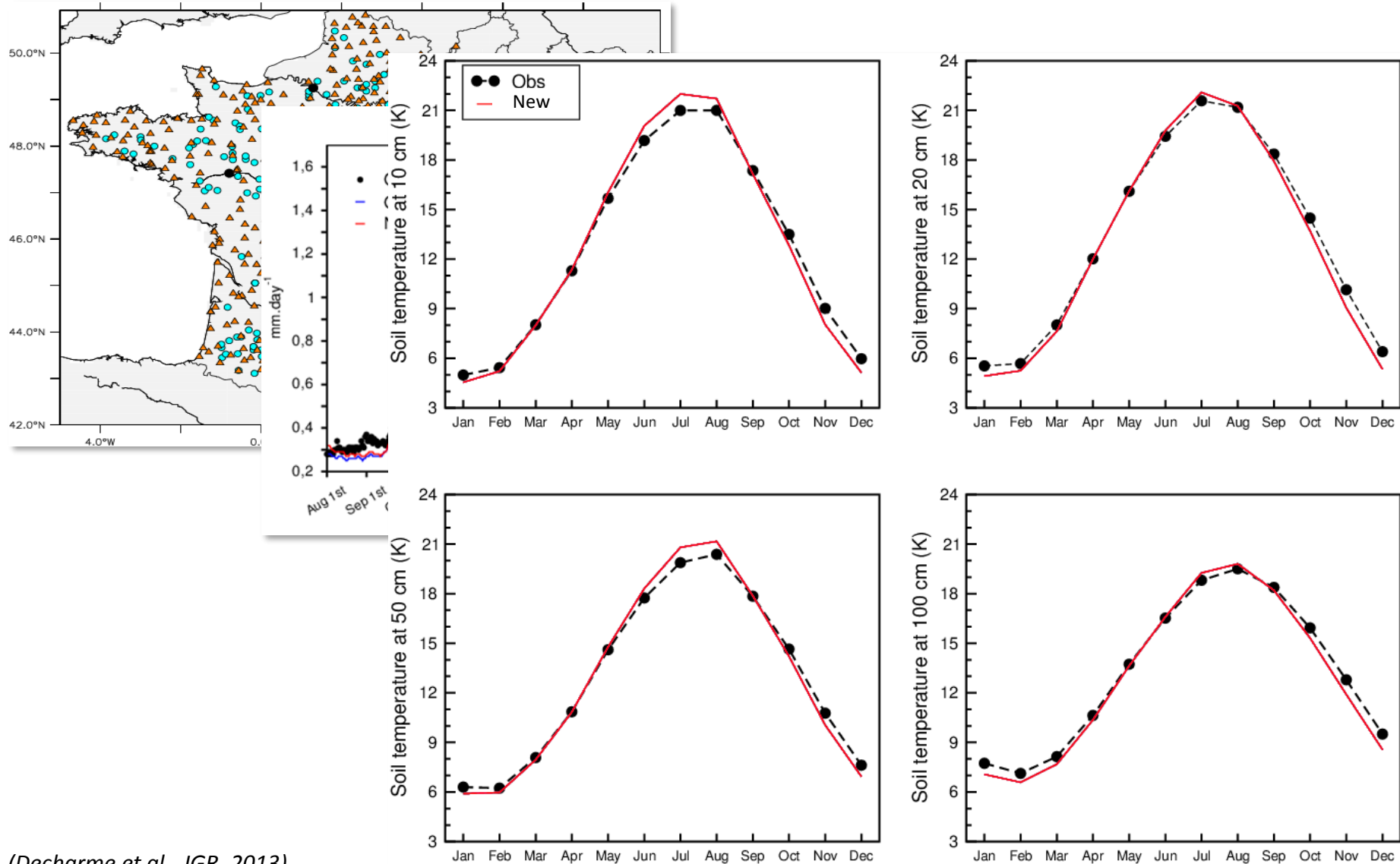


Validation sur la France à 8km grâce à SIM

ISBA_{DF}-CTrip (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6



