



Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique

Assimilation de données en hydrologie, maquette pour le modèle ATHYS

Andrea Piacentini, Olivier Thual, Thomas Watiotienne, Sophie Ricci,
Gabriel Jonville, Sébastien Massart et Arthur Marchandise

CERFACS, 42 avenue Gaspard Coriolis
31057, Toulouse, France

Technical Report TR/CMGC/09/151

Rapports du contrat entre le SCHAPI et le CERFACS sur l'application de l'assimilation de données à l'hydrologie

A. Piacentini, O. Thual, T. Watiotienne, S. Ricci, G. Jonville, S. Massart, A. Marchandise

Rapport

"Principe de la maquette d'assimilation de données pour le modèle ATHYS"

28 novembre 2008

Rapport

"Validation de la maquette d'assimilation de données pour le modèle ATHYS"

28 novembre 2008

Rapport de stage

"Mise en place et utilisation des boucles externes de l'algorithme du BLUE"

15 septembre 2009

Guide

"Installation de ATHYS et mise en oeuvre de la maquette d'assimilation de données PALM-ATHYS"

15 mai 2009

Principes de la maquette d'assimilation ATHYS

J. Muñoz, A. Piacentini, S. Massart, O. Thual

28 novembre 2008

Contexte

Ce document décrit la chaîne d'assimilation implémentée pour le modèle ATHYS comme maquette démonstrative et pédagogique dans le cadre du contrat passé entre le SCHAPI et le CERFACS sur l'application de l'assimilation de données à l'hydrologie.

La méthode a été implémentée à l'aide du logiciel PALM et validée par comparaison avec le calage par minimisation du critère Nash.

Pour la construction de cette maquette, nous avons retenu la configuration du modèle MERCEDES qui combine une fonction de production de type SCS et une fonction de transfert de type translation-stockage.

La fonction de production SCS est paramétrée par trois paramètres dont le coefficient S qui représente la capacité de rétention potentielle maximale en eau des sols. Les deux autres coefficients sont l'intensité de vidange du stock ds et la fraction w de la vidange qui rejoint l'exutoire du bassin. Cette vidange permet de simuler le ressuyage des sols entre deux averses.

Le ruissellement produit par la maille est ensuite acheminé à l'exutoire du bassin à l'aide d'un modèle de translation-stockage caractérisé par une vitesse de transfert v_0 constante pour toutes les mailles et un coefficient de diffusion K_0 .

Le modèle est forcé par les pluies horaires enregistrées par 6 postes pluviométriques répartis sur le bassin. Les simulations du modèle sont réalisées au pas de temps horaire. L'initialisation de ce modèle pluie-débit événementiel doit être effectuée au début de chacun des épisodes pluvieux simulés. On compare alors le débit simulé au débit mesuré à l'exutoire du bassin (à Anduze).

Si les paramètres ds , w et K_0 peuvent être fixés à des valeurs constantes quelque soit l'événement, les valeurs de S et v_0 sont soumises à une variabilité inter-événementielle dont les sources principales sont les incertitudes sur la connaissance de la pluie et la connaissance de l'état hydrique initial du bassin versant (Marchandise, 2007). Les stratégies pour déterminer les valeurs optimales de ces deux paramètres résident dans deux directions principales :

- une prédétermination empirique, dans la mesure où on arrive à relier ces paramètres à un indicateur d'humidité initiale du bassin (Bouvier et al., 2008 ; Marchandise et Viel, 2008) ,
- un réajustement par assimilation de données sur la base des observations de débits, soit sur la durée totale de l'épisode pluvieux (temps différé), soit sur le début de la crue (temps réel).

La maquette d'assimilation brièvement présentée ici permet de démontrer la faisabilité de cette dernière approche et peut être utilisée comme outil pédagogique.

Algorithme

L'algorithme d'assimilation utilisé est un Best Linear Unbiased Estimator (BLUE) qui est à la base de techniques classiques comme le Filtre de Kalman et l'Interpolation Optimale.

Les paramètres qui sont ajustés par assimilation sont S et v_0 . Ils constituent le vecteur de contrôle $\mathbf{x} = [S, v_0]^T$.

Nous disposons d'un jeu d'observations débitométriques horaires à l'exutoire. Si la durée de l'événement est de N heures, nous disposons du vecteur de données d'observation $\mathbf{y}^o = [y_1^o, y_2^o, \dots, y_N^o]^T$.

Un opérateur $G(\mathbf{x})$ relie le vecteur de contrôle \mathbf{x} aux quantités observables : dans notre cas, G correspond au calcul du débit à l'exutoire par une intégration de MERCEDES avec les paramètres S et v_0 spécifiés par \mathbf{x} .

Pour un événement donné, nous choisissons une première estimation de S et v_0 (par exemple, à partir

d'une climatologie mensuelle). On appelle l'estimation initiale ébauche (ou *background*) et on la note $\mathbf{x}^b = [S^b, v_0^b]^T$.

Pour cette ébauche nous pouvons calculer les valeurs observables correspondantes $G(\mathbf{x}^b)$ et donc l'écart avec les données d'observation (aussi dit vecteur d'innovation ou *misfit*) $\mathbf{d} = \mathbf{y}^o - G(\mathbf{x}^b)$.

Si l'on dispose de la matrice des covariances d'erreur d'ébauche \mathbf{B} et de la matrice des covariances d'erreur d'observation \mathbf{R} , la meilleure estimation linéaire (en l'absence de biais) est donnée par $\mathbf{x}^a = \mathbf{x}^b + \mathbf{K}\mathbf{d}$ où $\mathbf{K} = \mathbf{B}\mathbf{G}^T(\mathbf{G}\mathbf{B}\mathbf{G}^T + \mathbf{R})^{-1}$ ou, de façon équivalente, $\mathbf{K} = (\mathbf{B}^{-1} + \mathbf{G}^T\mathbf{R}^{-1}\mathbf{G})^{-1}\mathbf{G}^T\mathbf{R}^{-1}$ et \mathbf{G} est l'opérateur d'observation G linéarisé autour de l'ébauche \mathbf{x}^b . \mathbf{G} relie donc au premier ordre les variations des valeurs observables aux variations des paramètres du contrôle.

Dans la première formulation de \mathbf{K} , la matrice $(\mathbf{G}\mathbf{B}\mathbf{G}^T + \mathbf{R})$ à inverser est de taille $[N, N]$, tandis que dans la deuxième formulation la matrice $(\mathbf{B}^{-1} + \mathbf{G}^T\mathbf{R}^{-1}\mathbf{G})$ est de taille $[2, 2]$. C'est donc la deuxième formulation que nous avons retenue.

Cette méthode permet de calculer aussi la matrice de covariance d'erreur associée à l'analyse $\mathbf{A} = (\mathbf{I} - \mathbf{K}\mathbf{G})\mathbf{B}$

Approximations

Ne disposant pas d'estimation statistiques fiables des erreurs sur les paramètres S et v_0 ni sur les observations, nous avons choisi des approximations diagonales (nous négligeons les corrélations entre S et v_0 et les corrélations entre différentes observations) pour \mathbf{B} et \mathbf{R} . Les écarts type sur l'ébauche sont de 10% pour S et 7% pour v_0 . L'écart type sur les observations est de 10%.

Le modèle MERCEDES étant non linéaire, nous devons calculer l'opérateur linéarisé \mathbf{G} à partir de l'opérateur non linéaire G . Nous avons choisi de le faire par linéarisation par différences finies en effectuant deux simulations complémentaires avec des valeurs des paramètres très légèrement perturbées.

La linéarisation n'est valable que dans le voisinage de \mathbf{x}^b . Si l'incrément d'assimilation $\mathbf{K}\mathbf{d}$ est trop grand, la précision de l'analyse \mathbf{x}^a en résulte diminuée. Dans ce cas, on procède à itérer la méthode en choisissant comme ébauche (\mathbf{x}^b) l'analyse \mathbf{x}^a obtenue à l'itération précédente et comme matrice des covariances d'erreur d'ébauche (\mathbf{B}) la matrice \mathbf{A} calculée à l'itération précédente. Néanmoins, nous avons choisi de ne pas changer l'expression de la matrice \mathbf{B} lorsque les incréments sont supérieurs à 33% sur S ou à 20% sur v_0 .

A cause de la difficulté de reproduire les faibles débits dans MERCEDES, la tentative d'assimiler les observations correspondantes rend beaucoup plus difficile la convergence de la méthode. Un seuil a été introduit qui permet de négliger les observations en dessous de ce seuil.

Pour mieux évaluer l'impact de l'assimilation, nous avons introduit une erreur sur le modèle en ne choisissant d'utiliser que deux stations pluviométriques et d'en perturber légèrement les coordonnées.

