

Assimilation des données satellites SWOT (Surface Water and Ocean Topography): impact sur les paramètres d'un modèle hydrologique à grande échelle

V.Pedinotti, A.Boone, N.Mognard, S.Biancamria, S.Ricci and C.Lion.



Modélisation hydrologique globale ?

- Eaux continentales 2.5% de l'eau totale sur terre mais forte variabilité spatio-temporelle.
- Impact du changement climatique sur les ressources en eau et sur l'hydrologie des grands bassins versants.
- Quantification des flux vers les océans pour GCMs.
- Rétroactions potentielles des eaux continentales sur atmosphère et climat (Houwelling et al., 1999; Matthews, 2000; Bousquet et al., 2006; Taylor, 2010; Taylor et al., 2011)

BESOIN : Meilleure représentation des processus hydrologiques et hydrodynamiques dans les GCMs.

PROBLEME : Manque d'observations avec bon recouvrement spatio-temporel.

→ Emergence des techniques de télédétection (TOPEX, JASON).

1. Contexte 2. Méthodologie 3. Résultats 4. Conclusion, Perspectives
La mission SWOT (Surface Water Ocean Topography)

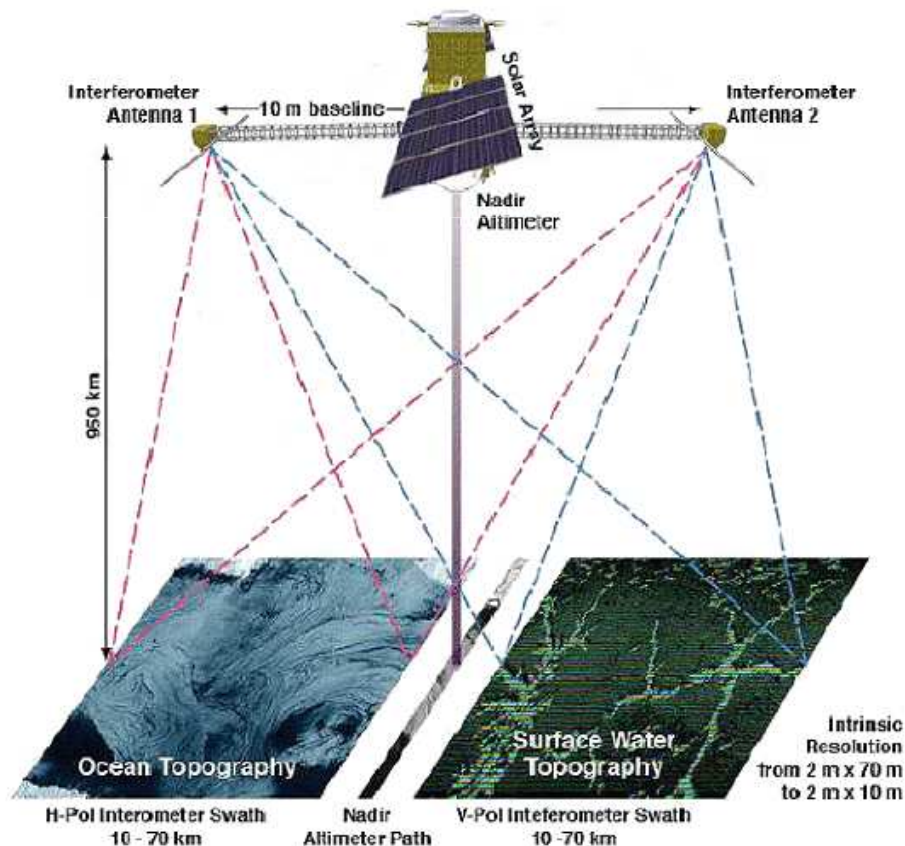
Projet CNES/NASA, lancement 2019.

Système interférométrique KaBand SAR, fauchée 60km

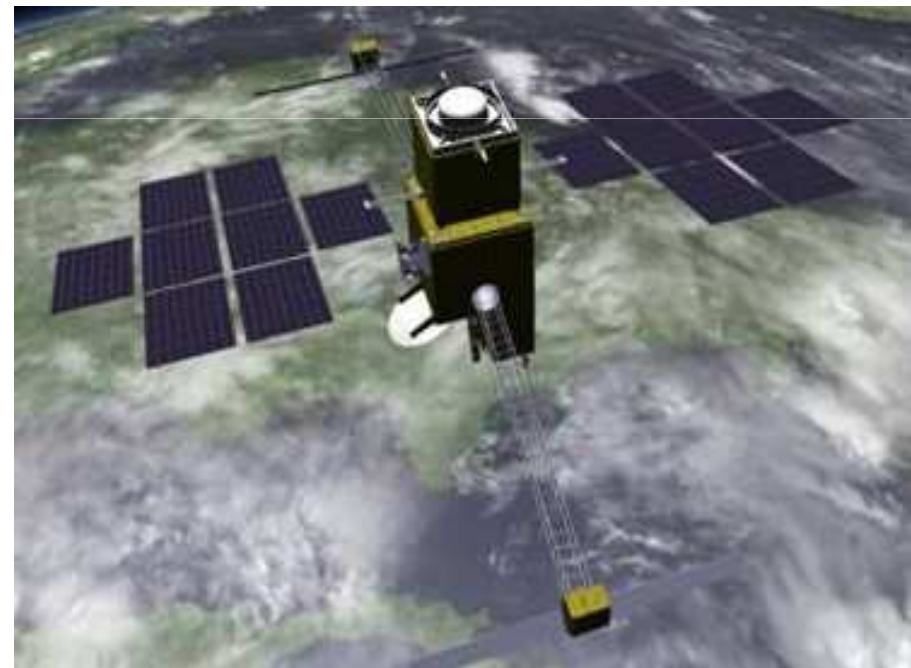
Produits : cartes 2D hauteurs et étendues eau (évoluant dans le temps)

Résolution spatiale : entre 50 et 100m

A propos de SWOT : Alsdorf et al., 2007; Rodriguez, 2009.