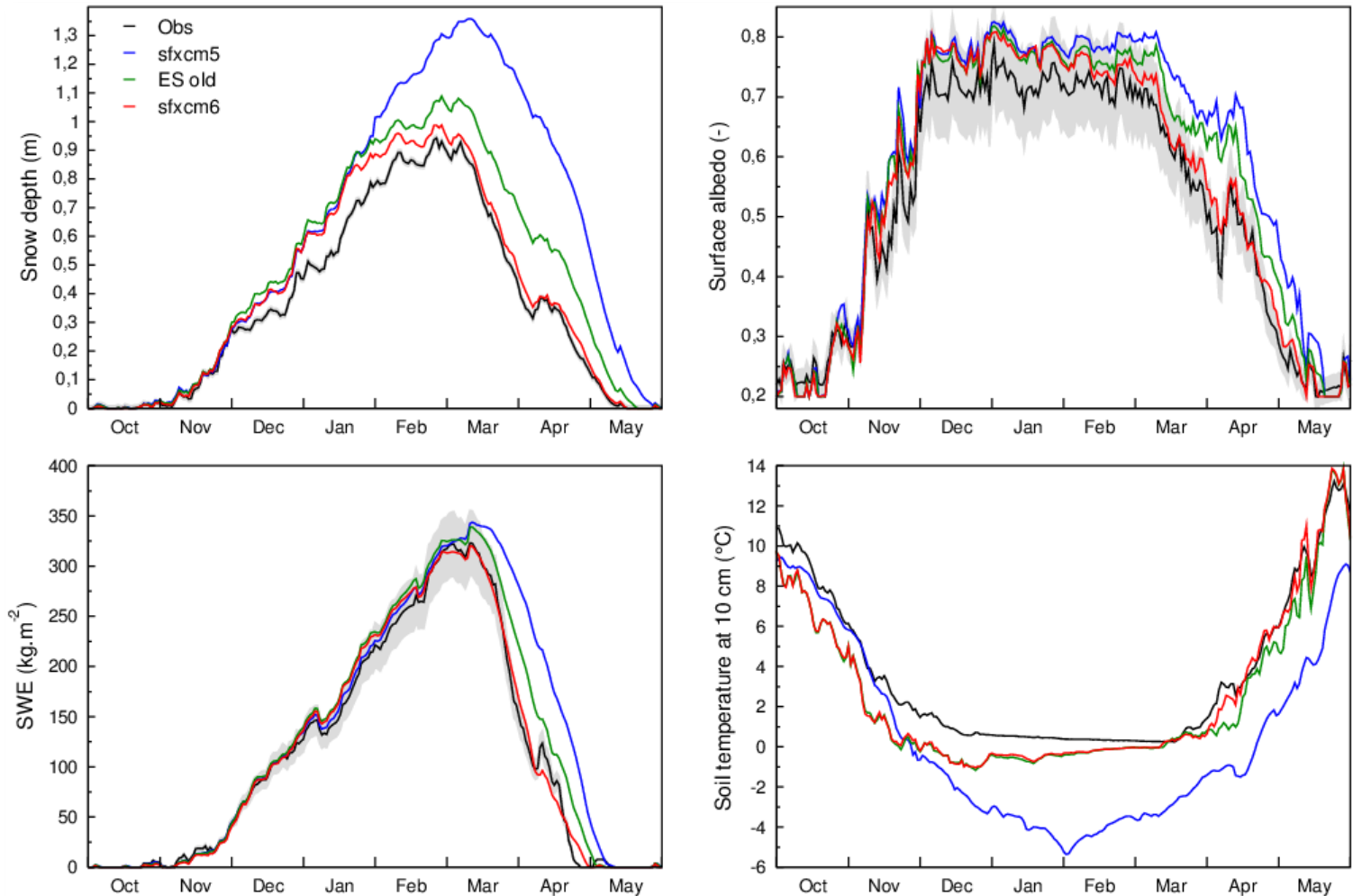
ISBA_{DF}-CTrip (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6



(Decharme et al., JGR, 2013)

