

**Runoff: couplage
conservatif par anomalie**
TR/CMGC/08/71
Eric Maisonnave, Laurent Terray

Résumé

Ce document décrit une solution simple à mettre en oeuvre pour s'abstraire du redondant problème de la modélisation du débit des fleuves dans une simulation couplée. Nous proposons une méthode qui conserve à la fois les quantités d'eau intégrées sur toute la surface du globe mais aussi la variabilité locale des débits des fleuves qu'on s'attend à pouvoir représenter avec un modèle couplé de circulation générale.

Sommaire

I. Problématique.....	7
II. Solutions proposées.....	9
II.1. Modèle fluvial TRIP.....	9
II.2. Choix des interpolations d'Oasis.....	12
II.3. Superposition de la variabilité couplée avec les débits observés	14
III. Mise en oeuvre technique.....	24
III.1. Modèle fluvial TRIP.....	24
III.2. Choix des interpolations d'Oasis pour TRIP.....	24
III.3. Constitution des fichiers de masques.....	25
III.4. Superposition de la variabilité couplée avec les débits observés	27
III.4.1. Modification du code.....	27
III.4.2. Mode opératoire.....	28

I. Problématique

Si, selon la sagesse antique, on n'entre pas deux fois dans le même fleuve, il apparaît en revanche qu'au cours de sa vie professionnelle, un ingénieur en modélisation du climat se penche beaucoup plus fréquemment qu'il ne le voudrait sur les problèmes causés par le couplage des runoffs.

Les runoffs, quantité d'eau liquide rejetée par les fleuves dans les océans, font partie intégrante du cycle de l'eau. Cumulées, les observations utilisées pour forcer le modèle d'océan NEMO (1) atteignent un flux d'environ 1.2 Sv (climatologie Nations Unies).

Le mode de prise en compte de ce flux d'eau dans les simulations couplées dépend de la longueur de la simulation considérée.

Pour des simulations courtes, de type prévision saisonnière, son effet peut être considéré comme négligeable. On pourra se contenter d'ajouter (ou non) en entrée du modèle d'océan les runoffs observés, comme dans une simulation forcée.

A des échelles de temps plus longues, c'est à dire à partir de quelques décennies, des considérations de conservation du flux d'eau global entrent en ligne de compte. En effet, il n'est plus possible de substituer à la quantité d'eau en surplus dans les sols en sortie du modèle d'atmosphère une quantité climatologique fixe, telle que pré-définies pour les simulations forcées du modèle NEMO.

Outre que ces quantités ne sont pas les mêmes, les runoffs calculés par les modèles de sols (celui d'ARPEGE (2) dans notre cas) intègrent la variabilité des précipitations sur les continents, information qu'il peut être important de transmettre pour mieux représenter les salinités de surface du modèle d'océan et, à de plus grandes échelles de temps, sa circulation générale.

Il devient alors nécessaire de simuler correctement le flux de runoff en routant les trop-pleins des réservoirs des modèles de sol vers des points d'embouchures. Via le coupleur Oasis (3), ces quantités remplacent alors, dans le modèle d'océan, les observations précédemment prescrites.

Les runoffs couplés substitués aux runoffs observés peuvent se révéler

totallement différents, tant quantitativement que qualitativement. A cela, plusieurs explications:

- Le climat simulé diffère du climat observé. Cela est vrai pour les champs de précipitations sur les points « terre », ceux là même dont les réservoirs, en débordant, alimentent les débits des fleuves. Ces champs peuvent différer notablement des réanalyses à notre disposition.
- Le temps de transit entre débordement des réservoirs et déversement à l'embouchure des fleuves est instantané et introduit une distorsion dans le cycle saisonnier des runoffs (c'est particulièrement le cas pour les fleuves sibériens, du fait de la non prise en considération du gel des fleuves en hiver).
- La présence de barrages, des réseaux d'irrigation, non pris en compte dans nos modèles, peuvent fortement réduire le débit des fleuves aux embouchures. C'est notablement le cas pour le Nil. En en surestimant le débit, on s'expose à dessaler l'ensemble du bassin Méditerranéen, voire à modifier la circulation profonde de l'océan Atlantique.

La substitution du champs de runoff observé par des valeurs provenant du coupleur Oasis va également provoquer de nombreux décalages de la position géographique des principales embouchures, problème d'autant plus fréquent que la résolution du maillage ORCA est basse.

Le modèle d'océan NEMO a été conçu pour prendre en compte une climatologie du flux de runoffs. A des points d'embouchures bien déterminés, et dont la position varie suivant le maillage considéré (ORCA4, ORCA2 ou ORCA05 pour la distribution NEMO standard 2.1), le coefficient d'advection prend des valeurs plus élevées. Cela permet d'éviter une diminution artificielle de la salinité en ces points.

En modifiant la positions des embouchures lors de la substitution des champs forcés de runoffs par leurs valeurs couplées, on s'expose donc à sortir des zones pré-déterminées où l'advection a été modifiée et créer des instabilités numériques.

Dans un souci d'exhaustivité, mentionnons une série d'anomalies qui viennent à compliquer le travail de conservation globale du flux d'eau à l'interface océan-atmosphère.

- la présence de valeurs aberrantes (négatives) à certaines

- embouchures de faible débit annuel
- la comptabilité problématique des runoffs déversés dans les mers intérieures ainsi que dans les bandes de recouvrement du modèle
 - le traitement particuliers des côtes antarctiques (champs de runoffs étalé jusqu'aux côtes argentines dans la configuration ORCA2 de NEMO)

Pour terminer, et toujours à propos de conservation globale, ajoutons que les simulations couplées réalisées avec le modèle ARPEGE t63 / NEMO v2 – ORCA2 montrent une sous-estimation cumulée du flux de runoff d'environ 10% (1.1 Sv au lieu de 1.2).

Ce document se propose donc d'apporter des réponses aux problèmes posés par le couplage des flux fluviaux dans un modèle de climat. Pour pouvoir être pertinentes dans un contexte de simulation climatique longue, ces réponses doivent satisfaire à trois conditions principales:

- conservation du flux global,
- vraisemblance des débits des principaux fleuves et
- conservation de la variabilité de ces débits telle que représentée par le modèle couplé.

L'équilibrage des bilans d'eau et la vérification de la conservation globale est une des tâches du modélisateur chargé de la mise au point d'une nouvelle configuration couplée. L'implémentation du couplage du runoff que nous proposons ici doit lui simplifier ce travail: les modifications sont faites une fois pour toutes dans le code; un changement de résolution, par exemple, ne doit pas entraîner une re-configuration totale du modèle.

Mais cette solution doit aussi pouvoir être mise en place aisément: le temps consacré à résoudre le problème du runoff doit rester raisonnable en comparaison des autres problèmes qui se posent lors de la mise au point d'un modèle couplé.

II. Solutions proposées

II.1. Modèle fluvial TRIP

Ce modèle de fleuve (4) développé à l'université de Tokyo a été utilisé

par le CNRM lors des simulations de l'IPCC-AR4. Couplé par Oasis, ce modèle reçoit en entrée les lames d'eau en sortie des réservoirs d'ARPEGE et renvoie à NEMO les valeurs des débits des fleuves à leurs embouchures.