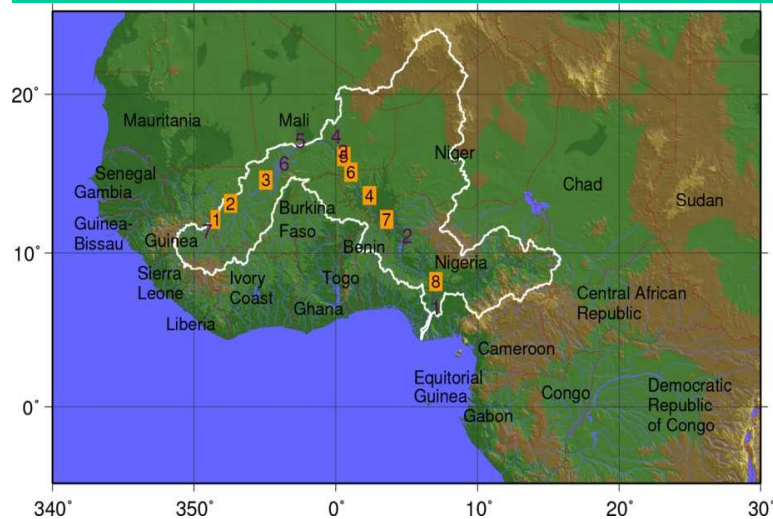


<http://swot.jpl.nasa.gov/>



→ Utile particulièrement dans régions manquant de données in-situ.

Le bassin du Niger (1)



Contexte géographique :

4ème + grand bassin d'Afrique

Superficie : 2 262 000 km²

Principal cours d'eau : Niger (4180km)

Contexte démographique et socio-économique :

Niger principale ressource en eau pour 100 millions de personnes → domestique, culture, élevage

Contexte climatique :

Mousson africaine, forte variabilité → AMMA

Hétérogénéité climats rencontrés (Sahel, delta intérieur, Golfe Guinée).



(Niger, 2010, source AFP)

Crises alimentaires, destruction des récoltes, perte du bétail

→ Impact socio-économique important!

Le bassin du Niger (2)

Modélisation du bassin du Niger :

- Modèle ISBA-TRIP
- schéma inondations (Decharme et al., 2008)
- réservoir simple d'aquifère profond (Pedinotti et al., 2012).

Evaluation du modèle (Pedinotti et al., 2012) :

- Utilisation différents jeux de pluie
- Comparaison avec données in-situ (débits) et satellites (hauteurs d'eau, zones inondées, stockage d'eau).

Résultats :

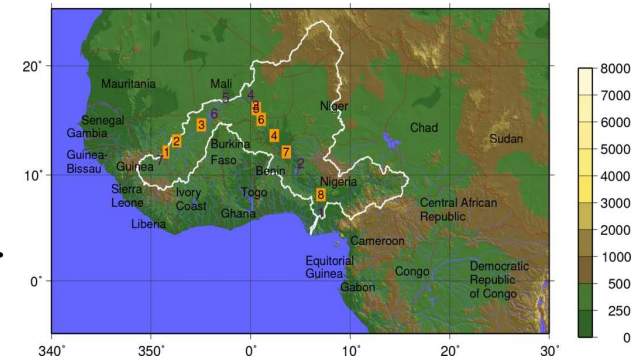
Bonne représentation dynamique eaux de surface, évolution stock total d'eau.

Limitations : Forçage

Physique simple

Incertitudes paramètres

Manque d'observations



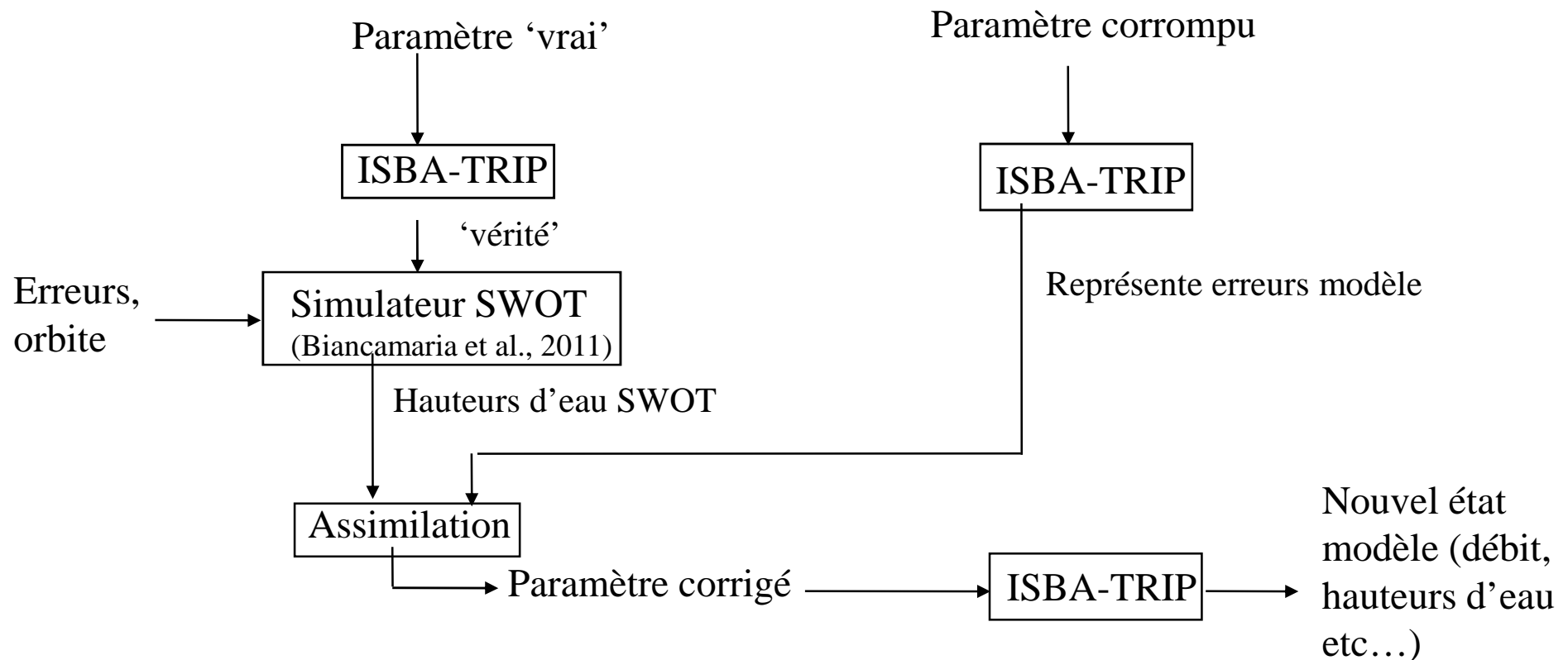
Comment utiliser les données SWOT pour optimiser les paramètres hydrologiques?

