

IPSL-CM6.5-VLR:

**Une configuration basse résolution pour l'étude du climat
à toutes les échelles de temps
(simulations longues, tuning paléo)**

M. Khodri, A. Gaudin

S. Nguyen, F. Hourdin, I. Musat, A. Idelkadi, C. Ethé, A. Caubel, O. Boucher, O. Marti, C. Rousset, etc.

Groupe IPSL-CMC

Contexte et problématique

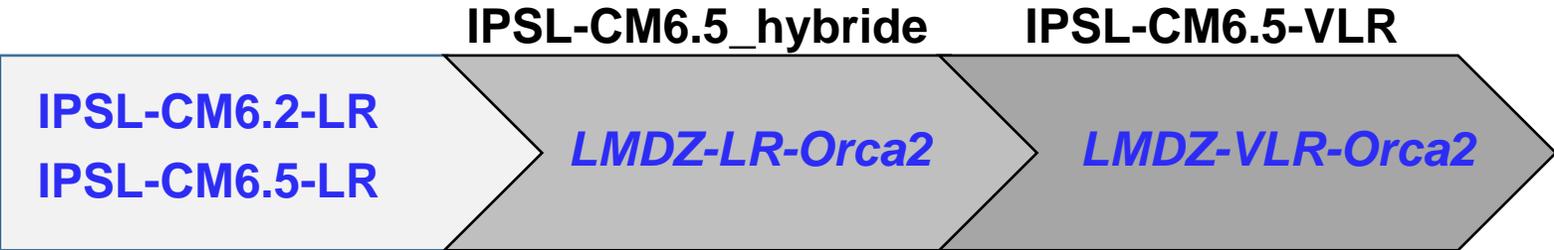
Configuration IPSL-CM6.5-VLR couplée:

Pour une meilleure compréhension des mécanismes de la variabilité climatique et sa sensibilité aux forçages externes (signal/bruit).

Besoin:

- De **simulations longues** et de **grands ensembles** (i.e. couplage aux composantes lentes du système Terre, calottes, glaciers, cycles biogéochimiques, etc.).
- D'une **bonne représentation des processus physiques** (dans les tropiques et aux moyennes latitudes).
- Une configuration légère pour le **tuning** via **filtre à particule** sur les 2000 dernières années : **Thèse A. Gaudin**.

Mise en place de la configuration IPSL-CM6.5-VLR



tuning des paramètres libres LMDZ en AMIP



(Boucher et al. 2020)

LMDZOR 144x144x79
NEMOv3.6 ORCA1
NEMOv4 ORCA1

- **Référence CMIP6**
- **Passage à NEMOv4**

évaluation de la baisse de la résolution NEMO

LMDZOR 144x144x79
NEMOv4 ORCA2

- **LMDZ-LR**
- **passage à NEMOv4** (physique et perfs)

évaluation de la baisse de résolution LMDZ



LMDZOR 95x96x59
NEMOv4 ORCA2

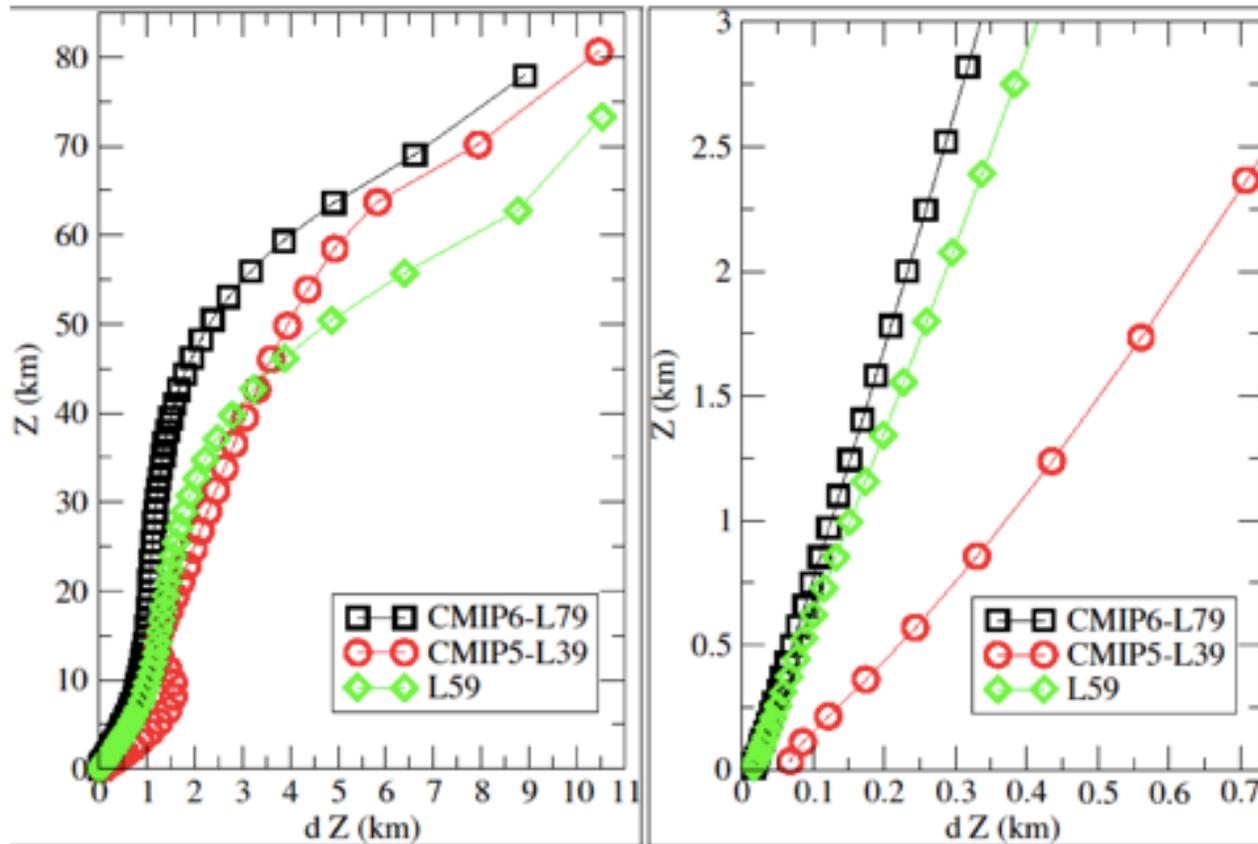
- **version cible VLR**
- **objectif: > 50 ans/jour**

Objectifs:

- ↘ résolution et ↘ temps de restitution : dégradation de la résolution dans les 2 composantes (LMDZ, NEMO)
- cible **50-70 ans / jour** (minimum)
- **Climat VLR = IPSL-CM6A-LR** (voir amélioré)
- **Processus physiques** bien représentés : biais moyen + convection + variabilité tropicale + moyennes/hautes latitudes ==> tuning automatique + la version la plus à jour de NEMO (v4)

Mise en œuvre : configuration LMDZ VLR

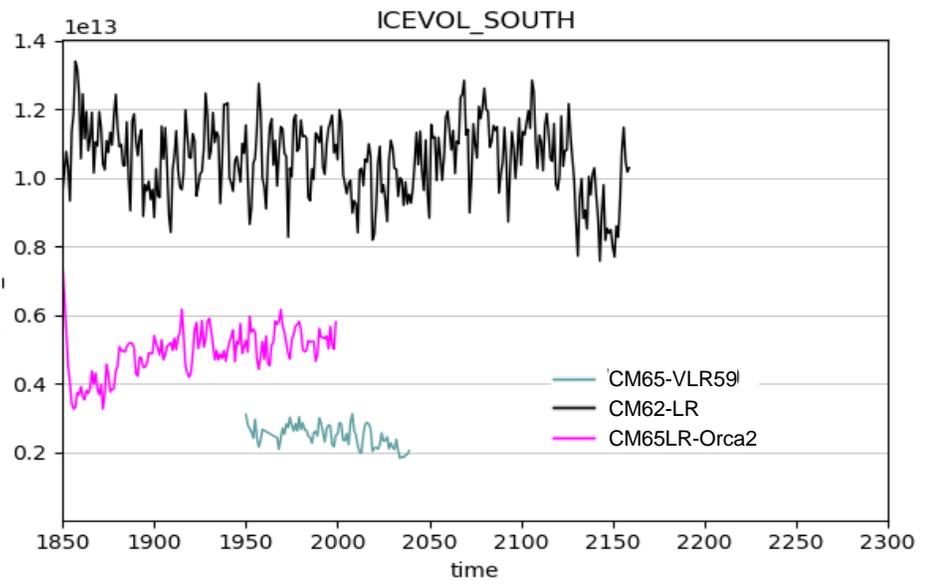
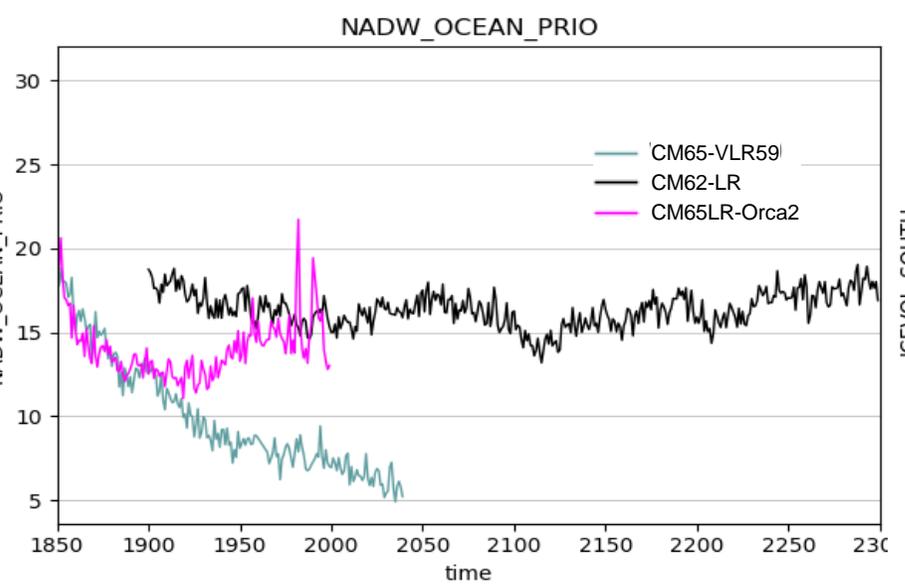
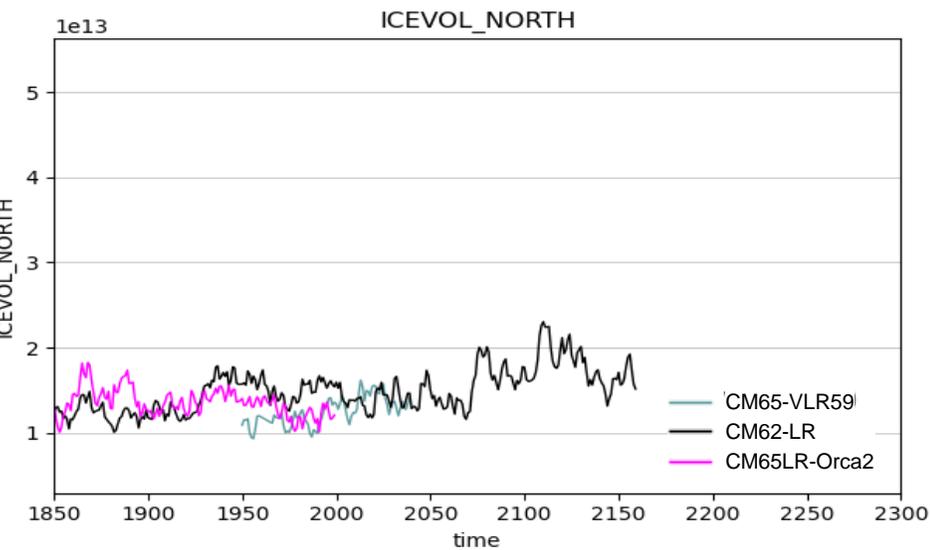
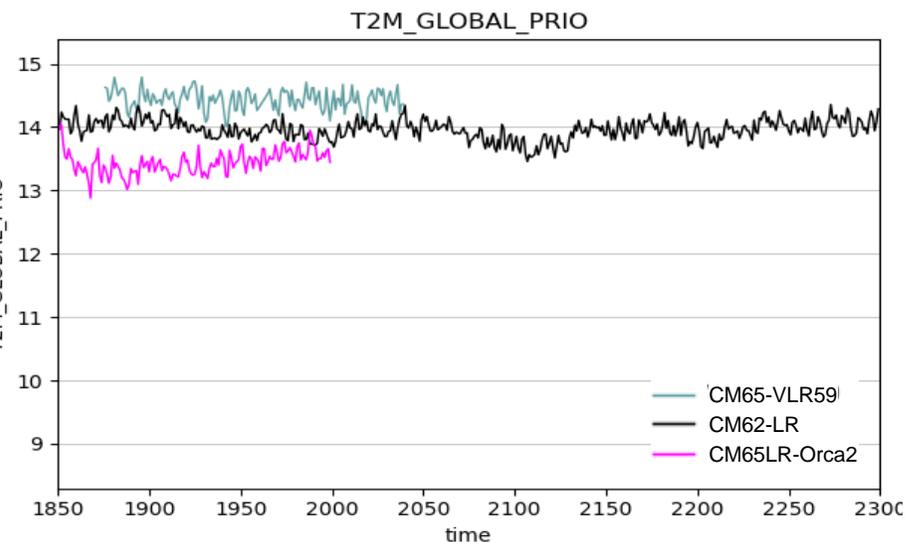
- LMDZ forcé AMIP : climatologie 360j (1988-2007)
- Grille 2D 96x95
- **Niveaux verticaux 59 : ne pas trop dégrader la troposphère par rapport à 79**
- variabilité tropicale : bonne résolution troposphère