ISBA_{DF}-CTrip (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6

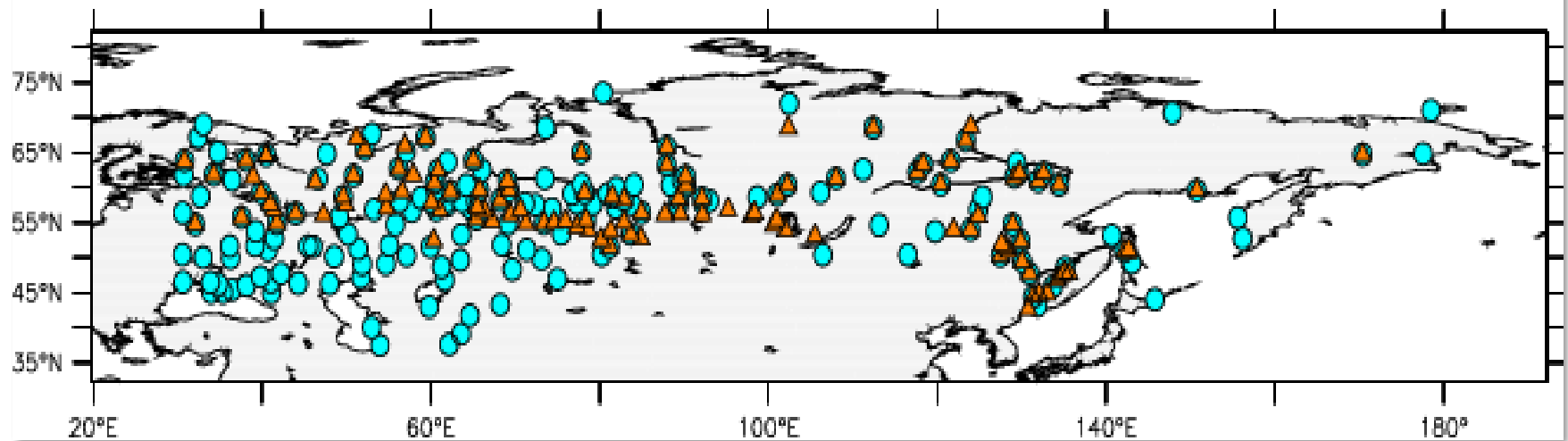
Validation neige au Col de Porte: Climatologie 1993-2011