Assimilation de données (1)

But : combiner informations (observations, modèle ...) pour estimer l'état d'un système dynamique ou optimiser des paramètres. Peu d'applications en hydrologie globale.

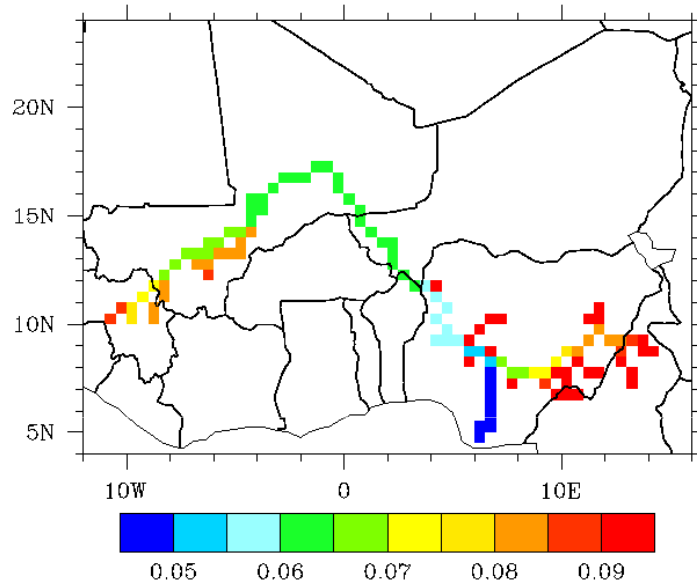
Etudes précédentes utilisant SWOT : Andreadis (2007), Ohio; Biancamaria (2012), Ob.
Pas d'application sur un bassin tropical + paramètres non distribués.

Expérience jumelle



Assimilation de données (2)

Paramètre à corriger : coefficient de Manning



Coefficient de Manning sur la rivière (110 pixels)

Algorithme d'assimilation : BLUE

$$x^a = x^b + (B + H^T R^{-1} H)^{-1} H^T R^{-1} (y^o - H(x^b))$$

x^a ↑ Analyse
 x^b ↑ contrôle
 $(B + H^T R^{-1} H)^{-1}$
 $H^T R^{-1}$ ↑ observations

Hypothèses:

- Erreurs non biaisées
- opérateur d'observations linéaire

H jacobienne

R et **B** matrices de covariances
d'erreurs d'observation et d'ébauche

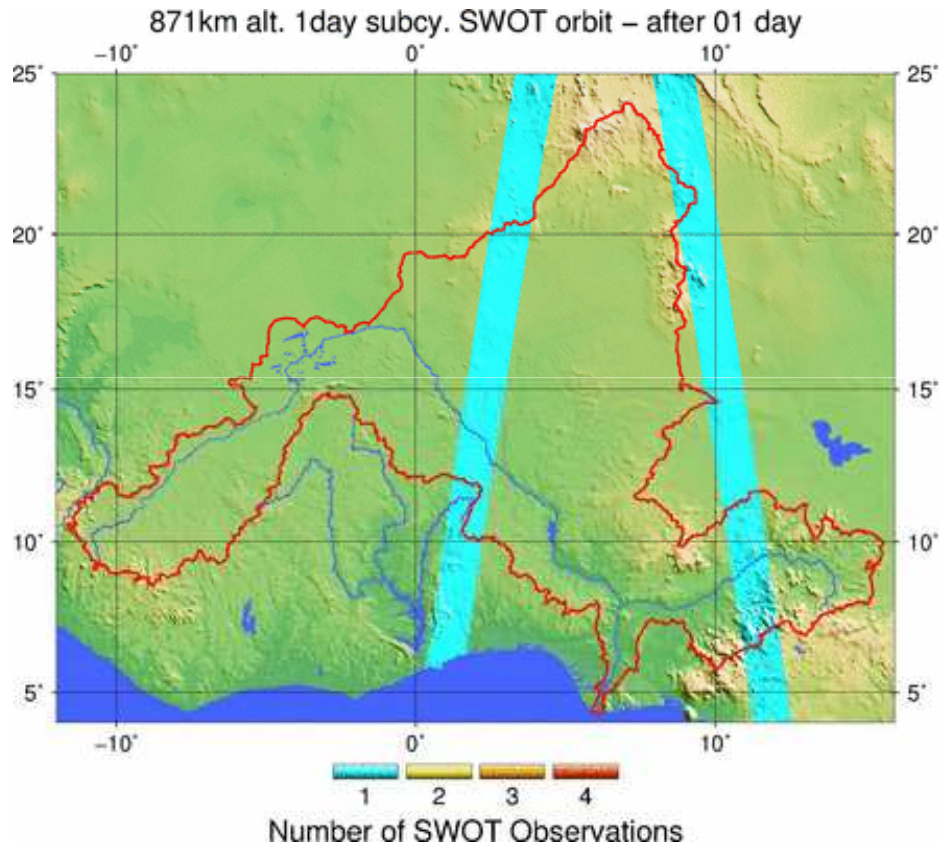
Corruption Manning avec gaussienne
centrée en 0 → simu PERT