F. Hourdin

Mise en place de la configuration IPSL-CM6.5-VLR

Perf : ~70 ans / jour
(~4 x moins coûteuse que la LR)



IPSL-CM6.2-LR
(anciens poids)



IPSL-CM65-LR-Orca2
IPSL-CM65-VLR59
Physique 6.2 / NEMO_v4.0
+ ajout iceberg / iceshelves
(as in ORCA1)
Water budget :
- **CM65-VLR-pd**: 0.00017 Sv
- **CM65-LR-ORCA2**: 0.0038 Sv

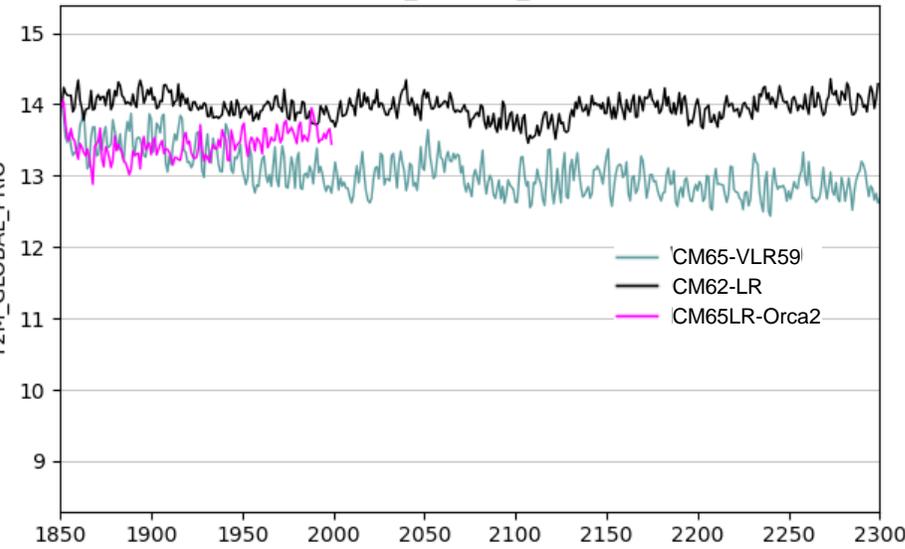
Tuning de la configuration IPSL-CM6.5-VLR : optimisation des paramètres

Tests de sensibilité namelist NEMO4 en config. Orca2 et Ice (SI3)

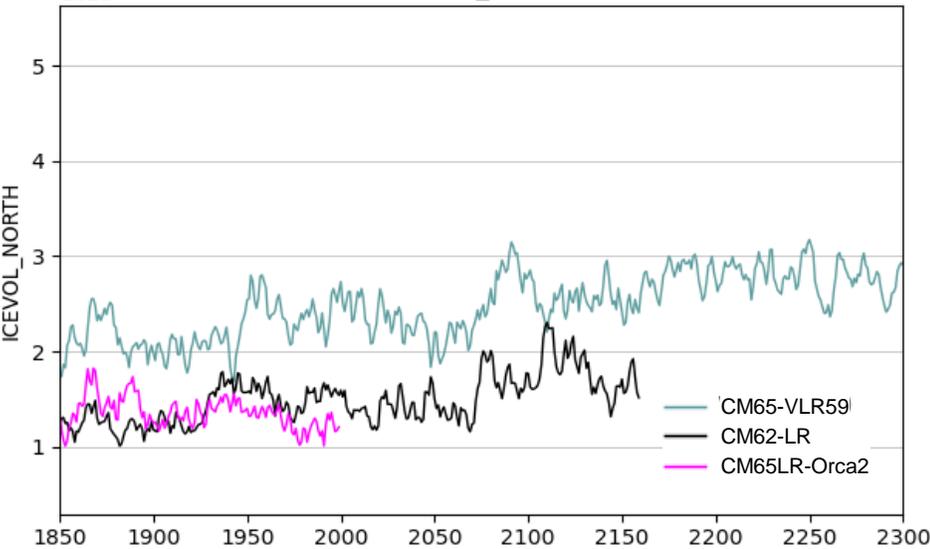
	LMDZ				Couplage				SI3				NEMO4				SI3								
	cld_lc_isc	pmagic	frq corr tau	ins_guide u,v	restfix cLICB/lfrq_cplrn_rdt	amax_n/s	shlat	hti_ini_n	hti_ini_s	tmi_ini_n	nn_bbl_ldf	nn_bbl_adv/rn_gambbl	ln_dynadv_vec	nn_mxl	nn_etau	ln_mevar	ln_tsdiff	ln_zdfddm	nn_nevp	ln_aEVP	nn_qtrce ln_leadfx	rn_alb_imlt	rn_cnd_s		
CM65-VLR-piSSH-12hyb	0.0032	0	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-12hybS	0.0018	0	X	X	39/C1 Y Y	9600 4800 0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-12hybSS	0.0032	0	X	X	39/C1 Y Y	9600 4800 0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-12hybSSS	0.0032	0	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	1	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-22hyb	0.0025	0	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-23hyb	0.0018	0	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-24hyb	0.002	0	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-25hyb	0.0022	0	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-26hyb	0.0018	0	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pdSSH-26hyb	0.0018	0.01	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-19hyb	0.0023	0	X	X	x Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-19tn	0.0009	0	X	X	x Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-19tnic1	0.0009	0	X	X	x Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.50	0.31	
CM65-VLR-piSSH-19tn2	0.002	0	X	X	x Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-19tnic2	0.002	0	X	X	x Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.60	0.58	
CM65-VLR-piSSH-19W	0.0018	0	X	X	x Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-21hyb	0.003	0	X	X	yb/ICE Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-uvn-19hyb	0.0023	0	1	R-VLR-pdSSH	x Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-uvn-19W	0.0018	0	1	R-VLR-pdSSH	x Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-uvn-19hyb1	0.0025	0	1	R-VLR-pdSSH	x Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-uvn-19hyb2	0.003	0	1	R-VLR-pdSSH	x Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-uvn-21hyb	0.003	0	1	R-VLR-pdSSH	yb/ICE Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.58	0.58	
CM65-VLR-piSSH-uvn-22hyb	0.0033	0	1	R-VLR-pdSSH	yb/ICE Y Y	9600 4800 0.995/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	1	false	0.58	0.58	
CM65-LR-OR2-piSSH-09e	0.0008	0	*	*	* Y Y	5400 5400 0.995/0.999	0	2	1	250	1	2; 20	true	3	0	true	true	true	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-LR-OR2-piSSH-09e	0.0008	0	X	X	194e Y Y	5400 5400 0.995/0.999	0	2	1	250	1	2; 20	true	3	0	true	true	true	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-LR-OR2-piSSH-09d	0.00065	0	*	*	* Y Y	5400 5400 0.995/0.999	0	2	1	250	1	2; 20	true	3	0	true	true	true	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-LR-OR2-piSSH-09f	0.0008	0	*	*	* Y Y	5400 5400 0.997	0	2	1	250	1	2; 20	true	3	0	true	true	true	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-LR-OR2-pdSSH-09f	0.0007	0.01	X	X	229e Y Y	5400 5400 0.997	0	2	1	250	1	2; 20	true	3	0	true	true	true	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-LR-OR2-pdSSH-09e	0.00065	0.0007	1	X	X	199e Y Y	5400 5400 0.997	0	2	1	250	1	2; 20	true	3	0	true	true	true	200	true	0	true	0.58	0.5
CM65-LR-OR2-pdSSH-09d	0.00065	0.04	*	*	* Y Y	5400 5400 0.995/0.999	0	2	1	250	1	2; 20	true	3	0	true	true	true	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-LR-OR2-pdSSH-10d	0.00065	0.04	*	*	* Y Y	5400 5400 0.997/0.997	0	2	1	250	1	2; 20	true	3	0	true	true	true	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-LR-OR2-pdSSH-11d	0.00065	0.04	*	*	* Y Y	5400 5400 0.997/0.997	0	2	1	250	1	2; 20	true	3	0	true	true	true	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-01	0.0018	0.01	X	X	194e Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	false	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-02	0.0018	0.01	X	X	194e Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-03	0.0015	0.01	X	X	194e Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-uvn-02	0.0018	0.01	X	R-VLR-pdSSH	194e Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-02Np	0.0018	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-04Np	0.0018	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-03Np	0.0015	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-04Np	0.0015	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-05Np	0.0007	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-06Np	0.0007	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-07Np	0.0007	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-08Np	0.0007	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-09Np	0.0007	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-04Np	0.0007	0	*	*	* JR2.f Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-02Np	0.00075	0	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-piSSH-03Np	0.00075	0	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pdSSH-12Np	0.00075	0.01	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-10Np	0.0007	0.01	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-03conm	0.0005	0.01	X	X	194e Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-03ama	0.0009	0.01	X	X	194e Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-03mjo	0.00078	0.01	X	X	194e Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-03pan	0.00050	0.01	X	X	194e Y Y	9600 4800 0.997/0.999	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-04pan	0.00060	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-05pan	0.00065	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pd-06pan	0.00065	0.04	*	*	* Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	120	true	0	true	0.58	0.5	
CM65-VLR-pdSSH-07pan	0.00065	0.01	X	X	JR2.f Y Y	9600 4800 0.997/0.997	0	2	1	250	0	2; 20	false	3	0	false	false	false	200	true	0	true	0.58	0.5	

