

# Prévision saisonnière des volumes de crue sur les fleuves Sénégal et Niger à partir des sorties du MCGA Arpege (versions 3 et 4.6 forcé et 4.5 couplé). Synthèse des résultats obtenus entre 2000 et 2008.

J.C. Bader, IRD Montpellier, UMR G-Eau, le 29/07/2008

## Contexte, objectif

En collaboration avec le Centre National de Recherches Météorologiques de Météo France depuis 2000, l'IRD (UMR G-Eau) cherche à mettre au point des modèles de prévision à échéance pluri-mensuelle pour le volume naturel de crue de grands fleuves d'Afrique de l'Ouest. Ces modèles sont basés sur une adaptation statistique des prévisions saisonnières de pluie établies par Arpege Climat, le modèle de circulation générale de l'atmosphère développé par Météo France.

Les travaux effectués jusqu'à présent concernent une prévision calculée début août pour l'écoulement naturel de septembre-octobre du fleuve Sénégal à Bakel (218 000 km<sup>2</sup>) et celui du fleuve Niger à Koulikouro (120 000 km<sup>2</sup>). Voir figure 1.

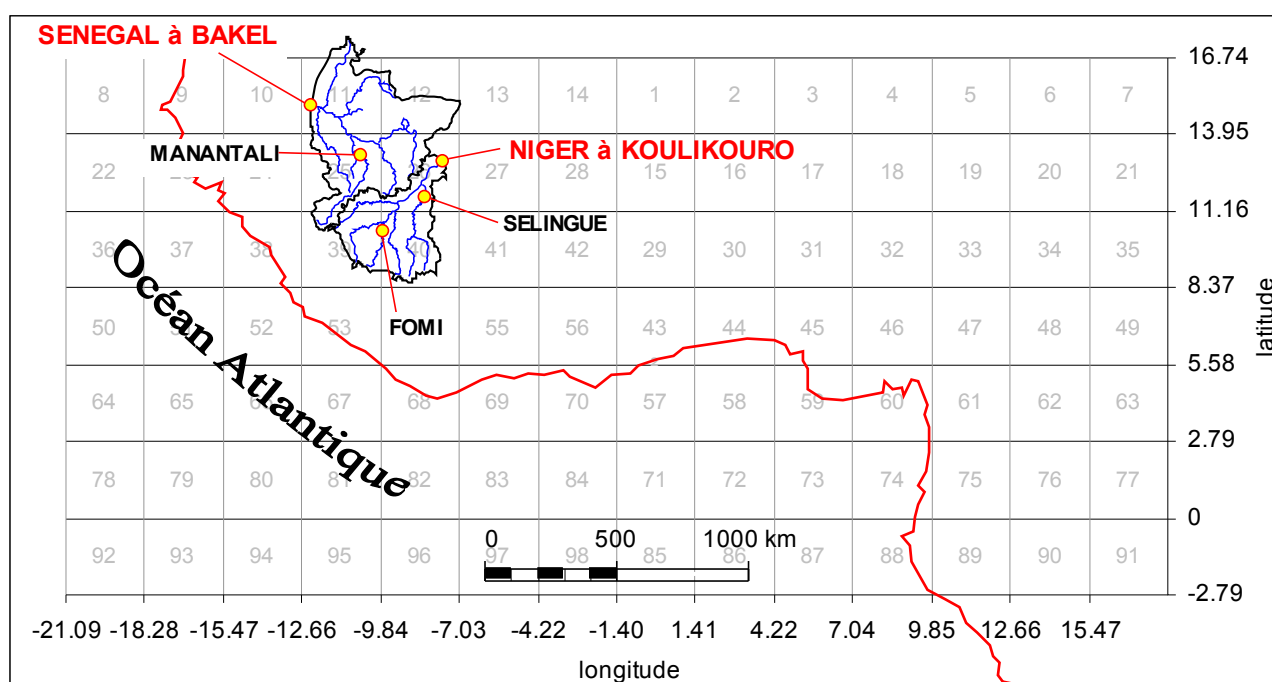


figure 1 : situation des bassins du Sénégal à Bakel et du Niger à koulikouro

## **Données**

La mise au point des modèles est effectuée à partir des données suivantes, qui couvrent toute la période écoulée depuis 1979.