A partir du moment où l'eau s'échappe des réservoirs du modèle de sol d'ARPEGE, cette quantité est dirigée point de grille par point de grille en suivant le cours des rivières et des fleuves vers les points d'embouchure. Ce routage permet de simuler le temps nécessaire aux eaux de ruissellements pour se jeter dans les océans. Elle doit aller dans le sens d'une meilleure représentation des cycles saisonniers des runoffs. Elle évite également d'avoir à définir manuellement une interpolation Oasis entre bassins versants d'ARPEGE et points d'embouchures NEMO.

Ce modèle est conservatif, ainsi que les deux opérations nécessaires à Oasis pour transmettre les flux en entrée et en sortie du modèle. Ainsi, la quantité d'eau totale n'est pas modifiée par le transit dans le modèle TRIP. La variabilité inter-annuelle du flux n'est pas non plus affectée.

Deux simulations de 15 ans, en tous points similaires, sont intégrées sur une période de 15 ans: L'une comprenant le modèle TRIP et l'autre utilisant simplement une interpolation « mozaic » Oasis pour passer directement des surplus des réservoirs du modèle de sol ARPEGE aux points embouchures NEMO.

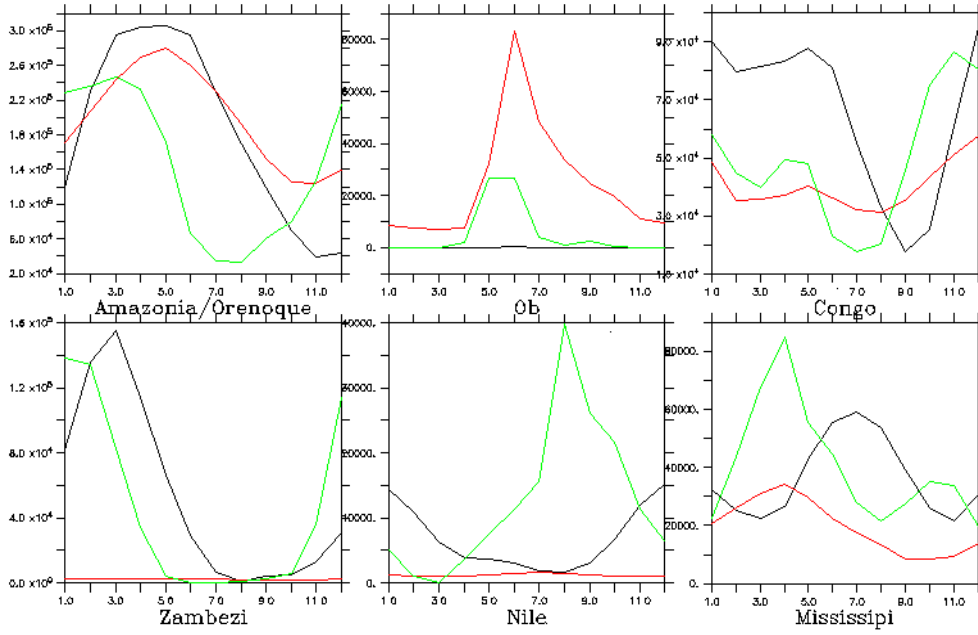
En figure 1a et 1b, on observe des différences importantes dans le débits de quelques grands fleuves. Ces fleuves ont été choisis du fait de l'importance de leur débit dans notre configuration couplée ou du fait de leur influence dans la modélisation océanique de région clefs.

Dans la configuration du modèle couplé que nous avons mis au point, du fait des biais de la circulation générale dans l'atmosphère, une meilleure définition des bassins versants et l'introduction d'un décalage temporel dans l'advection des quantités d'eau fluviales ne va pas toujours dans le sens d'une meilleure représentation des runoffs (en particulier pour les fleuves sibériens). Pour le Nil, l'Amazone et le Gange, en revanche, les climatologies du modèle se rapprochent des observations (5).

Runoff Climatologies (m3/s)



Black: TEP Coupled Runoff / Green: Direct Coupled Runoff / Red: NEMO Forcing



Runoff Climatologies (m3/s)



Black: TEP Coupled Runoff / Green: Direct Coupled Runoff / Red: NEMO Forcing

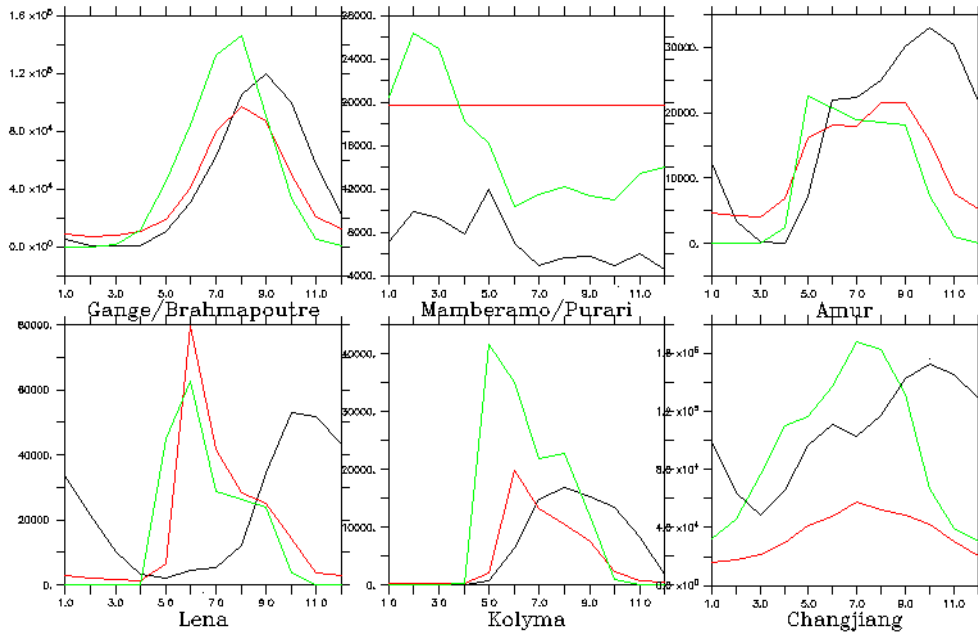


Figure 1a et 1b: Climatologie annuelle des débits de quelques grands fleuves (en m³/s), valeurs climatologiques observées (en rouge), valeurs modélisées avec couplage TRIP (courbe noire) et valeurs modélisées avec couplage sans TRIP (courbe verte)

II.2. Choix des interpolations d'Oasis

Deux interpolations ont été définies :

- pour passer des lames d'eau discrétisées sur la maillage ARPEGE vers les lames d'eau du modèle TRIP d'une part
- pour diriger les débits des points d'embouchure sur le maillage TRIP vers les points océan côtiers de NEMO d'autre part

La première interpolation ne présentant pas de difficulté particulière, intéressons nous au second problème.

Les débits aux embouchures des fleuves tels que calculés par TRIP sont localisés sur des points « terre ». Les quantité d'eau correspondantes doivent être ajoutées sur des points côtiers du maillage NEMO, c'est à dire des points « mer ». On voit qu'il existe donc un décalage spatial entre ces deux types de points.

La solution idéale consisterait, comme cela existait par le passé, à associer manuellement chaque point embouchure TRIP à un ou plusieurs points côtiers NEMO. Opération envisageable dans le cas d'un maillage grossier de type ORCA2 mais exclue aux résolutions supérieures.

