

Bilan des tests de l'impact du gel du sol sur l'infiltration

1) Modulation de l'infiltration lors du gel du sol

Fraction d'eau gelée utilisée pour le calcul de la conductivité hydraulique est pondérée par deux facteurs :

- un facteur lié l'intensité du gel: $(\text{froz_frac_moy})^{\text{froz_frac_corr}}$
- un facteur lié au degré d'humidité dans le premier mètre de sol $(\text{smtot_moy})^{\text{smtot_cor}}$

*profil_froz_hydro_ns(:,jst,ins)=profil_froz_hydro_ns(:,jst,ins) *froz_frac_moy(:)**froz_frac_corr *smtot_moy(:)**smtot_corr*

2) Tests Réalisés

Tests réalisés avec la version 3977 du code, sans activation de la résistance du sol nu (Do_rsol = No) et avec l'utilisation de la température de référence (read_reftemp = Yes); Tests notés 3977c car incluant une correction du stress hydrique pour n'utiliser dans le calcul du stress que l'eau liquide du sol et non l'eau totale (liquide + gelée)

Les différents tests réalisés en forcé correspondent au FG2 (avec CRU-NCEP) ou FG3 (avec GSWP3) et en couplé à la configuration CL4 :

- 1) « **3977c.ref** » : cas sans gel du sol
- 2) « **3977.ref** » : Test sans la correction du stress hydrique = utilisation de l'eau totale
- 3) « **3977c.frz** » : Gel du sol tel qu'initialement implémenté par I. Gouttevin
- 4) « **3977c.frz.frzcor1.smtotcor2** » : Modification de l'infiltration en prenant en compte l'intensité du gel sur la profondeur et l'humidité moyenne du sol : $\text{froz_frac_corr}=1$ et $\text{smtot_cor} = 2$
- 5) « **3977c.gswp3** » : test avec le forçage GSWP3 sans gel
- 6) « **3977c.gswp3.frz** » : test avec le forçage GSWP3 avec gel standard
- 7) « **3977c.gswp3.frz.frzcor1.smtotcor2** » : test avec le forçage GSWP3 et gel modifié
- 8) « **3977c.frz.frzcor1.smtotcor2.kf0** » : Test dans lequel la réduction de la conductivité hydraulique avec la profondeur (lié à la compaction) est supprimé (keyword $\text{KFACT_DECAY_RATE} = 0$ (default = 2))

→ En mode couplé seul les cas 1, 3 et 4 ont été réalisés

→ Divers tests ont été réalisés avec des valeurs de « froz_frac_corr » et « smtot_cor » différentes : le cas 4) a été sélectionné comme étant optimal (sous forçage CRU-NCEP).

3) Path des simulations et des diagnostics

Toutes les simulations réalisées par Vladislav sont accessibles depuis le wiki sous la page correspondant aux simulations de référence 3977 et plus spécifiquement la rubrique « Simulations with soil freezing options » :

<https://forge.ipsl.jussieu.fr/orchidee/wiki/ReferenceSimulations/3977#Simulationswithsoilfreezingoptions>

⇒ Vladislav a produit un ensemble de diagnostics (cartes) pour les simulations forcées ou couplées avec comparaison à quelques jeux de données :

- Forcé: https://esgf.extra.cea.fr/thredds/fileServer/work/p529bast/MAPPER/ORC3977_freeze.html
- Forcé_GSWP3: https://esgf.extra.cea.fr/thredds/fileServer/work/p529bast/MAPPER/ORC3977_gswp3_freeze.html
- Couplé: https://esgf.extra.cea.fr/thredds/fileServer/work/p529bast/MAPPER/ORC3977_CL4_freeze.html

⇒ Les Monitoring et Atlas standard pour les simulations couplées sont aussi accessibles depuis la page wiki

⇒ Atlas LMDz réalisé avec les simulations couplées (marche partiellement : seul les plots a partir du tableau global sont accessible et pas a partir des menus déroulants) : https://vesg.ipsl.upmc.fr/thredds/fileServer/IPSLFS/fabric/lmdz/MultiSimu/VLAD/ACCU_EIL.html

4) Bilan des résultats

4.1) Impact de la correction du stress hydrique

⇒ L'utilisation de l'eau liquide seule pour le stress hydrique n'induit pas d'impact significatif sur les flux et les débits :

⇒ Comparaison « 3977c.frz.frzcor1.smtotcor2 » versus « 3977.frz.frzcor1.smtotcor2 » en mode forcé : voir figure débit ci dessous : courbes vert clair et bleu confondues.