Mise en place de la configuration IPSL-CM6.5-VLR

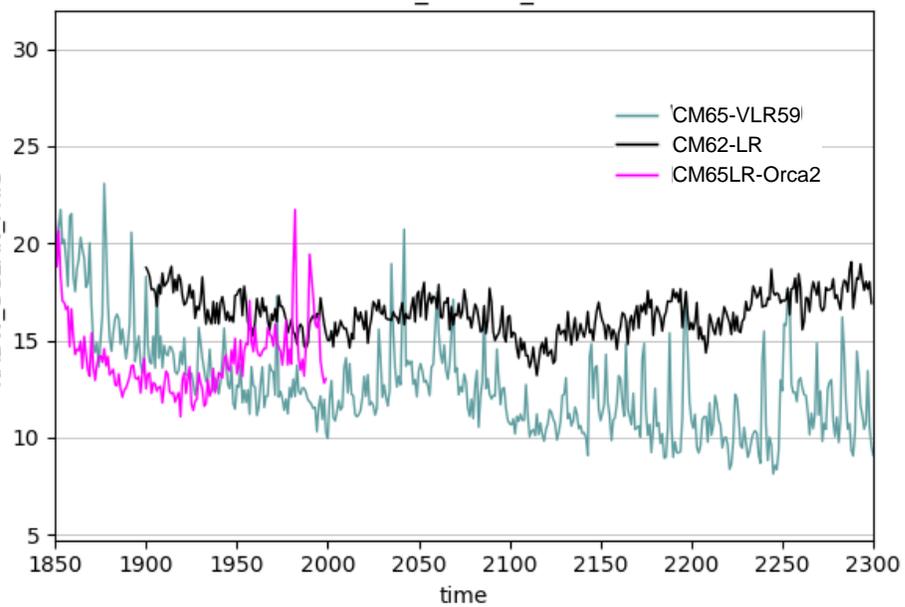
T2M_GLOBAL_PRIO



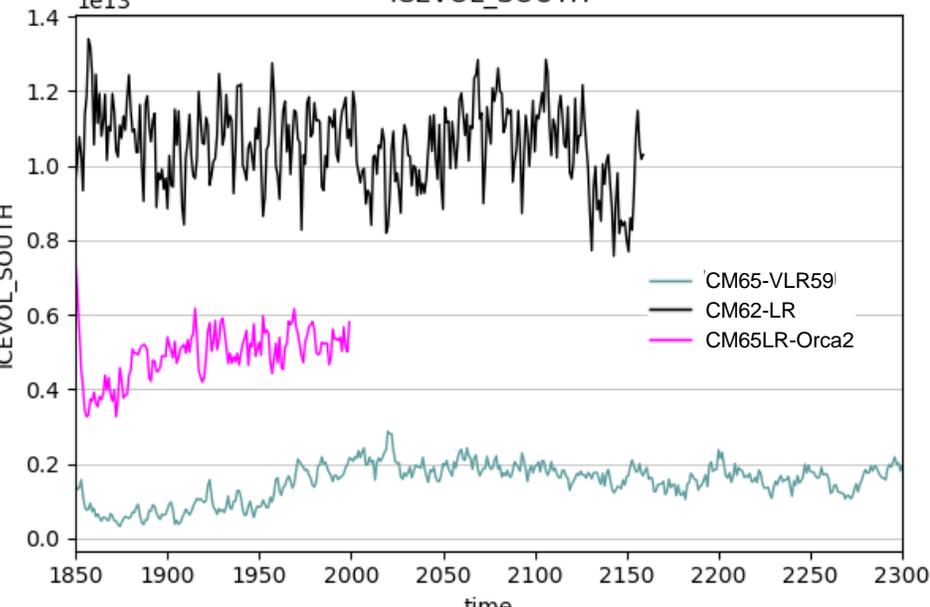
ICEVOL_NORTH



NADW_OCEAN_PRIO



ICEVOL_SOUTH



Nn_etau=1



Nn_etau=0

AMOC Dynamique
T2M -1°C

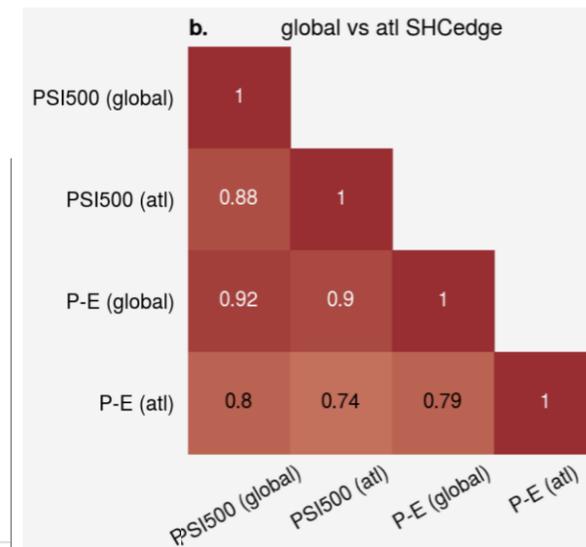
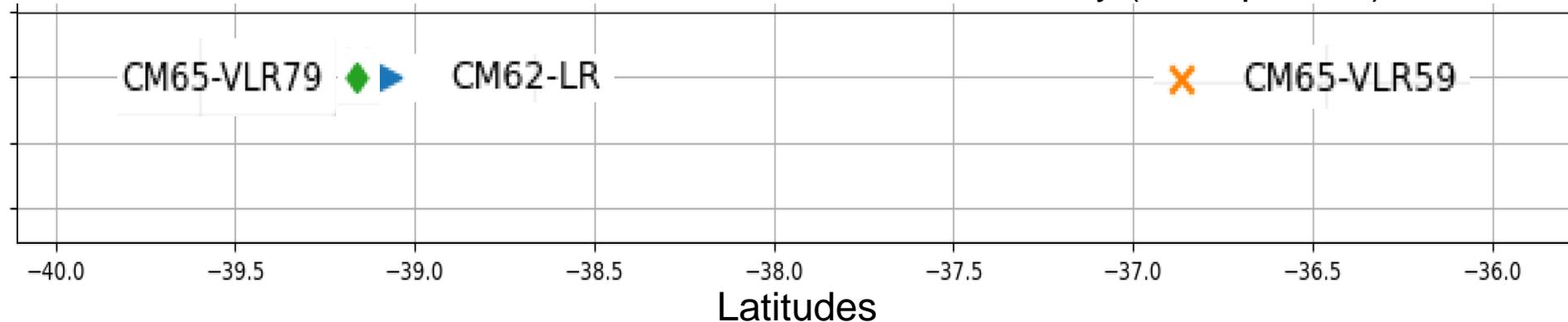
Problème :
Banquise dans
l'Hémisphère Sud trop
réduite

Hypothèses de travail

1- Dégradation de la résolution atmosphérique

- Guidage par les vents ERAI non-concluant
- Passage de 59 à 79 Niveaux (+2min/an)

Latitude de la limite de la branche Sud de la Cellule de Hadley (métrique P-E)



2- Tuning des paramètres libres LMDZ, NEMO4, Orchidée

- Vague de tuning semi-automatique (PPE) de la configuration IPSL-CM6.5 : (6 ATM + 4 OCE-ICE + 2 ORCHIDEE). Action conjointe LR (cf. pres. Julie) et VLR « Pirates » (+Dynamico)

Hypothèses de travail

2- Tuning des paramètres libres LMDZ, NEMO4, Orchidée

Paramètres NEMO (nn_etau=0 et nn_etau=1)

nom raccourci	min	max	nominal	exploration	nom complet
RNALB	0.49	0.58	0.50	linear	rn_alb_imlt (albedo of melting bare sea ice)
RNCDN	0.10	0.50	0.31	linear	rn_cnd_s (thermal conductivity of the snow over sea ice, W/m/K)
RNCE	0.06	0.08	0.06	linear	rn_ce
RNLC	0.05	0.5	0.15	linear	rn_lc

Le paramètre albédo de sorte qu'on affecte les 4 valeurs d'albédo et pas 1 seule - nécessite écriture d'un (bout de) script pour transformer le scaling générique en scaling pour chacun des 4 albédos et remplacer

RNALB	0.49	0.58	0.50	linear	rn_alb_imlt (albedo of melting bare sea ice)
par					
RNALG	0	1	0.50	linear	facteur multiplicatif pour régler les 4 albédos en même temps

Paramètres LMDZ

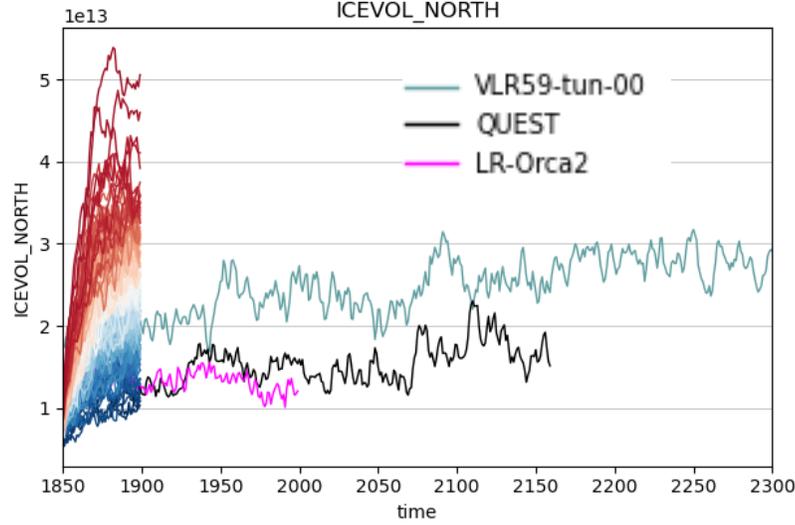
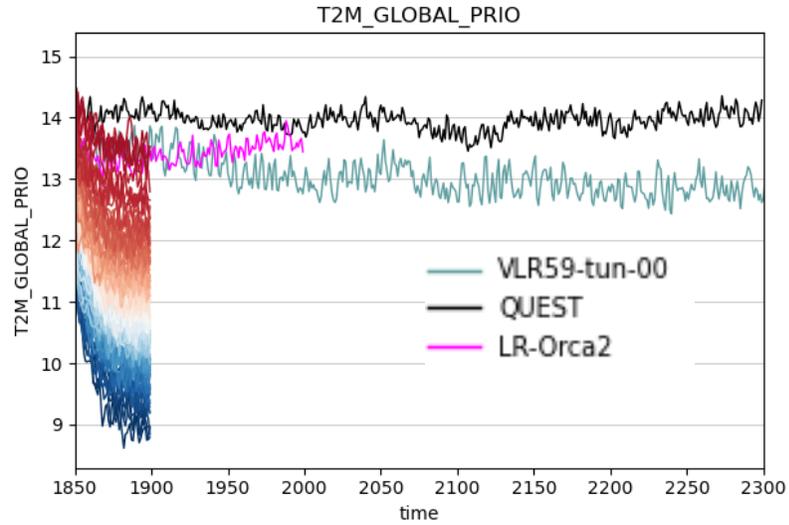
CLC	1e-4	1e-3	6.5e-4	linear	
FALLV	0.3	2.	0.8	linear	
OMEPMX	0.0001	0.1	0.001	log	
DZ	0.05	0.2	0.07	linear	
EVAP	5e-5	5e-4	1e-4	log	
GKDRAG	0.2	2	0.6	linear	sso_gkdrag

Paramètres ORCHIDEE

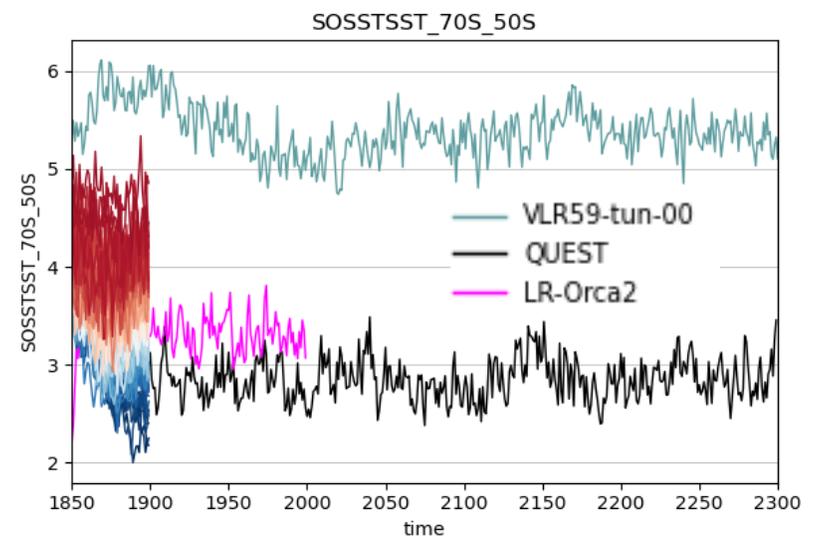
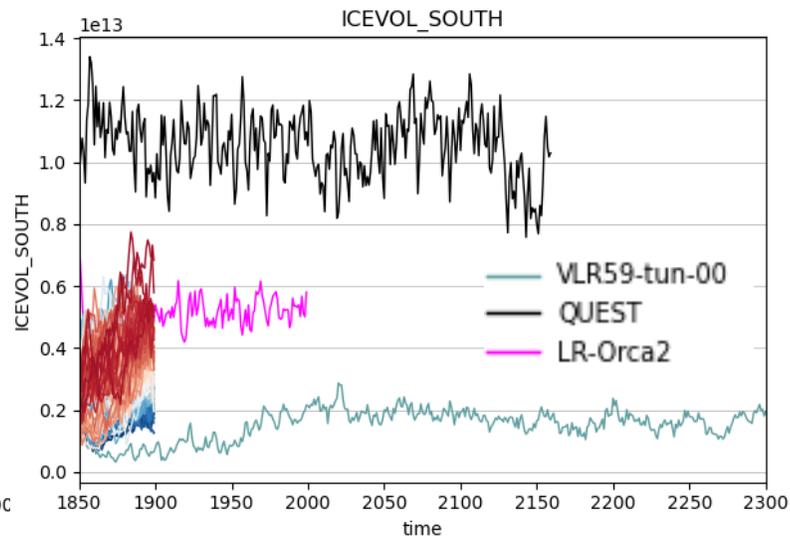
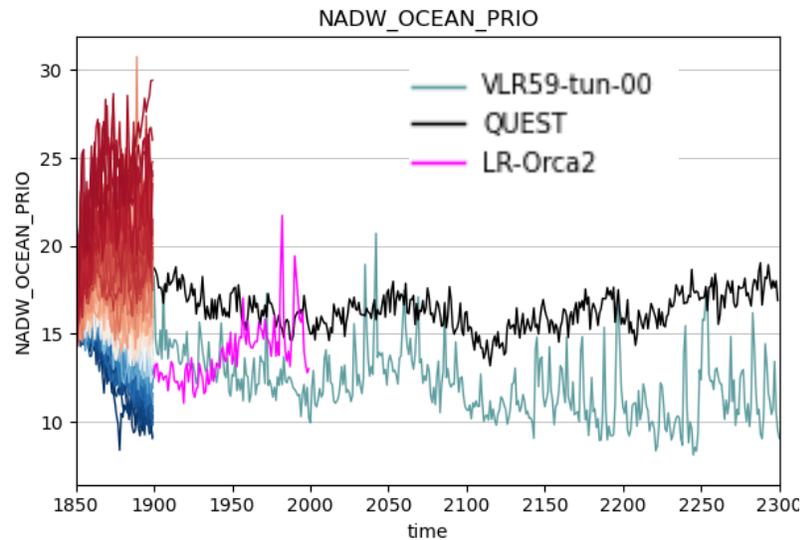
PCENT	0.3	1	0.8	linear	Pcent
-------	-----	---	-----	--------	-------

Préconditionnement 1D/3D en AMIP LR (cf. Talk Brady) -> liste des paramètres pour chacune des 120 configs

Résultats PPE CM65-VLR 59 niveaux verticaux LMDZ



Peut-on exploiter cet ensemble paramétrique pour le tuning de la config couplée CM65-VLR59 Niveaux ?