On choisit donc une interpolation gaussienne avec les spécifications suivantes:

- l'écart type ne doit être ni trop petit, car du fait du décalage des maillages, aucun point cible ne recevrait de valeurs du point source, ni trop grand pour ne pas déformer le signal et toucher des points sources trop éloignés de l'embouchure.
- le nombre de points traités par l'interpolation doit se limiter aux points d'embouchures pour le maillage TRIP et aux points côtiers pour le maillage NEMO.

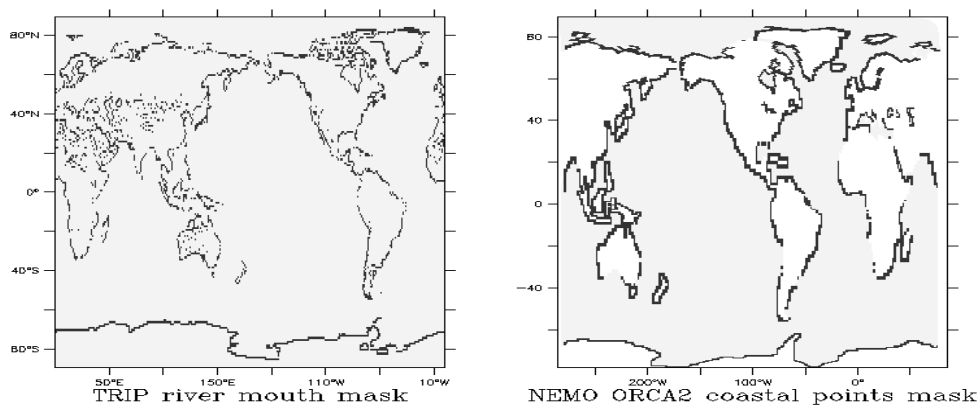


Figure 2: Masques Oasis pour les grilles TRIP et NEMO. Seuls les points en noir sont pris en compte par le coupleur

Cette deuxième précaution va permettre de remédier à un défaut induit par la première. En effet, l'interpolation gaussienne va avoir tendance à étaler spatialement le signal.

Du fait du décalage spatial des points sources et des points cible, le pic n'est pas entièrement représenté car il s'étend, comme toute une partie de la gaussienne, sur des points terre.

En réduisant le nombre de points de la grille cible aux points côtiers, ou quelques points voisins pour l'embouchure des fleuves les plus puissants, le signal est atténué, puisque le pic se situe sur un point terre, mais ce qu'il en reste se trouve bien positionné en face de l'embouchure du fleuve. En opérant une conservation globale en post-traitement, les valeurs sont ré-évaluées à la hausse, ce qui permet de recouvrer en grande partie les intensités de la grille source.

On voit que notre opération d'interpolation, relativement simple à mettre en oeuvre (voir chapitre III.2) va nous permettre de transmettre l'intégralité du flux de runoff du modèle TRIP vers NEMO. Les flux issus d'un fleuve modélisé par TRIP vont être étalés sur plusieurs points côtiers du modèle d'océan. Cette diffusion du signal va en outre nous permettre de contourner le problème d'instabilité numérique aux points de déversement des runoffs.

En effet, en concentrant les apports d'eau douce des fleuves sur un nombre restreint de points côtiers, on s'expose à faire diminuer la salinité en ces points jusqu'à la valeur 0, valeur considérée comme anormale par le modèle qui s'arrête alors. Notre méthode va donc avoir pour avantage de pallier à une faible diffusion/advection de

l'eau douce vers les points de haute mer en déversant directement une partie du flux sur des points côtiers contigus aux embouchures ou légèrement éloignés de la côte, pour les fleuves les plus puissants.

II.3. Superposition de la variabilité couplée avec les débits observés

Comme attendu, la comparaison aux observations des débits des fleuves modélisés dans une configuration couplée laisse encore apparaître de nombreux biais (comme montré en figure 1a et 1b). Une nouvelle correction s'avère indispensable.

Pour cela, on modifie le flux de runoff (R) comme suit:

$$(1) \quad R = R_f + (R_c - C_c) + A$$

avec

R_f , flux prescrit en mode forcé

R_c , flux couplé avant modification

C_c , climatologie couplée

A, variable d'ajustement pour conservation globale

Au runoff couplé, on substitue le runoff observé, auquel on ajoute l'anomalie du flux de runoff couplé par rapport à sa propre climatologie. Ainsi, dans la plupart des cas, la vraisemblance des débits sera assurée (grâce au terme prépondérant R_f) mais la variabilité de ces débits, liée à l'utilisation d'un modèle d'atmosphère, sera conservée (grâce au terme R_c).

Les valeurs intégrées sur toute la surface des océans des flux couplés et forcés pouvant être différentes, une correction sera apportée en chaque point océan (et non pas seulement sur les points de déversement des runoffs). Elle correspond à la somme pondérée par la surface de la quantité $C_c - R_f$, divisée par la surface du maillage ORCA. Cette correction n'est utile que pour des raisons de conservation globale du flux et peut donc être redistribuée sur chaque point de grille, son impact local étant supposé minimal.

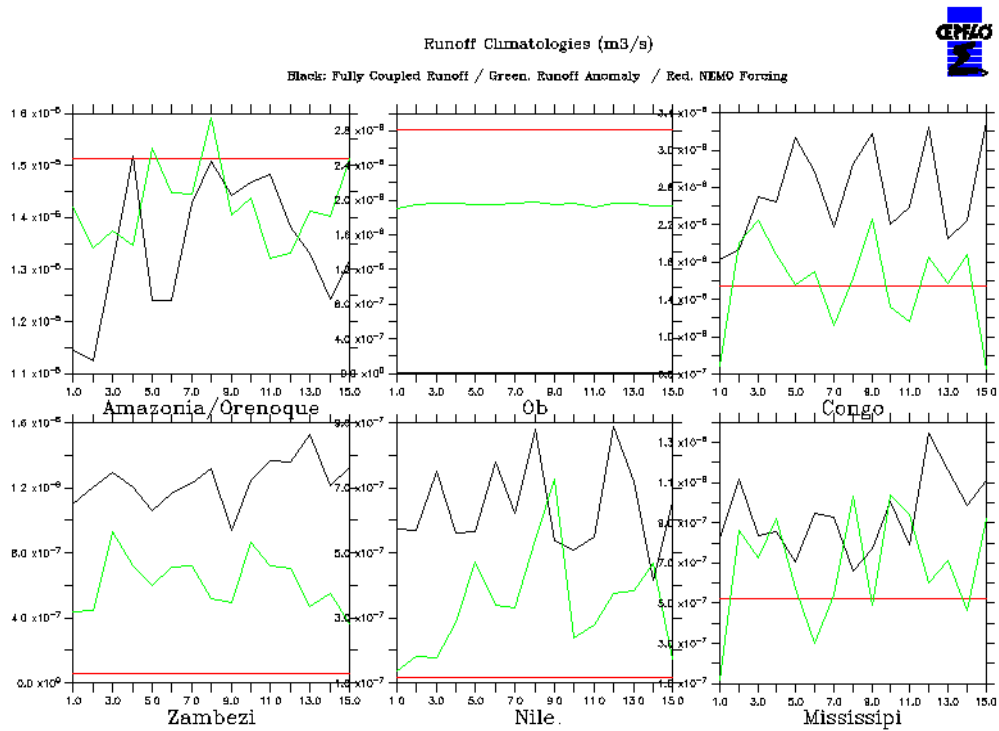
Cette solution présente un avantage majeur par rapport à:

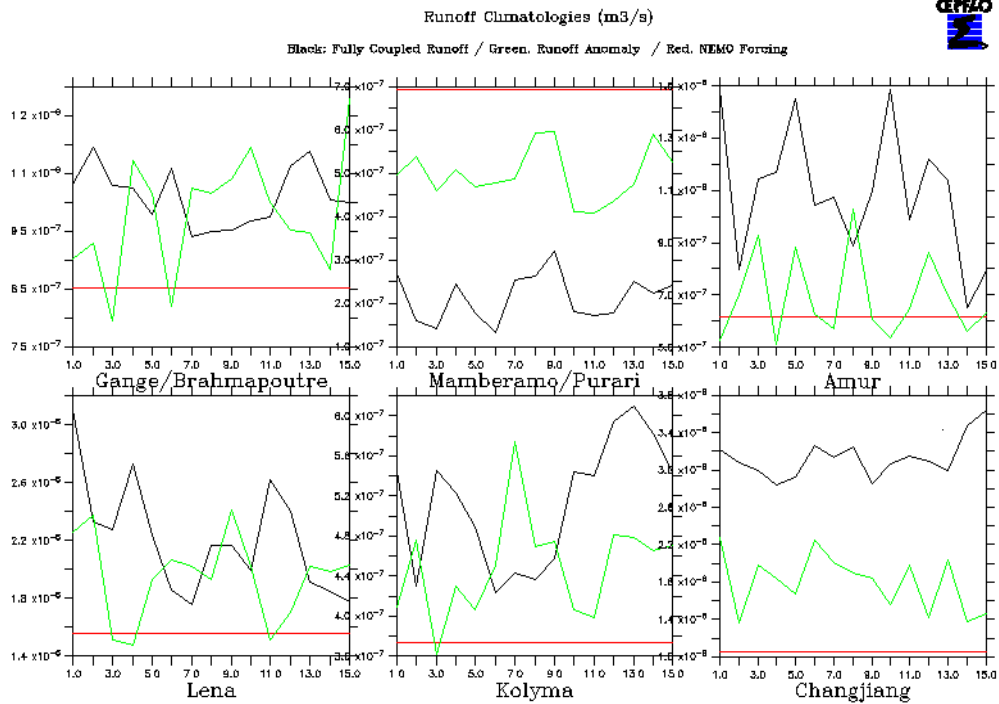
$$(2) \quad R = R_f \times B \quad , \quad \text{avec } B = \frac{\sum R_c}{\sum R_f}$$

Dans ce deuxième cas, la variabilité locale liée à l'utilisation d'un modèle d'atmosphère n'est pas conservée. Cela peut compenser une mauvaise représentation de la circulation atmosphérique mais cela masque aussi toute variabilité spatiale du champ de runoff.

Notons que dans tous les cas, un post-traitement visant à supprimer les valeurs négatives doit être opéré. La quantité intégrée de tous ces runoffs négatifs est redistribuée sur l'ensemble des points de runoff positifs.

Deux simulations sont intégrées sur 15 années, simulations différant seulement par leur mode de couplage du runoff (couplage intégral et par anomalies).





Figures 3a et 3b: Débits annuels (en m³/s) de quelques grands fleuves pour une simulation de 15 ans, valeurs climatologiques observées (en rouge), valeurs modélisées avec couplage intégral (courbe noire) et valeurs modélisées avec couplage par anomalies (courbe verte)

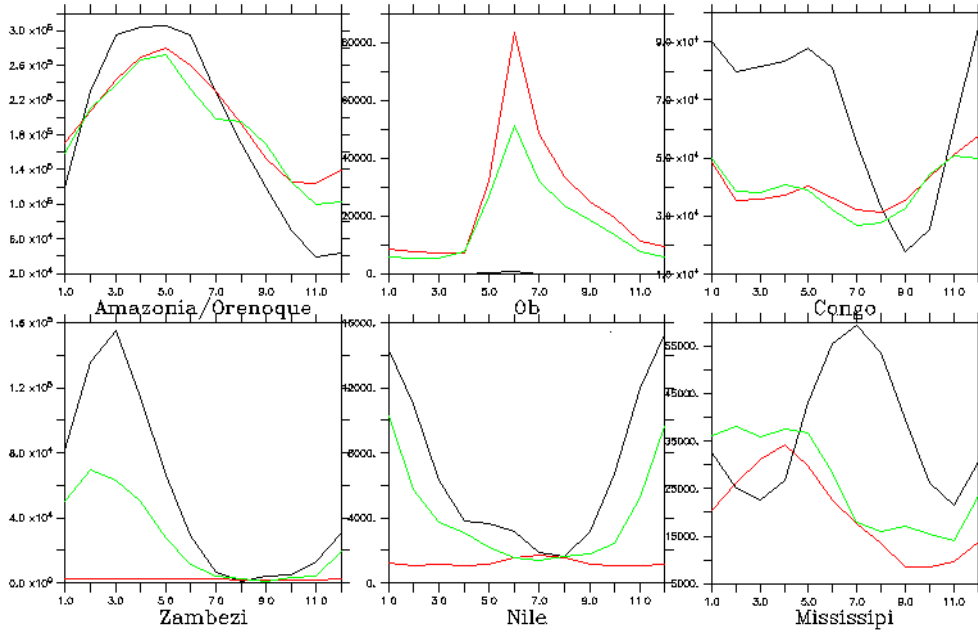
Une comparaison des débits annuels des quelques grands fleuves (fig 3a et 3b) que nous avons choisis montre que notre technique de couplage:

- rapproche partout les débits modélisés des débits observés (en les augmentant ou en les diminuant)
 - conserve la variabilité inter-annuelle des runoffs intégralement couplés
- > *quelqu'un peut-il me dire où trouver des variances observées ?*

Runoff Climatologies (m3/s)



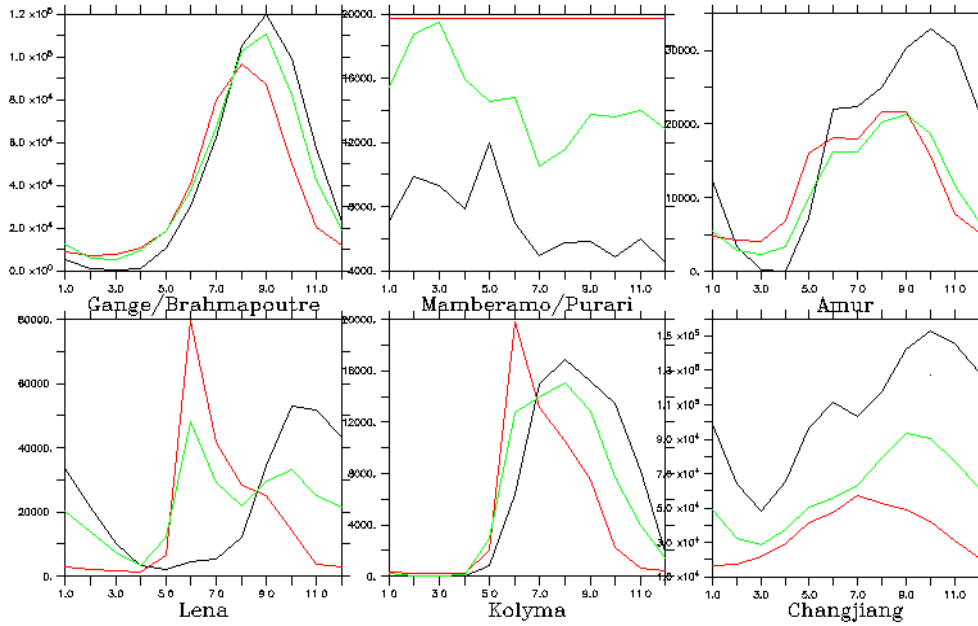
Black: Fully Coupled Runoff / Green: Runoff Anomaly / Red: NEMO Forcing