4.2) Impact du gel du sol : Mode forcé forçage CRU-NCEP

⇒ Comparaison Reference (« 3977c.ref ») versus Gel-standard (« 3977c.frz ») versus Gel-modifié (« 3977c.frz.frzcor1.smtotcor2 ») en mode forcé

Impact sur Humidité sol et Flux en Juin – Juillet - Aout:

MRSO : Fort impact sur l'humidité totale (diminution jusqu'à 300 mm) avec le gel ; Modification de l'infiltration sous gel réduit fortement l'impact dans toutes les zones de latitude supérieures à 40°N affectées par du gel hivernal, ainsi qu'au Sud du Chili et en Nouvelle Zélande. Les sols restent toutefois plus secs que dans la simulation sans gel. Les zones très froides et très humides sont beaucoup plus faiblement impactées (extrême nord-est de la Sibérie)

HUMREL : Forte diminution de humrel avec le gel ; modif du gel limite l'impact à qqs zones du Sud de l'Eurasie (bande de latitudes comprises entre 50 et 60°N et le plateau de Sibérie centrale

FLUXLAT: Gel diminue le flux de chaleur latente en lien avec les variations d'humidité du sol, et plus faiblement avec modif du gel. Comparaison aux obs (dernière ligne du tableau de figure) : Flux d'évaporation trop fort par rapport à Jung aux hautes latitudes pour ref et gel-modifié et trop faible au sud de 40-45°N (mais incertitudes sur Jung probablement forte). Mêmes écarts que dans la version standard.

TEMP_SOL: Impact cohérent avec les variations d'évapotranspiration, avec un retour aux températures simulées sans gel dans les zones où la modification est active, augmentation légère de la température du sol (0.5 degré) dans cas gel-modifié/sans gel dans les zones très humides.

LAI (comparaison GIMMS) : diminution LAI avec gel et retour aux valeurs du cas sans gel après modification. Par rapport à GIMMS, les LAI sont trop faibles sur l'Est de la sibérie et trop fort sur l'Europe et l'Amérique du Nord)

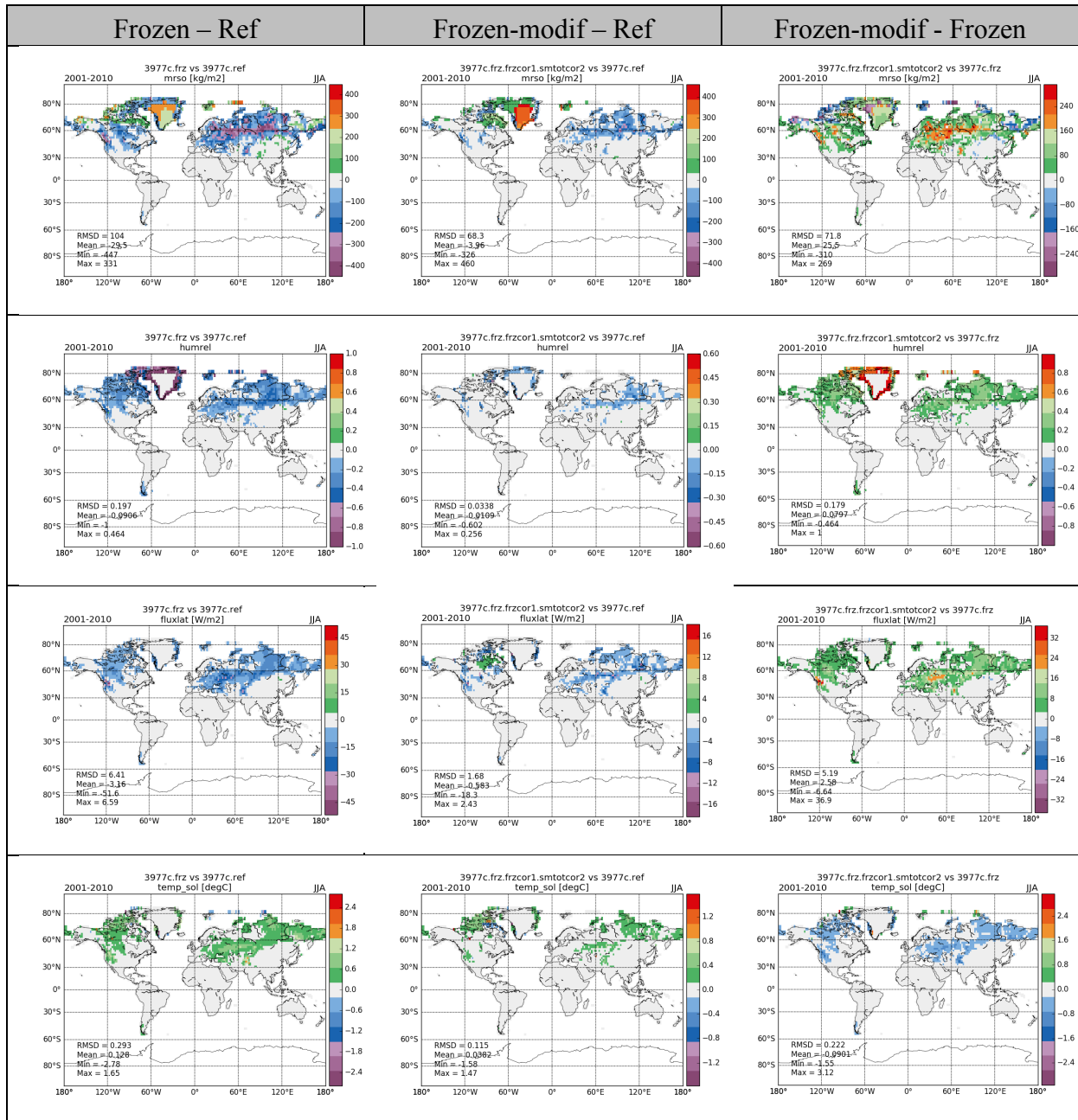
GPP (comparaison Jung) : Trop fortes GPP dans la ref en moyenne aux hautes latitudes (biais systématique à corriger indépendamment du gel) ; Gel std diminue GPP (à cause de la diminution de l'eau du sol) et Gel-modifié permet de retrouver les versions de la version sans gel (et les mêmes défauts).