Fenêtre d'assimilation : 2 jours

Période d'assimilation : 2002-2003

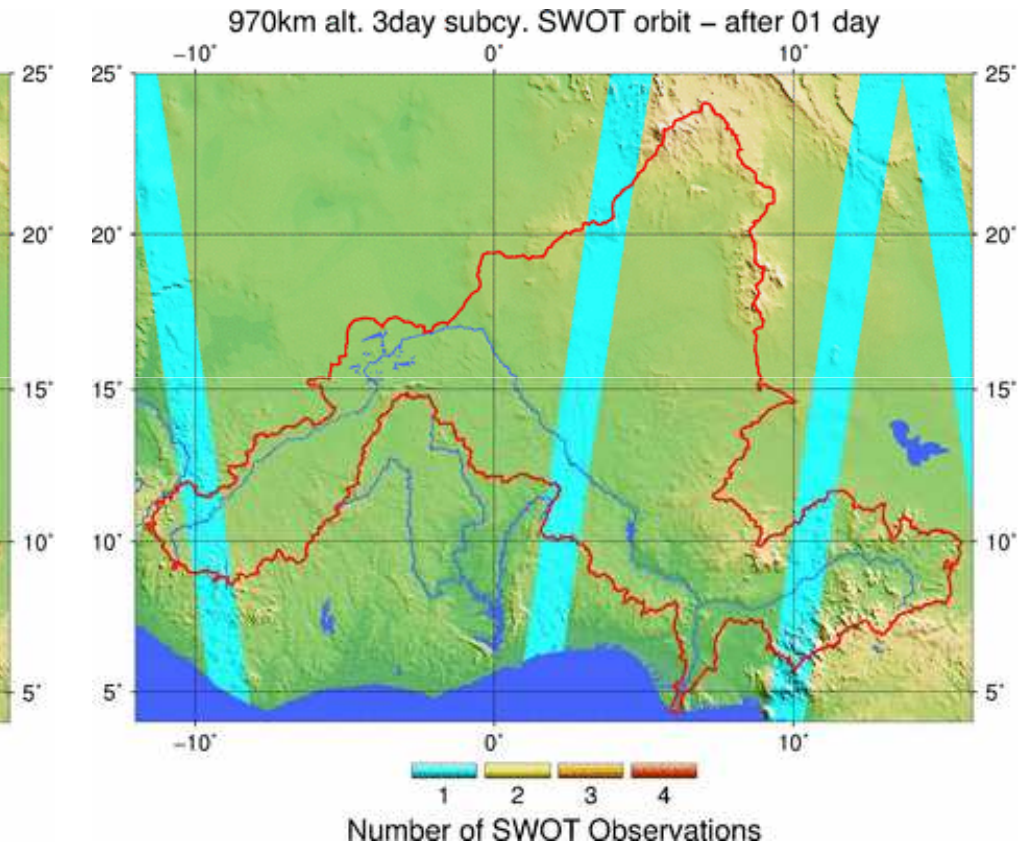
Assimilation de données (3)

1dsbc



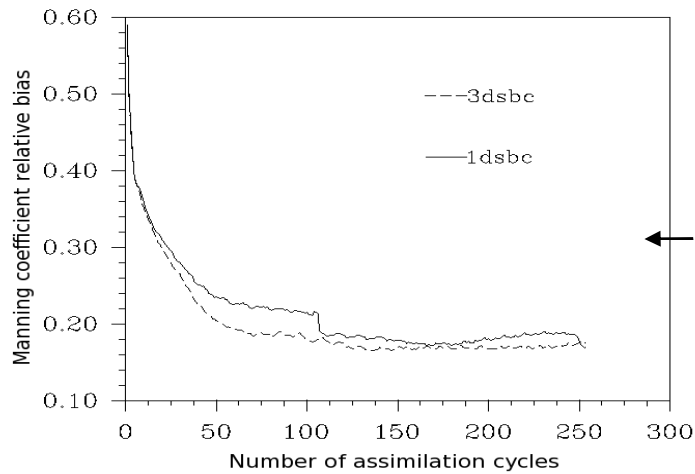
Traces SWOT sur le bassin du Niger, orbite 22 jours, sous orbite 1 jour.

