

Centre de modélisation du climat de l'IPSL
Retraite des 17-18 novembre 2022 – Domaine Saint-Paul



Depuis IPSL-CM6A-LR : tour d'horizon des
développements récents



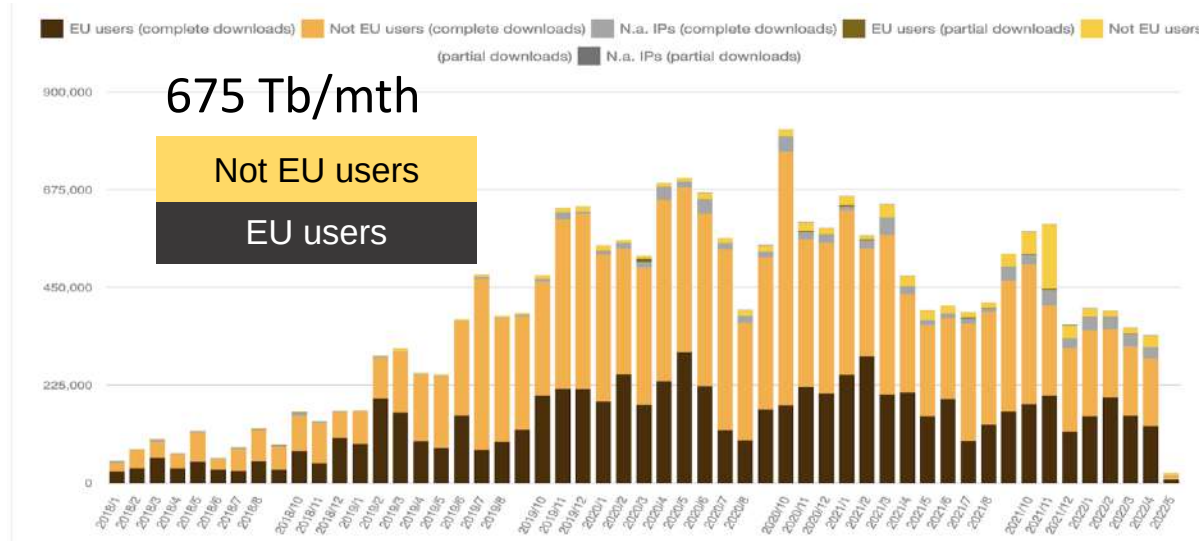
CMIP6: un bilan très positif

IPSL-CM6 : 11 publications en 2020-2021

Post-IPSL-CM6 : 5 publications en 2021-2022

Publications CMIP6 avec au moins une personne de l'IPSL

- 2022 : 20 publications
- 2021 : 31 publications
- 2020 : 36 publications
- 2018-2019 : 5 publications