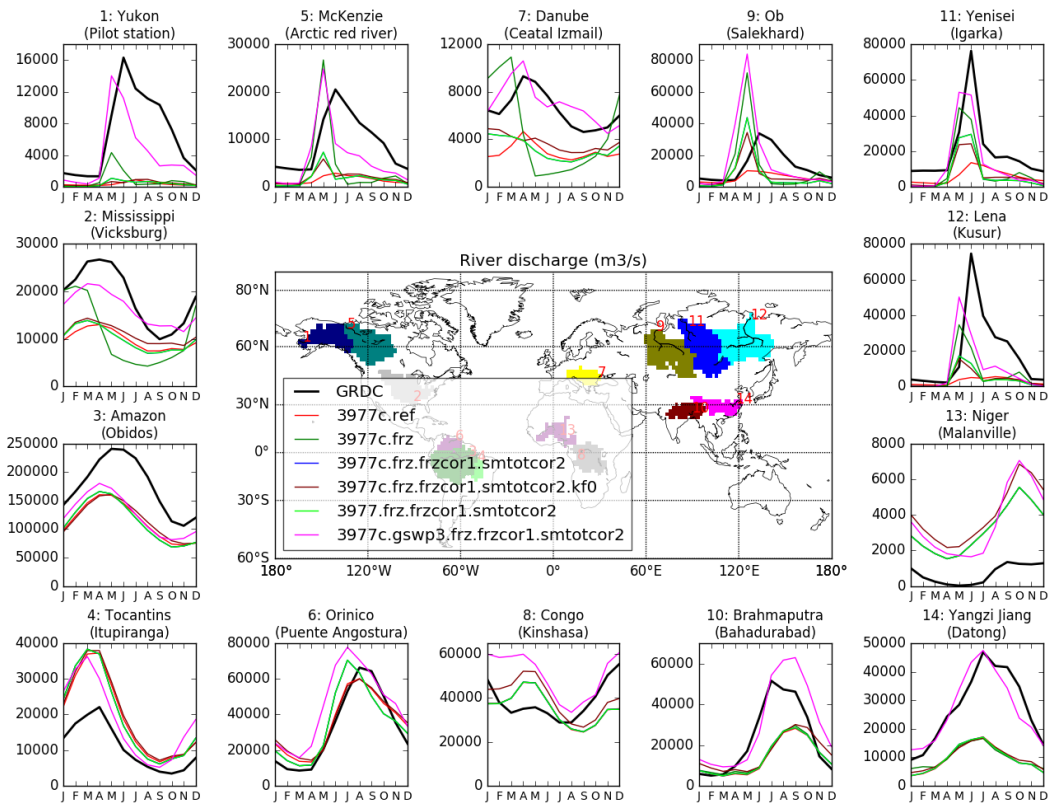
DEBIT RIVIERES :

(courbe bleue et vert clair confondues : gel modifié = courbe vert clair)

- ⇒ Impact global positif sur les débits des rivières avec la simulation du pic de printemps lié à la fonte de la neige sur les bassins nordiques ; Mais pic trop en avance sur certains bassins comme l'Ob, le Danube ou le McKenzie, Le gel-modifié montre un fort impact sur tous les bassins en diminuant globalement (et fortement pour certains bassins), les débits aux exutoires. Cet impact va dans le sens d'une dégradation pour tous les bassins excepté l'Ob quand le modèle est forcé avec les pluies CRU. Avec le forçage GSWP3, le gel-modifié conduit à des simulations en bien meilleur accord avec les observations. L'impact du forçage (et surtout de la partition pluie/neige) est donc crucial sur les débits.
- ⇒ Bassin peu « froid » (Danube) : Modif du gel est importante pour ne pas avoir un pic de débit au printemps irréaliste (modif du gel + gswp3 est très bon)
- ⇒ Bassin très « froids » (Lena, Yenesei, Ob, McKenzie, Yukon) : biais important si pas de gel du sol ; apport du gel significatif

→ Au vu de l'ensemble des résultats le Gel – Modifié réalise un bon compromis. Mais il reste des choses à « améliorer » avec notamment des débits trop faibles en période d'étiage (automne, hiver) pour les bassins du Nord (Ob, Yenisei, Lena,..), probablement liés à la non représentation des nappes souterraines. Test « 3977c.frz.frzcor1.smtotcor2.kf0 » sur la l'augmentation de la conductivité hydraulique en profondeur à reprendre (test non concluant actuellement).