Optimisation des paramètres : Approche

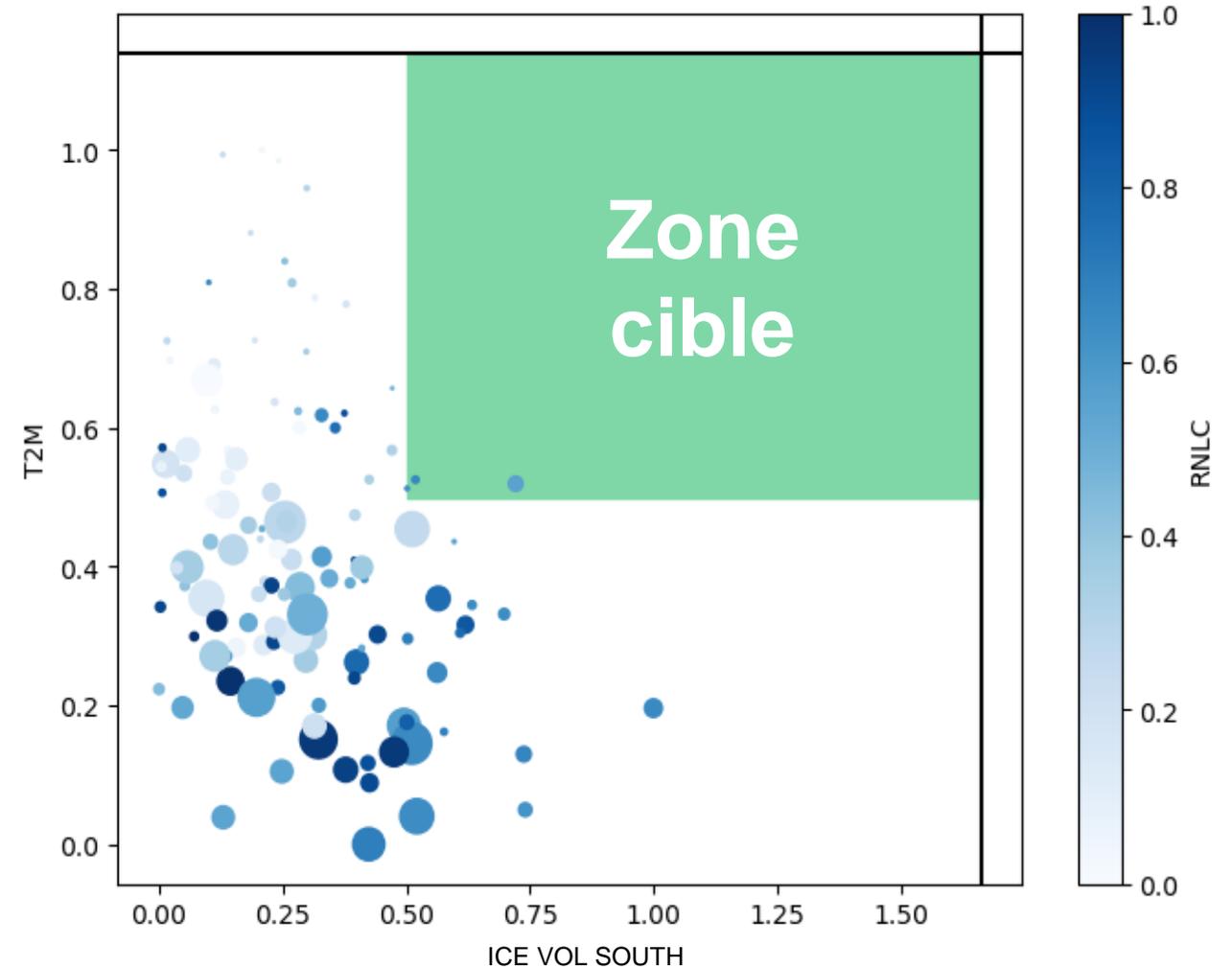
Problème

Seulement 120 simulations dans un espace de dimension 12



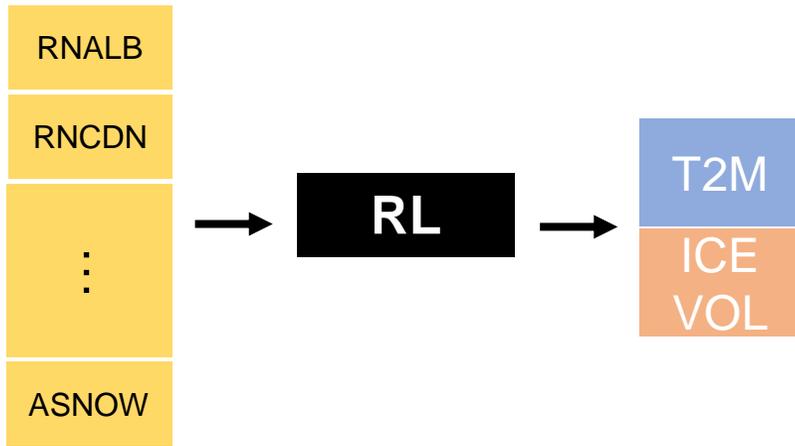
Objectif

Explorer le maximum de combinaison de paramètres pour essayer d'atteindre la Zone cible

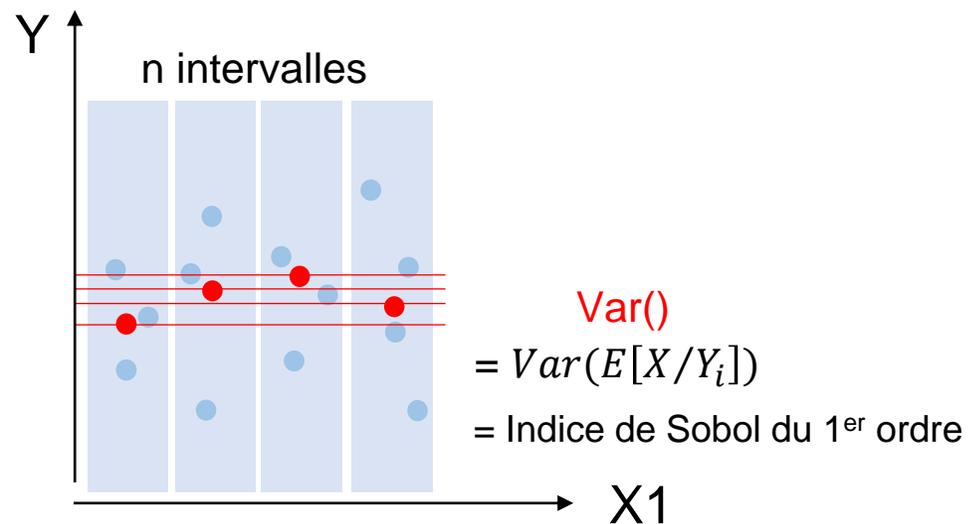


Protocole

1. Mise en place d'un modèle linéaire prédictif

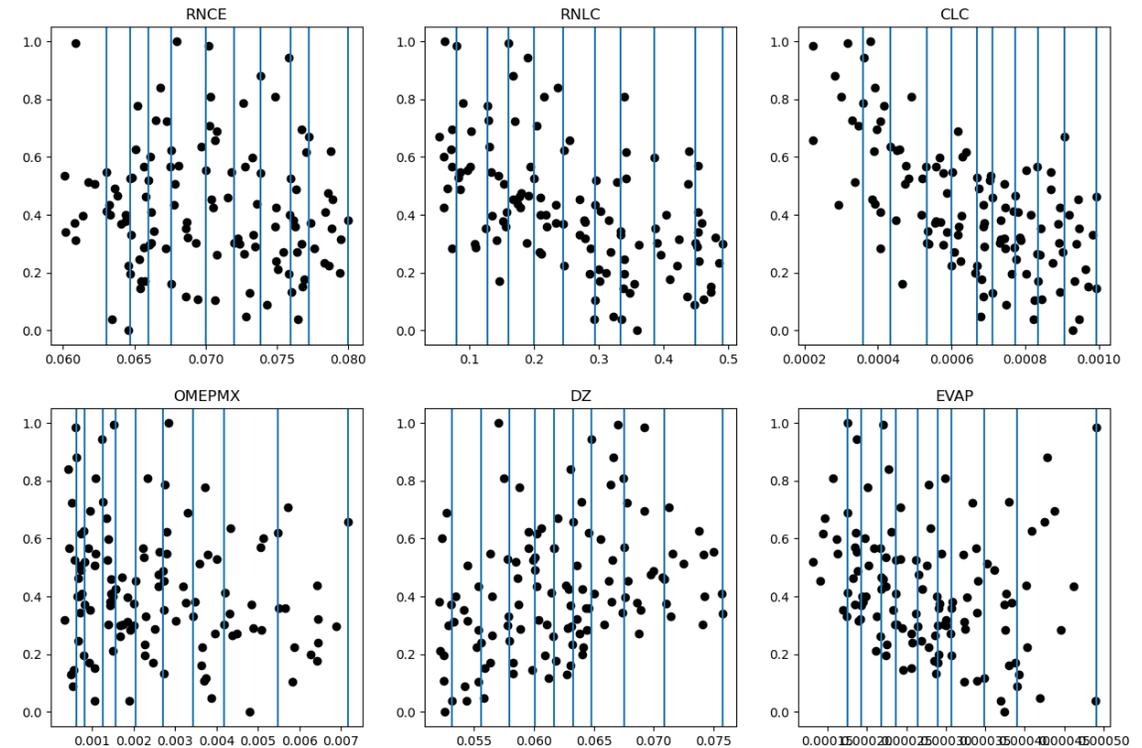


2. Choix des paramètres les plus influents



3. Prédiction

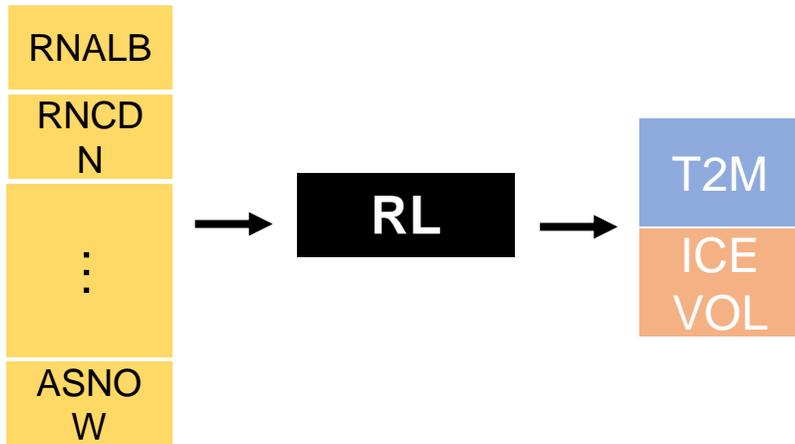
On découpe chaque variables en 10 intervalles



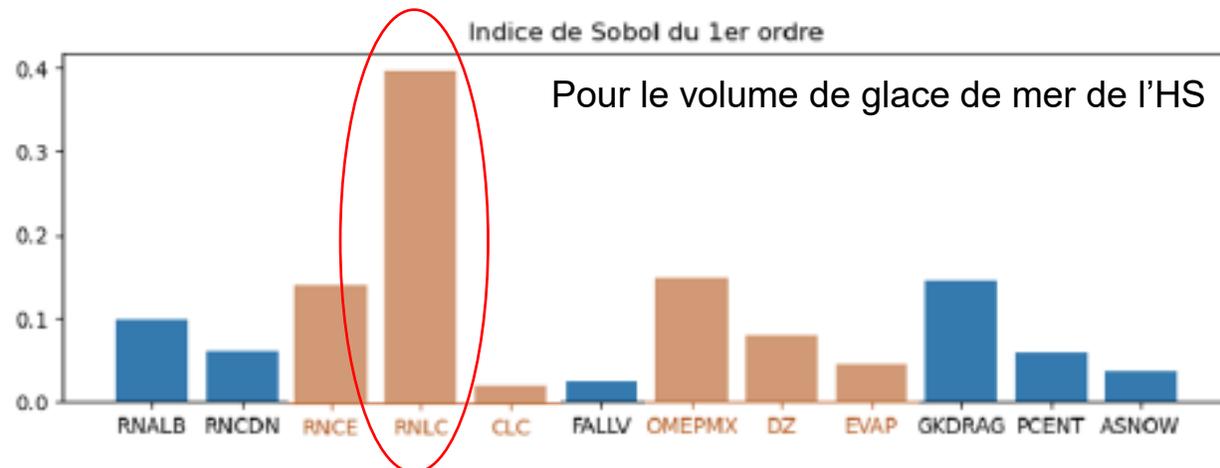
Puis on prédit les 10^6 combinaisons possibles