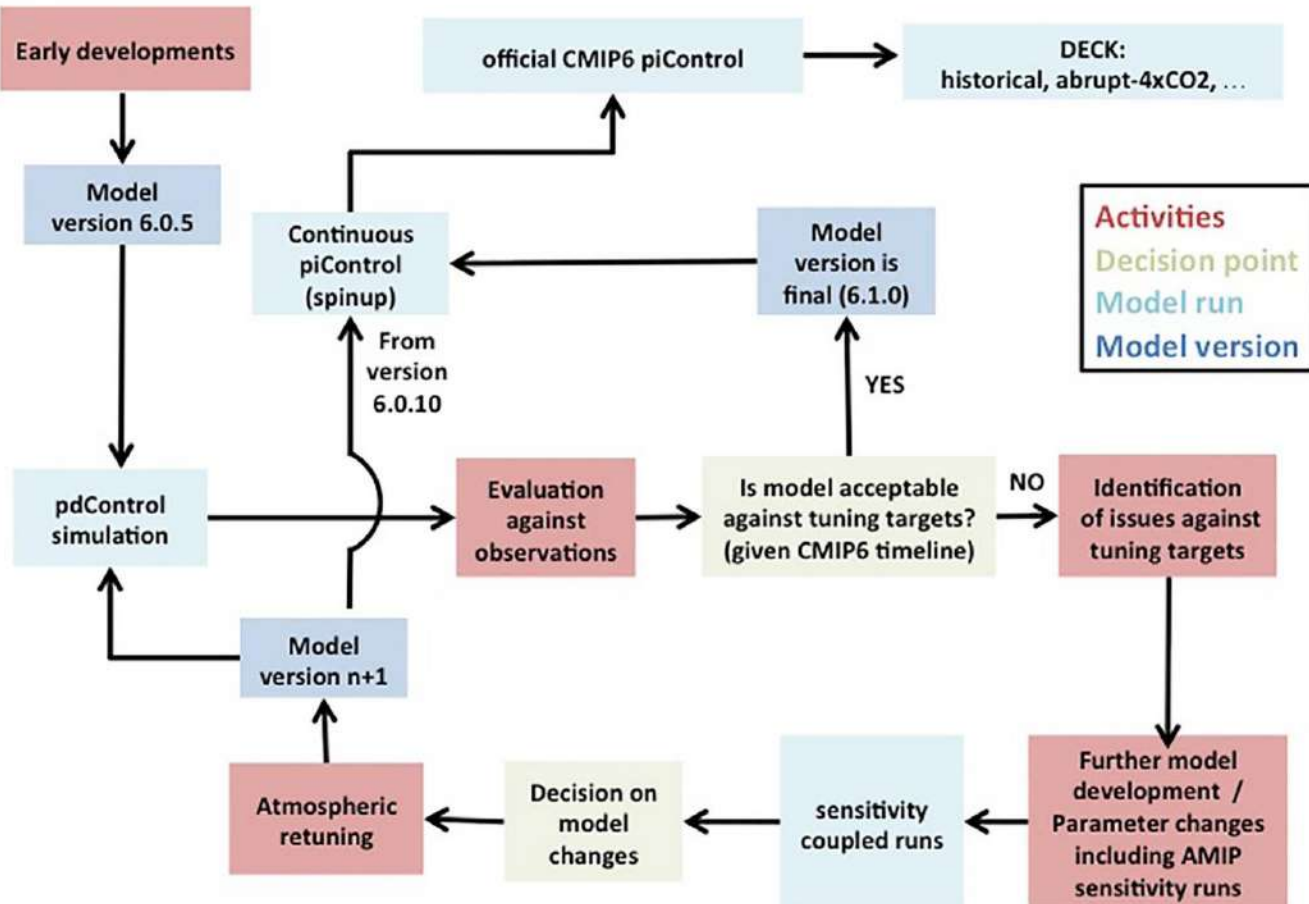


Top ten sources

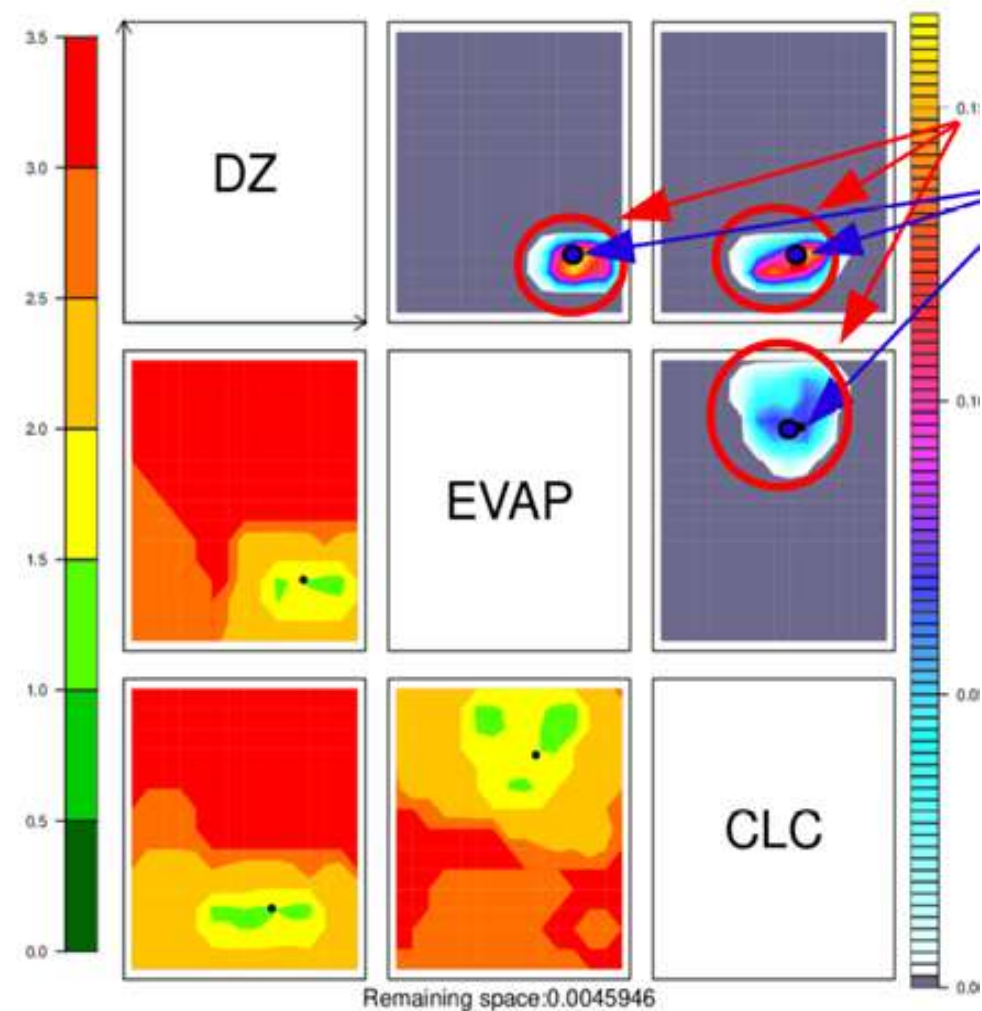
13/05/2022

Export CSV

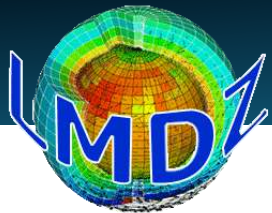
#	Source	Value
1	IPSL-CM6A-LR	2947412.69
2	EC-EARTH3	2436758.59
3	MPI-ESM1-2-HR	2147303.00
4	CESM2	2028579.94
5	CNRM-CM6-1	1395683.30
6	CNRM-ESM2-1	1148419.63
7	CESM2-WACCM	1100998.78
8	EC-EARTH3-VEG	1095396.92
9	CNRM-CM6-1-HR	1075608.39
10	UKESM1-0-LL	795628.83



Mignot et al., JAMES, 2021



Calibration (tuning) du modèle
Hourdin + Musat + CNRM + ...

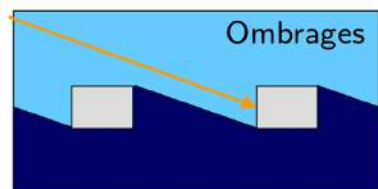


Rayonnement

→ Passage au nouveau code radiatif ECRAD

Travail de portage effectué, implémentation en cours des aérosols (tropos et stratos)

→ Travail en parallèle entrepris dans le cadre de la thèse de Maëlle Coulon sur l'ajustement de l'effet 3D des nuages



Mélange turbulent et couplage avec la surface ([atelier](#))

→ Mélange turbulent au sein des couches catabatiques en Antarctique

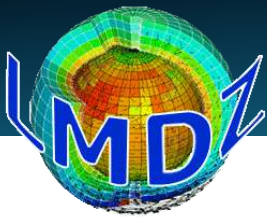
+ critères d'activation du freinage par l'orographie sous maille (thèse Valentin Wiener)

→ Travaux dynamique de la couche limite sur plaines semi-arides marocaines (thèse Khadija Arjdal)

→ Travaux prévus autour des « drags » (hétérogénéités de végétation, orographie sous-maille)

+ lien fort avec l'ANR MOSAI





Convection

→ **Travaux sur les poches froides**

Des améliorations vont être intégrées rapidement.

Tests à venir du “splitting de la couche limite” entre les poches et leur environnement

+Atelier sur le modèle de dynamique de population pour prédire la densité de poches.

→ Atelier sur l’inclusion de « downdrafts » dans la convection peu profonde

→ Extension de la stratégie de développement et tuning modèle 1D/LES à la convection profonde

→ Paramétrisation des bourrasques pour les flux air-mair et le soulèvement des poussières (thèse Lamine Thiam)

Nuages

→ **Travaux sur les nuages de phase mixte et glacés (atelier)**

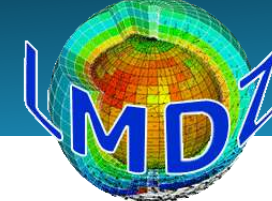
i) Paramétrisation d’une fraction sous-maille sursaturée par rapport à la glace + cirrus et traînées d’avion
(post-doc de Sidiki Sanogo et thèse d’Audran Borella, liens avec le projet CLIMAVIATION)

ii) Paramétrisation des nuages de phase mixte autour de la thèse de Lea Raillard.

Liens forts avec la campagne THINICE au Svalbard (G. Rivière)

iii) Précipitations et isotopes de l’eau en Antarctique (thèse Niels Dutrievoz + liens forts avec l’ERC AWACA)

→ **Vers un modèle pronostique de la largeur de distribution sous maille de l’eau** (thèse Louis d’Alençon)



Définition et ajustement de nouvelles configurations du GCM LMDZ

Actuellement : mise en place d'une version intermédiaire avec la physique 'LUDO' (nouveau schéma d'évaporation des précipitations. Tuning 1D+3D en cours)

Priorités pour les prochaines versions :

1/ bascule sur **Dynamico**

2/ bascule sur **ECrad**

3/ aussi bien réglé en nuages/rayonnement/SST mais mieux en termes de précipitations et variabilité tropicale.

4/ meilleur contrôle/réglage du climat sur les continents

5/ prise en compte progressive des nouveaux développement récents de la physique

Utilisation du **tuning automatique** pour permettre de concilier ces évolutions et les exigences multiples

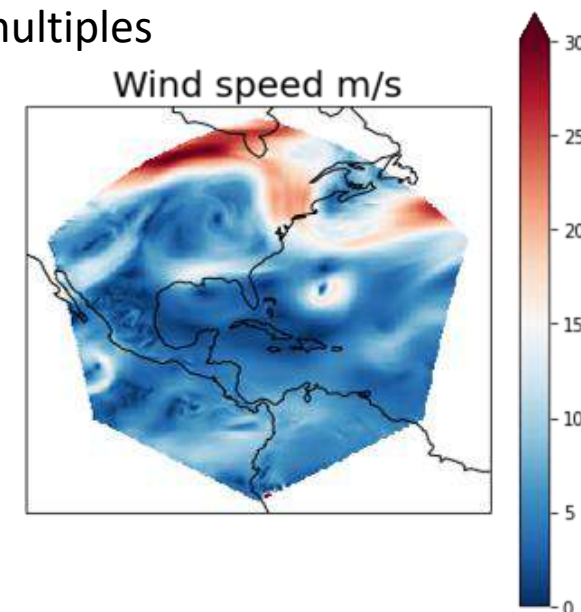
Travaux aux échelles régionales

→ plusieurs objectifs (comparaisons sur sites, climat régional présent et futur)

→ plusieurs régions (Arctique, Antarctique, Maroc, SIRTa, stations MOSAI en France ...)

→ plusieurs configurations : globales zoomées-guidées en longitude-latitude (même pour des applications climatiques, thèse de Saloua Bahlane) + globales zoomées avec DYNAMICO +

nouveau modèle à aire limitée DYNAMICO-LMDZ ([atelier](#))