3dsbc

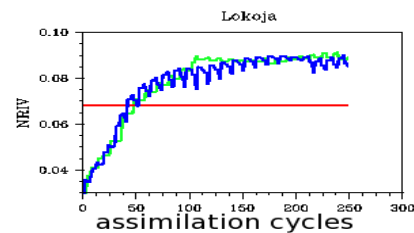
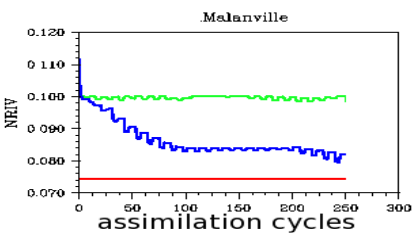
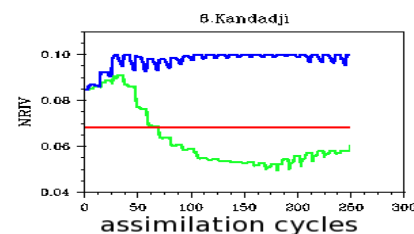
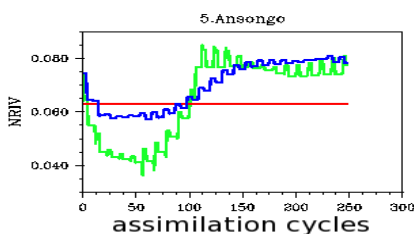
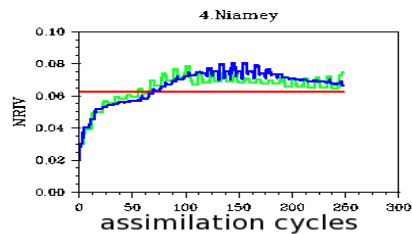
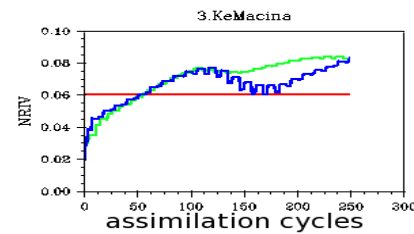
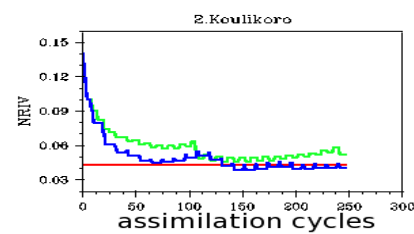
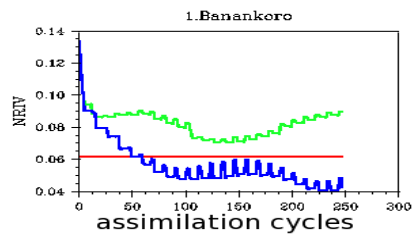
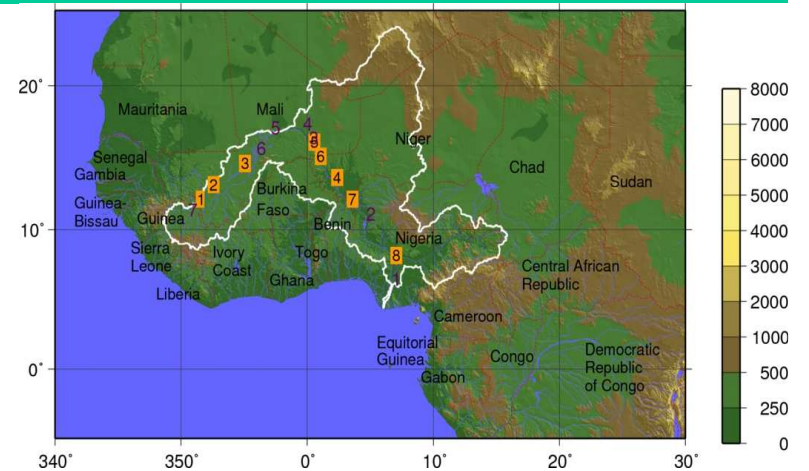


Traces SWOT sur le bassin du Niger, orbite 22 jours, sous orbite 3 jours.

Coefficient de Manning



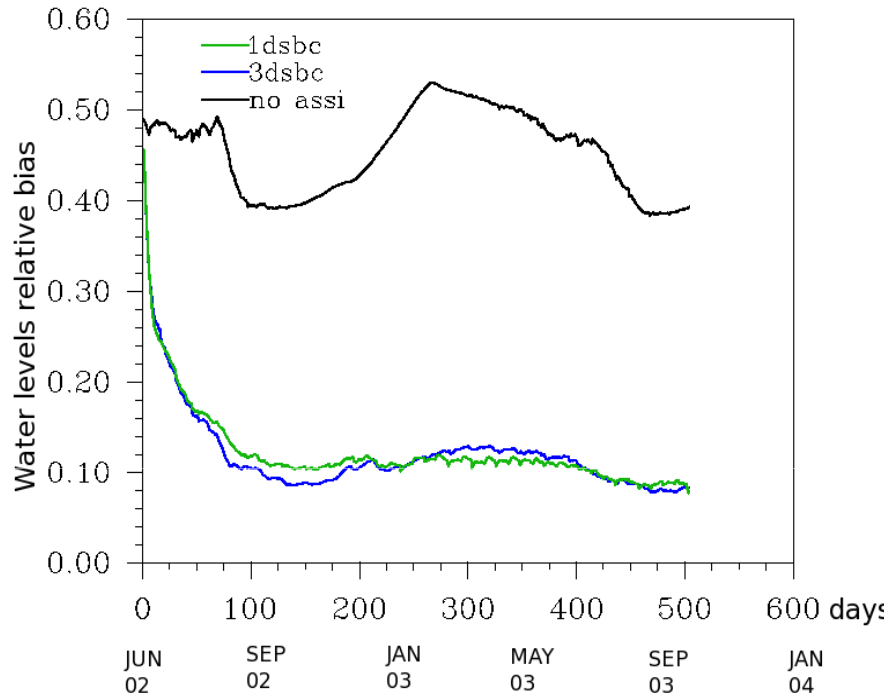
← Relative difference of Manning coefficient averaged over the river vs assimilation cycles