- Prévisions pluviométriques : les résultats d'Arpege Climat calculés début août pour septembre et pour octobre, se présentent sous forme d'index de pluviométrie mensuelle centrée réduite sur un maillage de 300x300 km recouvrant toute l'Afrique de l'Ouest. Depuis le début de l'étude, trois versions différentes et successives du modèle ont été utilisées, la dernière étant couplée à un modèle d'océan : Arpege 3 forcé ; Arpege 4.6 forcé ; Arpege 4.5 couplé.
- Débits naturels de la période septembre-octobre : pour le Niger à Koulikouro, les débits observés sont suffisamment peu influencés par le barrage de Sélingué pour pouvoir être considérés comme naturels, en première approximation ; pour le Sénégal à Bakel, les débits observés doivent être corrigés à partir de l'année 1987 pour en extraire l'influence du barrage de Manantali

## **Méthode**

Les prévisions pluviométriques saisonnières sont très imprécises à la fois dans l'espace et le temps, du fait de la très longue échéance de prévision envisagée. Parmi les index pluviométriques prévus, les plus explicatifs pour le débit d'un bassin ne sont donc pas forcément ceux des mailles couvrant strictement le bassin. La recherche de liaison statistique entre index et débit être étendue à des zones beaucoup plus larges, voire décalées. De grandes précautions doivent alors être prises pour éviter d'établir des liaisons purement fortuites, risque majeur d'une telle démarche. La méthode suivie est décrite ci-dessous :

- Regroupement des index par 50 zones élémentaires, contenant chacune entre 16 et 98 mailles de 300X300 km
- Sur chaque zone : analyse en composantes principales des index pluviométriques calculés début août pour septembre et octobre, sur la période 1979-2000. Le but de cette opération consiste à regrouper le maximum d'information contenue dans les index de la zone (au sens de la variance), en un minimum de variables indépendantes (les composantes principales) obtenues par combinaisons linéaires des index.
- Sur chaque zone : corrélation linéaire multiple descendante entre le débit de septembre-octobre et les 8 premières composantes principales d'index de la zone, sur la période 1979-2000. A chaque étape du processus descendant, la composante principale d'index la moins significative pour les débits est éliminée
- Sur chaque zone : évaluation de la probabilité d'obtenir les corrélations entre les 8 premières composantes principales d'index et le débit, par simple hasard. Ce calcul est effectué en comparant les résultats obtenus pour la série chronologique des débits, avec ceux obtenus pour 50 séries des mêmes débits classés en ordre aléatoire
- Sur l'ensemble des zones : sélection des corrélations les plus significatives, parmi celles utilisant au plus 5 composantes principales d'index. Les corrélations retenues doivent concerner des zones où la liaison entre débit et index présente très peu de risque d'être due au hasard. Elles doivent en outre être correctement validées sur les années postérieures à 2000.

## Résultats obtenus

Le modèle de prévision établi pour le fleuve Sénégal à partir des résultats d'Arpege 3 forcé a fait l'objet de la publication scientifique suivante :

*Bader, J.-C., Piedelievre, J.-P., Lamagat, J.-P. (2006) Prédiction saisonnière du volume de crue du fleuve Sénégal : utilisation des résultats du modèle Arpege Climat. Hydrological Sciences Journal 51(3), 406-417*

Ce modèle utilise les résultats d'Arpege sur une zone décalée d'environ 2000 km à l'est du bassin du Sénégal (zone J2, fig 2). Exploité de façon opérationnelle pour l'aide à la gestion du barrage de Manantali en 2005 et 2006, il a fourni une prévision correcte pour ces deux années (crues respectivement moyenne et faible). Voir fig. 3.