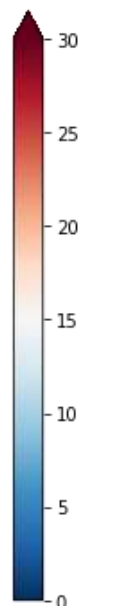
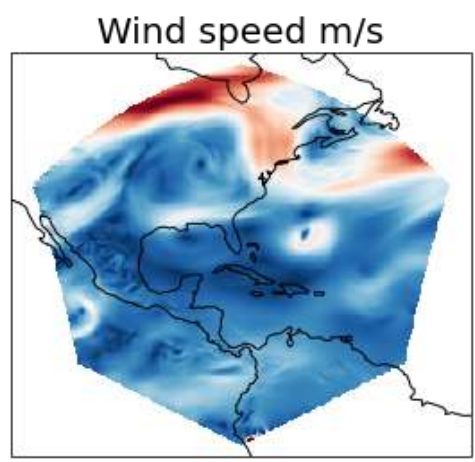
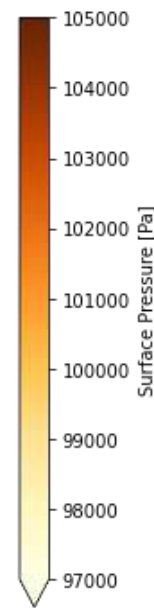
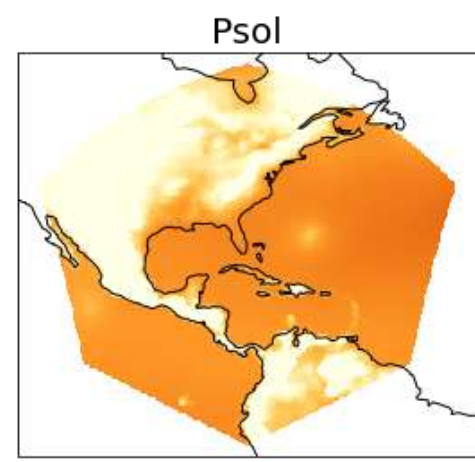
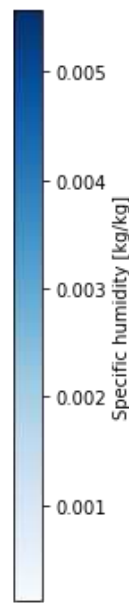
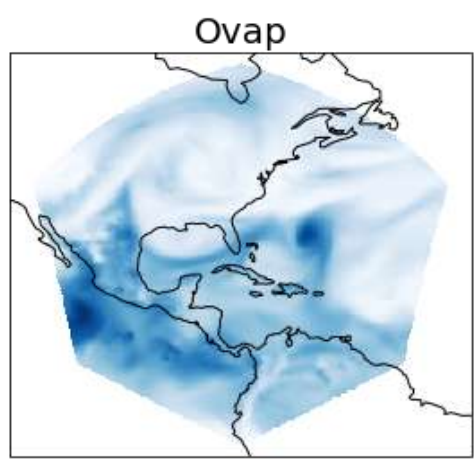
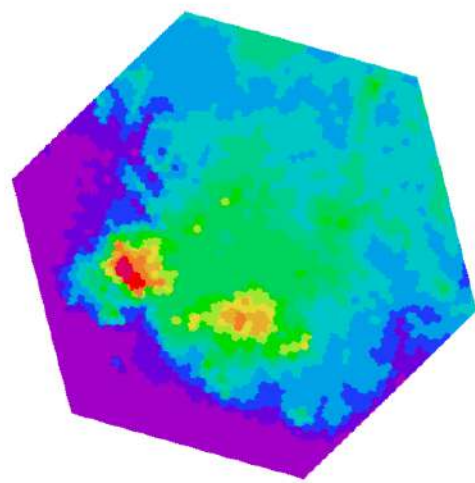
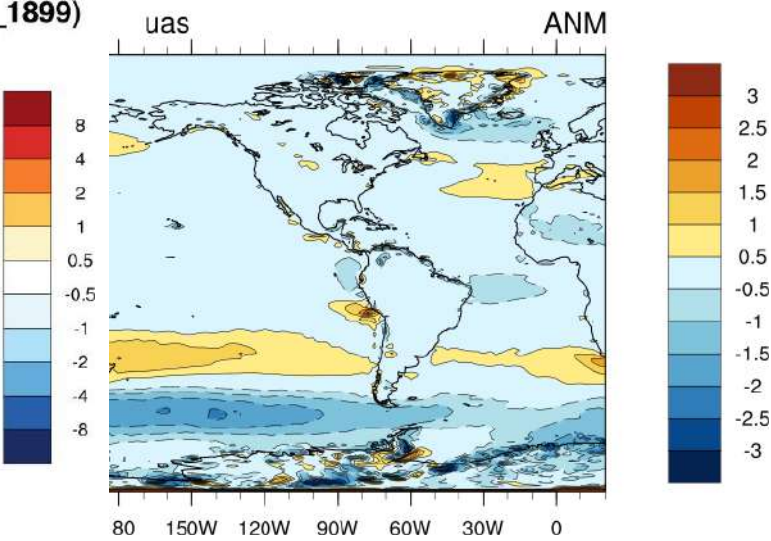
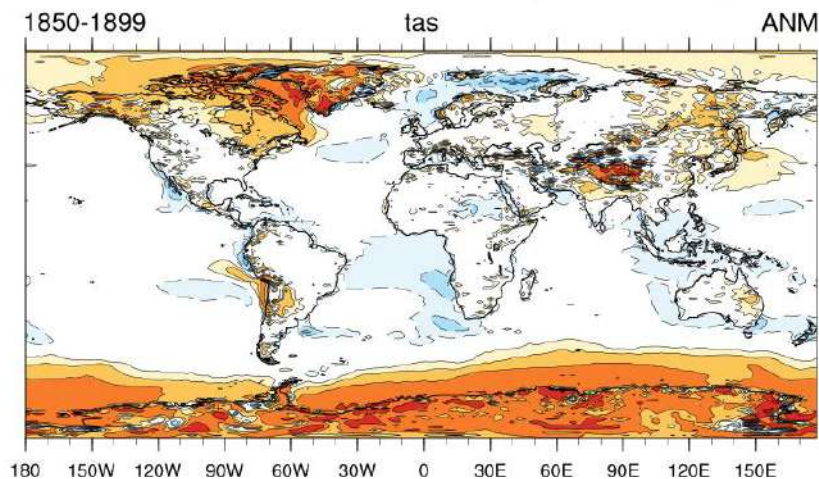


Nouveaux cœurs dynamiques

Dynamico global : tourne mais problème de biais chaud dans les hautes latitudes amplifié par rapport aux versions longitude-latitude. Rend problématique la bascule des simulations climatique et couplée sur dynamico.

Arrivée de la version à aire limitée :
Nouvelles configurations en place
(Atelier le 4/10/22)

TEST-CM72-SIMPLE-ROUTING.06 1850_1899 (vs CM61-LR-pi-03 1850_1899)



LAM 50km

Stage Philippe Conesa (S. Fromang, C. Agosta, Y. Meurdesoif)

Thomas

Autres

Généralisation de la thermodynamique de DYNAMICO

Travail en cours, horizon début 2023. Objectif = rendre interchangeables plusieurs choix de thermodynamique à un seul composant (air sec, C_p constant vs C_p variable) ou plusieurs composants (composition variable, air humide). Applications à court terme en planéto (Vénus, Uranus).

Couplage de DYNAMICO avec la physique de MAR-iso

Travail juste commencé (C. Agosta, LSCE) dans le cadre du projet AWACA (Antarctique). Pas de point d'entrée unique dans physique de MAR => ajout de paramétrisations une à une, en partant d'un "moniteur" simple (physique à 27 paramètres) et en séparant fermetures / bilans / intégration temporelle et si possible thermodynamique.

Couplage avec la physique de MesoNH

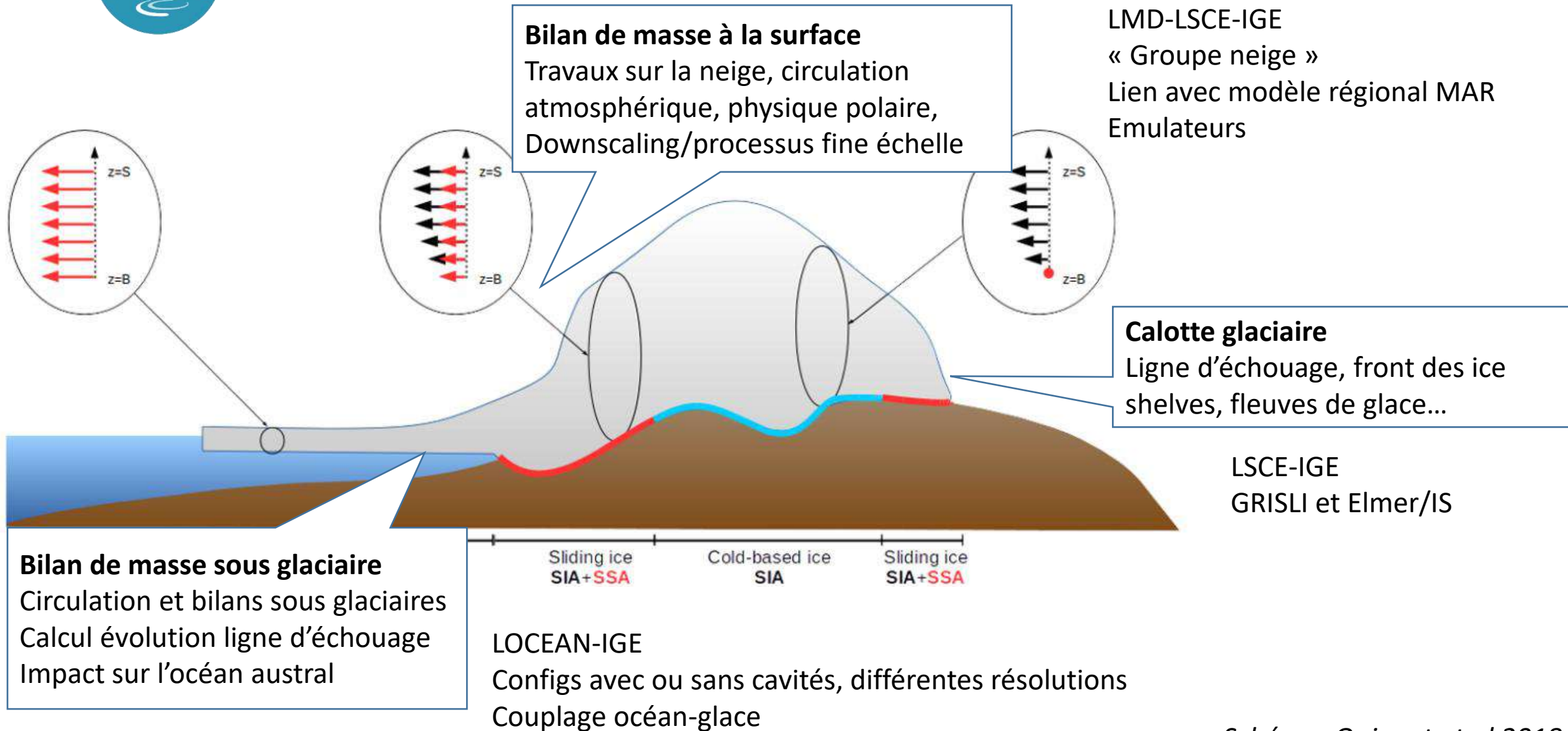
Atelier très productif aux ateliers Dephy d'Oléron autour de la physique externalisée (PhyEx). Grosse volonté de part et d'autre. Devrait pouvoir repartir selon une approche similaire à celle pour MAR-iso un fois PhyEx "mûr". Ouvre la porte à un couplage à un sous-ensemble de paramétrisations.