4.2) Impact du gel du sol : Mode forcé avec GSWP3

=> Comparaison Reference («3977c.gswp3») versus Gel-standard (« 3977c.gswp3.frz ») versus Gel-modifié («3977c.gswp3.frz.frzcor1.smtotcor2 ») en mode forcé

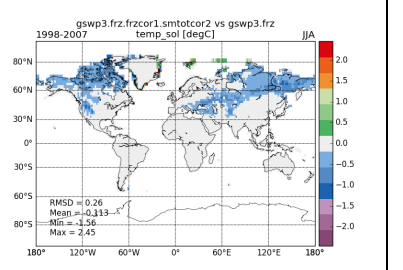
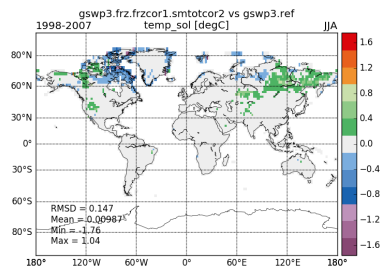
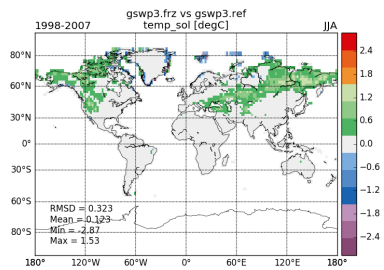
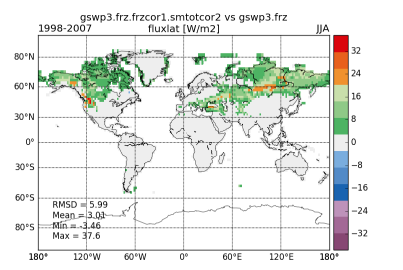
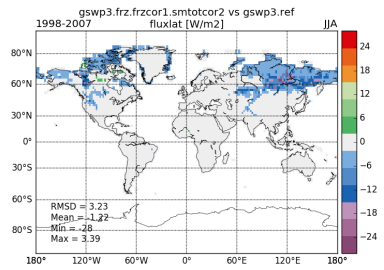
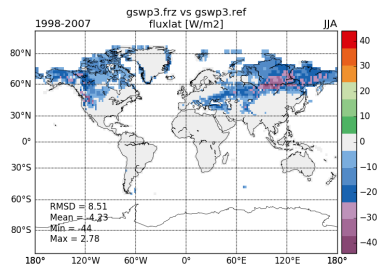
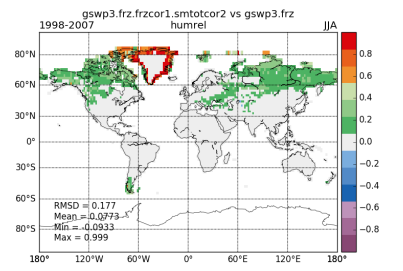
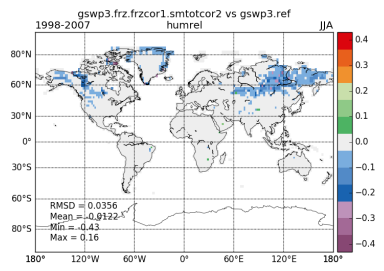
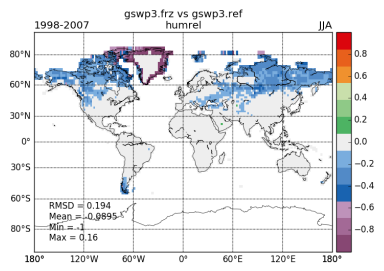
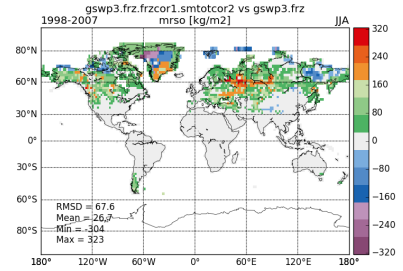
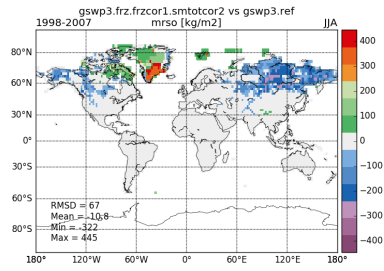
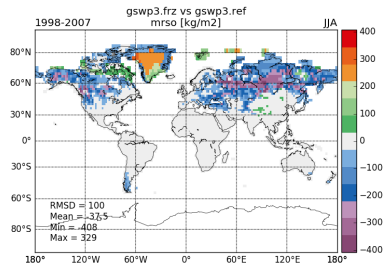
Différences par rapport au cas CRU-NCEP sur les flux :

- Impact du gel du sol plus marqué sur mrso, humrel et fluxlat
- Différences entre gel-corrigé et gel-standard sensiblement identique

Différences par rapport au cas CRU-NCEP sur les débits :

- Impact positif du gel-modifié pour Yenisei, Lena, Yukon et partiellement McKenzie
- Impact négatif du gel modifié sur Ob !
- REM : impact non nul du gel du sol sur les bassins tropicaux difficile a comprendre (sauf peut être les bassins ayant des montagnes et donc des températures négatives ?)