(Decharme et al., The Cryo., 2016)

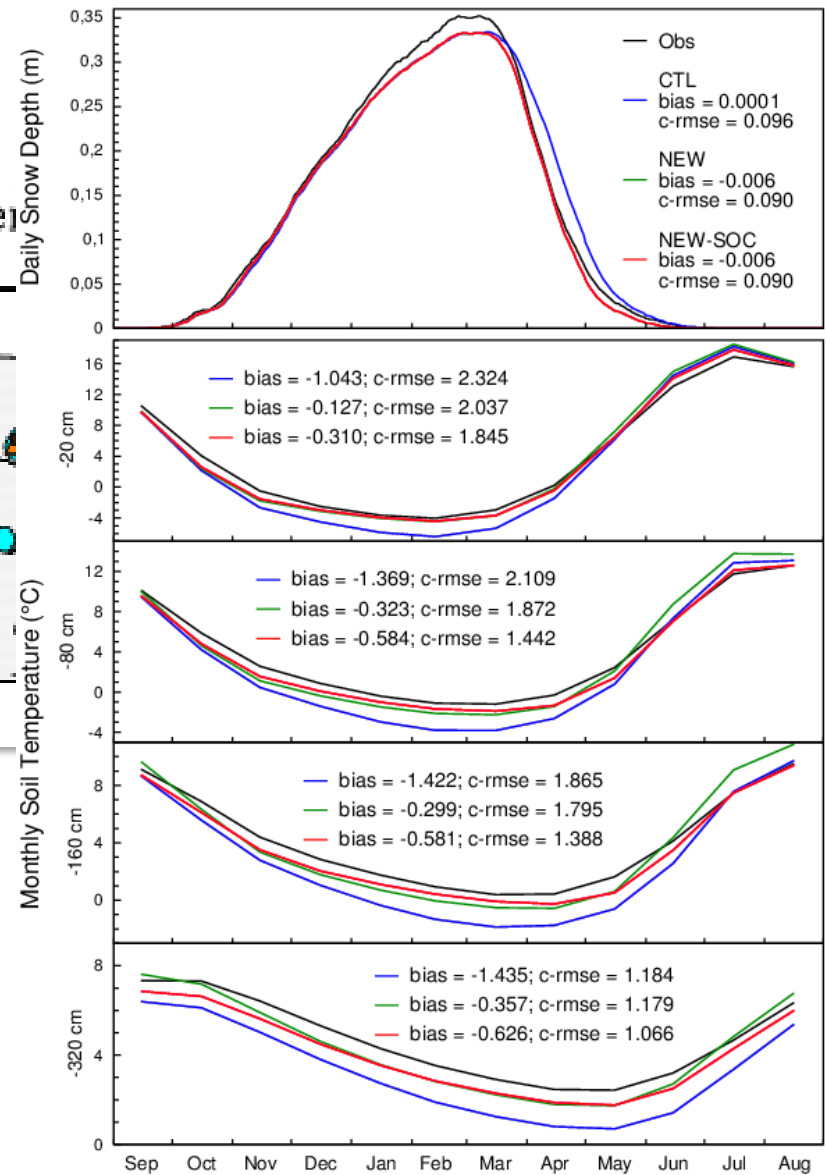
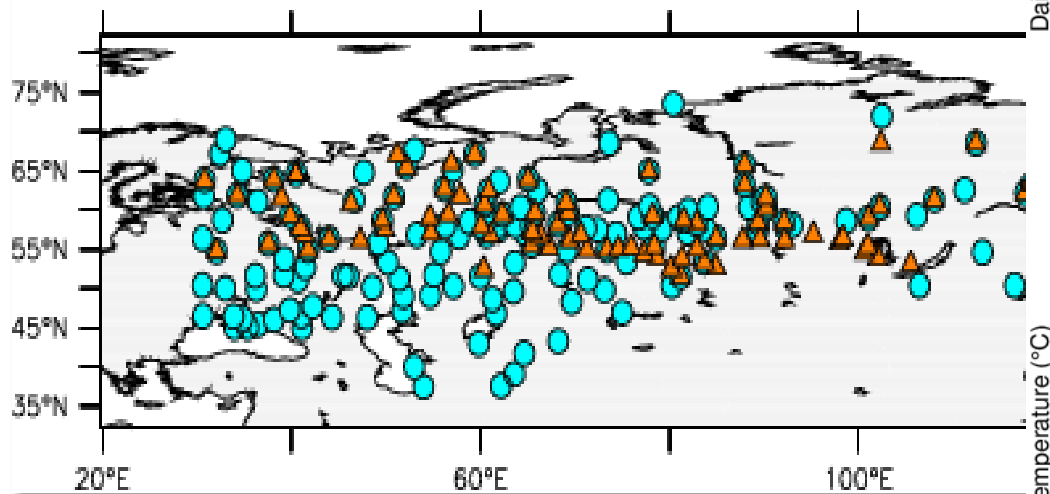
ISBA_{DF}-CTrip (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6