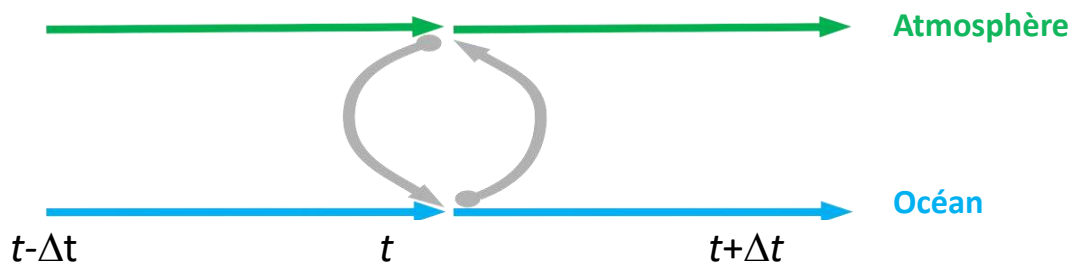
Model change in NEMO from LIM3.6 to SI3, which implies

- aEVP sea ice rheology → better converged sea ice dynamics with fewer iterations
- Arctic landfast sea ice → ice attached to the coasts and sea floor
- Interactive melt ponds → more elaborated representation of sea ice albedo
- Coupling interface → possibility to couple in terms of conduction flux (not used)
- Bitwise heat conservation

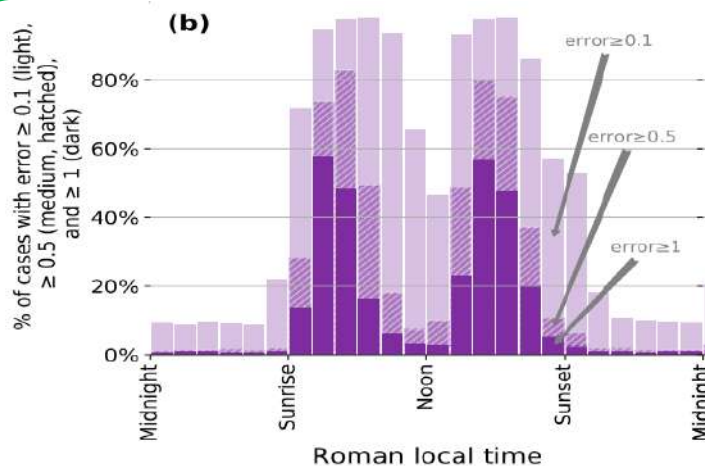


Couplage calottes glaciaires – climat: défis





Le schéma de couplage entre l'océan et l'atmosphère ne synchronise pas les modèles et leur interfaces.



Une méthode itérative de Schwarz permet de synchroniser les modèles. Elle permet de mesurer l'erreur du schéma usuel (figure). Elle est très très chère. Deux itérations améliorent déjà très fortement la solution.

Financé par LEFE-MANU (2022-2023).
Soutien ingénieur du PNRIA (janv-juin 2022)
LSCE / LJK / CNRM / CERFACS

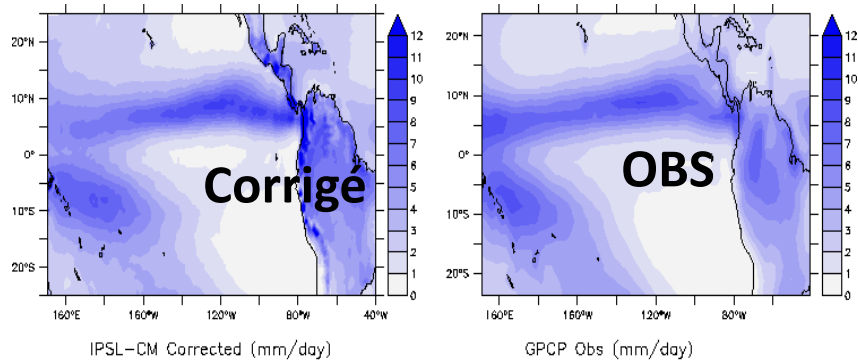
Utilisation d'un réseau de neurone pour calculer un first-guess pertinent avant de commencer à itérer. L'objectif est de faire une seule itération.

Extension de l'analyse à 3 composantes : océan / glace de mer / atmosphère

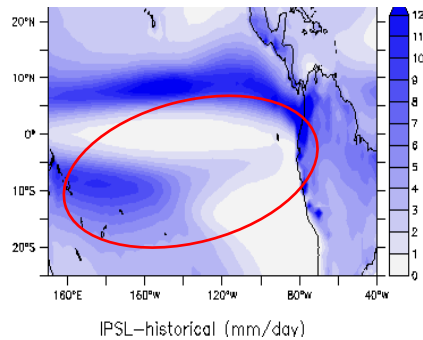


Fournir à la communauté des projections climatiques CMIP6 « nettoyées » des biais du modèle atmosphérique et des biais de SST et SIC

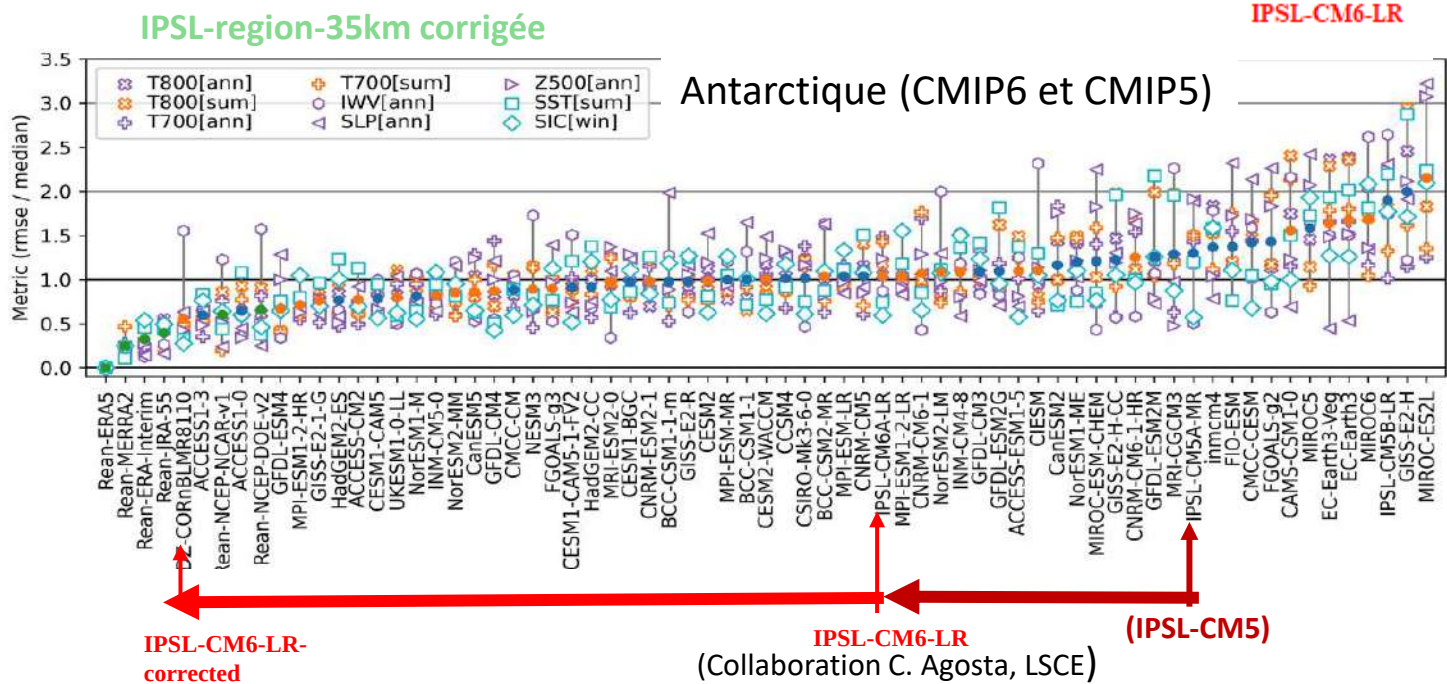
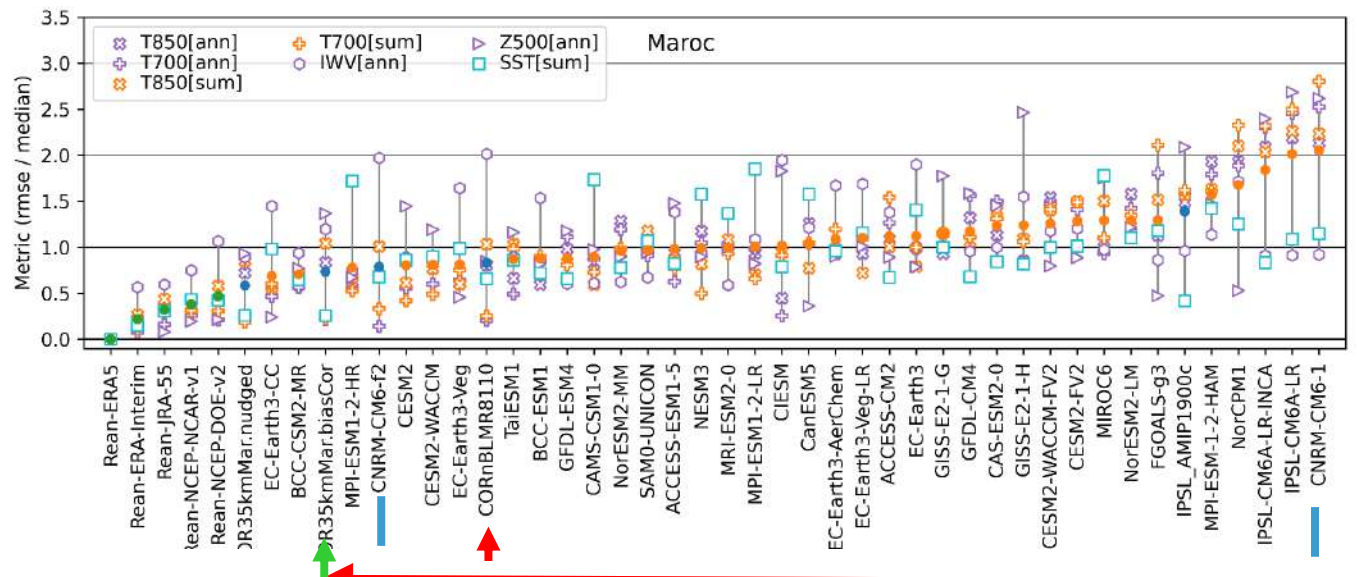
- Rejoue les simulations en appliquant **en ligne** une correction climatologique évaluée à partir de simulations forcées en SST et SIC observées et guidées par des ré-analyses (u,v,T).
- Krinner et al. 2020: Correction conservée dans le contexte d'un fort changement climatique
- Forçages pour modèles régionaux, (RCM/DYNAMICO-LMDZ), modèles de surface