Runoff Climatologies (m3/s)



Black: Fully Coupled Runoff / Green: Runoff Anomaly / Red: NEMO Forcing



Figures 4a et 4b: Climatologies annuelles des débits (en m³/s) de quelques grands fleuves pour une simulation de 15 ans, valeurs climatologiques observées (en rouge), valeurs modélisées avec couplage intégral (courbe noire) et valeurs modélisées avec couplage par anomalies (courbe verte)

En ce qui concerne les valeurs saisonnières des débits (figures 4a et 4b), notre technique:

- phase les climatologies modélisées avec les cycles saisonniers observés (en particulier pour les fleuves sibériens)
- mais n'empêche pas certaines surestimations (en particulier pour le Nil ou le Yangtsé).

Ce dernier défaut est dû au traitement des runoffs de valeurs négatives. En effet, on s'interdit de donner une valeur négative à un débit de fleuve.

Or, lorsque on construit notre nouvelle valeur de runoff, on superpose une anomalie, centrée sur la climatologie couplée, à la valeur observée. Si la climatologie observée est inférieure à l'écart type du runoff couplé (ce qui est le cas pour le Nil), il est alors possible par soustraction d'obtenir une valeur négative.

Toute valeur négative étant annulée, la variabilité couplée se trouve amputée et, en ces points particuliers, la valeur moyenne de R est égale à la valeur moyenne de R_f à laquelle il faut ajouter la moyenne de la différence entre 0 et valeurs négatives de R_f - (R_c - C_c) + A.

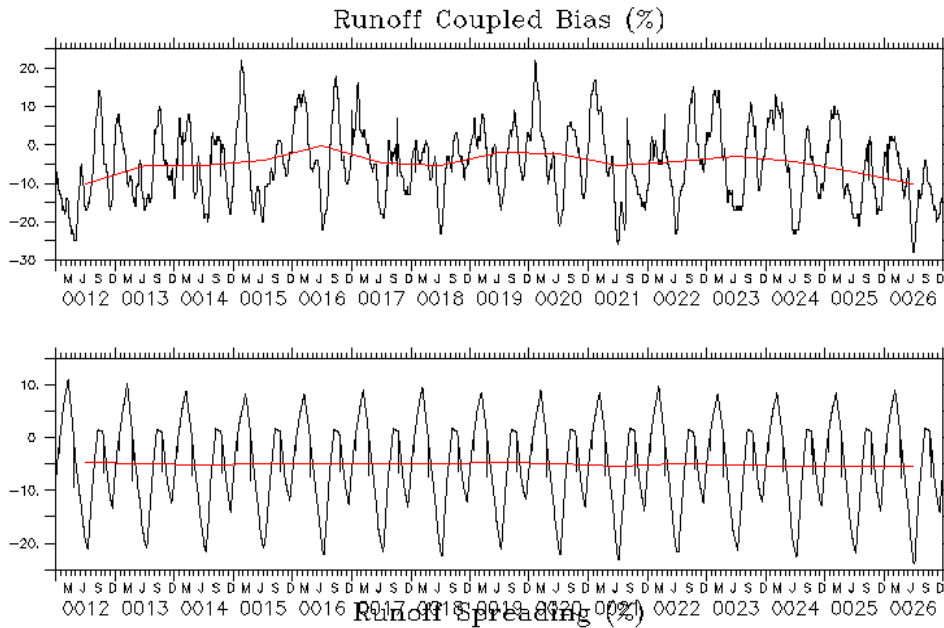


Figure 5, en haut: Anomalies des runoffs intégrés sur la surface du globe par rapport aux observations (valeurs journalières et moyenne annuelle), exprimés en pourcentage des valeurs observées. En bas: Variable d'ajustement (A) pour conservation globale du runoff, exprimée en pourcentage des valeurs couplées.

Notre modèle sous-estime systématiquement les runoffs par rapport aux valeurs observées, entre 5 et 10% de la valeur totale annuelle. Ce chiffre cache de grandes variations à l'échelle quotidienne (entre -30 et +20%). Néanmoins, intégrés sur tout le globe, seuls 5% des runoffs couplés doivent être redistribués sur l'ensemble de la grille (variable d'ajustement A).

En intégrant l'équation (1), et avec l'approximation $\Sigma R = \Sigma R_c$

$$(3) \quad \Sigma A = \Sigma (C_c - R_f)$$

on remarque que la variable d'ajustement est seulement fonction de la différence entre climatologie couplée et climatologie observée.

Une éventuelle variation de cette quantité révélerait une inégalité entre ΣR et ΣR_c , et donc une non conservation du flux.

L'évolution de cette variable lors d'intégration du modèle sur de

longues périodes permettra de déceler de trop fortes baisses de la climatologie par rapport à la climatologie calculée Cc. En revanche, en cas de trop fortes hausses, l'ensemble des runoffs en surplus seront reversés sur les points embouchures et pourront provoquer localement des baisses de salinité.

L'impact de notre couplage sur la salinité des régions proches des principaux fleuves est présenté en figure 6.

Les variations de salinités de surface sont bien corrélées aux corrections apportées par notre couplage, en particulier pour les fleuves Sibériens, l'Amazone, le Congo et le YangTsé.

En comparant nos deux climatologies avec celle de Levitus (figures 7 et 8), on note que notre technique de couplage par anomalies des runoffs apporte une amélioration sensible de la salinité dans la mer Jaune et la mer de Kara. Pour les autres secteurs considérés, la variabilité des salinités de surface dues à d'autres phénomènes que les apports des fleuves semble l'emporter et masquer une éventuelle interprétation.