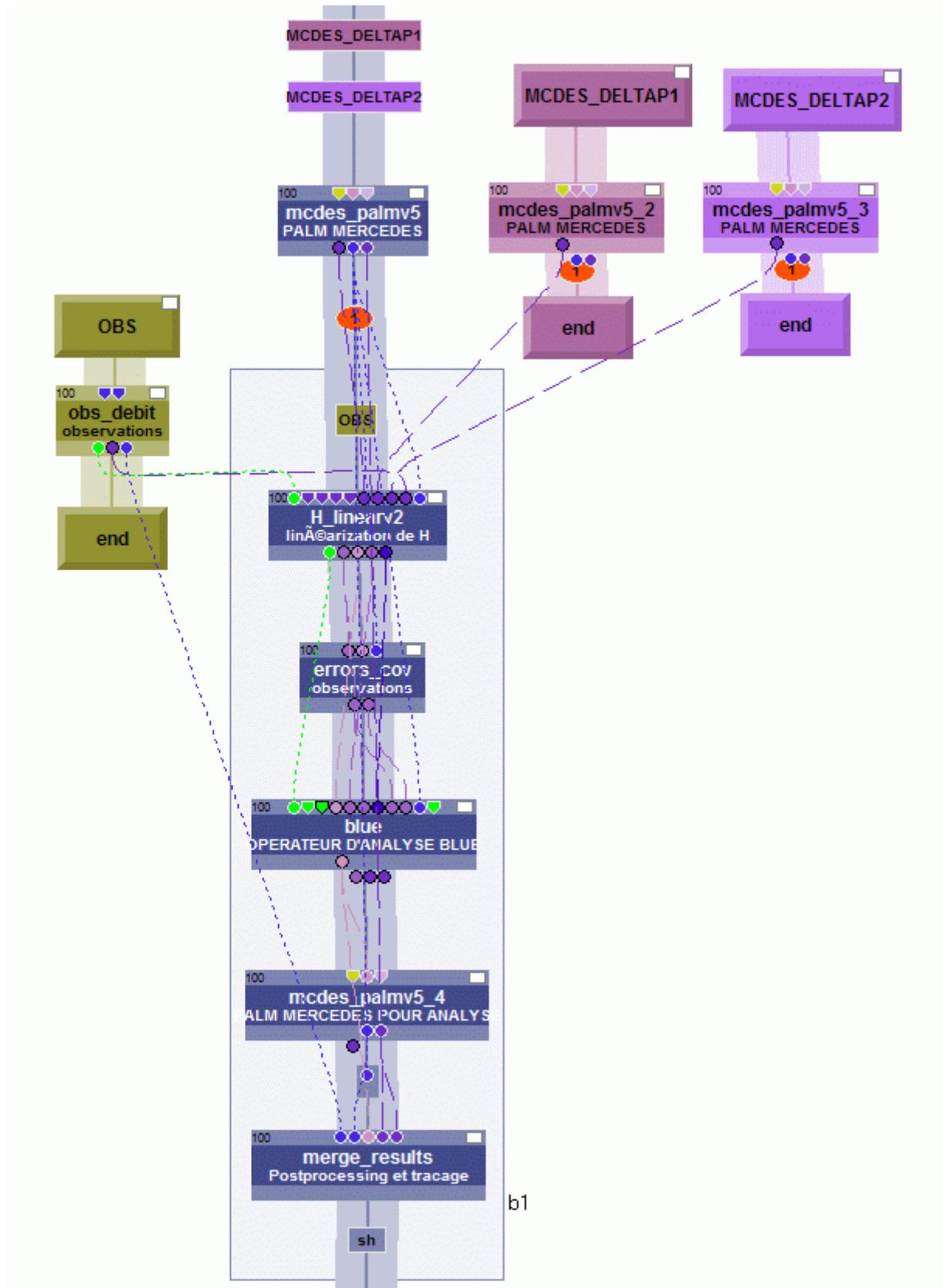
Canevas PrePALM

La maquette d'assimilation a été implémentée à l'aide du coupleur PALM. PALM dispose d'une interface graphique qui permet de visualiser les différentes unités de calcul qui participent à l'algorithme et le flux de données qu'elles échangent.

Les unités de calcul qui interviennent sont :

1. Les 3 instances de MERCEDES pour le calcul des débits en correspondance de S^b et v_0^b et des valeurs perturbées $[S^{b+dS}, v_0^b]$ et $[S^b, v_0^{b+dv_0}]$: **mcdes_palmv5**, **mcdes_palmv5_2** et **mcdes_palmv5_3**. N.B. sur une machine multi-processeur, ces instances peuvent tourner en parallèle.
2. Un chargeur des données débitométriques : **obs_debit**

3. Le calcul de **G** par différences finies à partir des résultats des 3 intégrations du modèle : **H_linearv2**
4. L'approximation des matrices **B** et **R** : **errors_cov**
5. La construction et l'inversion des matrices du BLUE : **blue**
6. L'intégration de MERCEDES avec les paramètres S^a et v_0^a : **mcdes_palmv5_4**
7. Le post-processing des sorties : **merge_results**



Constantes PrePALM

Le mode de fonctionnement de la chaîne est paramétré par une série de constantes dont la valeur est imposée dans l'interface PrePALM.

B_dans_fichier

si =1 active la lecture de **B** dans `A.txt`, si =0 **B** sera diagonale avec écarts type proportionnels à l'ébauche

n_obs

dimension du vecteur d'observations (utilisé aussi pour limiter la lecture du fichier d'observation aux `n_obs` premières observations)

dp_obs_seuil

néglige les obs de moins de ... m3/s [120]

par_S

ébauche du paramètre S

par_V

ébauche du paramètre v_0

sigma_S

écart type sur l'ébauche de la variable de contrôle S [$0.1 \cdot \text{par}_S$]

sigma_V

écart type sur l'ébauche de la variable de contrôle v_0 [$0.07 \cdot \text{par}_V$]

beta

écart type (en coeff. de la valeur observée) des observations [0.1]

assim_sur_S

active (si 1) l'assimilation sur S

assim_sur_V

active (si 1) l'assimilation sur v_0

delta_S

taille de la perturbation du paramètre S pour la linéarisation de G [0.5]

delta_v

taille de la perturbation du paramètre v_0 pour la linéarisation de G [0.1]

Perspectives

Cette maquette a été validée selon un protocole établi avec Bruno Janet et Arthur Marchandise. Il serait donc envisageable de la faire évoluer vers un outil qui serait employé aussi bien en mode prévisionnel que pour des réanalyses en temps différé.

Nous pouvons penser à quelques évolutions techniques et algorithmiques qui amélioreraient la convivialité et la flexibilité d'utilisation de cette chaîne.

1. Pour le moment les itérations (ébauche remplacée par le résultat de l'analyse précédente et **B** remplacée par **A**) se font à la main en suivant une indication affichée à l'écran en fin d'analyse. Ceci est pratique pour une utilisation pédagogique de cette maquette, car le canevas PrePALM reste plus simple et les itérations à la main permettent de mieux appréhender le fonctionnement de la chaîne et la signification des constantes PrePALM. Pour une utilisation régulière, il serait toutefois plus confortable d'implémenter directement la boucle d'itération.
2. Un seuil sur la valeur minimale du débit observé est fixé par `dp_obs_seuil`. On pourrait rajouter un seuil sur le débit maximal et aussi une limitation sur l'intervalle temporel d'assimilation.
3. Pour le moment, la dimension du vecteur d'observation est fixée à la main, entre autre parce que c'est le moyen de fixer la borne supérieure de l'intervalle d'assimilation en temps. Si on avait un autre moyen de fixer les intervalles d'assimilation, le dimensionnement de l'espace d'observation pourrait se faire dynamiquement.
4. Les valeurs d'ébauche de S et v_0 sont fixées à la main. On pourrait les lire dans un tableau de valeurs climatologiques en fonction de la date de l'événement.

5. Pour le moment nous avons utilisé des observations horaires à des instants coïncidents avec les pas de temps du modèle. Il faudrait prévoir un cas plus général, avec prise en compte de l'interpolation temporelle dans l'opérateur G .
6. Des longues séries temporelles de résultats d'assimilation peuvent être exploitées pour estimer des statistiques d'erreur d'ébauche et d'observation plus réalistes en particulier pour la covariance des paramètres et les corrélations des observations.
7. Avec la version actuelle de ATHYS, on ne peut simuler que la totalité de l'événement et donc calculer un jeu de paramètres valable du début à la fin de la période observée. L'utilisation de la version d'ATHYS avec stockage de l'humidité du sol permettrait de redémarrer la simulation à n'importe quel instant et donc de réajuster progressivement les valeurs de S et v_0 . Cette utilisation est certainement plus adaptée à un fonctionnement en mode temps réel.
8. A plus long terme on pourrait imaginer d'explorer l'impact de l'assimilation sur d'autres aspects de la modélisation, en particulier on peut envisager de réajuster non seulement les paramètres de MERCEDES, mais aussi les champs de pluie.

Validation de la maquette d'assimilation pour le code ATHYS

A. Piacentini, O. Thual, B. Janet, A. Marchandise

28 novembre 2008

Contexte

Dans le cadre du contrat passé entre le SCHAPI et le CERFACS sur l'application de l'assimilation de données à l'hydrologie, le CERFACS a réalisé une maquette de chaîne d'assimilation pour le code d'hydrologie ATHYS.

Cette chaîne implémente un algorithme de type BLUE (Best Linear Unbiased Estimate) pour l'assimilation de données débitométriques à l'exutoire du bassin du Gardon d'Anduze ayant pour objectif d'améliorer l'estimation du paramètre S du module de production SCS et du paramètre v du module de transfert Lag&Route simple. L'algorithme est basé sur la linéarisation de la dépendance du débit à l'exutoire par rapport aux paramètres S et v. La linéarisation est calculée par différences finies après perturbation des valeurs S₀ et v₀ initialement choisies pour S et v et sa validité n'est donc pas garantie pour des valeurs de S et de v sensiblement différentes. Pour cette raison l'algorithme est rendu itératif : si les incréments sur S et sur v dépassent un certain seuil (33% en S, 20% en v) le processus d'assimilation recommence à partir des nouvelles valeurs de S et de v sans aucun autre apport d'information. Si l'incrément est plus petit, mais dépasse encore un deuxième seuil (10% en S, 7% en v) l'assimilation recommence à partir des nouvelles valeurs de S et de v et utilise comme matrice B la matrice estimée par la précédente assimilation.

Un protocole a été défini pour la validation lors de la réunion du 21 octobre 2008.

Protocole

Dix événements, du 15 octobre 1973 au 29 novembre 2003, ont été sélectionnés par Arthur Marchandise.

La paramétrisation initiale est basée sur un jeu de paramètres S mensuels et sur une valeur fixe pour v.