Corrige des biais
systématiques



Frédérique Cheruy
Gehardt Krinner
Adriana Sima

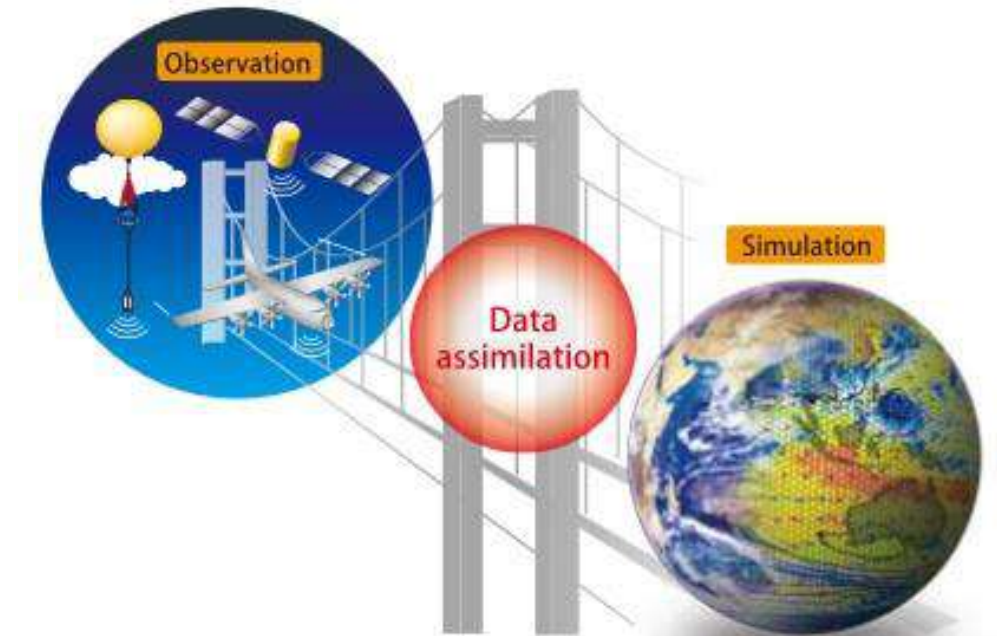


Updates on IPSL-EPOC Decadal prediction system

P.I. Juliette Mignot & Didier Swingedouw

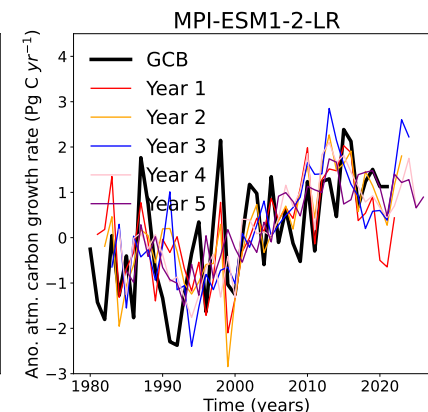
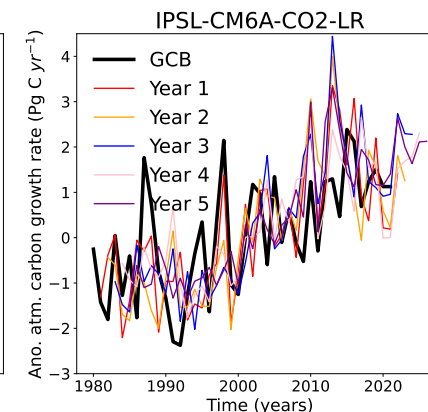
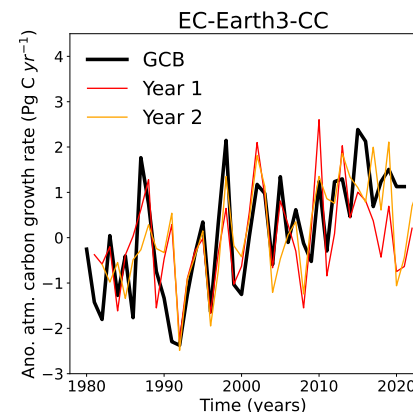
Ongoing developments focusing on the initialization phase:

- Historically, our system is based on surface nudging (SST & SSS). We aim at keeping the same philosophy of using oceanic surface data but moving to **hybrid Ensemble Kalman Filter (EnKF)**. Collab. NERSC, Norway
- First step **Ensemble Optimal Interpolation (EnOI)** of SST is currently under validation (Olivier Torres, EU-project 4C)
- This procedure uses **covariances between SST and several ocean variables** to correct the oceanic states in spite of incomplete observation coverages
- To be implemented in libIGCM?