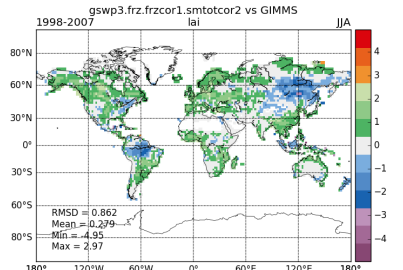
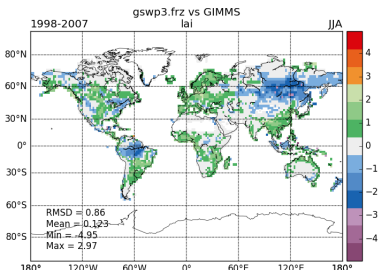
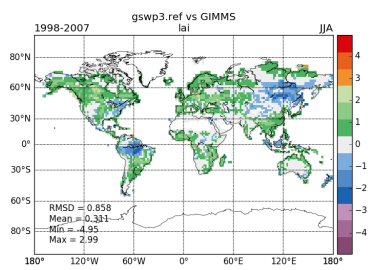
Frozen – Ref	Frozen-modif – Ref	Frozen-modif - Frozen
--------------	--------------------	-----------------------

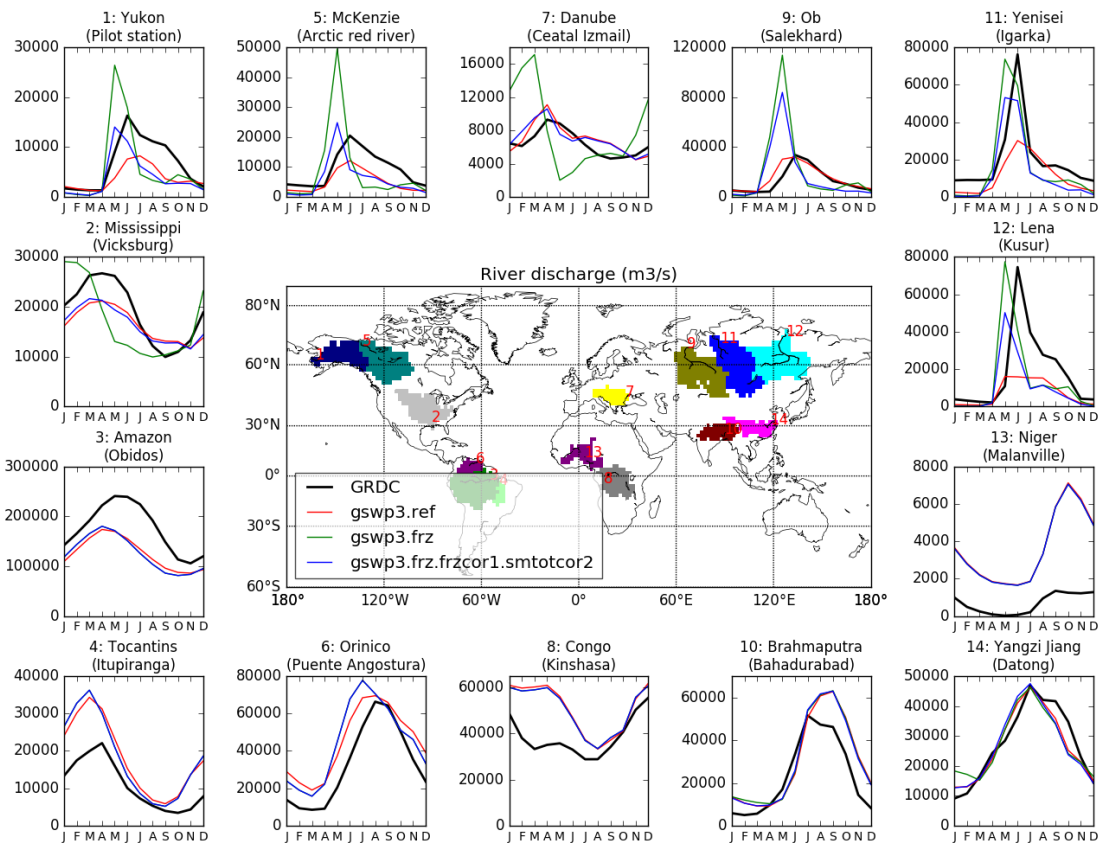
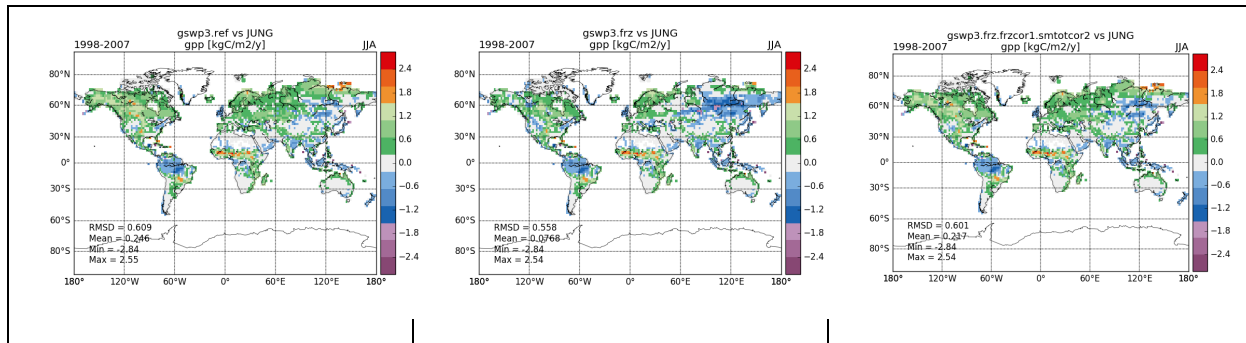