Snow Depth (circles) and Soil Temperature (triangles) Stations

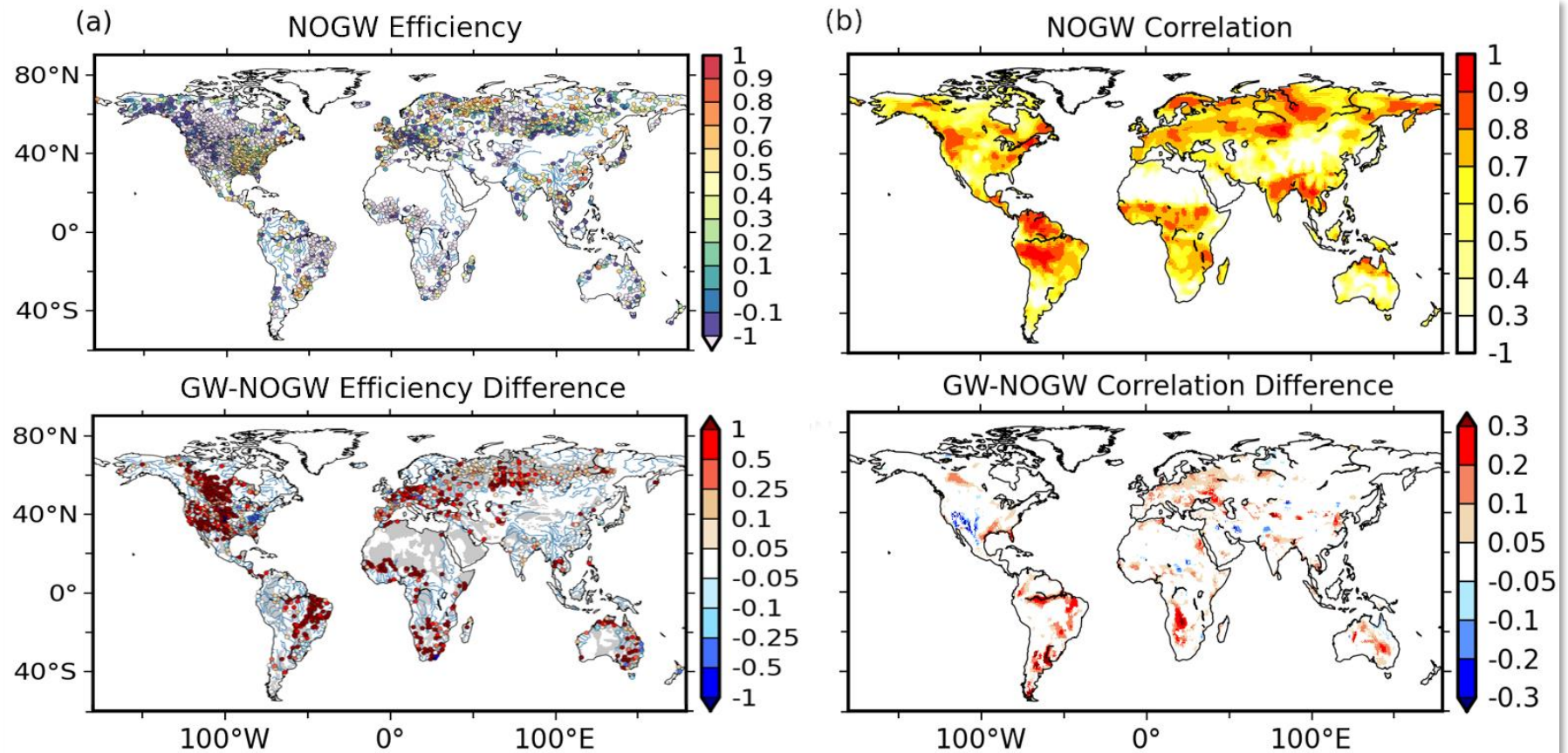


ISBA_{DF}-CTRIP (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6

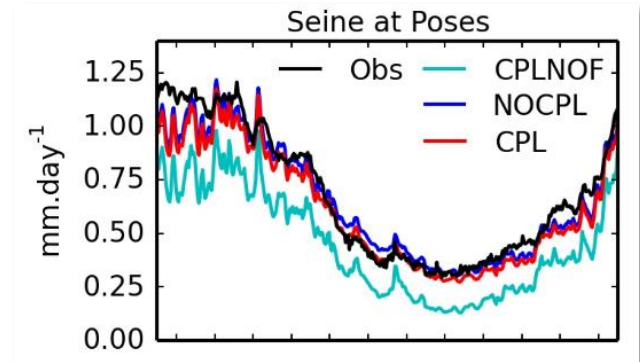
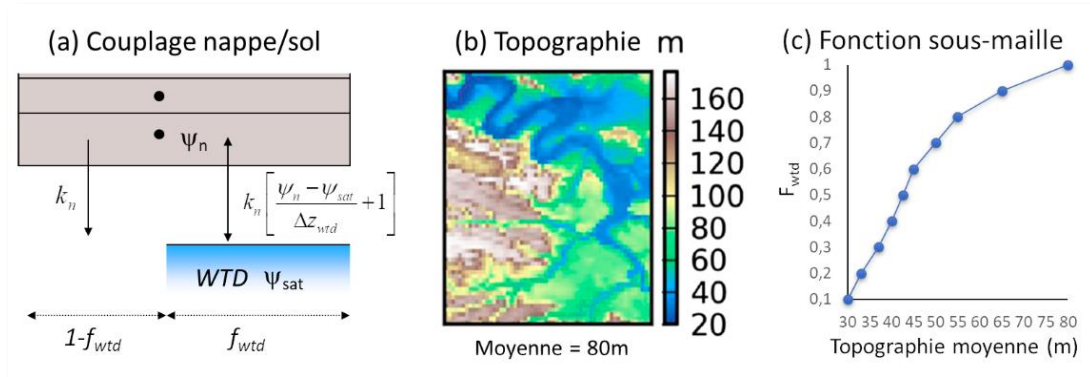
Snow Depth (circles) and Soil Temperature