La modélisation prend en compte des pluies observées pour tous les pluviomètres disponibles.

Les observations sont issues du débitmètre à l'exutoire : les observations en dessous de 120 m³/s ne sont pas assimilées ; pour chaque événement on procède à l'assimilation de la première observation qui dépasse le seuil, ensuite des 2 premières, des 3 et des 4.

L'estimation des erreurs d'erreur d'ébauche aurait dû prendre en compte les écarts type calculé par rapport aux calages effectués pour toute la base de données disponible pour le Gardon d'Anduze, mais les réalisations ne sont pas assez nombreuses et le calage n'est peut être pas assez représentatif de la valeur vraie et les valeurs fournies résultent être trop importantes pour un bon fonctionnement de l'assimilation qui tend à trop négliger les valeurs d'ébauche. A la place, nous avons utilisé un écart type de 10% de S et de 7% de v.

L'estimation des erreurs d'observation prévoit un écart type de 10% de la valeur observée. Aucune corrélation temporelle n'est prise en compte.

Le critère de Nash n'étant pas assez représentatif de la capacité de bien isoler le premier pic de crue, les résultats sont présentés sous forme graphique : pour chaque événement nous traçons les débits prévus par le modèle avec les paramètres initiaux (sortie de vishyr) et les débits à convergence du processus d'assimilation pour 1, 2, 3 ou 4 observations.

Dans trois cas significatifs une réalisation d'assimilation est consacrée à l'illustration de la dépendance du résultat d'un aspect en particulier (spécification de l'écart type, nombre d'observations, prise en compte progressive des observations).

Réalisations

Les dix événements pris en compte couvrent une période qui va du 15 octobre 1973 au 29 novembre 2003. Pour chaque événement nous avons réalisé une simulation par ATHYS avec les valeurs initiales, indiquées par S_0 et v_0. Ensuite nous avons effectué un calage de paramètres simultané avec critère Nash et prise en compte de toutes les observations, limité à 50 itérations.

Ensuite nous avons assimilé les 1, 2, 3 ou 4 premières observations dépassant le seuil de 120 m3/s.

Pour les événements du 11 septembre 1976, du 18 septembre 1995 et du 20 janvier 1996 nous avons effectué une assimilation supplémentaire pour illustrer la dépendance de certains choix d'assimilation : ce cas est expliqué événement par événement.

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau récapitulatif des paramètres calculés et par les hydrogrammes événement par événement et assimilation par assimilation.

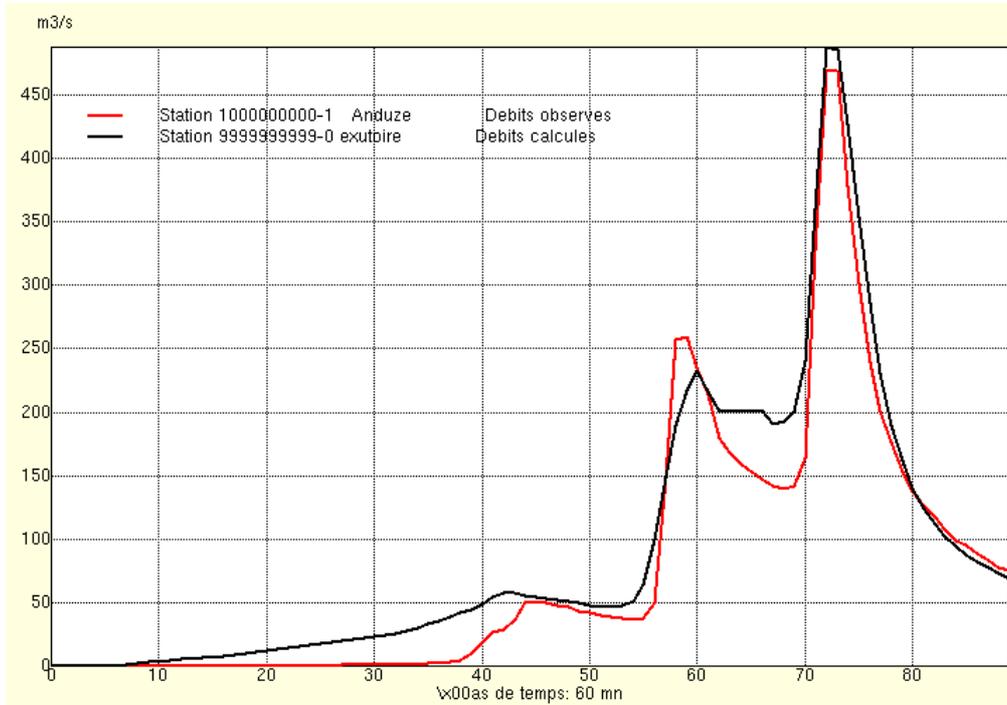
Tableau récapitulatif

EVENEMENT	S_0	v_0	S_cal	v_cal	S_1	v_1	S_2	v_2	S_3	v_3	S_4	v_4	S_*	v_*
15/10/1973	268.0	2.6	291.67 (31it)	2.85	268.3799	2.5989	256.8377	2.6120	253.7513	2.6176	257.8396	2.6602		
11/09/1976	305.0	2.6	305.06 (18it)	2.57	325.4145	2.5464	318.5483	2.5585	312.4692	2.5834	305.8688	2.5599	277.7842	2.2206
02/11/1994	154.0	2.6	230.05 (50it)	2.54	198.5633	2.4129	202.9702	2.4522	200.3727	2.5252	199.9782	2.6672		
18/09/1995	305.0	2.6	219.27 (50it)	3.51	176.2723	3.5826	229.9507	3.2851	132.5873	2.5126	146.1569	2.6173	141.5949	2.5155
03/10/1995	268.0	2.6	195.40 (50it)	2.00	218.9310	2.7092	212.6177	2.7159	213.9084	2.7195	223.2601	2.7643		
13/10/1995	268.0	2.6	268.02 (30it)	2.38	283.7157	2.5307	269.8227	2.5105	255.7434	2.4405	252.6383	2.4560		
20/01/1996	131.0	2.6	170.29 (50it)	1.11	166.5412	2.4571	170.7102	2.4401	174.6682	2.5372	175.7754	2.5310	170.8198	1.8420
09/12/2002	154.0	2.6	120.45 (50it)	1.26	156.9314	2.5936	157.2504	2.5934	157.6732	2.5921	159.2510	2.5721		
21/11/2003	154.0	2.6	98.80 (41it)	1.99	100.9489	2.6808	108.0967	2.6049	111.3391	2.5968	111.2904	2.6033		
29/11/2003	154.0	2.6	97.45 (50it)	1.74	143.4016	2.6343	138.7983	2.6629	134.6753	2.7251	133.2034	2.8573		

Événement 1 : 15/10/1973

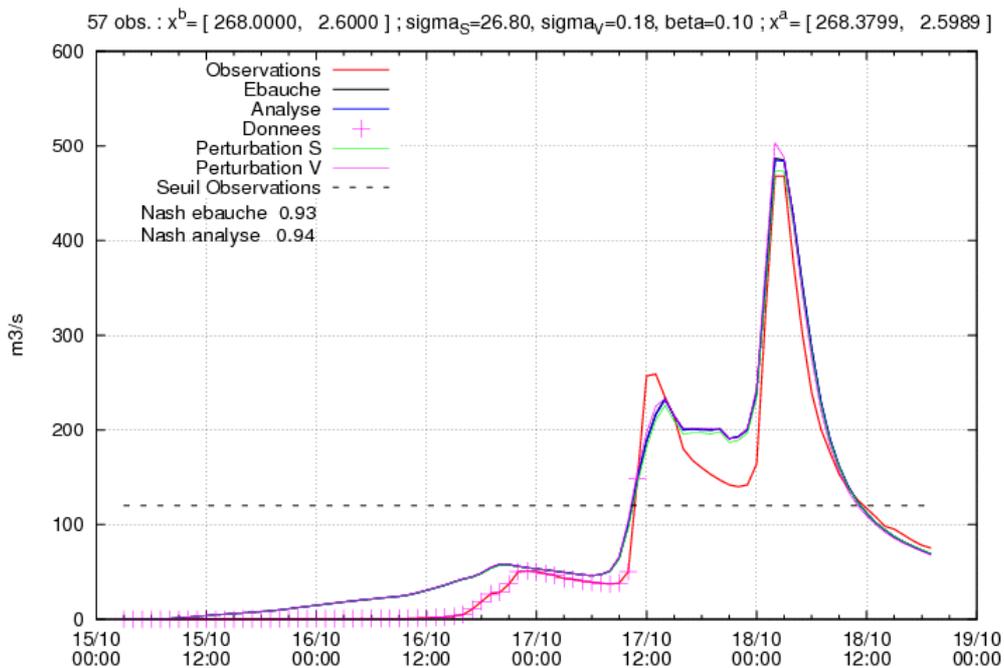
La durée de cet événement est de environ 90 heures avec un premier pic, suivi d'une légère décrue et du deuxième pic principal.