Protocole

1. Mise en place d'un modèle linéaire prédictif

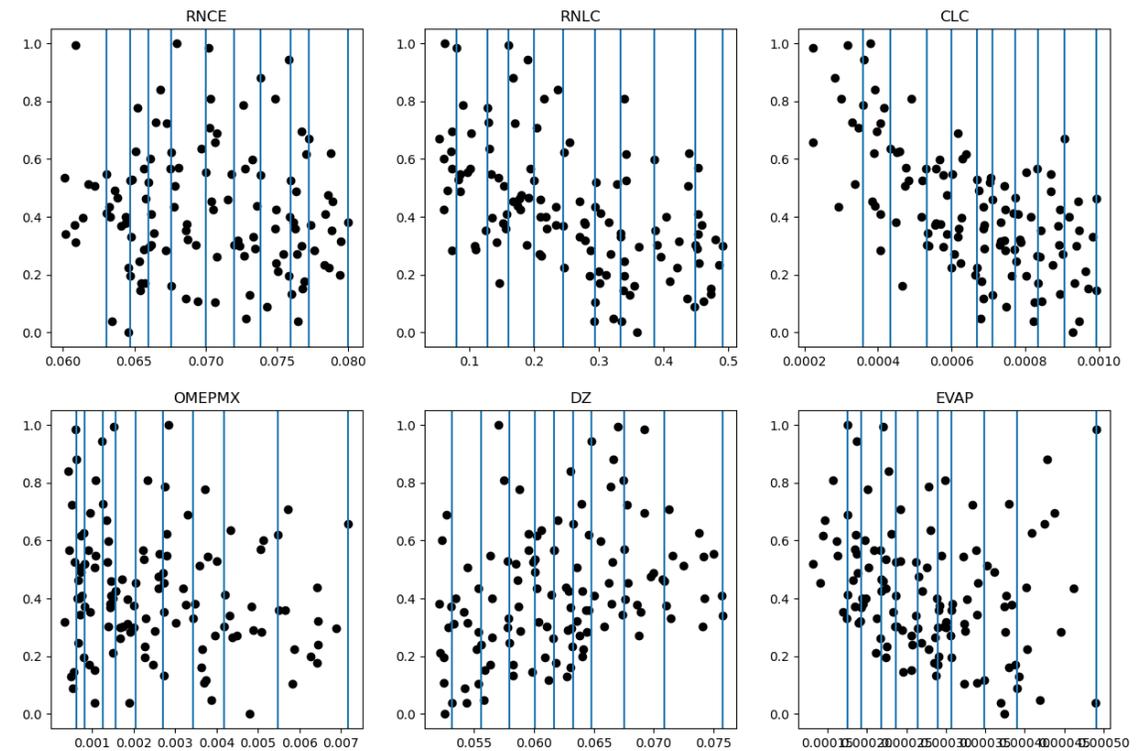


2. Choix des paramètres les plus influents



3. Prédiction

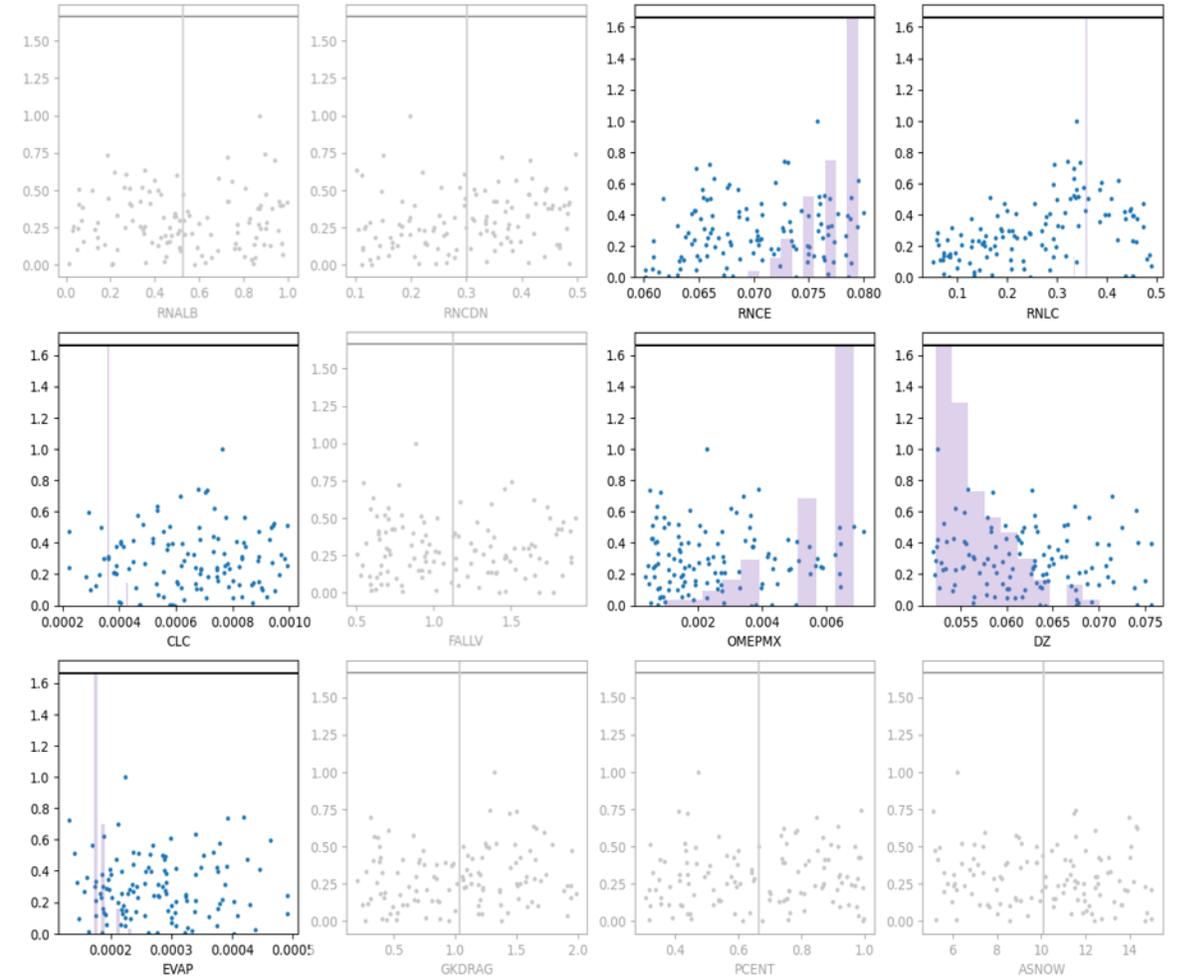
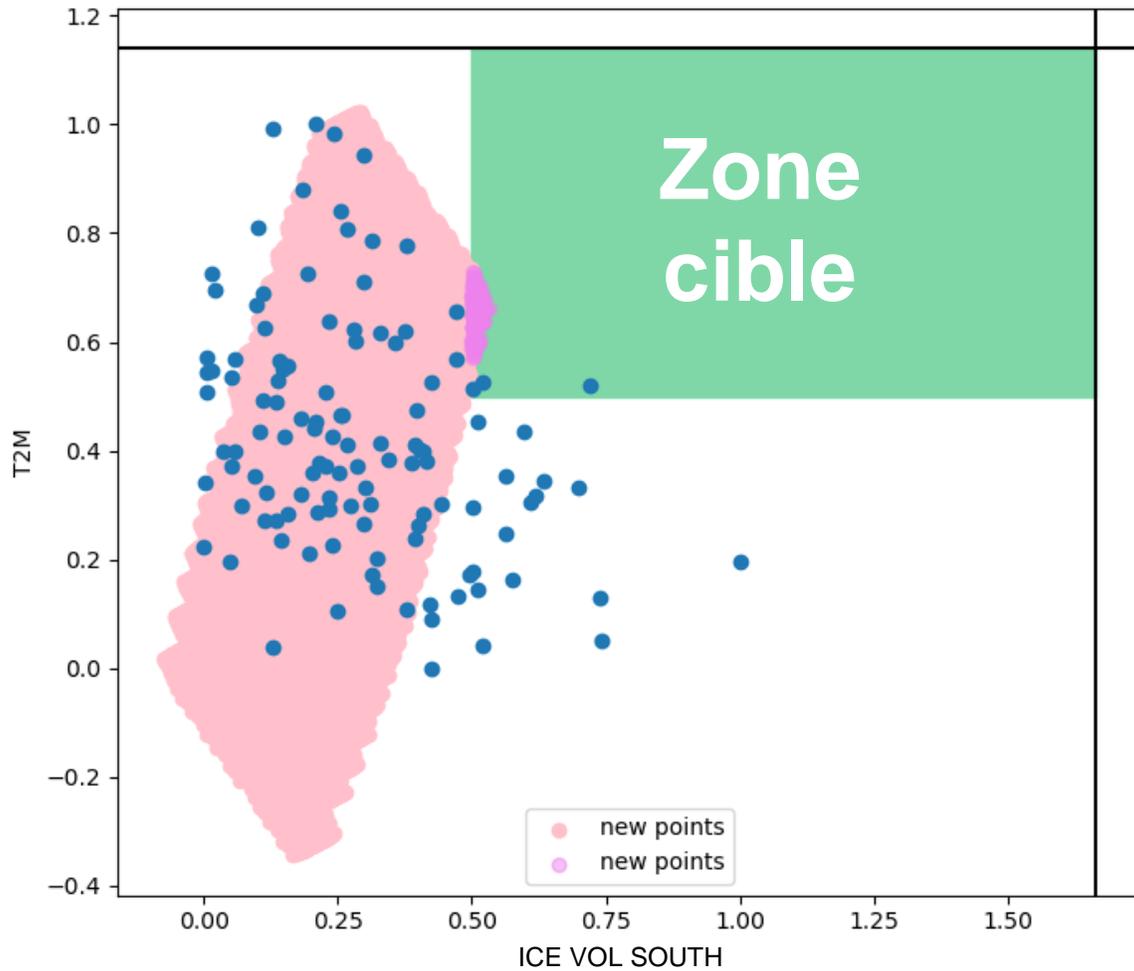
On découpe chaque variables en 10 intervalles



Puis on prédit les 10^6 combinaisons possibles

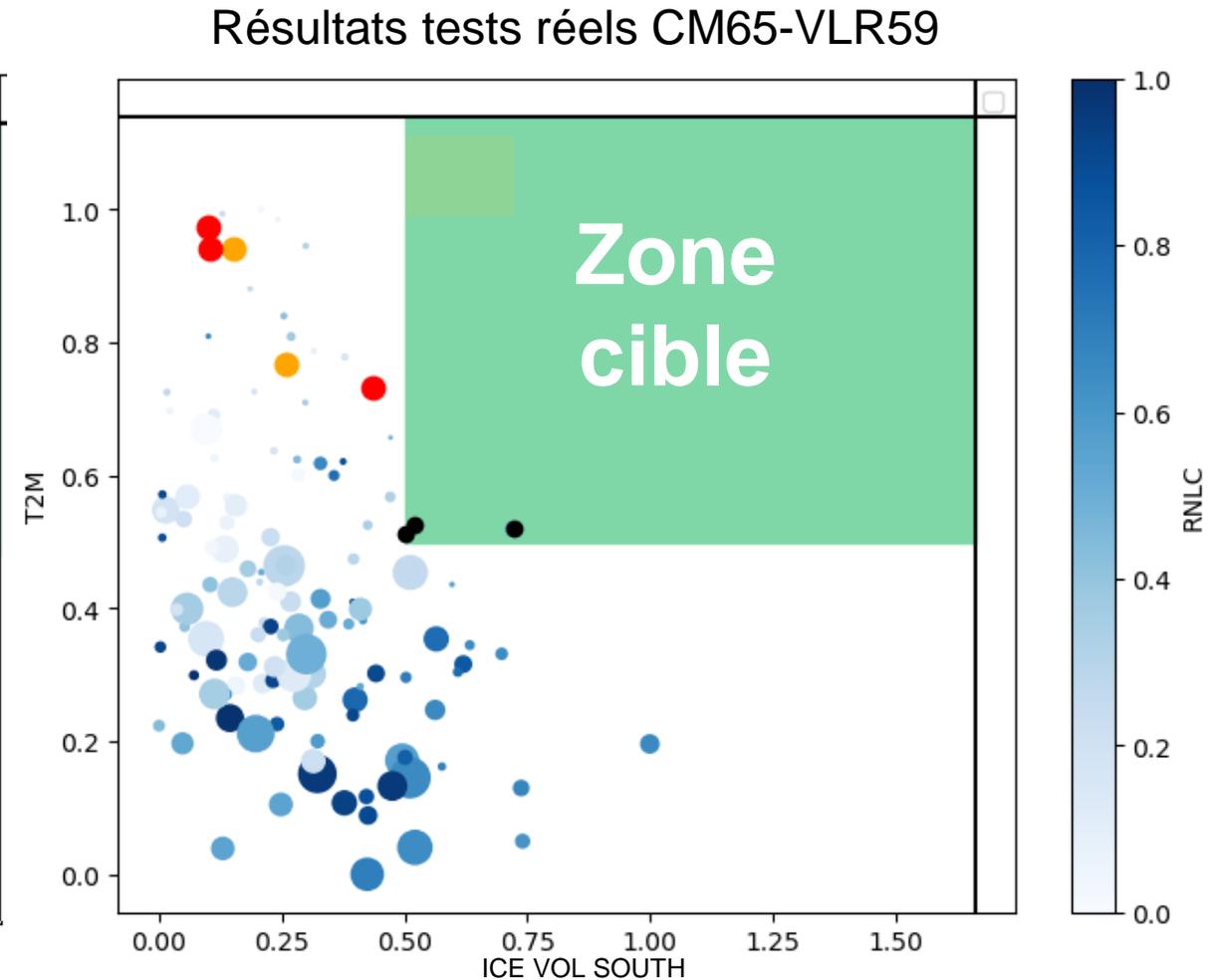
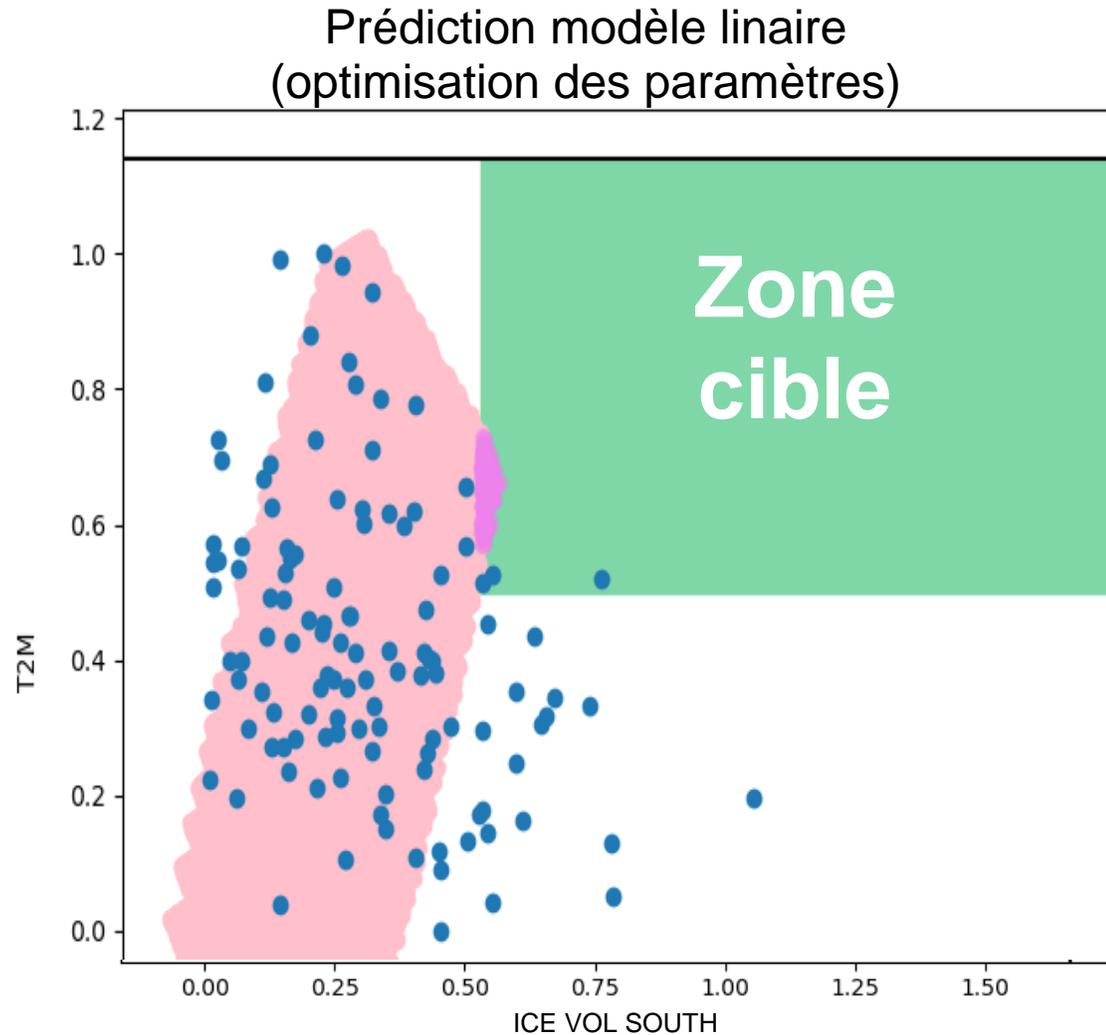
Résultats – VLR59