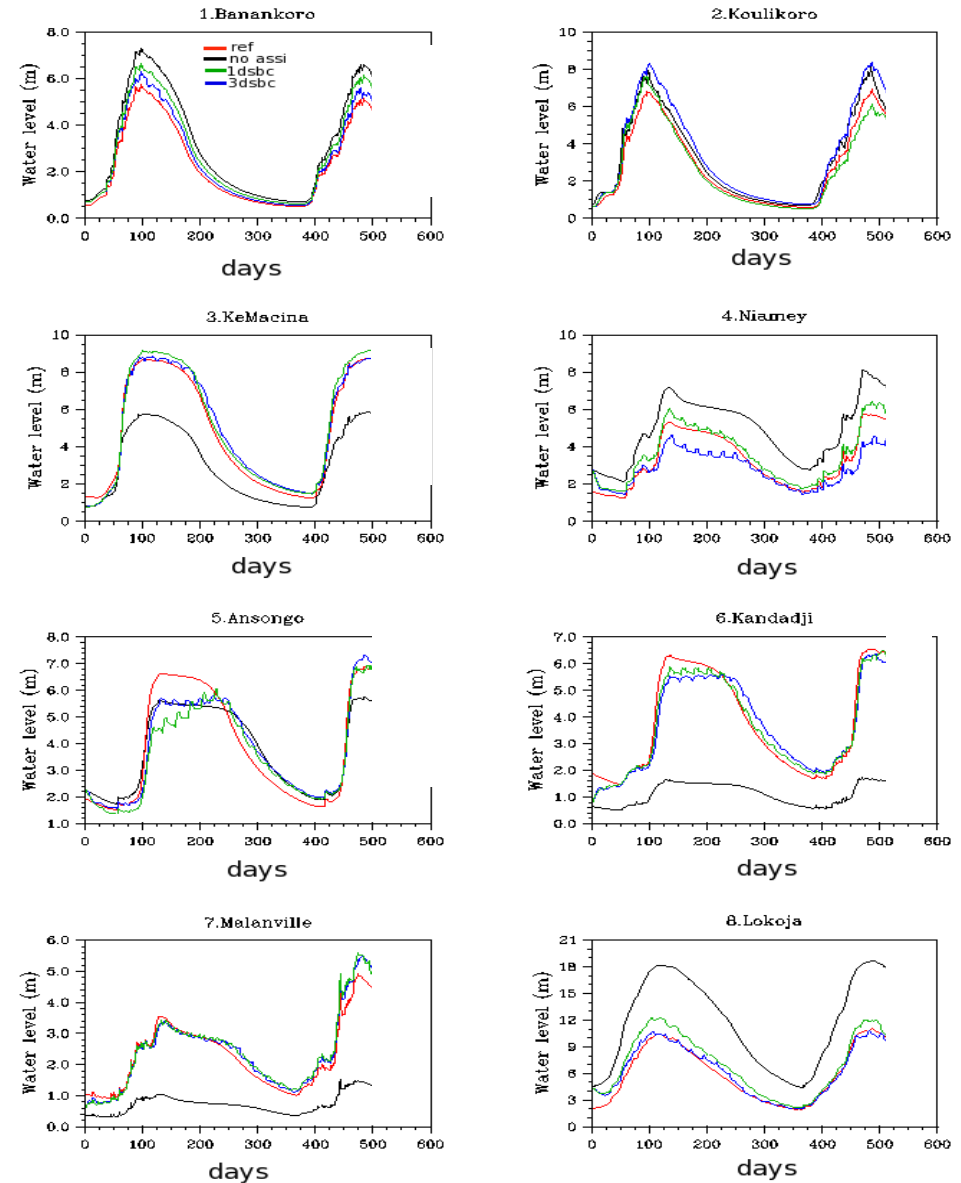
— 1dsbc
— 3dsbc
— VRAI

Manning coefficient vs assimilation cycles for 1dsbc (green) and 3dsbc (blue). The red line is the true Manning coefficient for each location.