Mercedes avec S_0, v_0



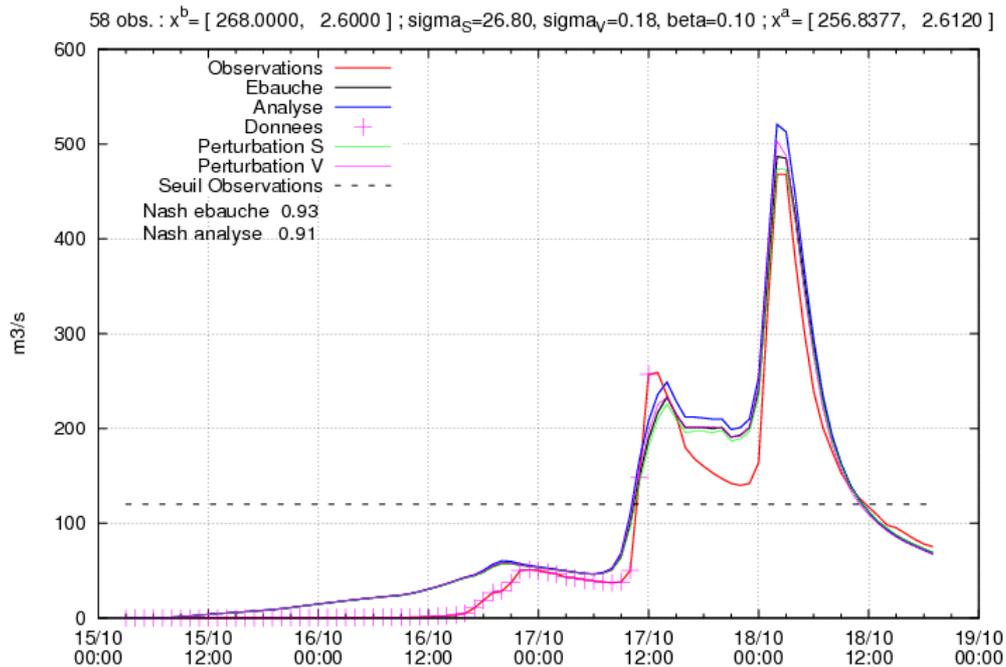
Avec les valeurs climatologique $S_0=268$ (mois d'octobre) et $v_0=2.6$ et des pluies observées, la prévision de MERCEDES est déjà d'une très bonne qualité.

Assimilation de 1 observation



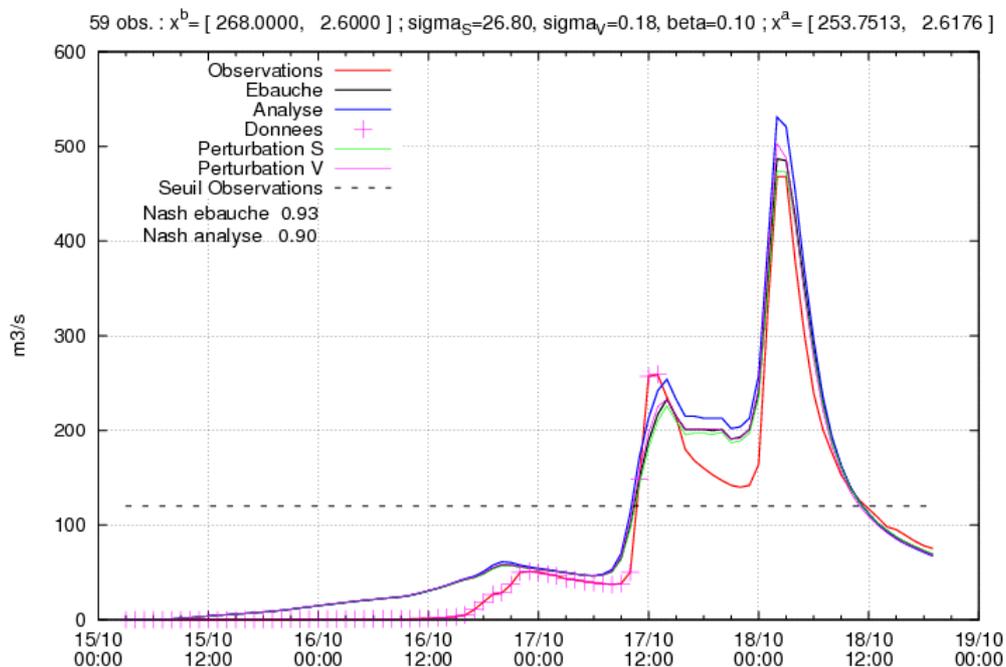
La première observation étant en accord presque parfait avec l'ébauche, l'assimilation converge en une itération et les valeurs calculée de S et v ne diffèrent pratiquement pas de l'ébauche.

Assimilation de 2 observations



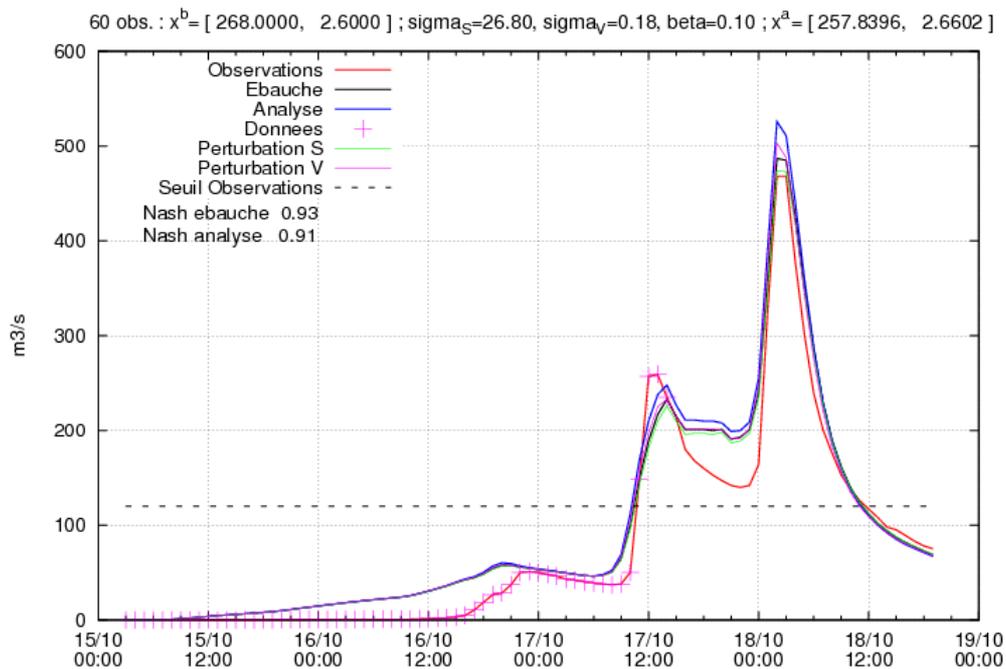
La deuxième observation est très proche du premier pic de crue, que l'ébauche sous-estimait légèrement. La prévision du premier pic est améliorée au prix d'une légère surestimation du pic principal. La convergence est atteinte en une seule itération.

Assimilation de 3 observations



La troisième observation est très proche de la deuxième. Le résultat est tout à fait semblable au précédent.

Assimilation de 4 observations

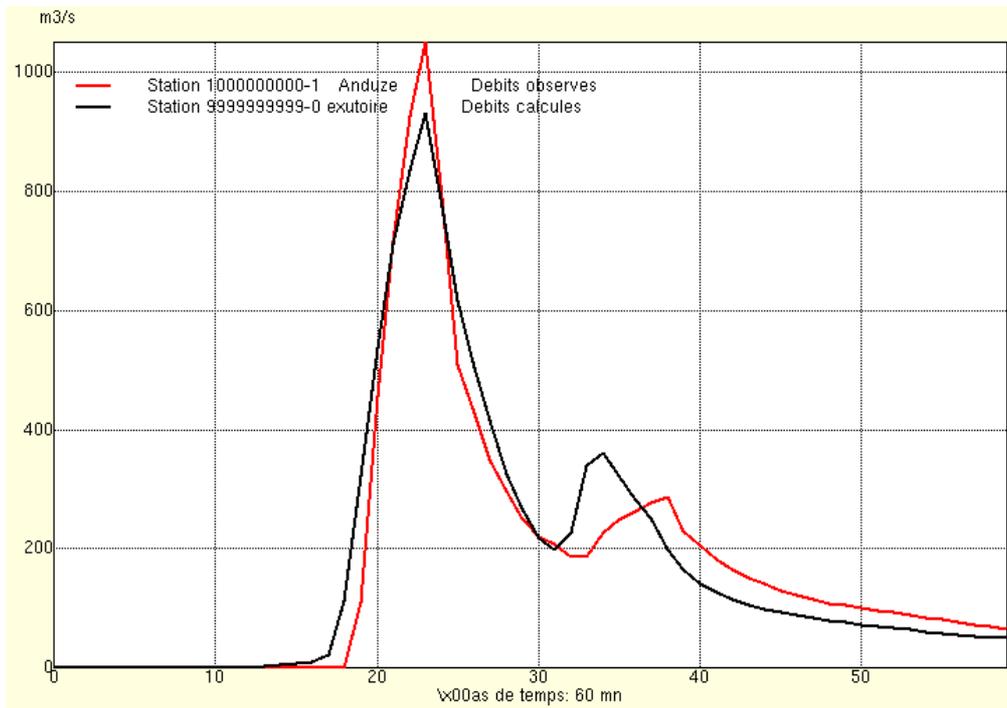


La quatrième observation se situe déjà après le premier pic de crue. Dans ce cas l'assimilation s'écarte moins de l'ébauche et la surestimation du pic principal est plus contenue que pour l'assimilation de deux ou trois observations.