On récupère les valeurs de paramètres qui sont dans la Zone cible



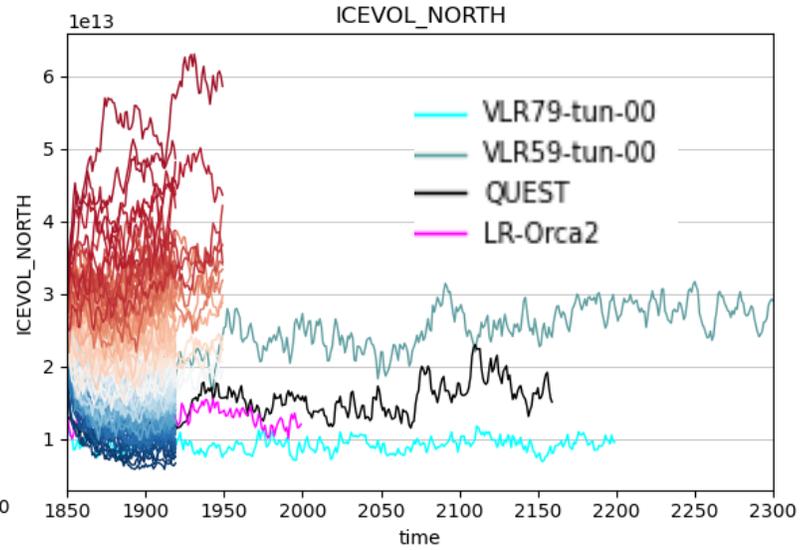
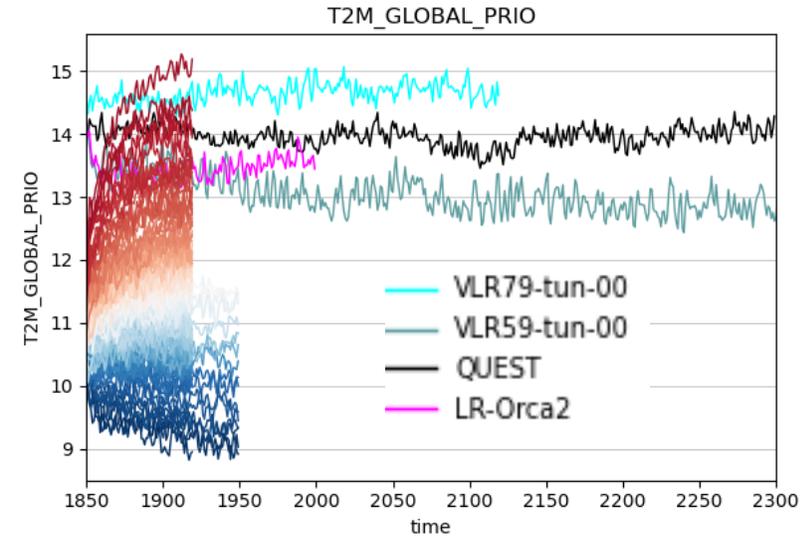
Résultats – VLR59

On récupère les valeurs de paramètres qui sont dans la Zone cible

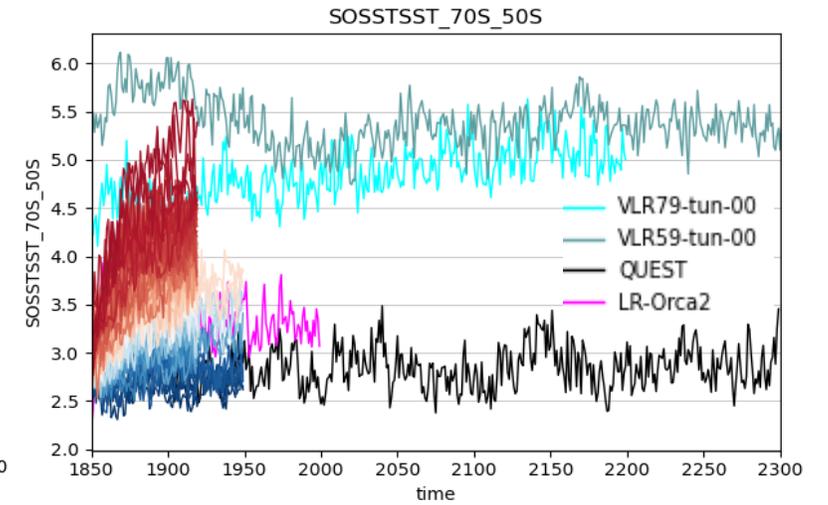
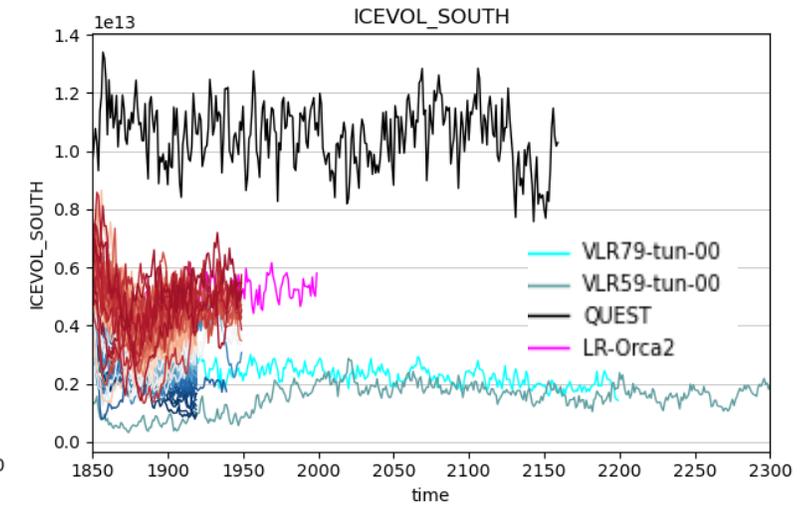
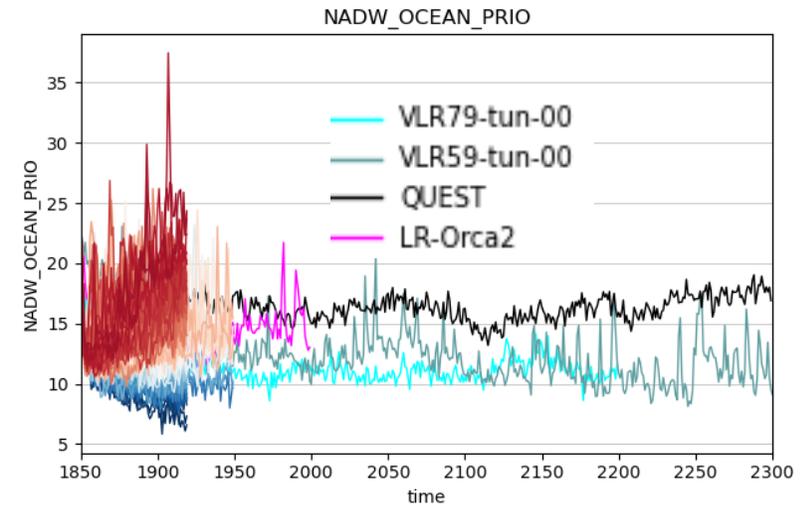


Mieux mais échappe au domaine du possible avec le PPE VLR59 (et optimisation linéaire)