Comparison Runoff Anomaly – Fully Coupled Runoff Techniques

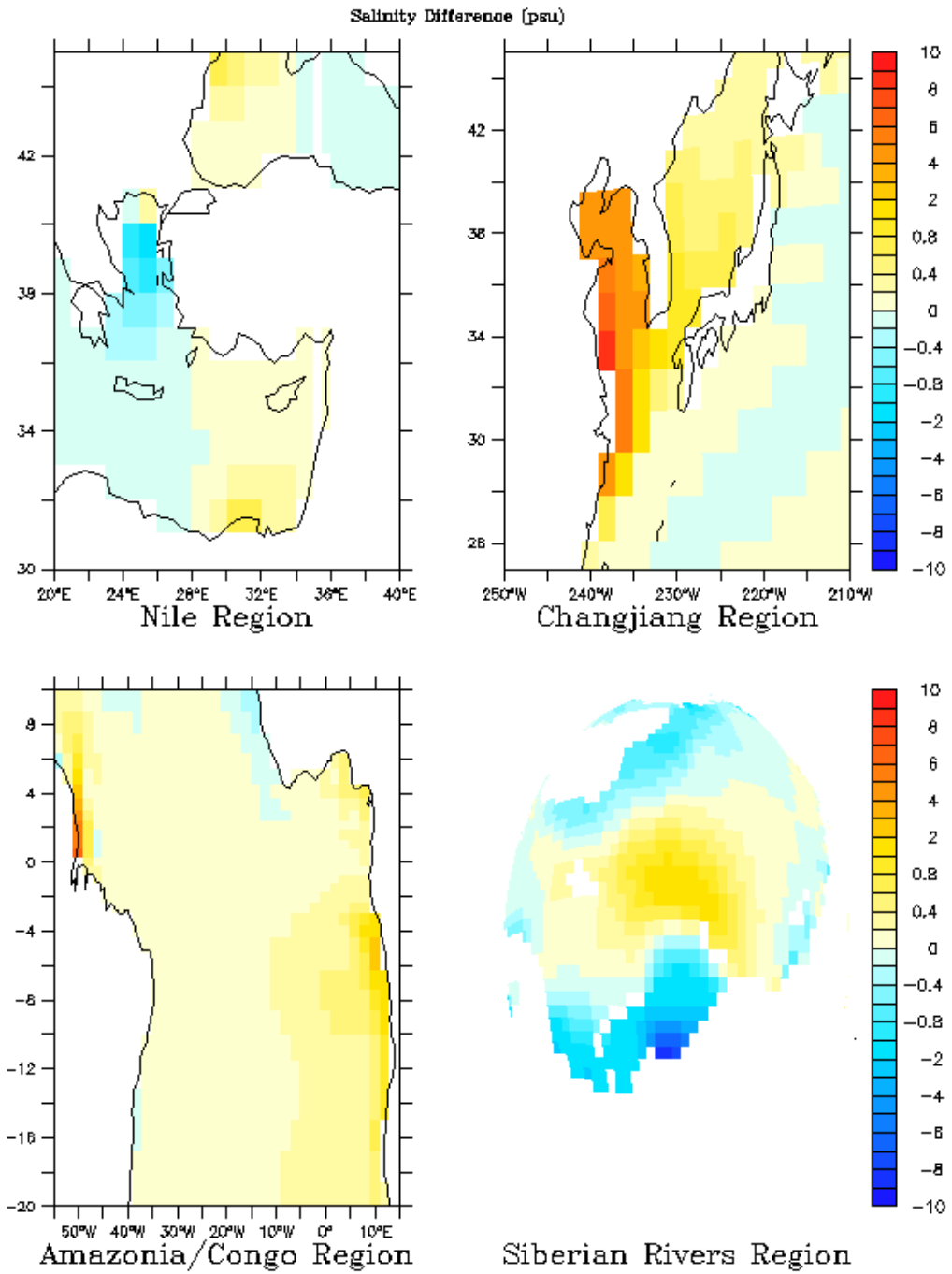


Figure 6: Différence des salinités moyennes sur les années 10 à 15 des simulations couplées avec technique de couplage des runoffs par anomalie et avec couplage intégral

Comparison Fully Coupled Runoff Technique - Levitus

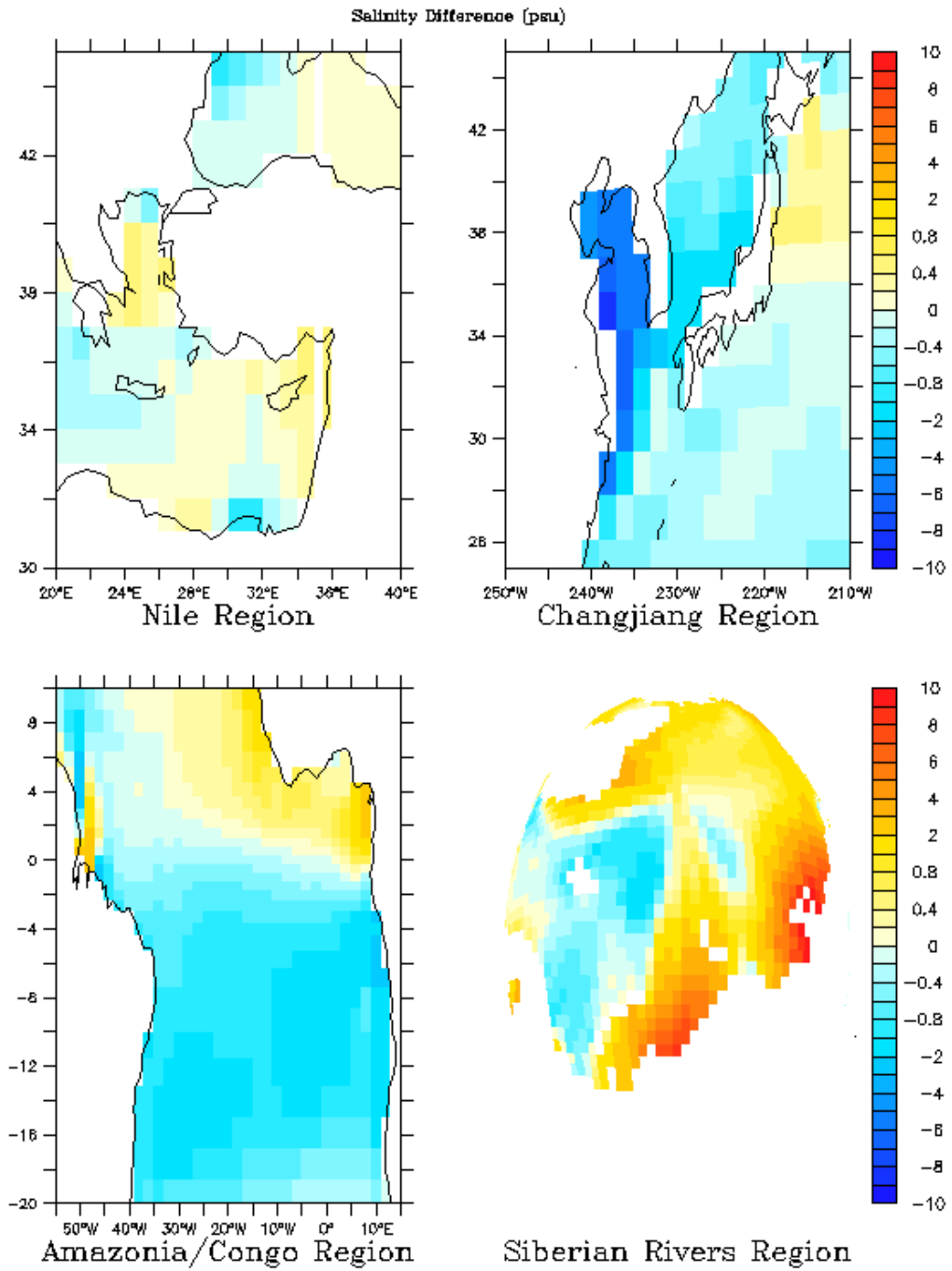


Figure 7: Différence des salinités moyennes sur les années 10 à 15 de la simulation couplée avec technique de couplage intégral des runoffs