Evénement 2 : 11/09/1976

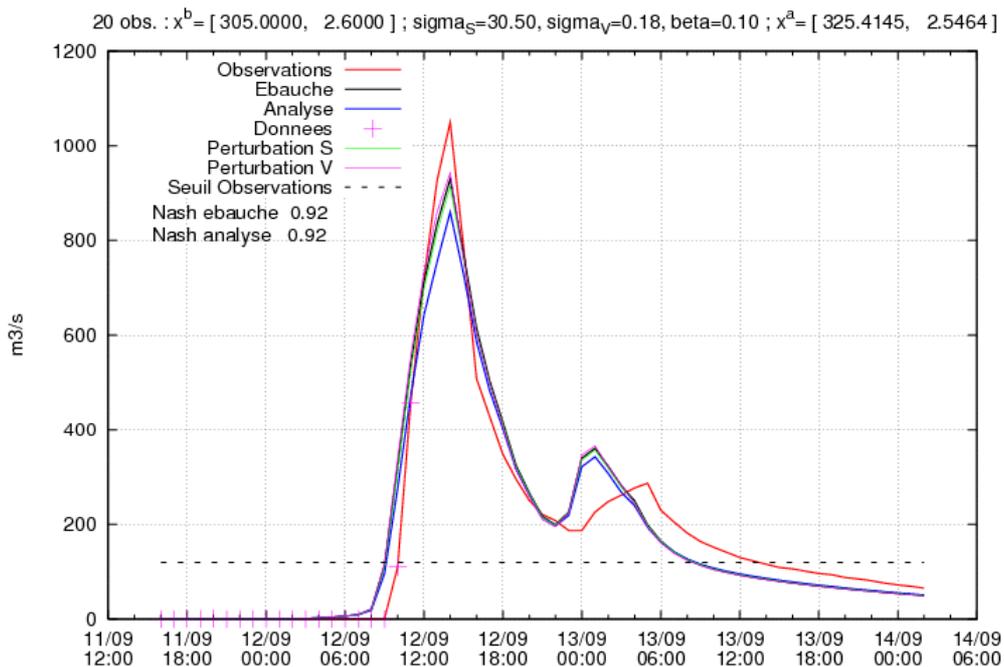
Il s'agit d'un événement avec un pic principal importante et une montée relativement rapide.

Mercedes avec S_0, v_0



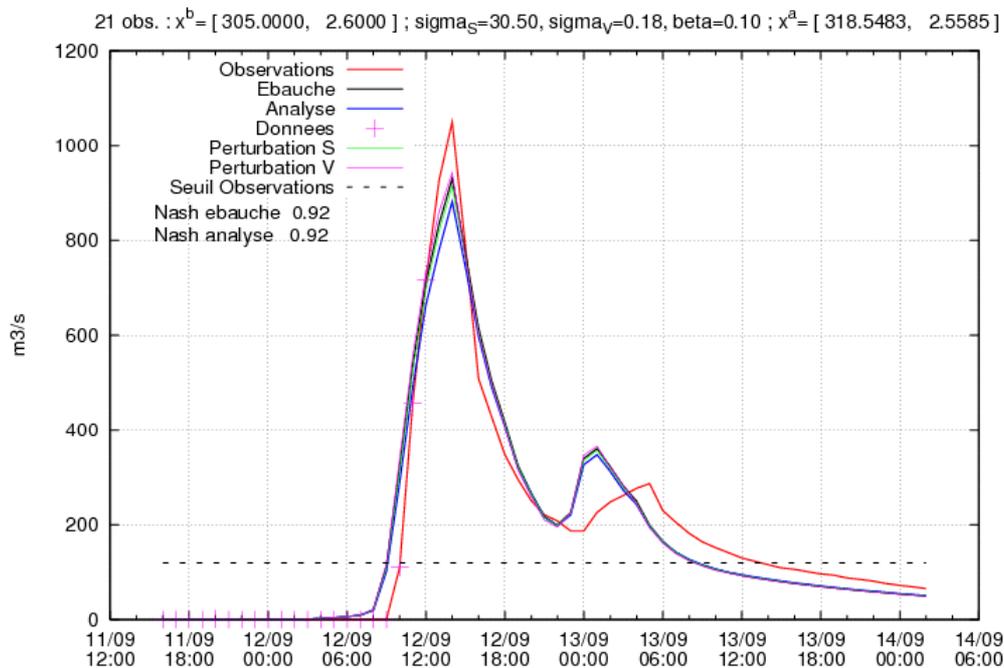
On peut observer qu'avec les prévisions en pluie parfaite et avec les valeurs climatologiques de S et v, MERCEDES arrive à bien positionner le pic principal, mais il n'est pas à même d'en reproduire exactement l'amplitude ni la vitesse de montée. Il faut remarquer, d'ailleurs, que le calage automatique prenant en compte toutes les observations, même avec un grand nombre d'itérations, n'arrive pas à estimer un meilleur jeu de paramètres que l'ébauche.

Assimilation de 1 observation



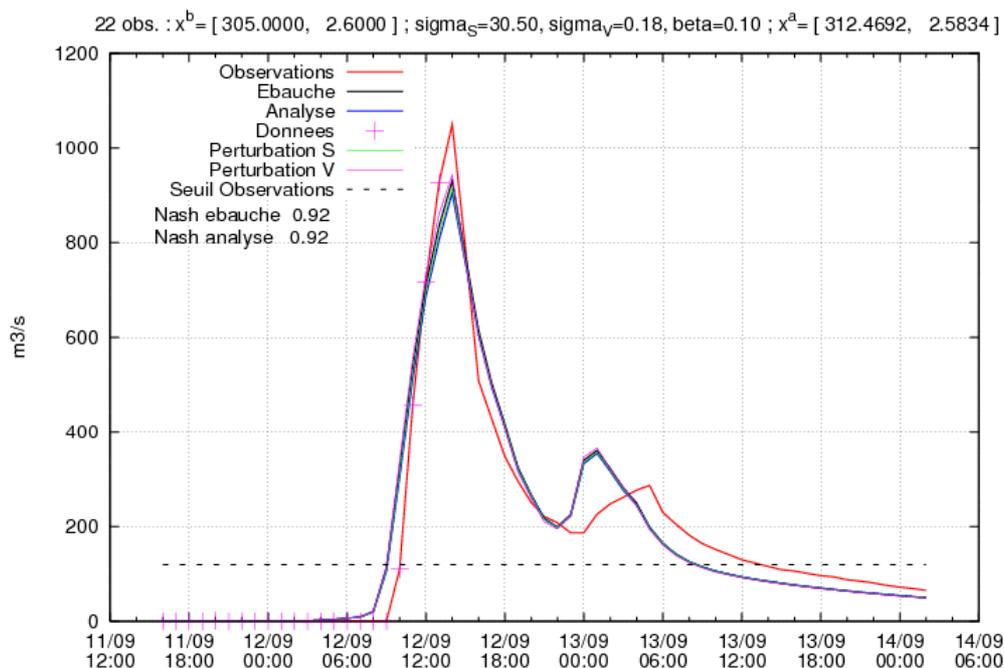
MERCEDES ne pouvant pas représenter une pente de montée aussi raide, les observations jusqu'à 700m³/sec sont plus faibles que la valeur estimée par le modèle. L'assimilation de la première observation dépassant le seuil de 120m³/sec obtient donc l'effet de diminuer ultérieurement l'amplitude de la crue prévue. La convergence est obtenue en une itération.

Assimilation de 2 observations



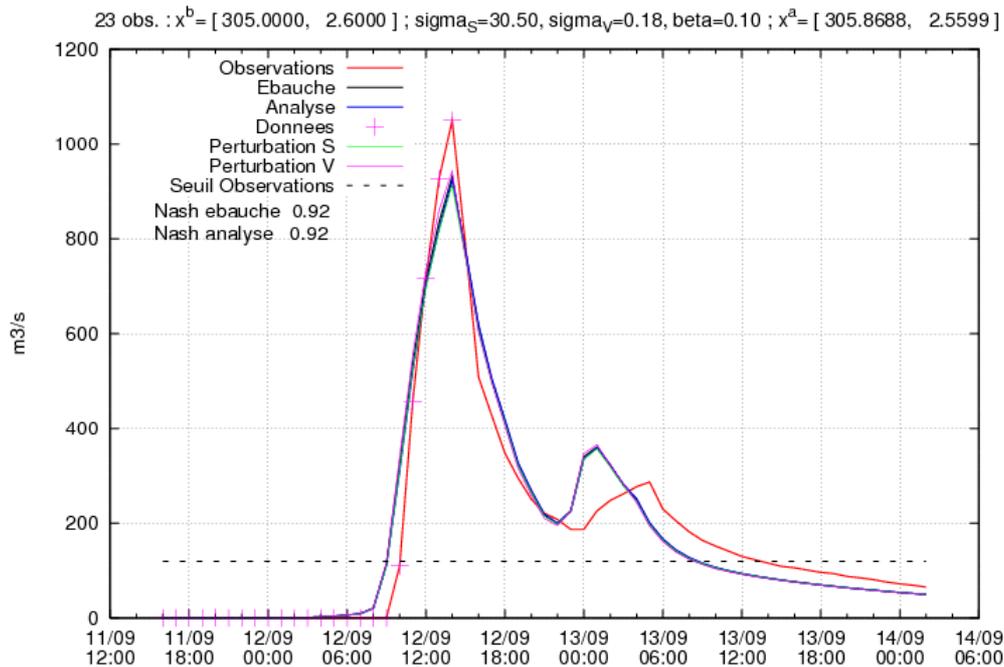
La deuxième observation est en bon accord avec l'ébauche. L'assimilation de deux observations (convergence en une itération) obtient donc un effet comparable à l'assimilation d'une seule observation mais plus modéré.