Hauteurs d'eau

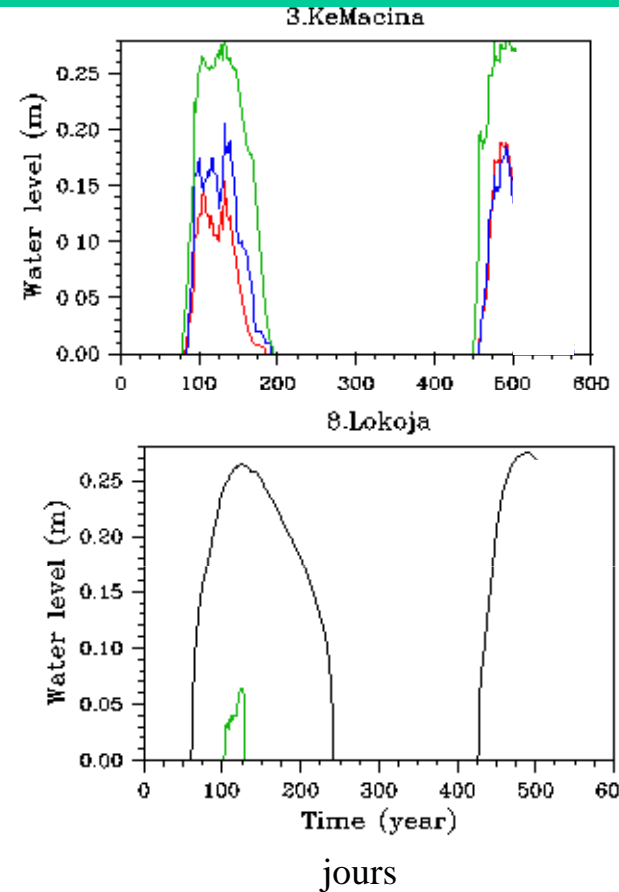
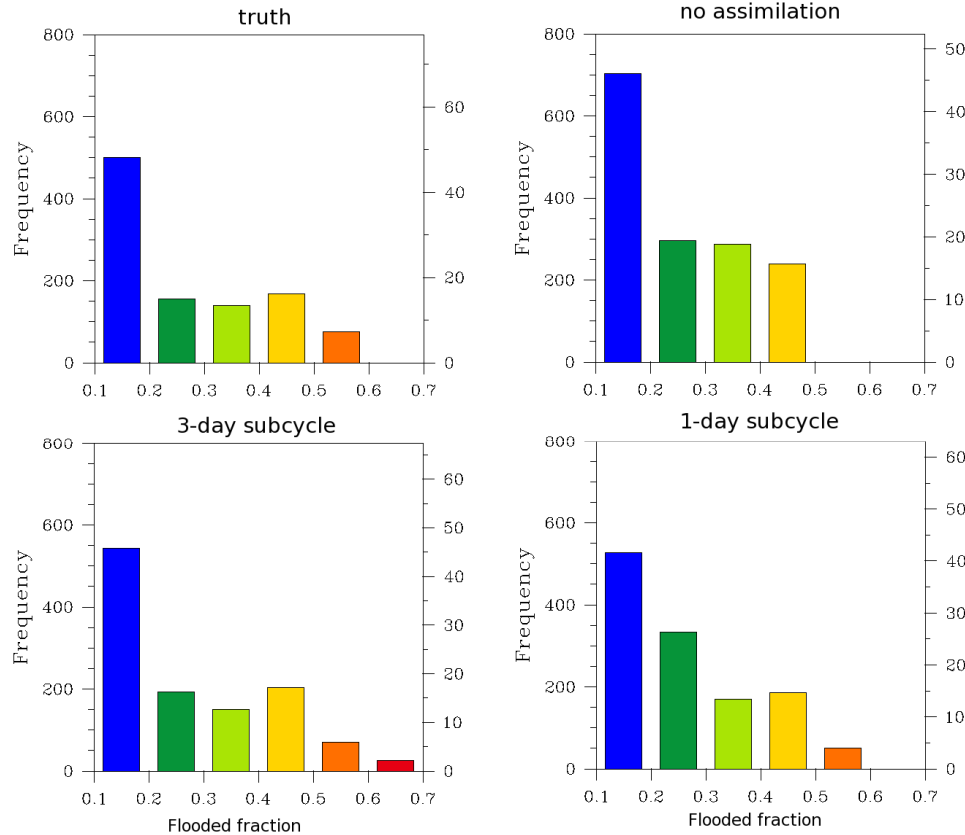


Différence relative de hauteurs d'eau moyennée sur la rivière en fonction du temps (jours).



Hauteur d'eau en fonction du temps (jours)

Fractions inondées



Fractions inondées à KeMacina et Lokoja

Fréquence des événement inondés classés par intensité sur le delta intérieur du Niger.

- Pas d'assimilation
- Vérité
- 1dsbc
- 3dsbc

Conclusions

L'assimilation des données SWOT permet :

- meilleure représentation des hauteurs d'eau (différence relative améliorée de 30% sur rivière)
- meilleure représentation du débit (différence relative améliorée de 7% sur rivière)
- Optimisation et convergence du coefficient de Manning (40% réduction de biais) malgré les hypothèse d'équifinalité.
- Meilleure représentation des zones inondées sur le delta intérieur (fréquence, intensité)
- Meilleure évolution des stocks d'eau (non montré)
- Améliore les simulations sur des périodes succédant à celle de l'assimilation (non montré)
- Pas de différence significative entre les deux orbites étudiées.

Pas d'applications d'assimilation de données dans un modèle à grande échelle pour l'optimisation de paramètres distribués

Limites dues à certaines hypothèses:

- Bruit blanc pour représenter l'erreur de mesure (et gaussien)
- Matrices de covariances d'erreurs et d'observations diagonales
- Erreur modèle associées uniquement aux incertitudes sur le coefficient de Manning.

Perspectives

Court terme :

- Considérer d'autres sources d'incertitudes pour représenter les erreurs modèle (pluie, autres paramètres, etc...) en utilisant une méthode d'ensemble.
- Considérer des erreurs d'observation plus réalistes (en cours avec C.Lion, LEGOS).
- Appliquer cette méthode à d'autres paramètres (ou plusieurs en même temps) sensibles du modèle (hauteur et largeur de rivière par exemple).
- Appliquer cette méthode à d'autres larges bassins.

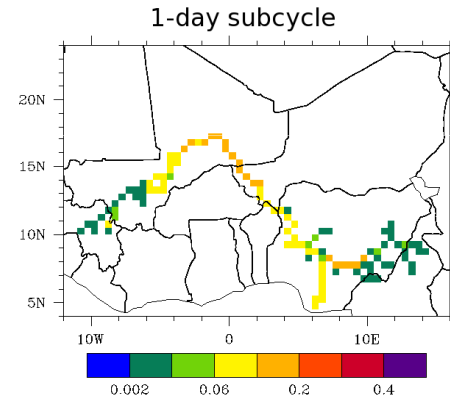
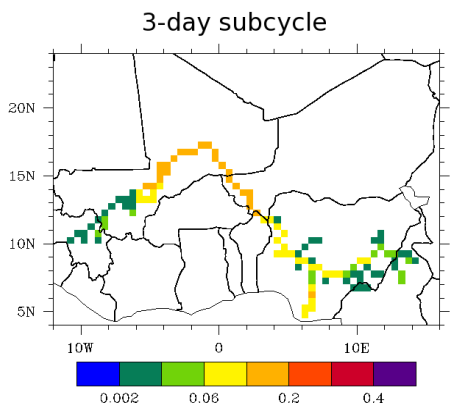
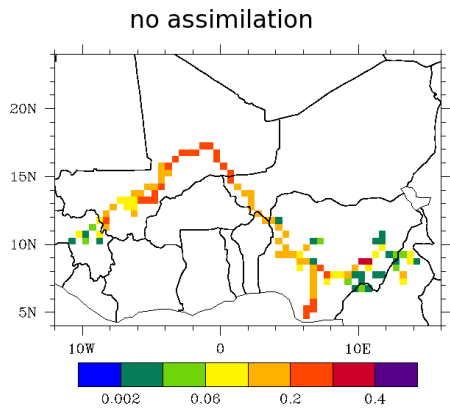
Long terme :