Comparison Runoff Anomaly Techniques – Levitus

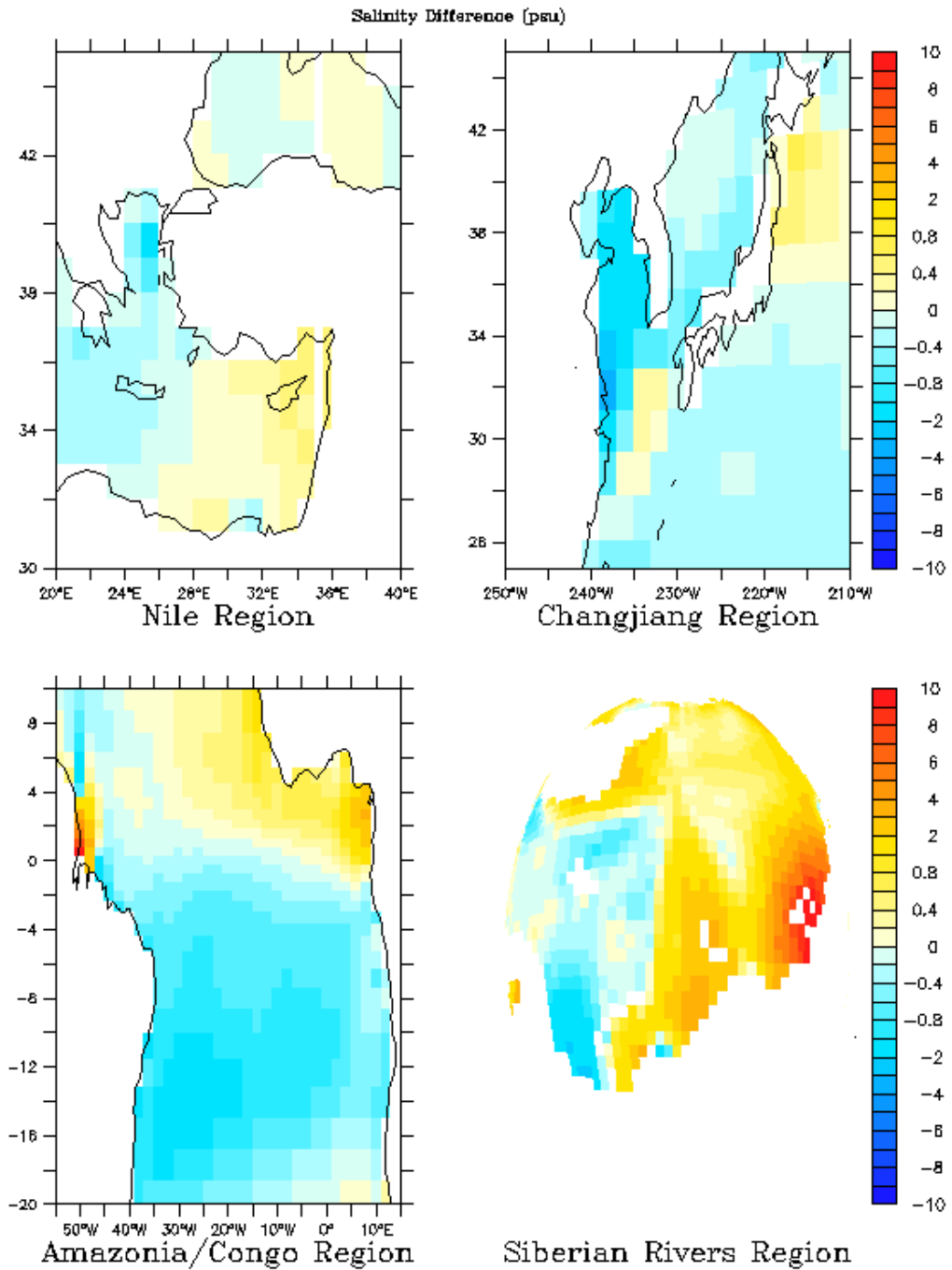


Figure 8: Différence des salinités moyennes sur les années 10 à 15 de la simulation couplée avec technique de couplage des runoffs par anomalie

III. Mise en oeuvre technique

III.1. Modèle fluvial TRIP

Le modèle distribué gratuitement par l'université de Tokyo a été modifié pour permettre le couplage Oasis (version 3). Les routines initiales sont disponibles à l'adresse:

<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~taikan/TRIPDATA/TRIPDATA.html>

Les routines modifiées peuvent être demandées à l'auteur.

III.2. Choix des interpolations d'Oasis pour TRIP

Le fichier de namcouple a été modifié:

- pour permettre à Oasis de piloter l'échange de champs de couplage avec ce nouveau modèle.
- pour spécifier les deux séries d'opérations nécessaires au passage conservatif des flux d'eau entre ARPEGE et TRIP dans un premier temps puis entre TRIP et NEMO.

Ci-après, la déclaration de ce nouvel échange dans le fichier de « namcouple » utilisé par le coupleur Oasis:

```
# Field 17 : Runoff flux (should be delivered to TRIP in mm/day)
#
CORUNOFF TRRUNOFF 372 86400 4 atm.nc EXPORTED
ct42 trip LAG=+1800
P 0 P 0
#
CHECKIN SCRIPR CONSERV CHECKOUT
INT=1
CONSERV D SCALAR LATLON 10 FRACAREA FIRST
GLOBAL
INT=1
#
```

```
# Field 18 : Runoff Trip
#
SORIVERS SORUNOFF 32 86400 5 trip.nc EXPORTED
```



```
trpe nmem LAG=+10800
P 0 P 2
CHECKIN BLASOLD INTERP CONSERV CHECKOUT
INT=1
1.1574E-5 0
GAUSSIAN LR SCALAR 10 16 2. 1
GLOBAL
INT=1
```

Dans le premier cas, les surfaces des deux maillages se recoupant à peu près, une simple interpolation SCRIP a été préférée pour la facilité de constitution du fichier de poids définissant l'interpolation. L'option CONSERV a été choisie afin d'assurer une conservation locale des flux. A noter qu'une seconde opération de conservation, globale cette fois, a été ajoutée en phase de post-processing afin de conserver l'intégrale du flux.

Dans le second cas, c'est l'interpolation GAUSSIAN qui a été choisie (pour les raisons évoquées au paragraphe II.2). Notez que c'est l'ancienne interpolation INTERP qui a été préférée à la SCRIP, pour la simple raison que le paramètre définissant l'écart type (ici fixé à 2. après de nombreux essais pour le cas particulier des grilles considérées) ne semble pas pris en compte dans l'interpolation nouvellement disponible dans Oasis.

III.3. Constitution des fichiers de masques

Les masques utilisés par Oasis pour opérer les interpolations du champs de runoffs doivent se limiter aux points embouchures pour TRIP et aux points côtiers pour NEMO

Dans le cas du maillage TRIP, la constitution du masque se fera en repérant les points de valeur 9 du fichier de routage « rivseq.one »: ce sont les points indiquant que l'on est arrivé à un point de déversement.