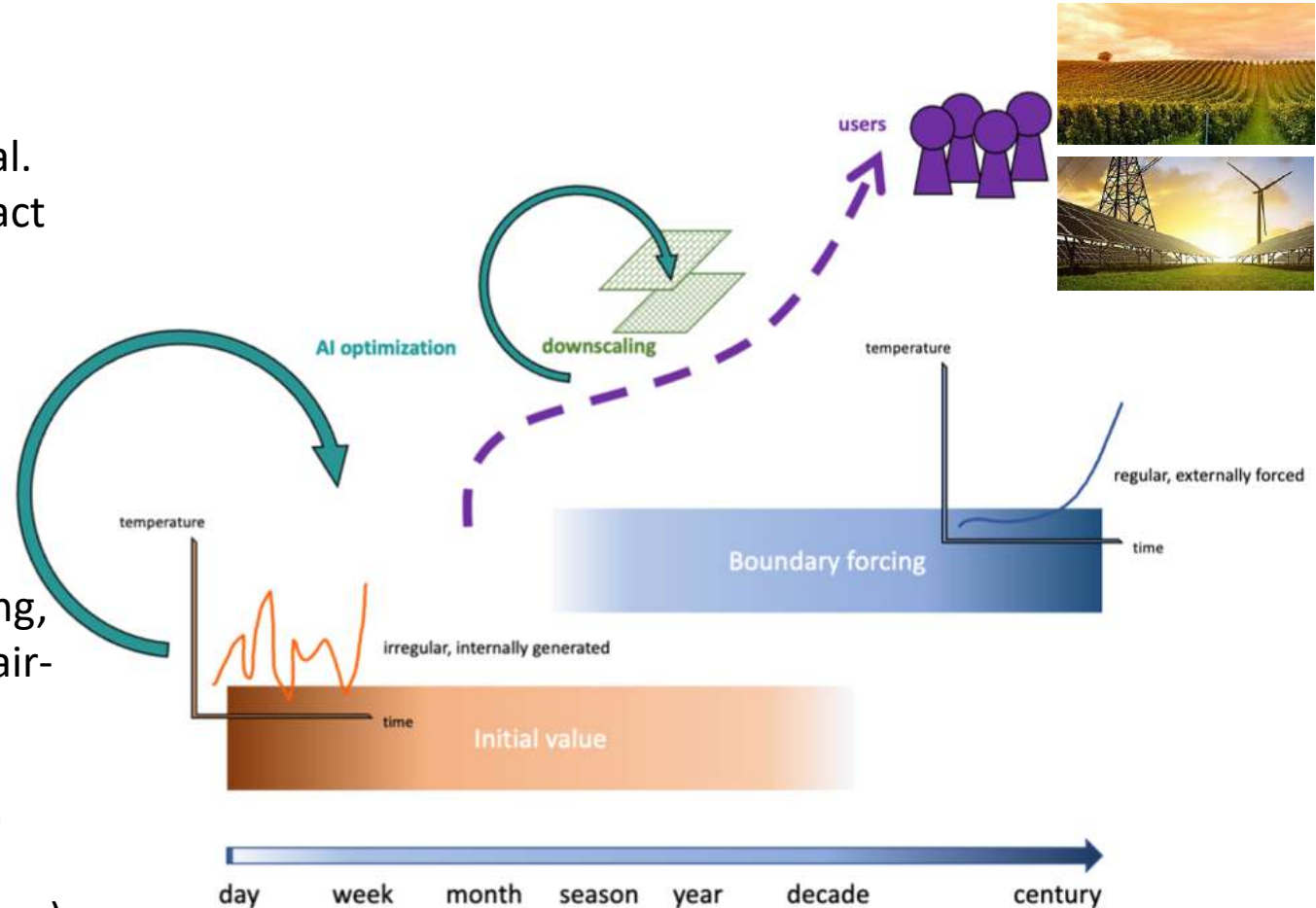
*Courtesy of
T. Miyoshi*

The decadal prediction system has been also successfully implemented with **interaction carbon cycle ESM** model (IPSL-CM6A-CO2) and a series of hindcasts and forecasts are now available (nudging)



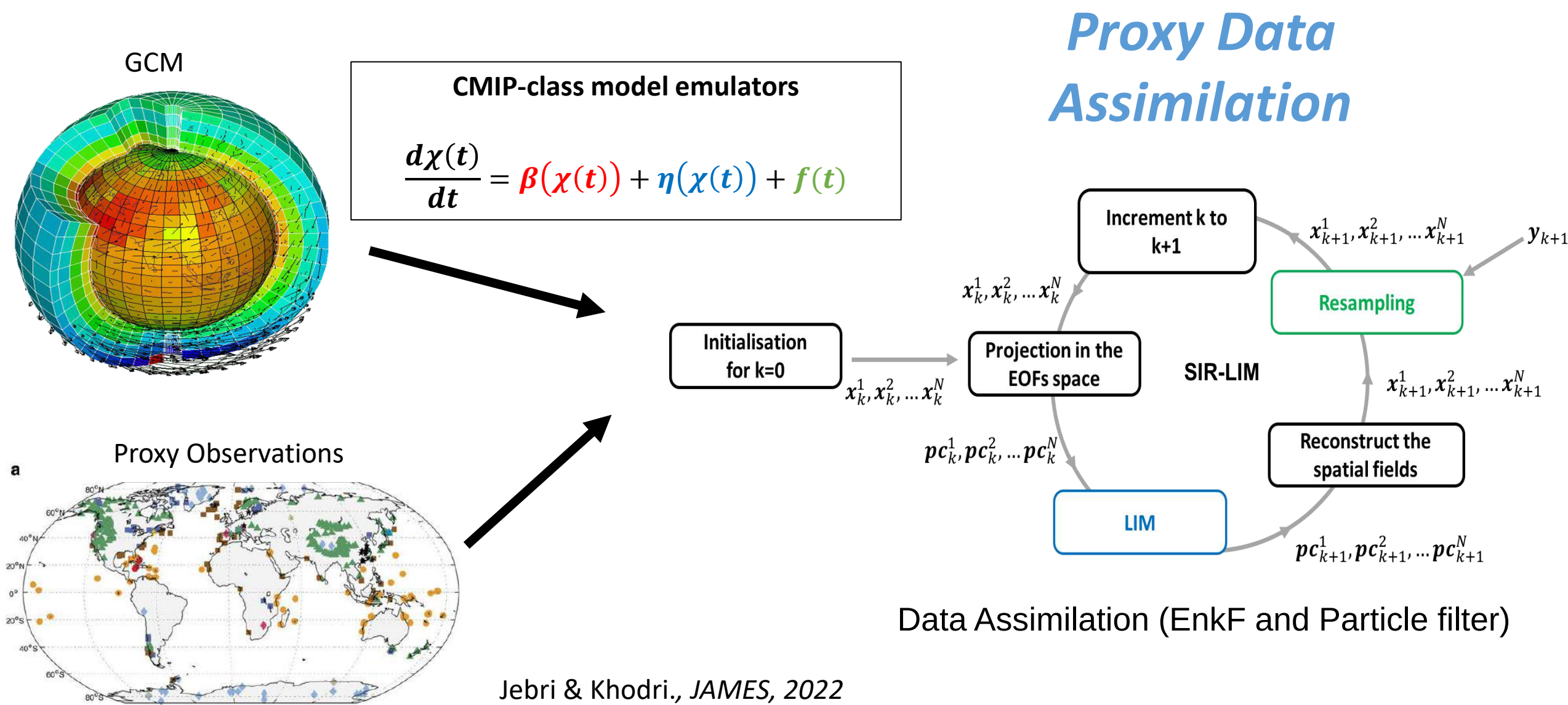
Decadal predictions: towards climate services?

- A set of decadal hindcasts (based on IPSL-CM5A-LR) have been **statistically downscaled and debiased** (Sgubin et al. 2021, CDFt approach) and can be used to integrate impact models
- **Viticulture** applications starting at Univ. Bordeaux (postdoc), **hydrology** applications to be started at IPSL (internship, collab. F. Habets)
- Technical (AI-based?) developments needed for debiasing, downscaling and enhancing the signal-to-noise ratio of air-sea interactions and climate impacts.
 - -> ANR project ANTICIPATE submitted (PI J. Mignot)
 - -> SU project EMERGENCE submitted (PI G. Gastineau)
 - Ideas to be further developed within TRACCS?



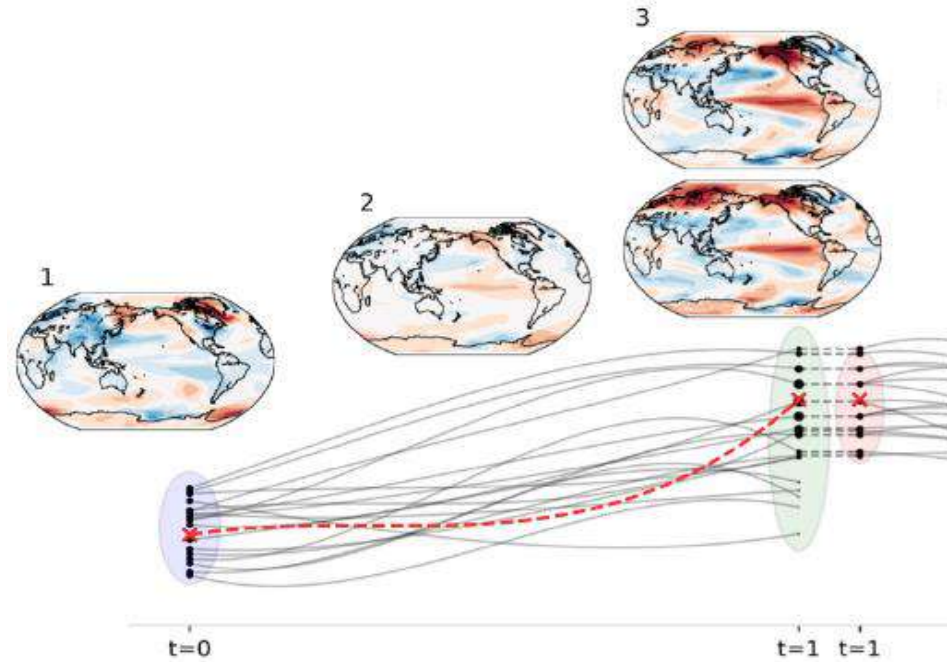
Reconstruct and understand the processes the natural climate variability over the last 2000 years