Ref – Obs

Frozen – Obs

Frozen-modif - Obs





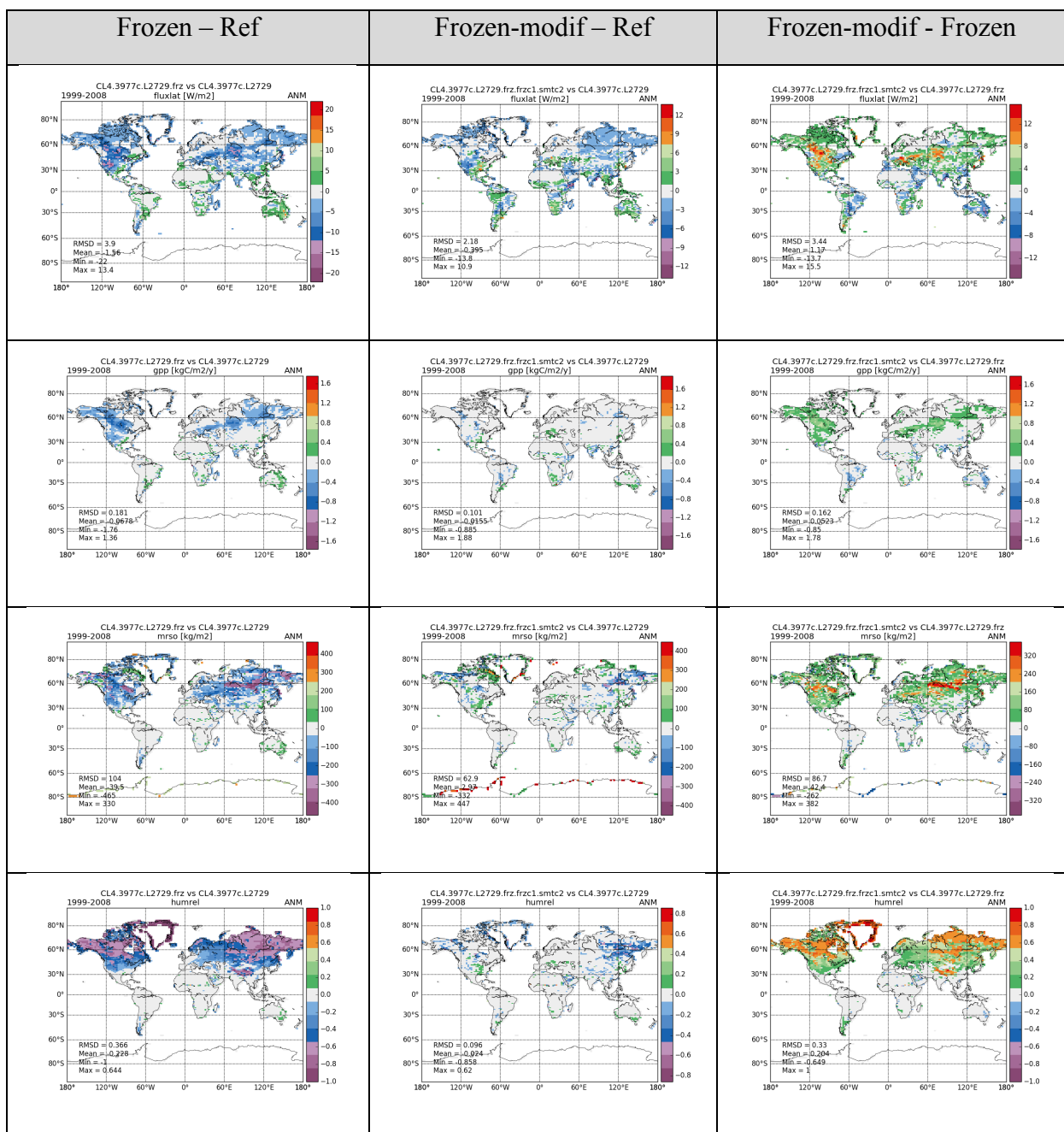
4.3) Impact du gel du sol : Mode Couplé

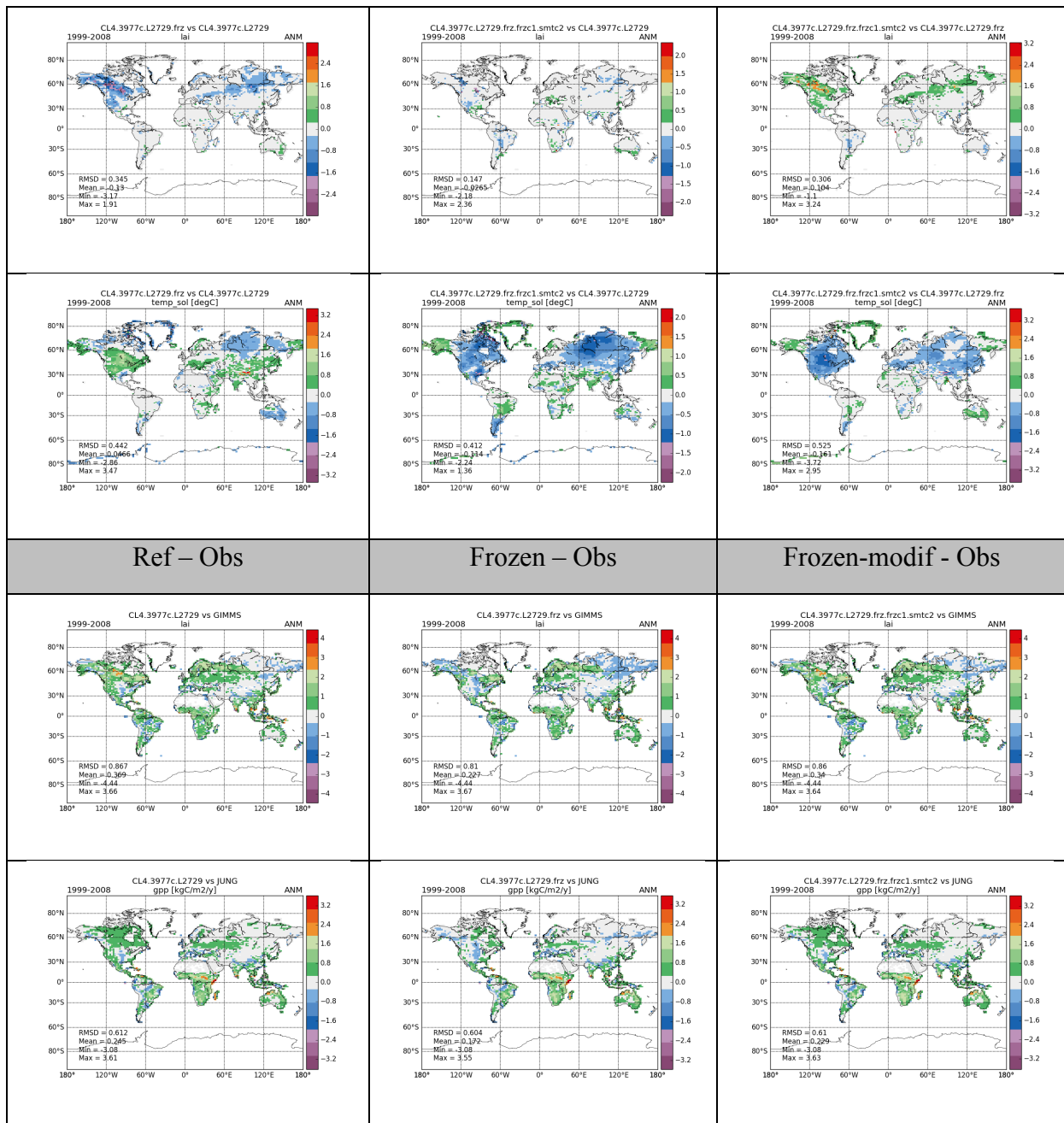
Trois simulations comparées:

- CL4.3977c.L2729 : sans gel
- CL4.3977c.L2729.frz : avec gel standard
- CL4.3977c.L2729.frz.frzcl.smtc2 : avec gel modifié