VLR79 nouveaux comportements

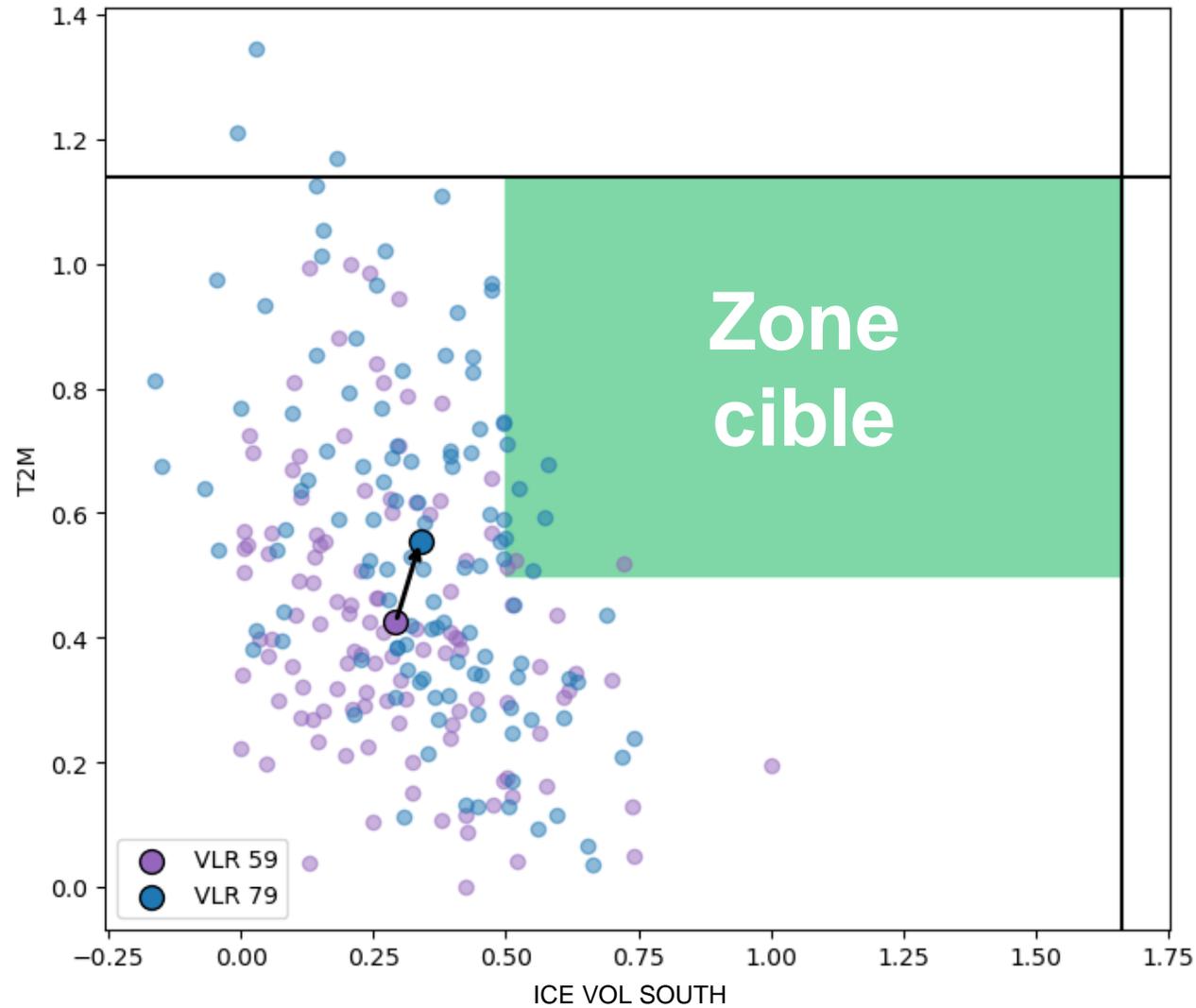


- Moins froid
- Glace de mer HS = CM65-LR-ORCA2

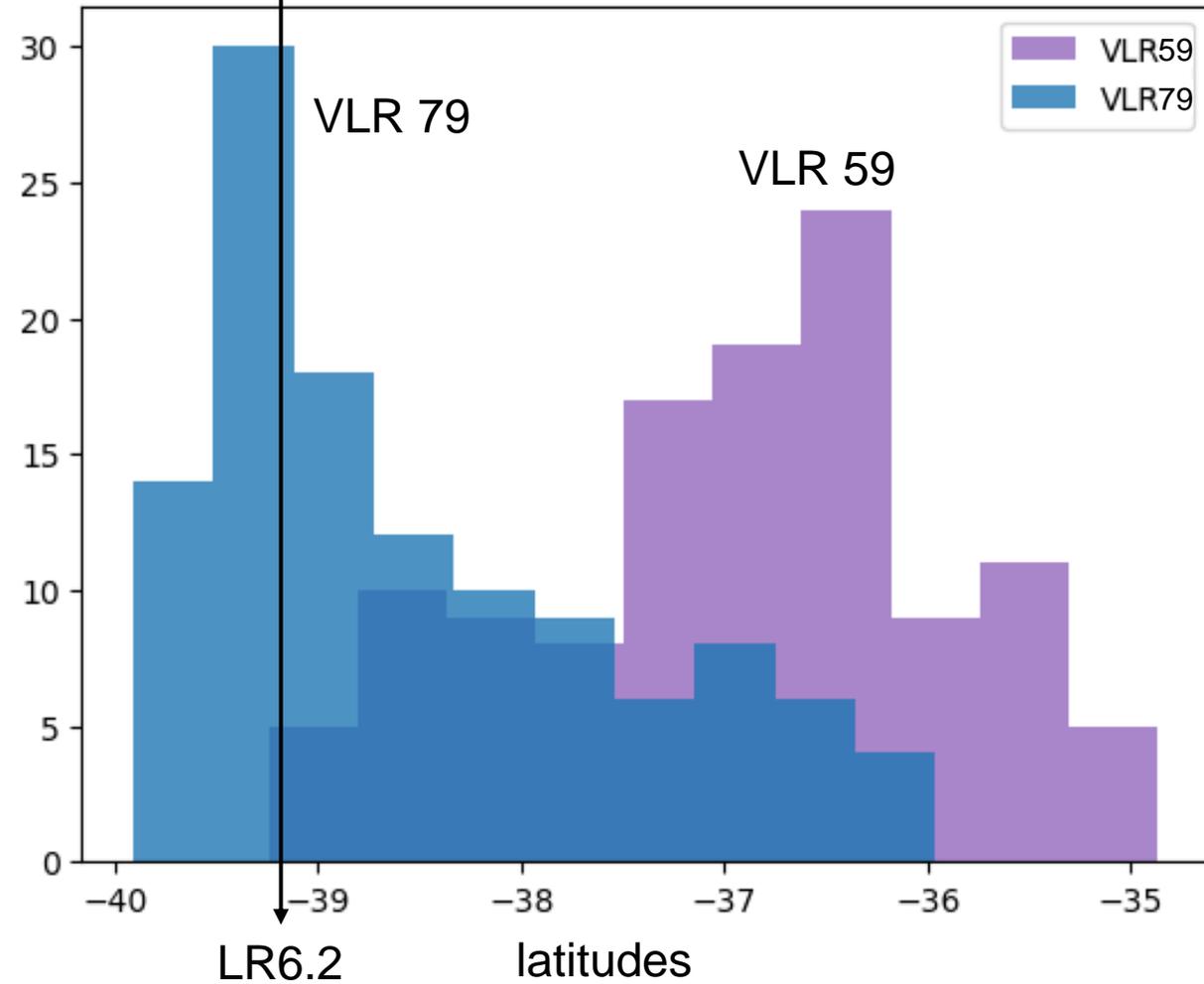


Impact du changement de la résolution verticale L59 ->L79

Translation du nuage de points vers la zone cible



Limite Sud de la Cellule de Hadley

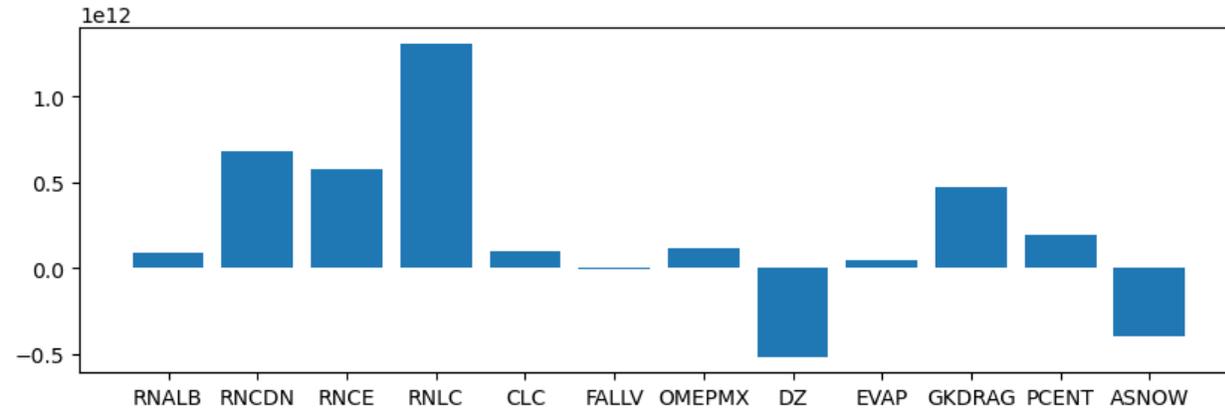


Nouveaux comportements – VLR79

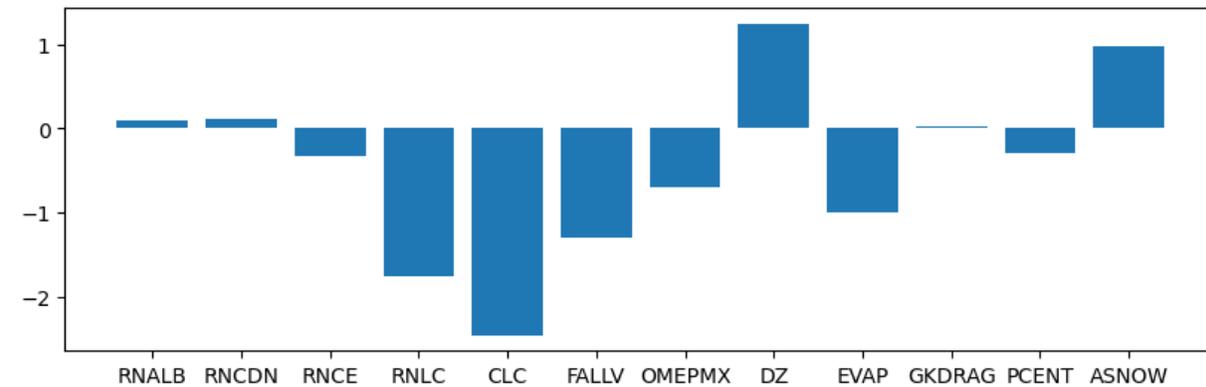
VLR 59

Linear model

ICE VOL SOUTH



T2M

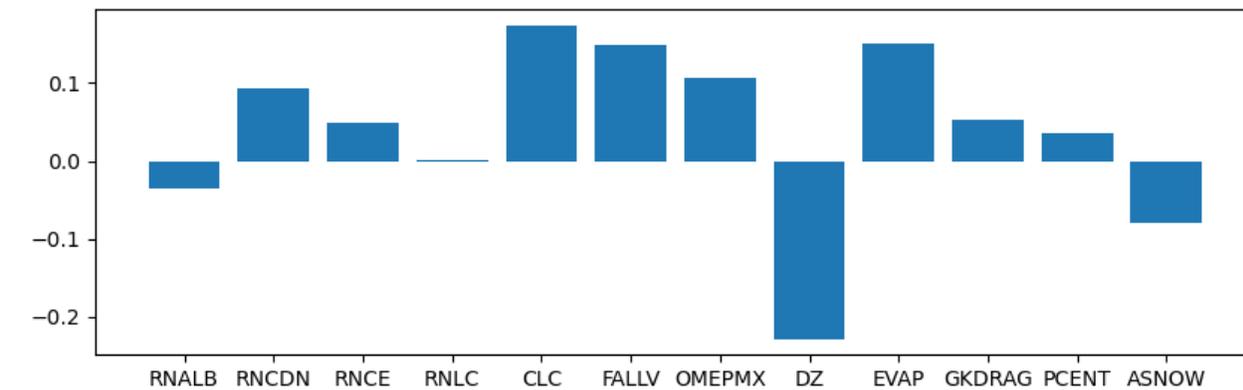


≠

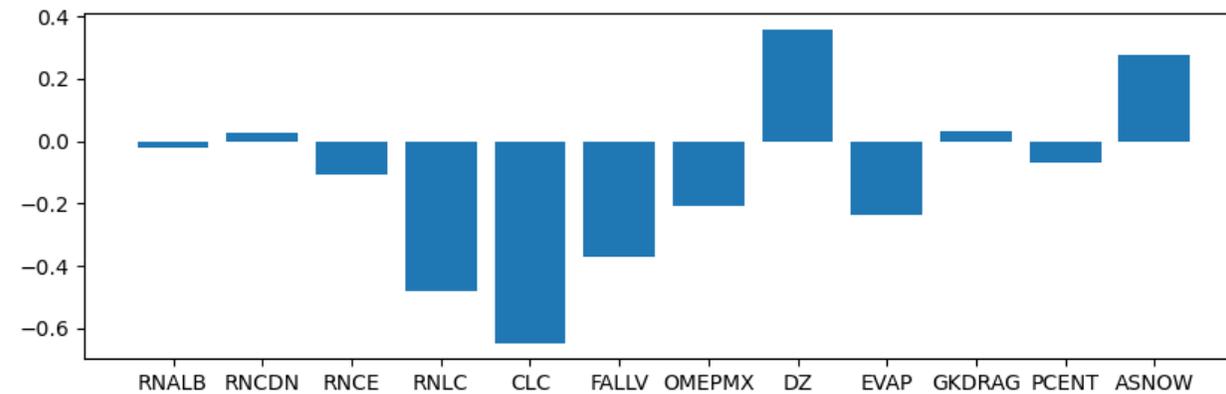
=

VLR 79

ICE VOL SOUTH



T2M



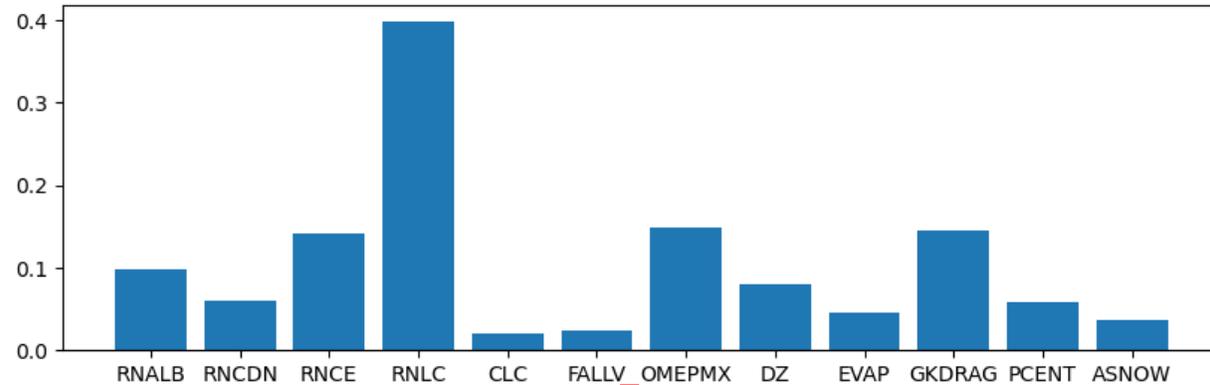
Nouveaux comportements – VLR79

VLR 59

Indice de sobol du 1er ordre

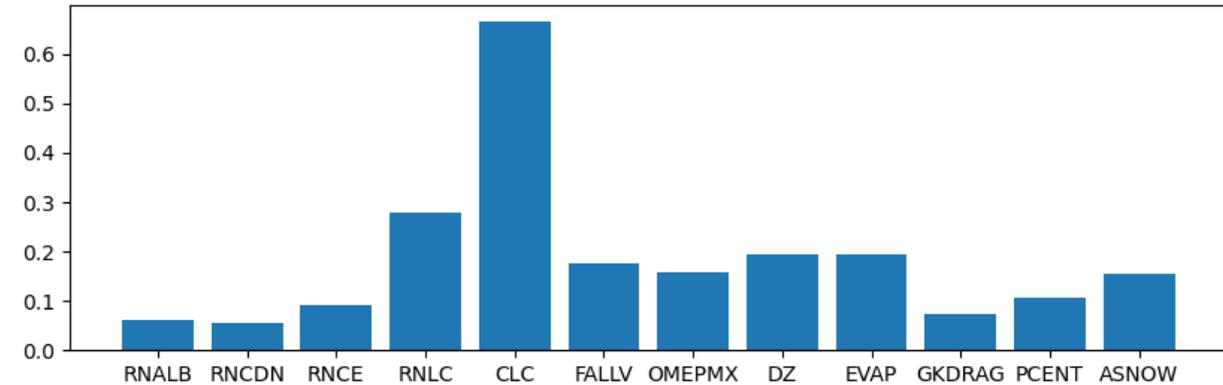
ICE VOL SOUTH

Indice de Sobol du 1er ordre



T2M

Indice de Sobol du 1er ordre



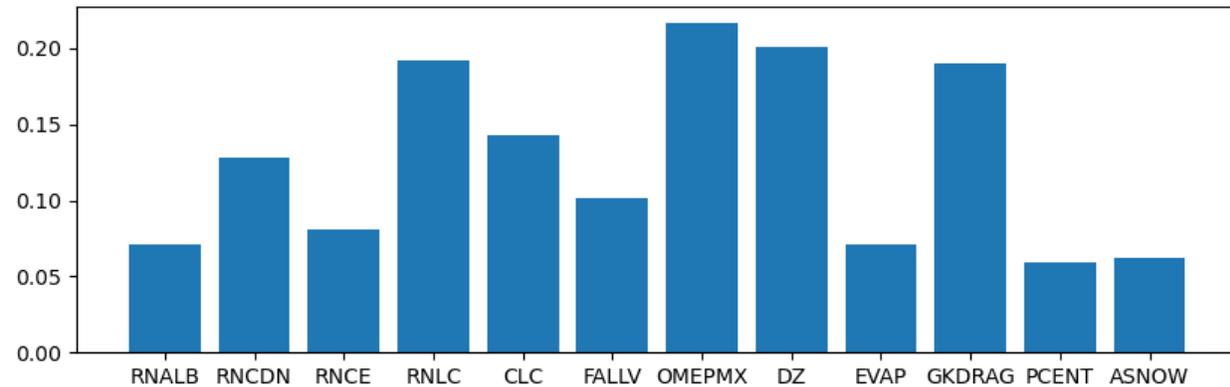
≠

=

VLR 79

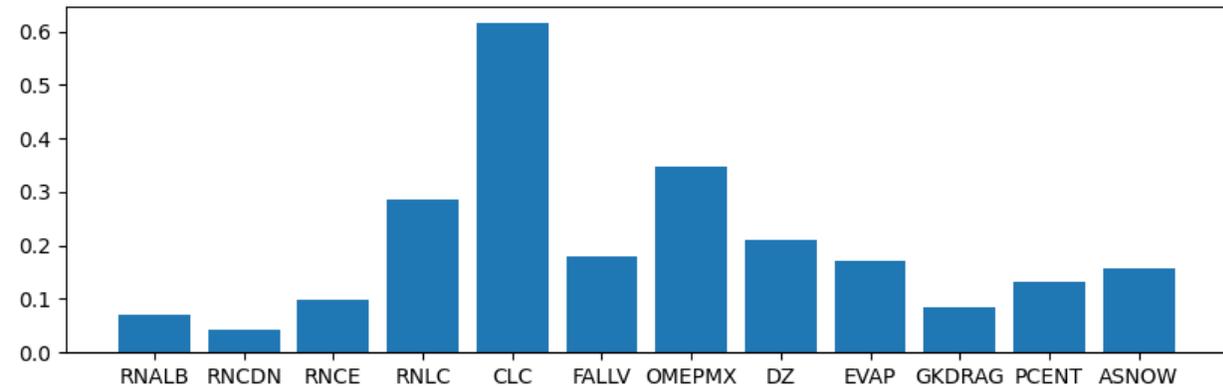
ICE VOL SOUTH

Indice de Sobol du 1er ordre sur ICE VOL

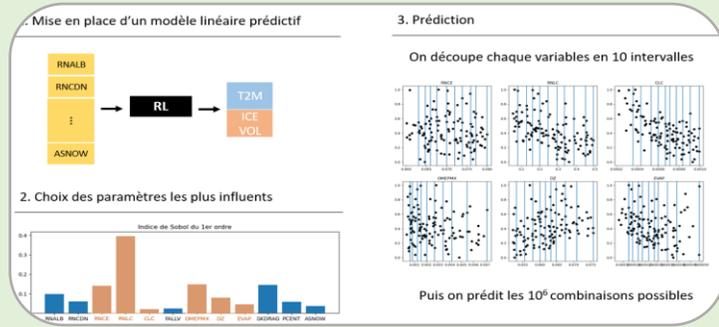


T2M

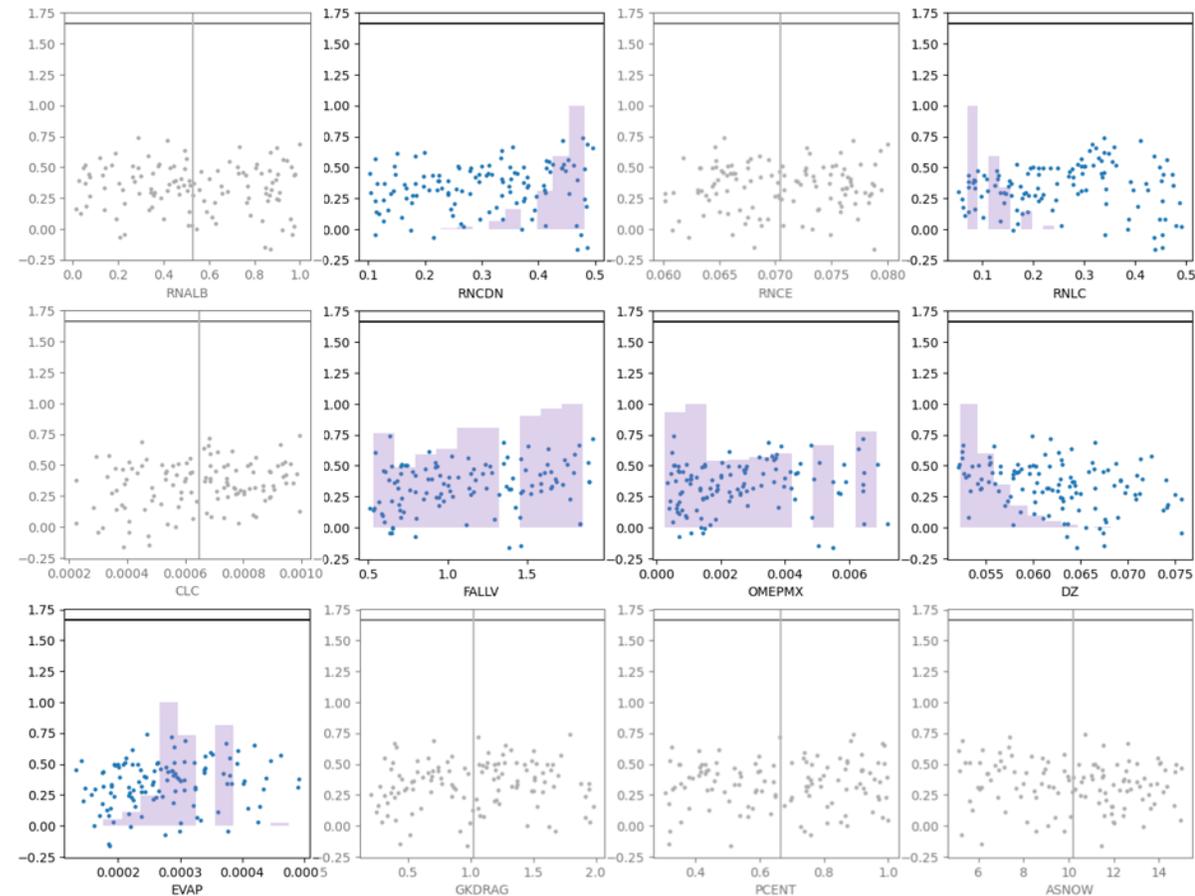
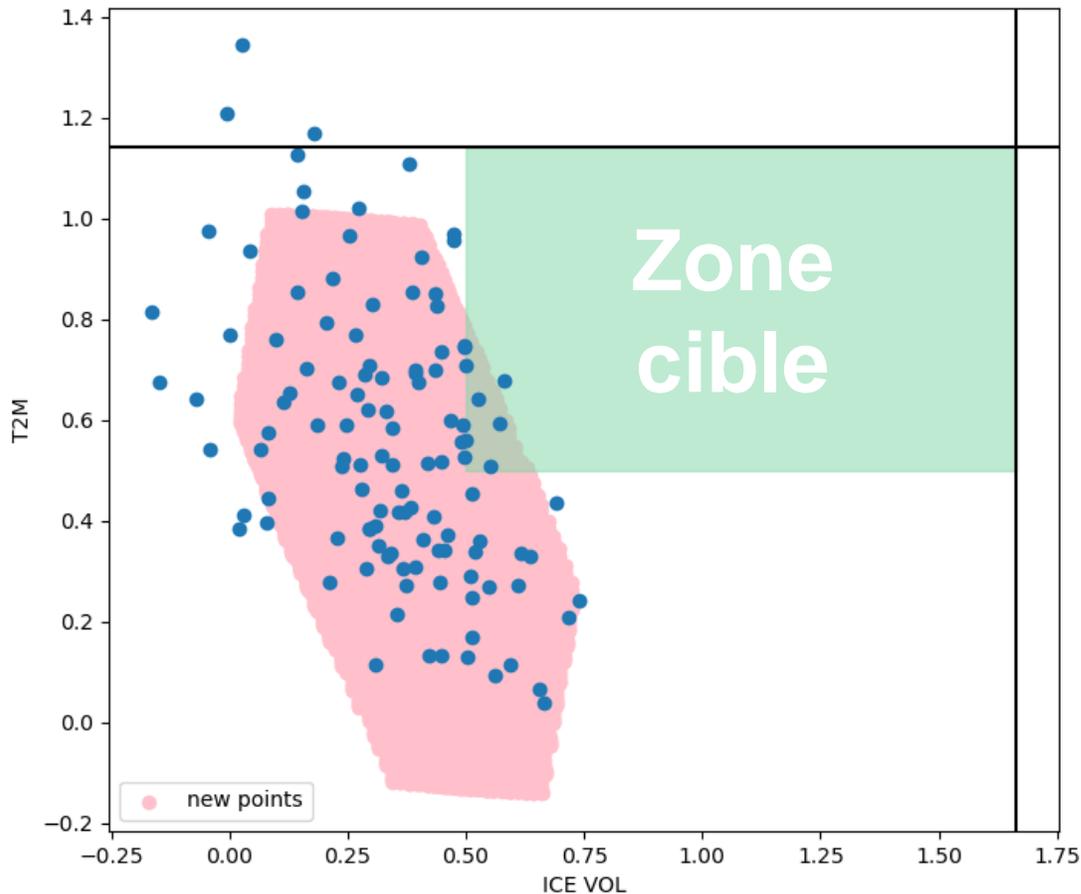
Indice de Sobol du 1er ordre sur T2M