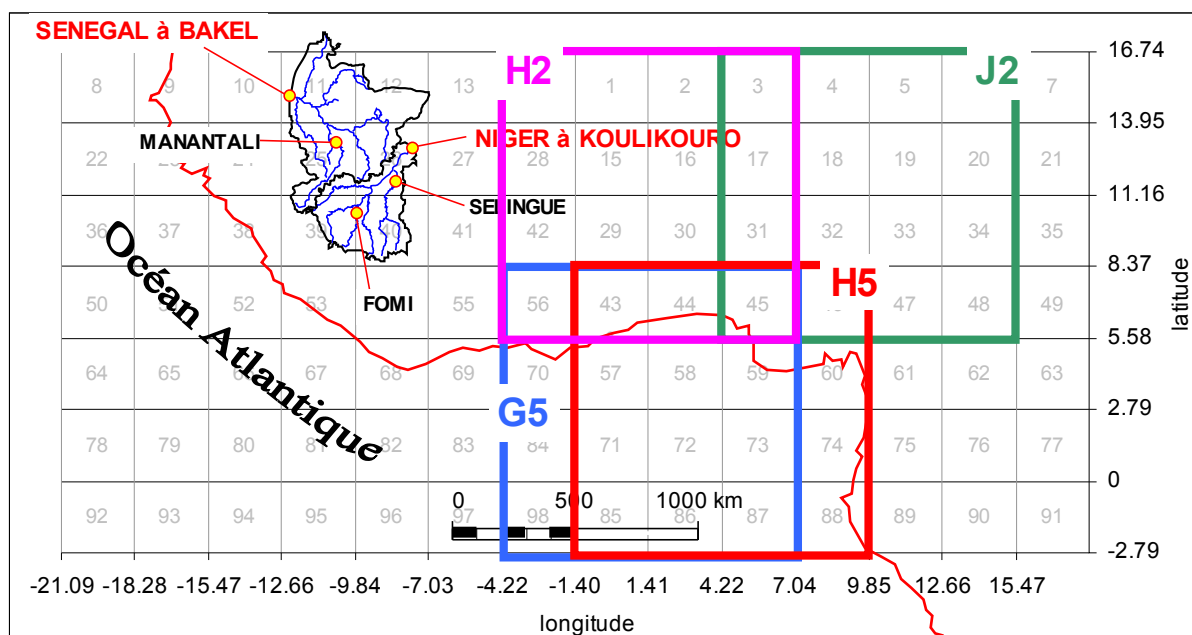


figure 2 : zones des index pluviométriques utilisés pour la prévision saisonnière de crue (J2 : Arpege 3 forcé, Sénégal ; G5 : Arpege 4.6 forcé, Sénégal ; H5 : Arpege 4.5 couplé, Sénégal ; H2 : Arpege 4.5 couplé, Niger)

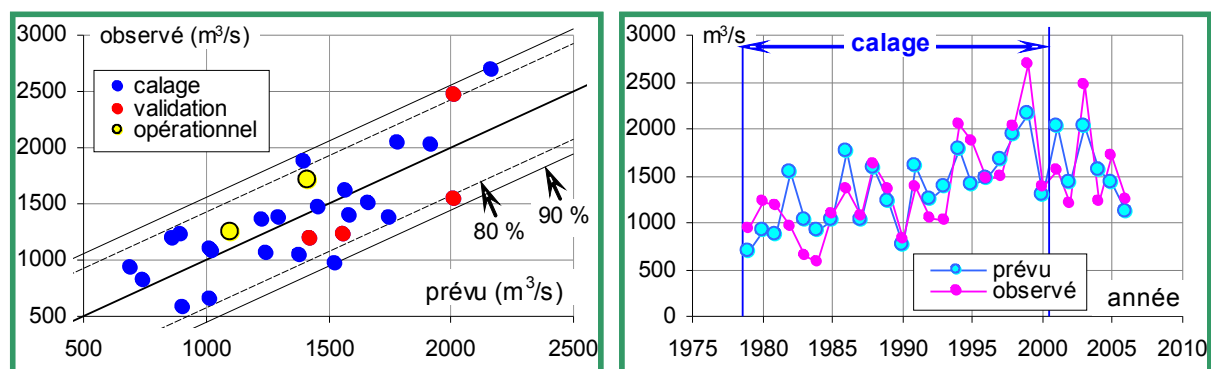


figure 3 : débit naturel de septembre-octobre du fleuve Sénégal à Bakel. Comparaison des valeurs réelles et des valeurs prévues début août à partir des index pluviométriques d'Arpege 3 forcé (zone J2, modèle à 5 paramètres,  $R^2=0.65$ )