B. Jebri, A. Caubel, Y. Meurdesoif, D. Niezgoda and M. Khodri

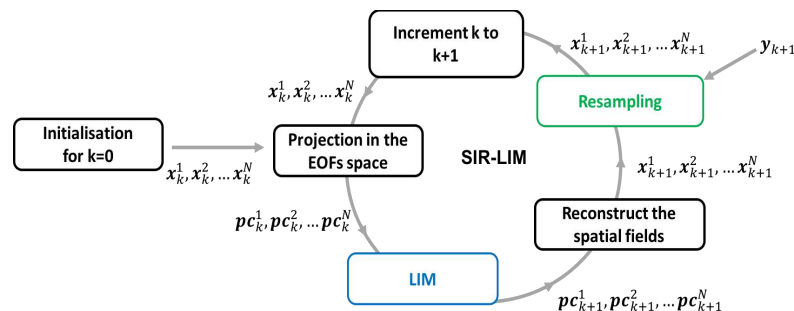


Une nouvelle chaîne de production pour les grands ensembles et la convergence modèle-données

B. Jebri, A. Caubel, Y. Meurdesoif, D. Niezgoda and M. Khodri



Auxiliaire du filtre à particule : inclusion
d'un émulateur du modèle de l'IPSL dans la
chaîne de prod



- Nouvelles fonctionnalités d'XIOS et libGCM pour l'exécution en parallèle jusqu'à 8 simulations par pools lancées en séquentiel dans un seul fichier job executé en 24h.
- Jusqu'à 10 pools par Job avec écriture synchronisée des résultats de l'ensemble des pools dans les mêmes fichiers de sorties (avec une dimension « ensemble »).
- Approche assurant l'optimisation des temps de retour, du nombre d'inodes et la possibilité d'analyser « en ligne » l'ensemble des particules en même temps à intervalles réguliers pour permettre l'assimilation.
- Inclusion dans le Job de calcul de l'auxiliaire du filtre à particule qui analyse et guide la trajectoire de l'ensemble des simulations à la fin d'une période d'exécution choisie.
- Après chaque étape d'assimilation, l'auxiliaire reconfigure le Job de calcul et le relance automatiquement pour propager uniquement les particules retenues après l'ajout d'un bruit blanc au redémarrage de LMDZ.

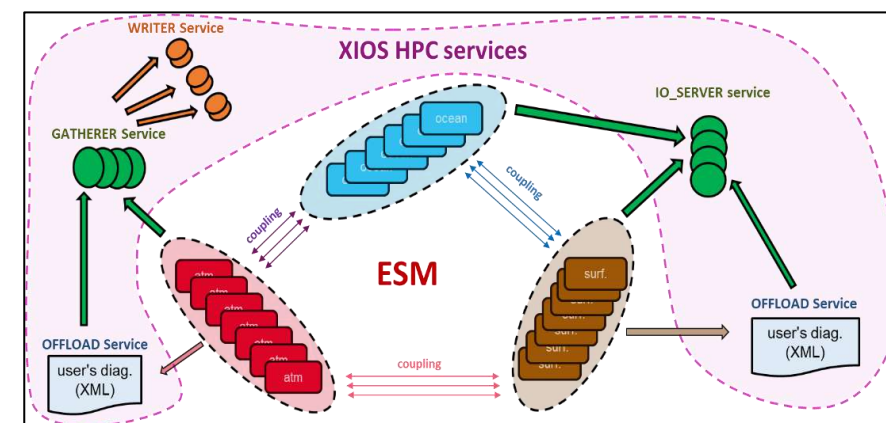
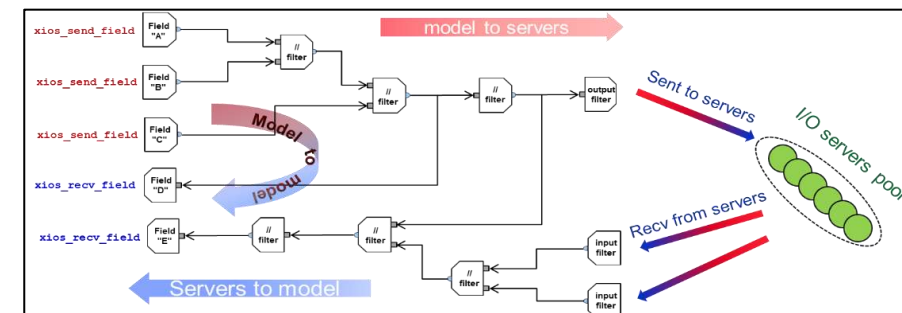
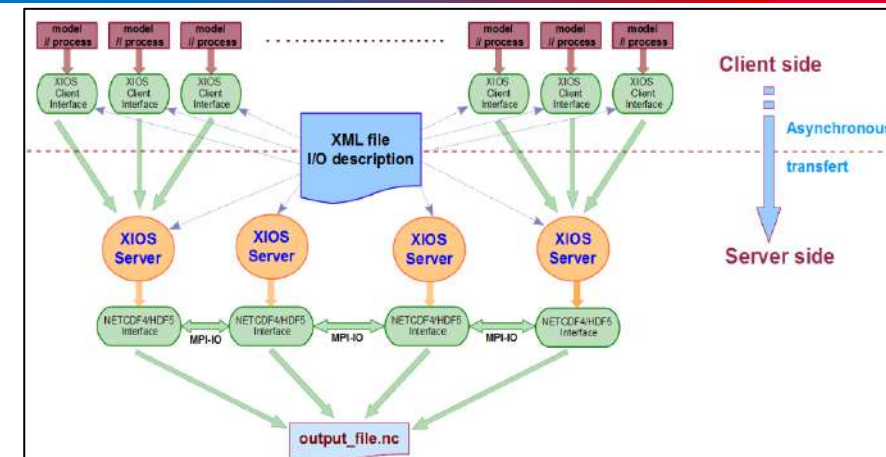
- ✚ **Full description of models data workflow throw external XML files parsed at runtime**
- ✚ **Efficient data reading/writing by asynchronous I/O servers using parallel filesystem capability**
- ✚ **Transformation “on the fly” of data flux by chaining specific filters before writing**
 - Performs combinations and arithmetic operations on incoming fields
 - Performs time integration (averaging, max, min, accumulation...)
 - Performs spatial transformations (ex : sub-part extraction, reduction, zonal means, vertical and horizontal interpolations...)

⇒ Whole pre-processing and post-processing can be done at run-time all along the simulation (example: CMIP6 exercise)

XIOS 3: major revision (released Sept. 2022), 3 years of work

- ✚ **Major code rewrite of the internal engine (40% of whole code)**
 - Improvement of the performances, huge reduction of memory footprint
- ✚ **Introducing concepts of interconnected HPC services to offload asynchronously costly diagnostics on free pools of resources on the parallel partition.**
 - Number of available services will increase in future (ensemble services, IA services, etc...)
- ✚ **Adding coupling functionalities to the XIOS workflow, enabling data exchange between models using vertical and horizontal internal regridding.**