Assimilation de 3 observations



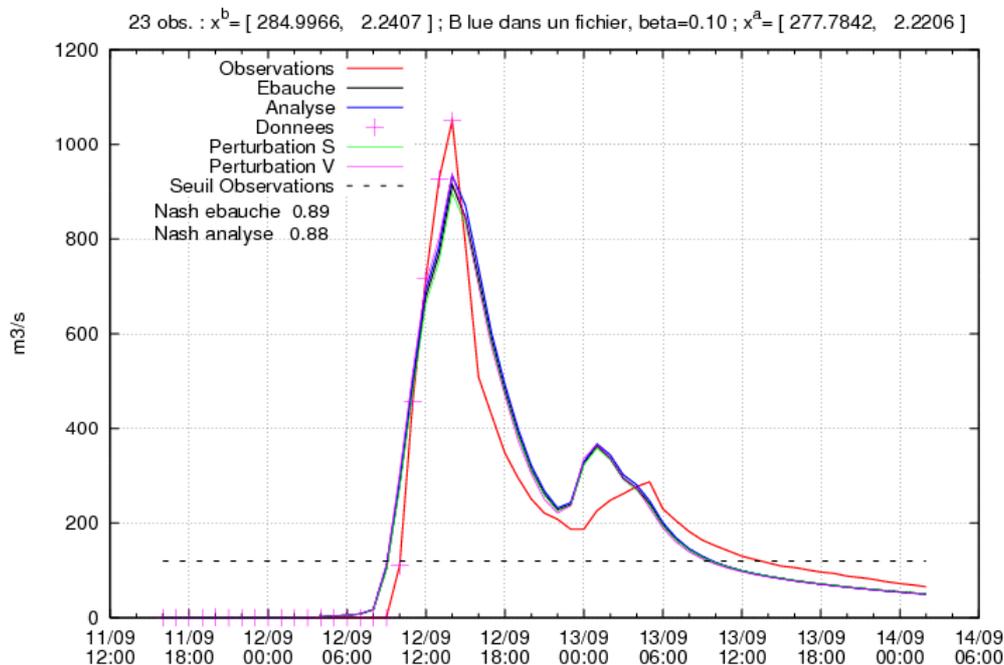
La troisième observation étant plus forte que le correspondant débit prévu, elle tend à compenser la sous-estimation due à la première observation. Convergence en une itération.

Assimilation de 4 observations



La quatrième observation correspond au pic de crue. Cependant, l'analyse (obtenue en une itération) n'estime pas mieux l'amplitude du pic que l'ébauche. Ceci confirme la remarque au sujet du calage automatique.

Assimilation de 4 observations avec plus grand r.m.s.

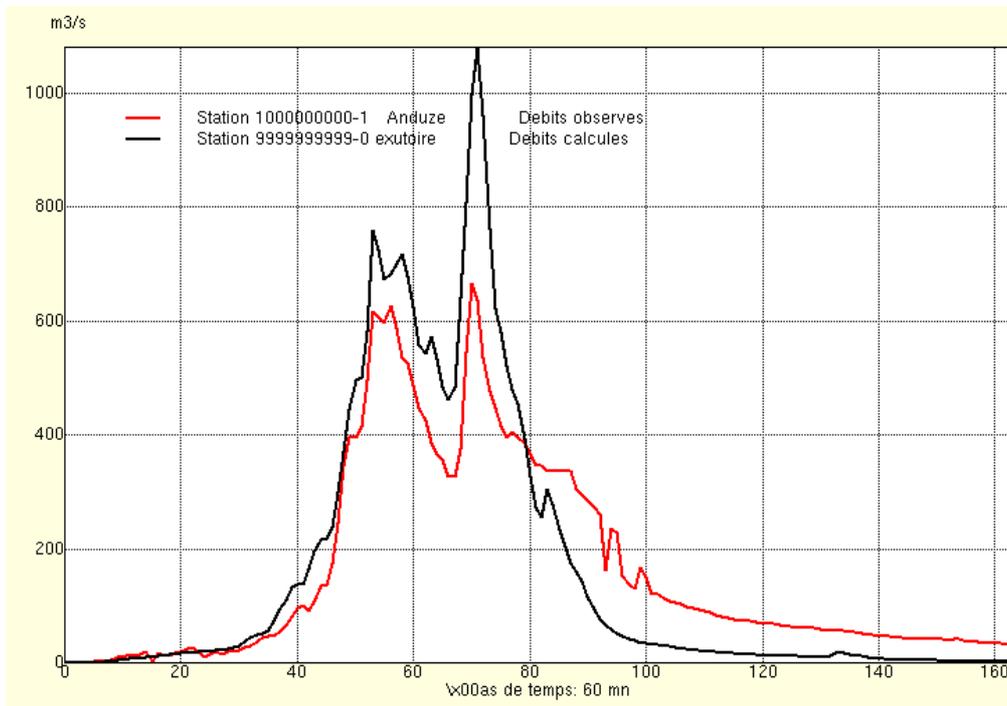


On pourrait être tenté d'affirmer que les variances d'erreur d'ébauche spécifiés dans le cas précédent sont trop petites et que ceci empêche à l'analyse de s'éloigner suffisamment de l'ébauche. Nous avons donc spécifié les écarts type estimés par calage et plus exactement 57mm pour S et 0.93 m/s pour v. L'analyse, obtenue en 2 itérations, donne de pires résultats : en effet, si les observations ne peuvent pas être représentées par le modèle, de trop grandes variance entraînent que l'ébauche soit négligée et le problème mal conditionné et donc le résultat dégradé.

Événement 3 : 02/11/1994

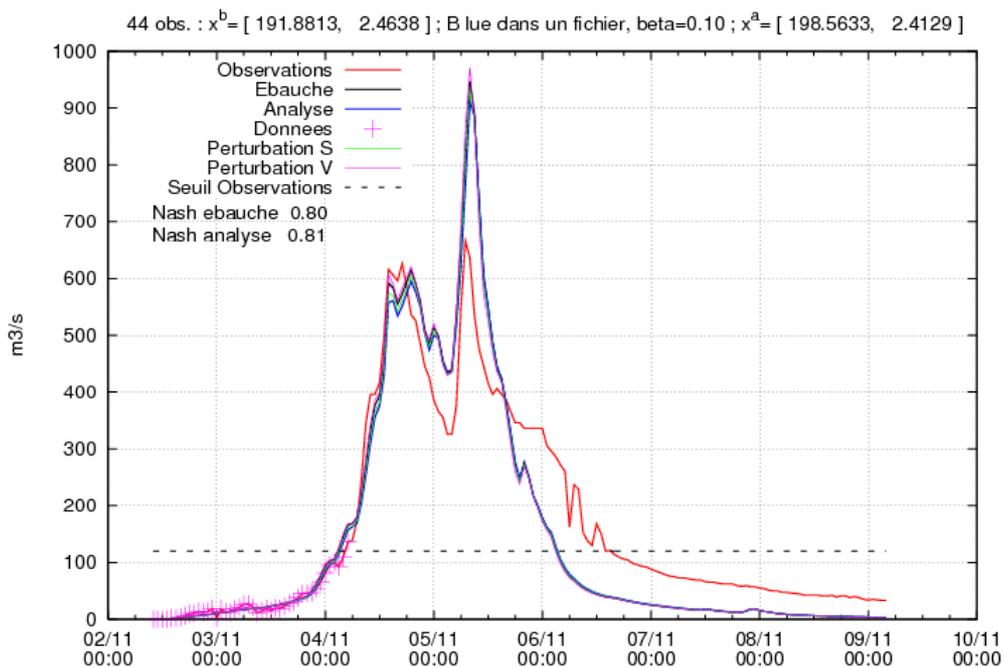
Les observations pour cet événement montrent deux pics de crue d'égale amplitude.

Mercedes avec S_0, v_0



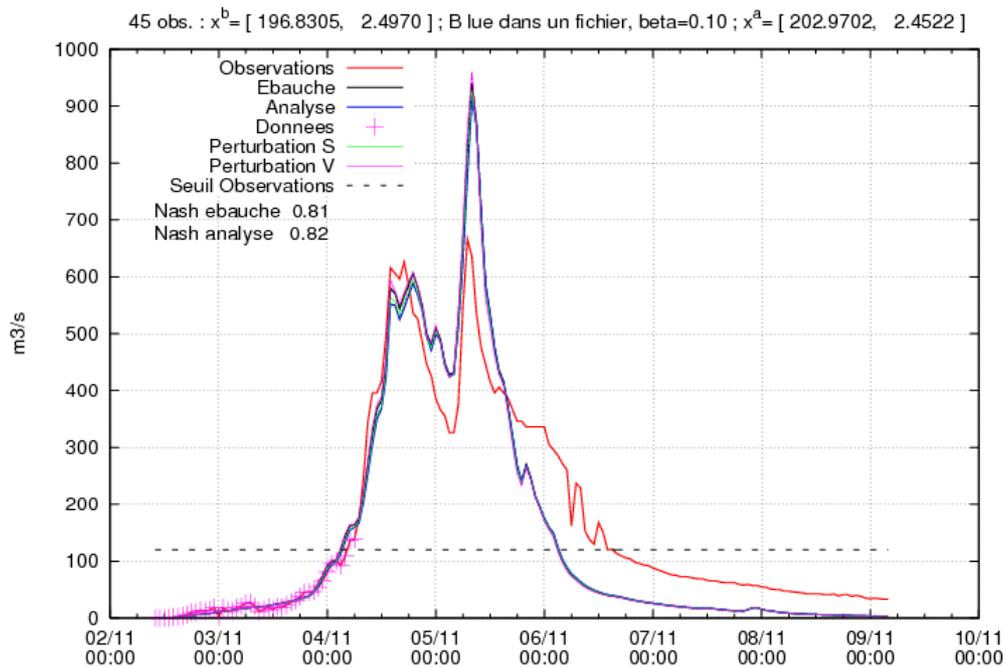
L'ébauche tend à surestimer la totalité de l'événement et en particulier le deuxième pic. Il faut remarquer que les mesures pluviométriques sembleraient être plutôt en accord avec un deuxième pic plus important que celui qui a été observé.