Le modèle établi pour le Sénégal à partir des résultats d'Arpege 4.6 forcé exploite quant à lui les index pluviométriques d'une zone décalée d'environ 2000 km au sud-est du bassin (zone G5, fig 2). Il a fourni une prévision opérationnelle satisfaisante de la forte crue de 2007 (fig. 4).

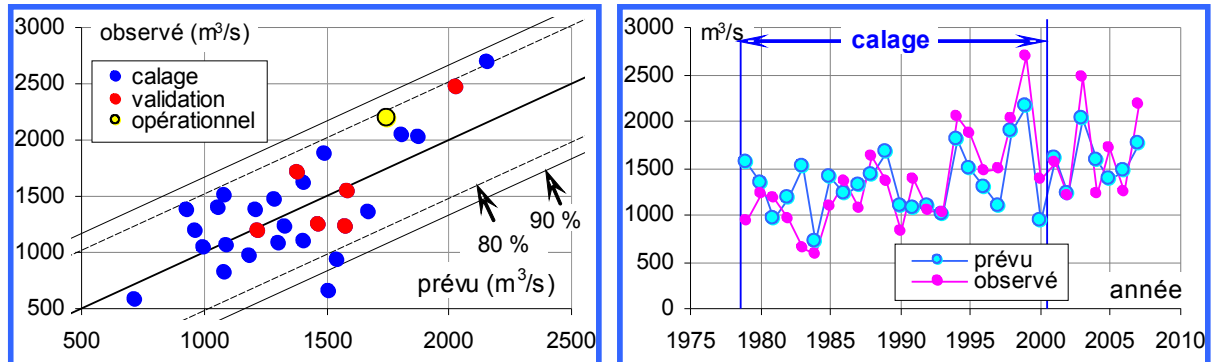
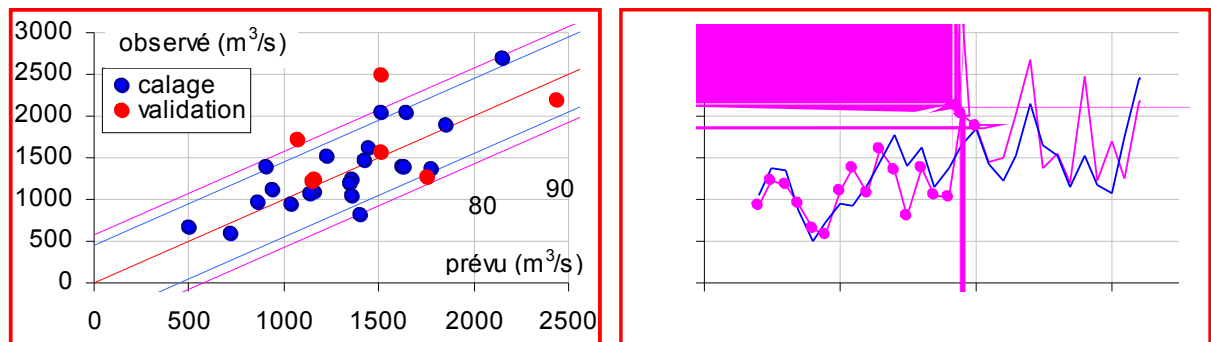


figure 4 : débit naturel de septembre-octobre du fleuve Sénégal à Bakel. Comparaison des valeurs réelles et des valeurs prévues début août à partir des index pluviométriques d'Arpege 4.6 forcé (zone G5, modèle à 5 paramètres,  $R^2=0.49$ )