Le cas du maillage NEMO est plus intéressant. On peut constituer un fichier de masque en repérant les points ayant au moins un voisin parmi les points terre. Mais cette technique a pour inconvénient de limiter le nombre de points susceptibles de recevoir le flux de runoff (ce que l'on veut éviter pour des raisons d'instabilités numériques, voir paragraphe II.2).

On préférera donc suivre la procédure choisie par ceux qui ont constitué le fichier contenant les valeurs climatologiques observées du flux de runoff (fichier runoff_1m_nomask.nc pour la distribution standard de NEMO en résolution ORCA2).

Ainsi, on considérera un point comme étant susceptible de recevoir des runoffs du modèle couplé si ce point reçoit un flux de runoff non nul dans la configuration forcée de NEMO.

A titre d'exemple, examinons les points d'embouchures du fleuve Amazone présentés en figure 8.

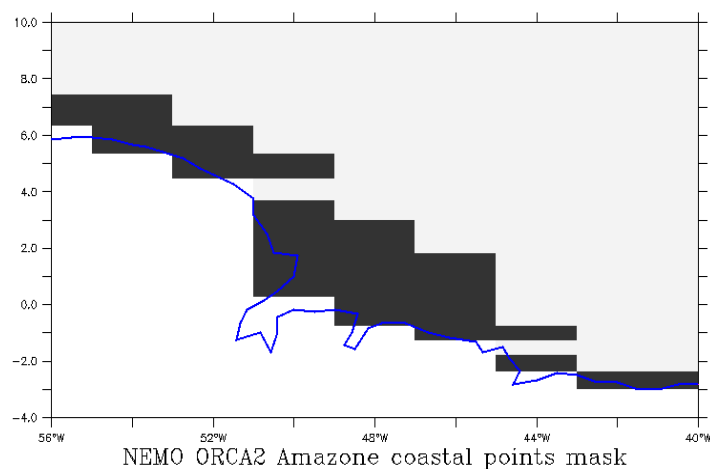


Figure 8: Masques Oasis de runoff pour la grille NEMO. Seuls les points en noir sont pris en compte par le coupleur

On note que le nombre de points de grille pouvant accueillir le flux de runoff se renforce sensiblement à l'entour de l'embouchure du fleuve.

Signalons que ce mode de définition des points de déversement du runoff va permettre d'activer les options de modification des coefficients d'advection près des embouchures: les points prédéfinis où, en mode forcé, ces coefficients sont ré-évalués correspondent spatialement aux points de runoff de notre configuration couplée.

Pour terminer sur ce point, plusieurs détails, mais qui ont leur importance si l'on ne veut pas créer de puits ou de source lors du couplage du champ de runoff.

Afin de ne pas déverser deux fois des runoffs de certains fleuves de l'Inde ou de l'Arctique, on aura pris soin de dé-sélectionner les points tombant sur les points de recouvrement de la grille ORCA.

Pour ce qui concerne les mers intérieures, non prises en compte dans le fichiers de runoffs forcés, on rajoutera manuellement les points côtiers (suivant la méthode décrite au début de ce paragraphe) dans le champ du fichier de masque utilisé par Oasis.

Enfin, pour les points côtiers de l'Antarctique, l'aire étendue allant de ce continent jusqu'à la pointe de l'Argentine n'est pas retenue comme aire de déversement des runoffs couplés. En effet, cette zone a été définie pour tenir compte du vèlage des icebergs (calving). Ce flux faisant l'objet d'un traitement séparé dans notre modèle couplé, seuls les points aux côtes sont définis pour recueillir la très faible quantité d'eau liquide issus des fleuves Antarctiques.

III.4. Superposition de la variabilité couplée avec les débits observés

III.4.1. Modification du code

L'opération de superposition de la variabilité couplée avec les débits observés est implémentée dans les routines du modèle d'océan. Les modifications concernent, dans la version 2 du modèle d'océan uniquement les fichiers `cpl_oasis3.F90`, `flx_oasis_ice.h90` et `flxrnf.F90`.

`flxrnf.F90`:

On autorise l'utilisateur à spécifier dans la namelist deux nouvelles valeurs du paramètre `nrunoff`:

`nrunoff = 3`: seule l'anomalie de la valeur couplée du runoff est passée au modèle d'océan et ajoutée à la valeur forcée

`nrunoff = 4`: même chose, avec en plus l'activation des valeurs spéciales pour le coefficient d'advection aux points voisins des embouchures

Si l'on se place dans un des deux cas décrits, la lecture d'une climatologie est faite dans le fichier contenant les valeurs du runoff prescrit en mode forcé (`runoff_1m_nomask.nc`). Il appartiendra à l'utilisateur de renseigner la climatologie mensuelle d'une variable appelée « `cprunoff` » (voir chapitre II.3). Les valeurs journalières de cette

quantité seront ensuite calculées par interpolation temporelle dans la suite de la routine.

`cpl_oasis3.F90`:

A la définition des champs de couplage, celui du runoff est déclenché dans les cas $nrunoff = 3$ ou 4 .

`flx_oasis_ice.h90`:

L'essentiel des modifications concerne cette routine. C'est ici qu'après réception du champ de couplage lors de l'appel de la routine `cpl_prism_rcv`, celui-ci va être modifié suivant la formule (1) précédemment décrite au paragraphe II.3.

A noter que c'est également à cet endroit que sont repérés les points de valeurs négatives. Ces valeurs sont annulées et la quantité d'eau ainsi créée est répartie sur les points de runoffs de valeurs positives, par application d'un coefficient multiplicatif.

III.4.2. Mode opératoire

Une première simulation de référence d'un certain nombre d'années doit être réalisée afin de constituer la climatologie du champ de runoff. C'est cette quantité qui sera retirée du champ de couplage lors des simulations suivantes.

A cette étape, il convient de choisir avec discernement le nombre d'année nécessaire à l'établissement d'une climatologie. Avec trop peu d'années, on prend le risque d'introduire un biais systématique, en surestimant (sous estimant) le flux moyen par des anomalies continuellement négatives (positives). Cette quantité se retrouvera alors anormalement répartie aux points côtiers et compensée en tout points du modèle.

De même, une simulation de référence contenant une partie de la dérive initiale du modèle ne correspondra pas à la climatologie de la suite de la simulation.

Références

- (1), Madec G. 2008: "NEMO reference manual, ocean dynamics component : [NEMO-OPA. Preliminary version](#)". Note du Pole de modélisation, Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), France, No 27 ISSN No 1288-1619
- (2), Déqué M, Drevet C, Braun A, Cariolle D, 1994: « The ARPEGE/IFS atmosphere model: a contribution to the french community climate modeling » ,Clim Dyn, **10**, 249-266
- (3), Valcke S, Caubel A, Vogelsang R and Déclat D, 2004: « Oasis 3, User Guide, PRISM Report Serie no 2 (5th edition) », CERFACS, Toulouse, France, 60 pp
- (4), Oki T and Sud Y C, 1998: « Design of Total Runoff Integrating Pathways (TRIP) », Earth Integration, **2**
- (5) Varasmarty C, Fekete B, Tucker B, 1996: « Global river discharge database », RivDis, **vol. 0 to 7**. International Hydrological Program, Global Hydrological Archive and Analysis Systems, UNESCO, Paris, France