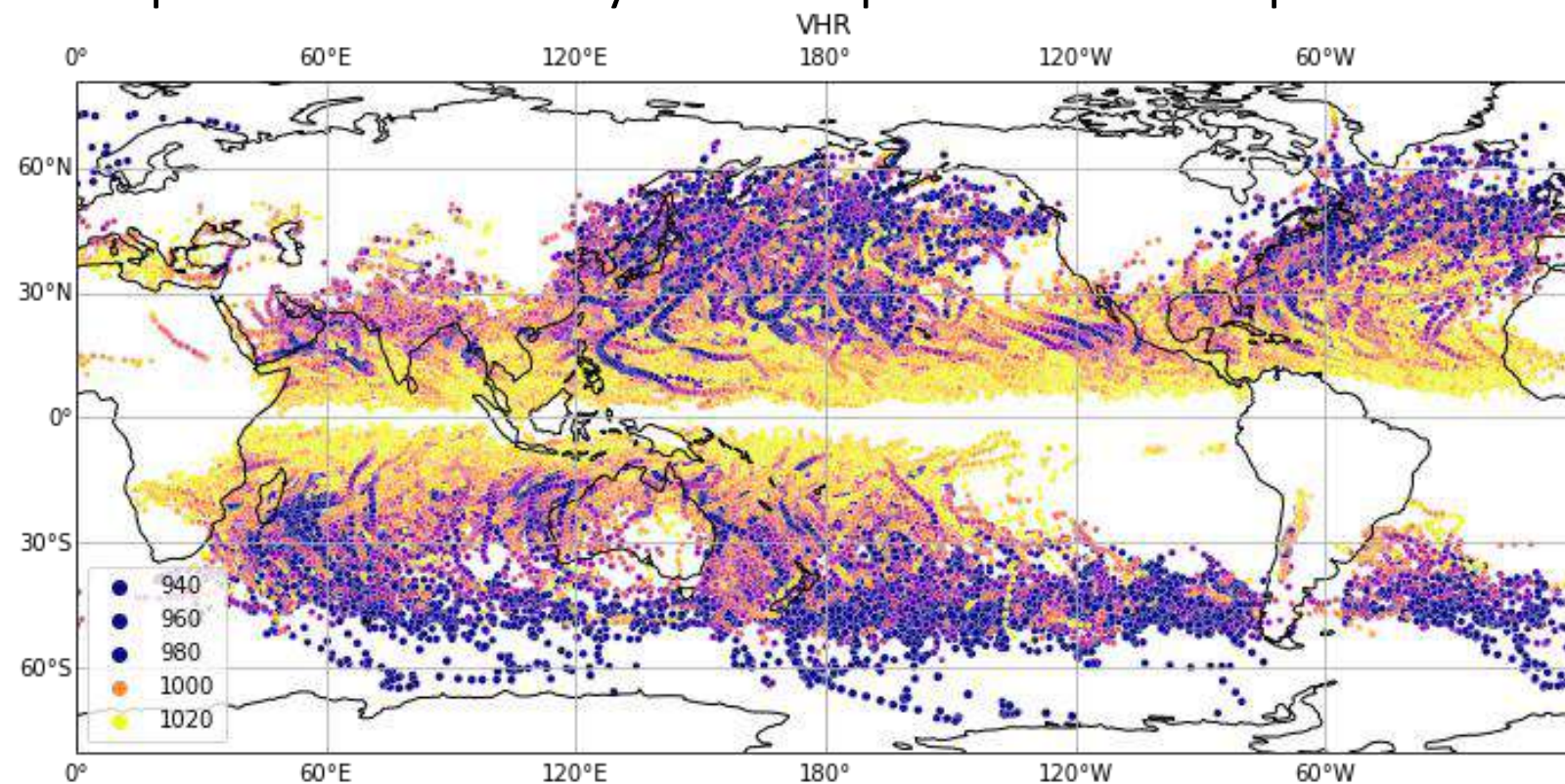
Convergence of XIOS and OASIS functionalities into a single tool (TRACCS)



Nouvelle configuration LMDZ-DYNAMICO (aussi en version couplé avec NEMO)

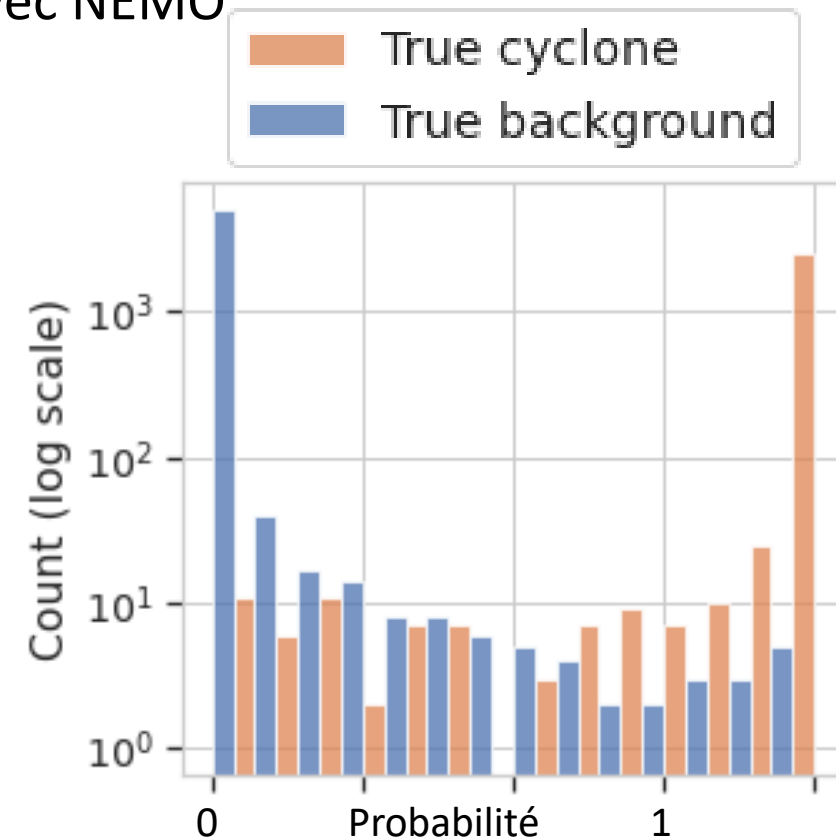
Permet des simulations à plus haute résolution

Exemple: détection des cyclones tropicaux et extratropicaux



Avec un algorithme physique de détection

Bourdin et Fromang, ACP, 2022



Avec un réseau de neurones
(ERA5 appris sur HURDAT2)

Gardoll et Boucher, GMD, 2022

Les configurations IPSL CMC (groupe Plateforme)

LMDZ, DYNAMICO, NEMO, ORCHIDEE, INCA, REPROBUS, OASIS, XIOS, IOIPSL, modipsl, libIGCM

Configurations « couplées océan-atmosphère »

- IPSLCM5A2 : NEMO3-LMDZ-ORCHIDEE, résolution VLR, ancienne physique LMDZ
- IPSLCM5A2-CHT : IPSLCM5A2 + INCA (NMHC_AER_S)
- IPSLCM6.1 : version CMIP6 figée, résolution LR
- IPSLCM6.1_LANDN : IPSLCM6.1 + cycle de l'azote ORCHIDEE
- IPSLCM6.2 : IPSLCM6.1 à jour + expériences ESM (AER, CO2, AER_CO2), résolutions LR, MR1, MR025
- IPSLCM6.5 : intégration NEMO4, résolutions VLR et LR
- *IPSLCM7.0 : couplage DYNAMICO-LMDZ-ORCHIDEE(routage simple)-NEMO3, en cours de validation*
- *IPSLCM7.1 : IPSLCM7.0 + NEMO4, à venir*
- RegIPSL : configuration régionale WRF-NEMO-ORCHIDEE

Calculateurs

- IDRIS Jean-Zay CPU
- TGCC Irene SKL
- TGCC Irene Rome
- Mésocentre IPSL (configs forcées)
- Cluster LSCE (configs forcées)

Configurations « forcées » (non couplées océan-atmosphère)

- Atmosphère-surface
 - LMDZ-ORCHIDEE : v6.1, v6.2, v6.3 (ORCHIDEE cycle azote), v6.4 (ORCHIDEE trunk)
 - ICO-LMDZ-ORCHIDEE : DYNAMICO-LMDZ-ORCHIDEE, résolutions LR, MR, HR, VHR
 - *ICO-LMDZ-ORCHIDEE_LAM : aire limitée, en cours de distribution*
- Atmosphère(-surface-)chimie-aérosols
 - LMDZOR-INCA : v6.1, v6.2, v6.3
 - LMDZ-REPROBUS : v6.2
 - ICO-LMDZOR-INCA : DYNAMICO-LMDZ-ORCHIDEE-INCA(GES)
- Surface : ORCHIDEE offline
- Ocean : NEMO offline

2 sessions de formation

- 19 et 20/01/2023
- 26 et 27/01/2023

Ongoing : CNN to infer ocean quasi-steady-state from initial trend of spin-up

Disentangling barotropic & baroclinic components of the circulation, to alleviate impact of spin-up on equilibrated stratification

Challenges :

- separating noise from long-term trend
- minimizing haloes due to land-sea masks
- enabling transfer of information to other spatial resolutions





Duo atténuation (CDR) + adaptation (impacts)

Scenario Forum, Vienna, mai 2022 (communauté des Integrated Assessment Models)

- Augmentation de « l'espace des solutions » des scénarios
- Relabelling des axes des SSP : socio-economic challenges for adaptation and mitigation

Community Climate Intervention Strategies, workshop, Boulder, 2022:

- Approche plus holistique, Importance des narrations
- « Target-based scenarios » (agriculture, impacts)
- Importance des solutions terrestres pour atténuer le changement climatique

Importance des ensembles de simulations. Focus sur le design (ensembles moins opportunistes)

Hiérarchie de modèles



- IPSL-CM7, plusieurs chantiers en cours
 - Quelle version de LMDZ ? Quelle version d'ORCHIDEE ?
 - Quel degré d'interactions entre les composantes ?
 - Un modèle ou plusieurs modèles sortis du tuning ?
 - Si on part sur plusieurs modèles, combien ? comment va-t-on les choisir ?
 - Quels critères sur les surfaces continentales et pour le modèle couplé pour le tuning ?
 - Tuning automatique pour le couplé ? Spin up ?
 - IPSL : possible collision de calendrier avec effort de réécriture / portage sur calculateurs GPU
- Différentes options pour CMIP7. Importance de rester agile.

Centre de modélisation du climat de l'IPSL
Retraite des 17-18 novembre 2022 – Domaine Saint-Paul



FIN