Les modèles de prévision saisonnière de crue établis pour le Sénégal et le Niger à partir des résultats d'Arpege 4.5 couplé vont être testés de façon opérationnelle à partir de 2008. Ils exploitent eux aussi les index de zones décalées vers le sud-est et l'est (zones H5 et H2, voir fig. 2). Leurs performances obtenues en calage et en validation (fig. 5 et 6) permettent d'espérer une erreur type de prévision diminuée d'environ 20 à 25 % par rapport à celle du modèle trivial prévoyant une valeur égale à la moyenne observée les années précédentes..



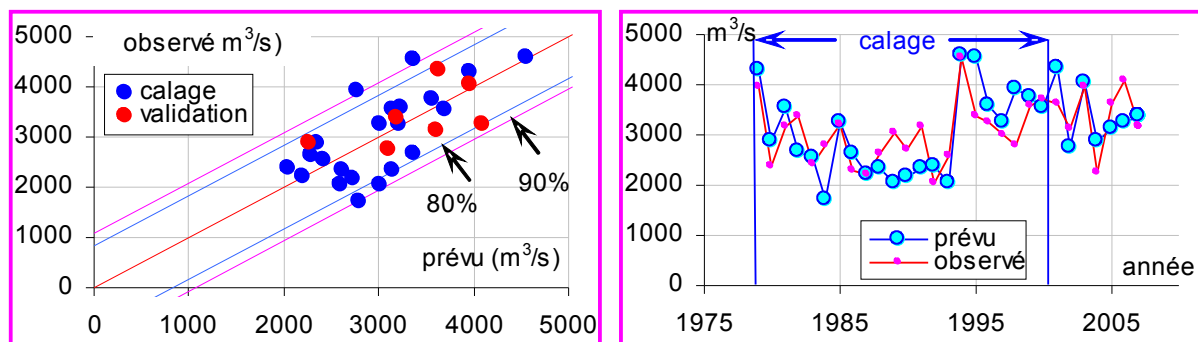


figure 6 : débit naturel de septembre-octobre du fleuve Niger à Koulikouro. Comparaison des valeurs réelles et des valeurs prévues début août à partir des index pluviométriques d'Arpege 4.5 couplé (zone H2, modèle à 3 paramètres,  $R^2=0.51$ )

## Conclusion

Les prévisions saisonnières de pluie fournies par le modèle de circulation générale de l'atmosphère Arpege Climat semblent pouvoir être utilisées, moyennant adaptation statistique, pour prévoir plusieurs mois à l'avance le volume naturel de crue de grands fleuves d'Afrique de l'Ouest. C'est en tous cas ce permettent de penser les résultats obtenus et publiés pour le fleuve Sénégal à Bakel, avec une prévision calculée début août pour la période septembre-octobre. Dans le cadre d'une convention de coopération conclue avec Météo-France, ces résultats ont été utilisés depuis 2005 de façon opérationnelle par l'OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal). Cet organisme a pu ainsi disposer ces trois dernières années de prévisions satisfaisantes lui apportant une aide précieuse pour la gestion du barrage de Manantali.

L'évolution du modèle Arpege, couplé depuis peu à un modèle d'océan, a nécessité la mise au point d'une nouvelle adaptation statistique de ses résultats pour la prévision saisonnière de volume naturel de crue du Sénégal à Bakel et du Niger à Koulikouro. Les résultats obtenus, de qualité comparable aux résultats déjà publiés pour le Sénégal, vont être testés de façon opérationnelle dès la crue de 2008.

Si les résultats encourageants obtenus avec l'ancienne version d'Arpege se confirment avec la nouvelle, la prévision saisonnière du volume naturel de crue pourrait intéresser de multiples domaines d'activités directement concernées par la "qualité" de la saison des pluies (hydroélectricité, agriculture, etc.). Par son caractère intégrateur, le volume naturel de crue peut être en effet considéré comme un excellent indicateur d'ensemble des précipitations reçues sur un bassin..