Assimilation de 1 observation



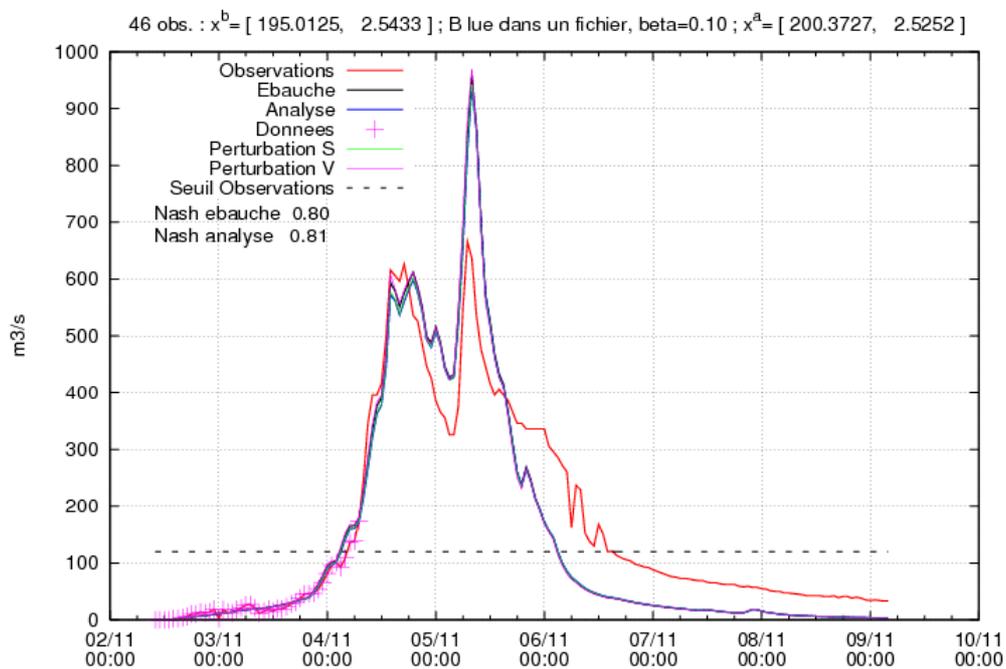
L'assimilation d'une seule observation (en deux itérations) permet de caler le premier pic et de réduire de plus de 100m³/sec la surestimation du deuxième.

Assimilation de 2 observations



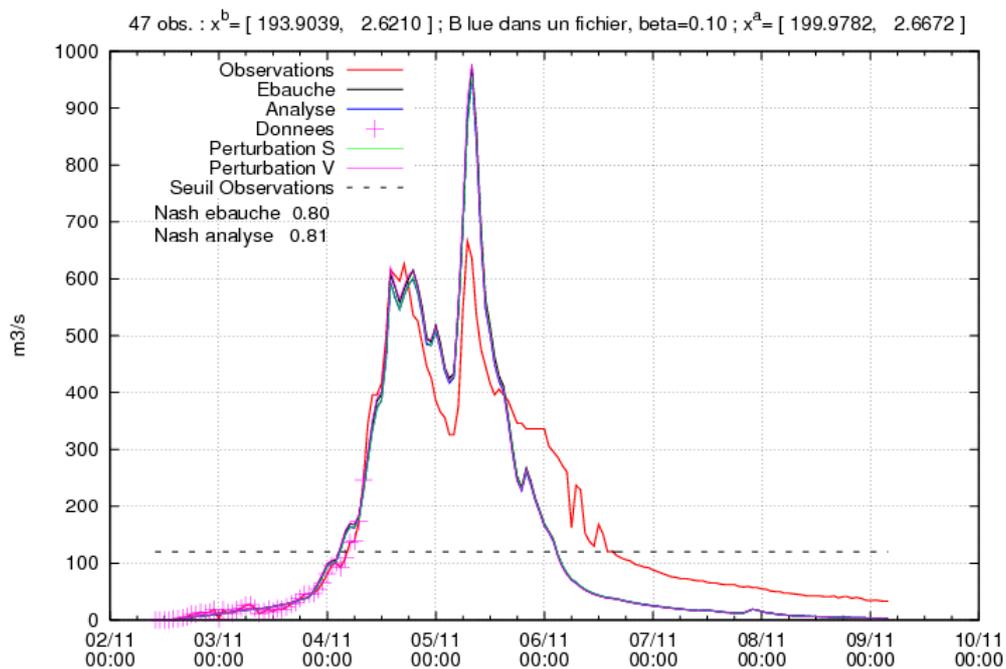
Les observations étant très rapprochées, le résultat ne change pas sensiblement par rapport à l'assimilation d'une seule observation. Convergence en deux itérations.

Assimilation de 3 observations



Les observations étant très rapprochées, le résultat ne change pas sensiblement par rapport à l'assimilation d'une seule observation. Convergence en deux itérations.

Assimilation de 4 observations

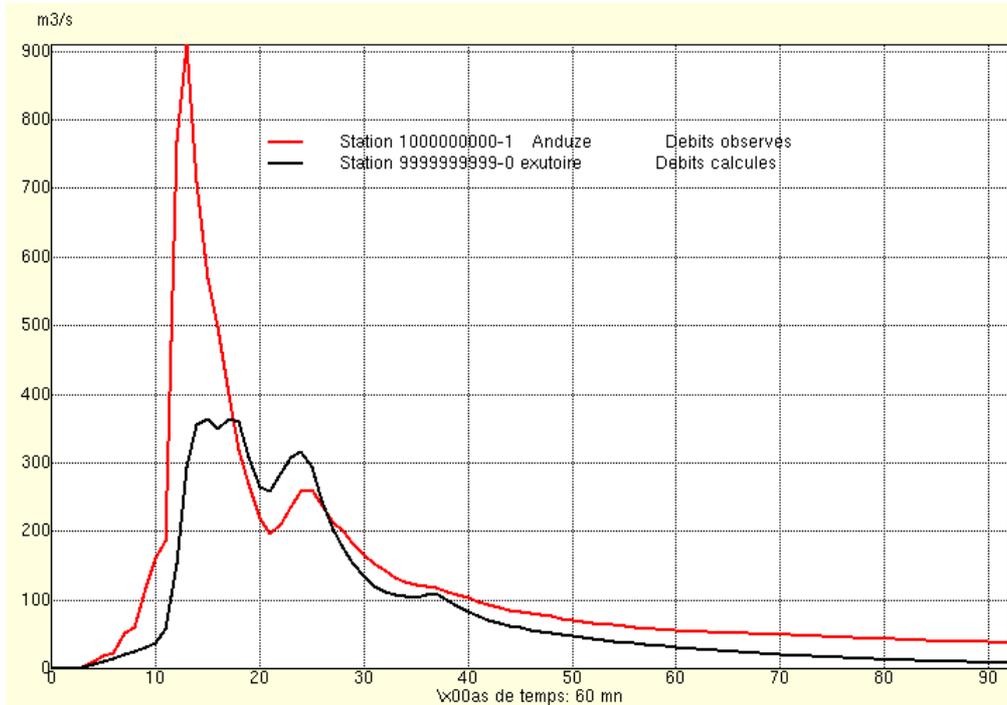


Les observations étant très rapprochées, le résultat ne change pas sensiblement par rapport à l'assimilation d'une seule observation. Convergence en deux itérations.

Événement 4 : 18/09/1995

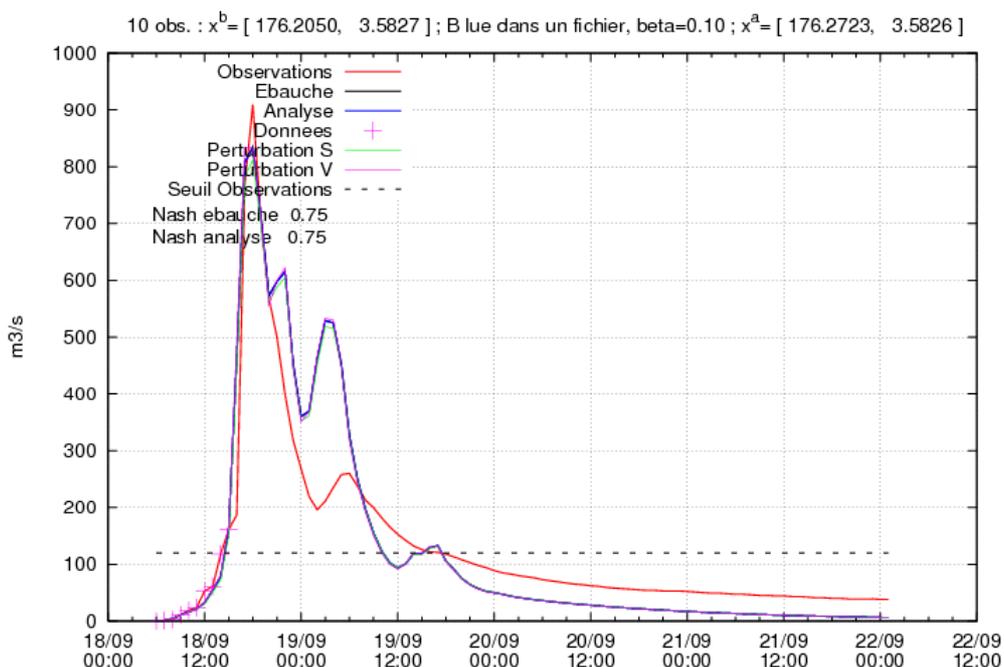
Cet événement présente un pic de crue très rapide pour un mois de septembre, un deuxième petit pic et une lente décroissance.