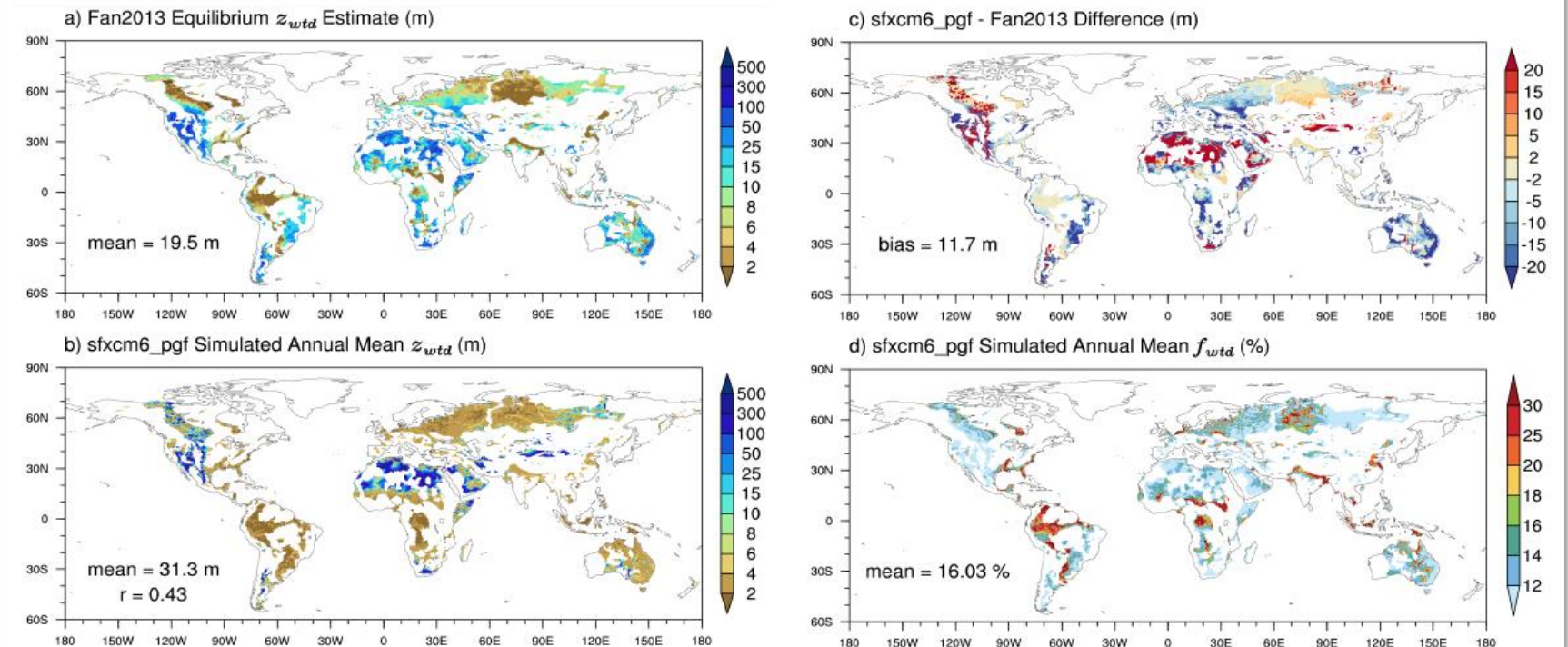
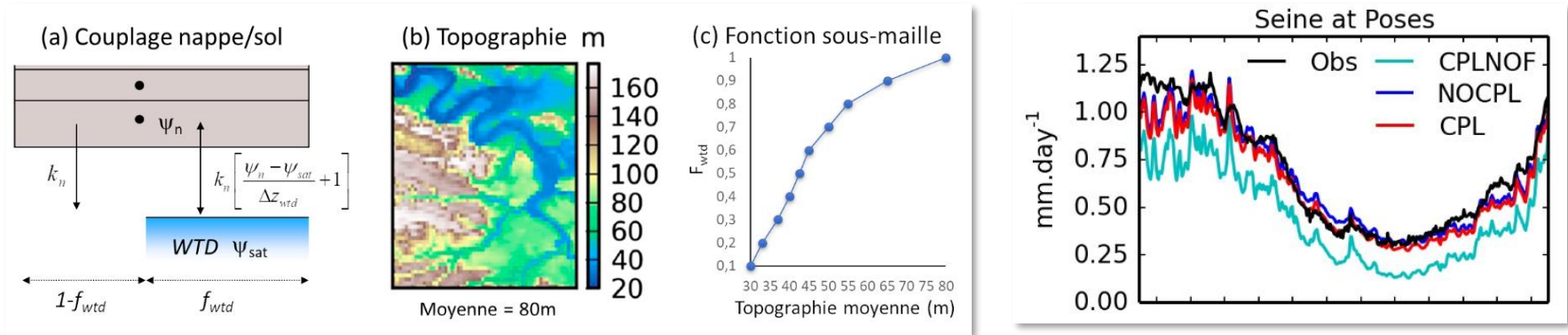
ISBA_{DF}-CTrip (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6