Nouveaux résultats – VLR79



On réapplique le protocole sur les nouvelles 120 simulations VLR 79 (Simulations tests avec param optimisés en machine....)

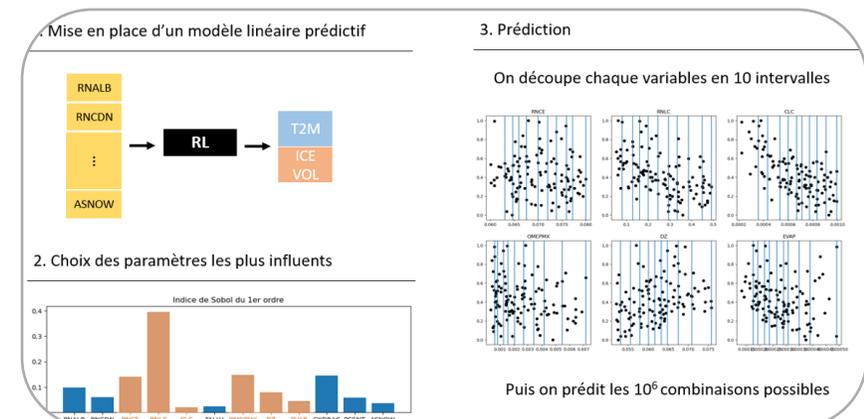
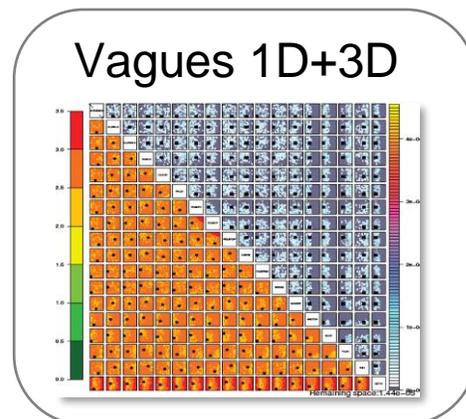


Résumé

- **VLR59** très dépendante du param RNLC en raison du biais de l'expansion de la cellule de Hadley dans l'Hémisphère Sud (et biais chaud dans l'Austral).
 - **VLR79** correction du biais cellule de Hadley HS, AMOC dynamique et temps de retour équivalent à la 59 niveaux => **config VLR retenue.**
 - **PPE VLR79**
 - => beaucoup moins froid, volume de glace équivalant à la LR-Orca2.
 - => Les params explorés ont une influence accrue sur la couverture de la banquise / à la VLR59.
- Possibilité d'optimisation par analyse du PPE pour atteindre la zone cible ?

Prochaines étapes du tuning de la config VLR:

- Analyses et caractérisation des biais (quels processus sont bien/mal/pas représentés).
- Prise en main outil « htexplo » pour préconditionnement AMIP VLR79
- Optimisation des paramètres par PPE en couplé CM65-VLR79 en suivant le même protocole (et peut être d'autres params.)



EXTRA