- Optimiser les paramètres utilisés actuellement dans les modèles hydrologiques de grande échelle.
- Mieux représenter les processus hydrologiques actuellement simulés dans les AGCMs et RCMs pour des projections climatiques futures.
- Estimer les ressources en eaux continentales et leur évolution spatio-temporelle pour l'élaboration de plan d'action et de gestion des ressources dans le cadre du changement climatique.

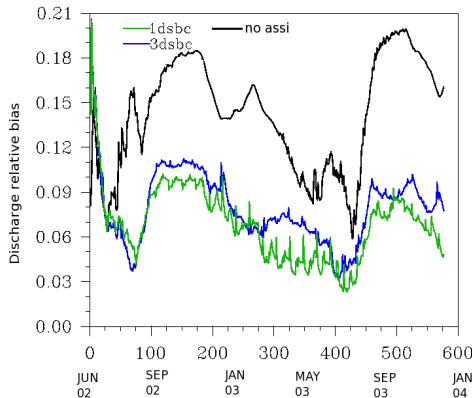
MERCI

1. Contexte 2. Méthodologie 3. Résultats 4. Conclusion, Perspectives

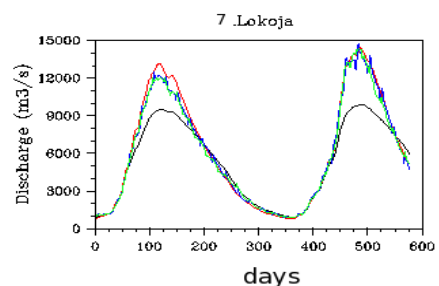
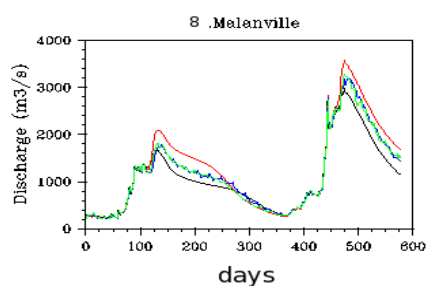
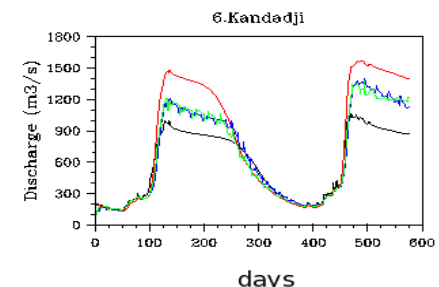
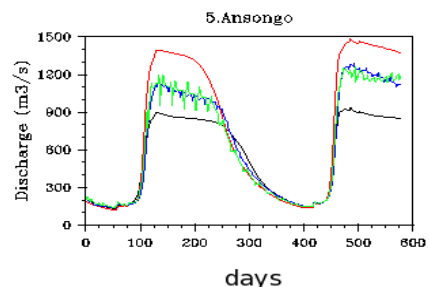
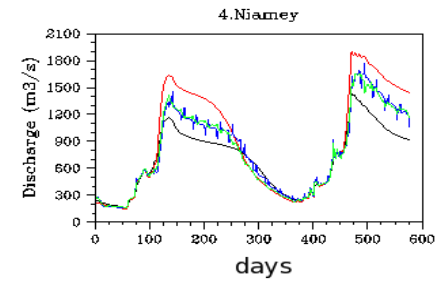
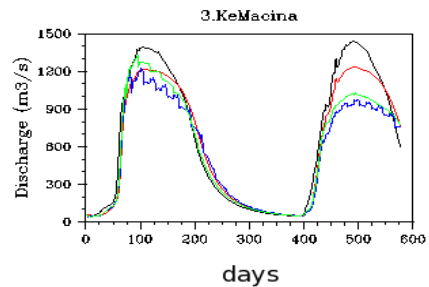
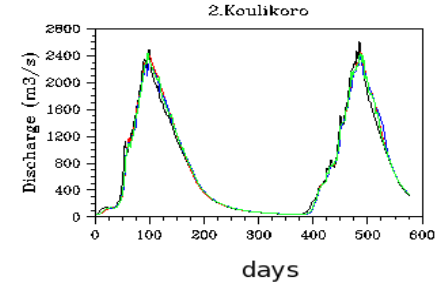
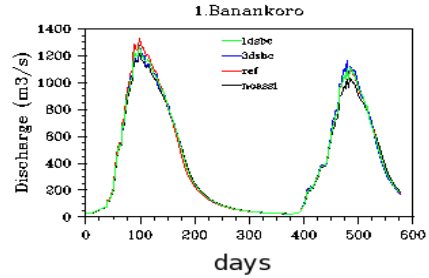
Débits



Différence relative des débits sur la rivière (moyenné sur 2002-2003)



Différence relative de hauteurs d'eau moyennée sur la rivière en fonction du temps (jours).



Débit en fonction du temps (jours)