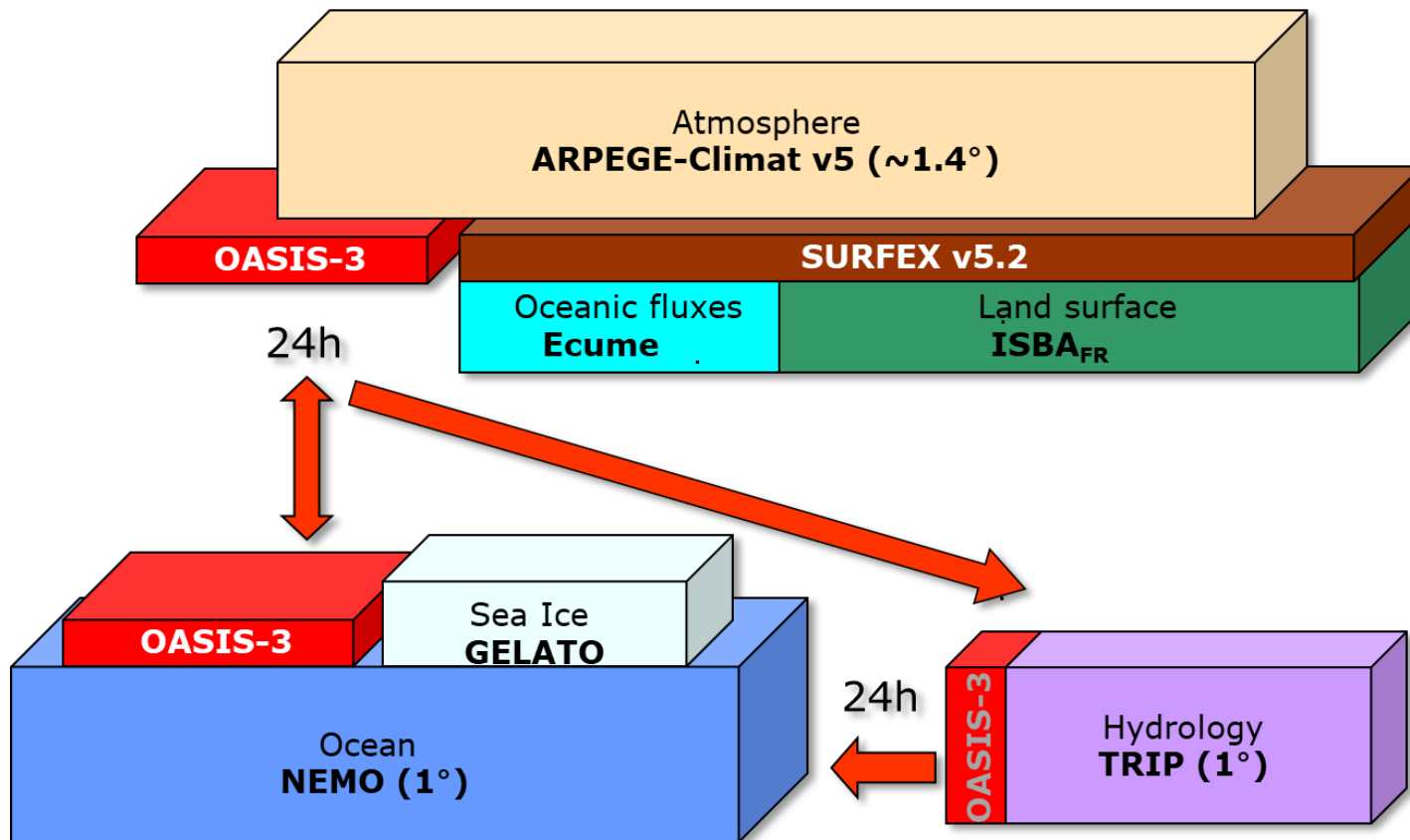
ISBA_{DF}-CTrip (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6



ISBA_{DF}-CTrip (SURFEXv8.0) pour CNRM-CM6



CNRM-CM5 & ISBA_{FR}-TRIP (SURFEXv5.2)



(Voldoire et al., Clim. Dyn. 2013)

Climatologie de la couverture de neige 1979 – 2010