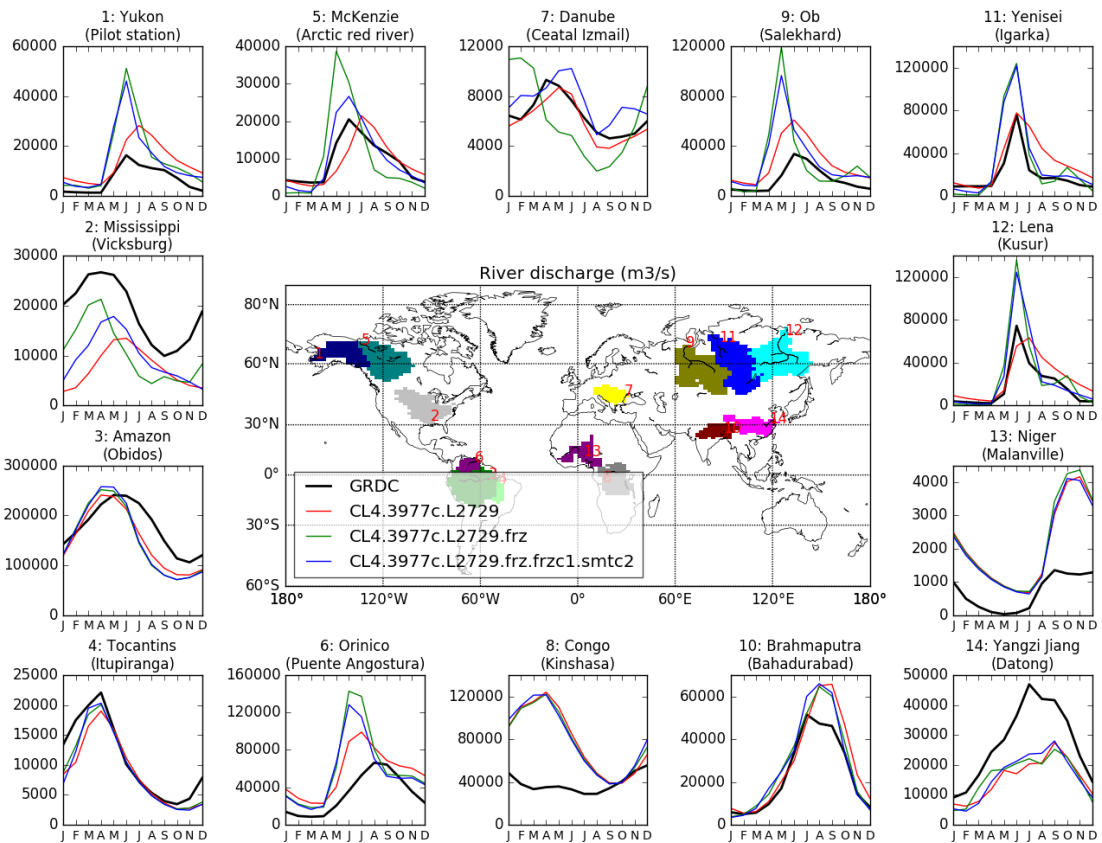
En mode couplé, on observe exactement les mêmes résultats sur les impacts respectifs du gel et des modifications introduites, avec un retour des variables (contenu en eau, stress hydrique, évapotranspiration, température, gpp, etc...) relativement proche des valeurs de la simulation sans gel. Le biais chaud en température lié à la réduction de l'évaporation dans la simulation avec gel, est corrigé dans le cas gel-modifié. Les débits sont plutôt améliorés sur les bassins du Mississipi, du McKenzie et du Danube et dégradés ailleurs (par rapport au cas sans gel). Mais comme nous l'avons vu en mode forcé, les pluies sont déterminantes sur les débits, et des simulations plus longues en couplé sont peut-être nécessaires pour juger cette variable.

NB: dans ces comparaisons, bien garder en mémoire que les 3 simulations n'ont pas généré les mêmes forçages, et qu'une partie des différences est liée aux différences de forçage...

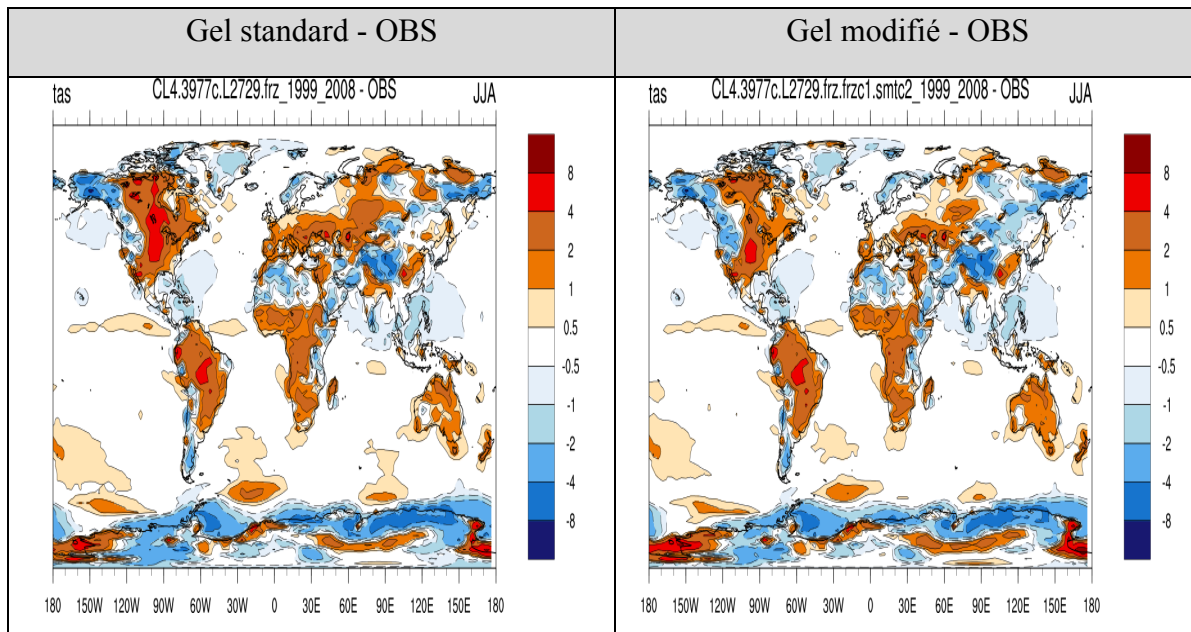




Débit des rivières



ATLAS LMDZ :



--	--