Mercedes avec S_0, v_0



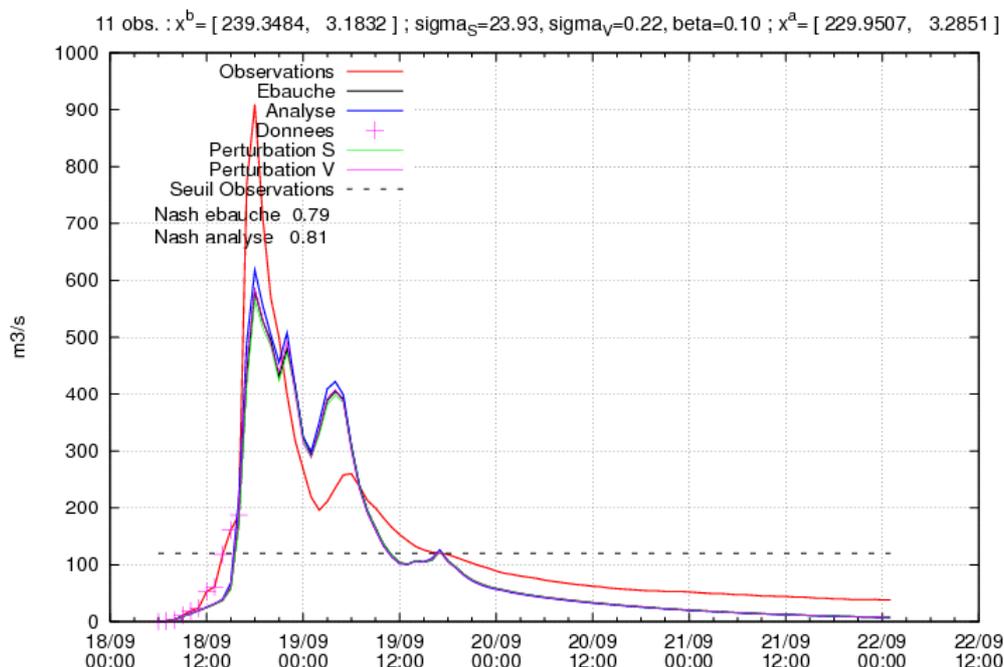
Avec des valeurs climatologiques pour S et v, l'ébauche n'est absolument pas à même de prévoir la crue principale : le pic est sous-estimé d'un facteur 2,5. Il faut remarquer que, à partir de ces valeurs de S et v, le calage de MERCEDES ne sait pas retrouver un bon jeu de paramètres (ni avec prise en compte de toutes les observations, ni avec prise en compte seulement du pic principal).

Assimilation de 1 observation



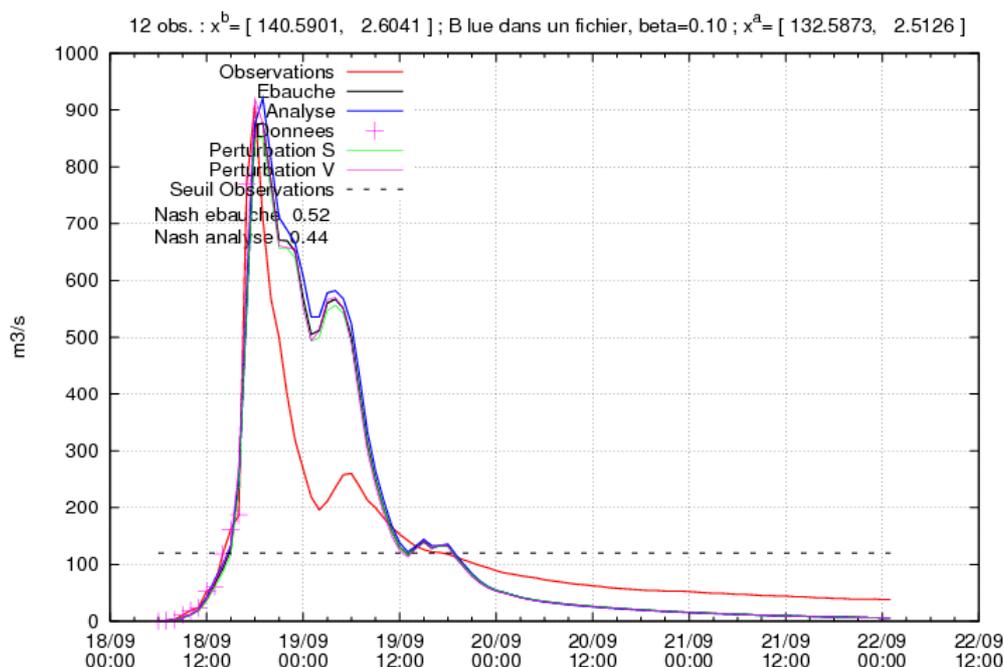
En assimilant une seule observation (5 itérations sont nécessaires en ce cas pour converger), le pic de crue est prévu avec une précision remarquable. Deux pics secondaires apparaissent, mais la qualité de la prévision est globalement très bonne. A noter que les valeurs finales de $S=176.2723$ et $v=3.5826$ sont très éloignées des valeurs climatologiques $S=305$, $v=2.6$.

Assimilation de 2 observations



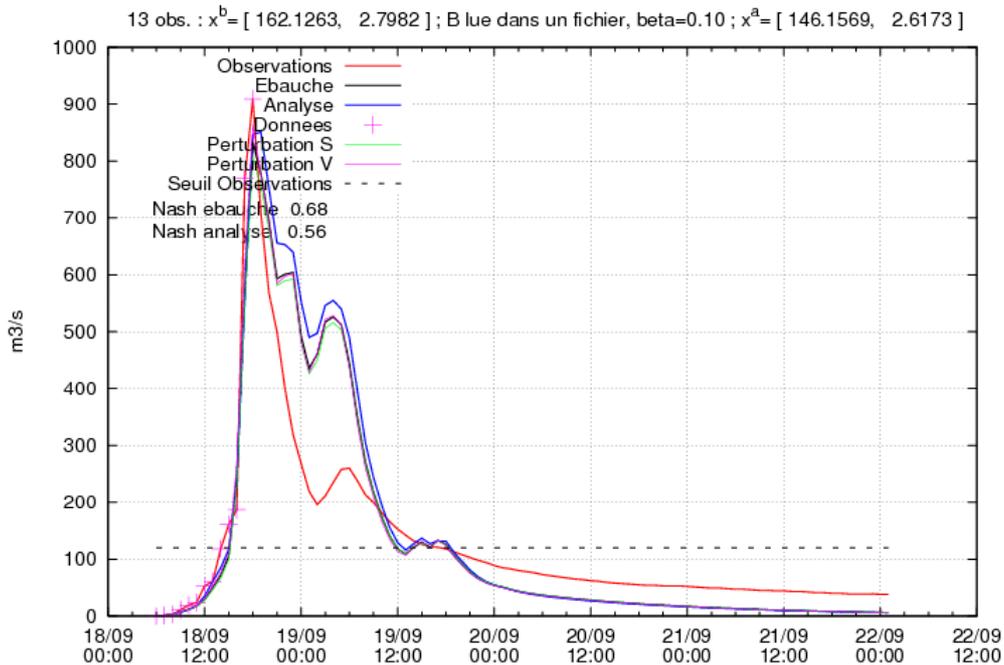
La deuxième observation tombe en correspondance d'une petite flexion du rythme de croissance et se retrouve donc plus près de l'ébauche. L'assimilation converge en deux itérations, mais le résultat a encore tendance à sous-estimer le pic principal, même si avec une amélioration nette par rapport à l'ébauche.

Assimilation de 3 observations



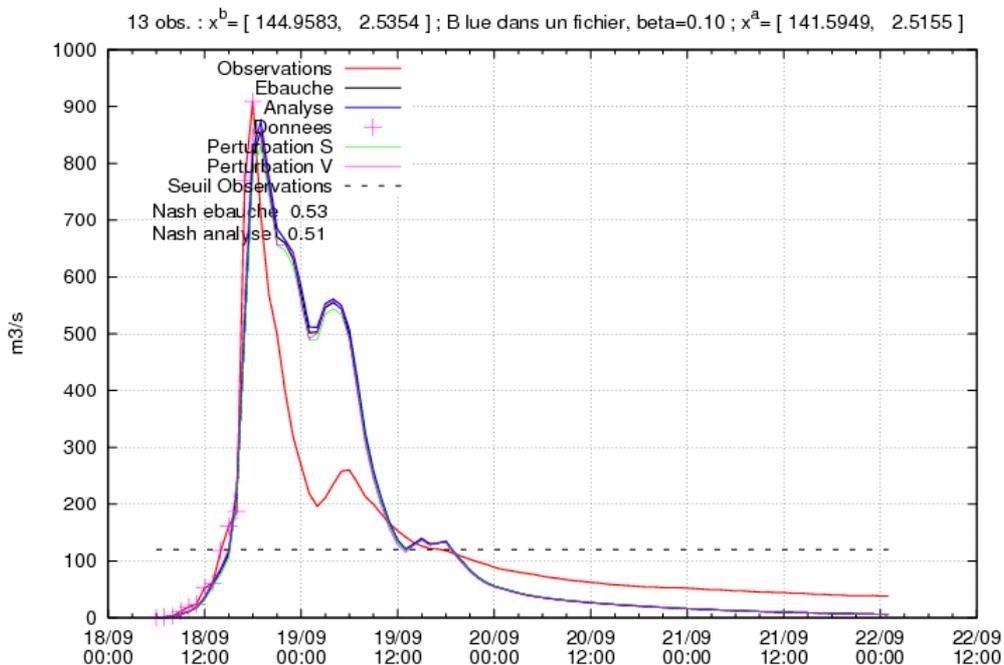
La troisième observation se situe à nouveau sur la pente de la crue. L'assimilation de trois observations converge en quatre itérations et l'estimation du pic est remarquablement précise.

Assimilation de 4 observations



La quatrième observation tombe en correspondance du pic de crue. L'assimilation de quatre observations converge en trois itérations. Le résultat est toujours de très bonne qualité par rapport à l'ébauche.

Assimilation de 4 observations progressivement



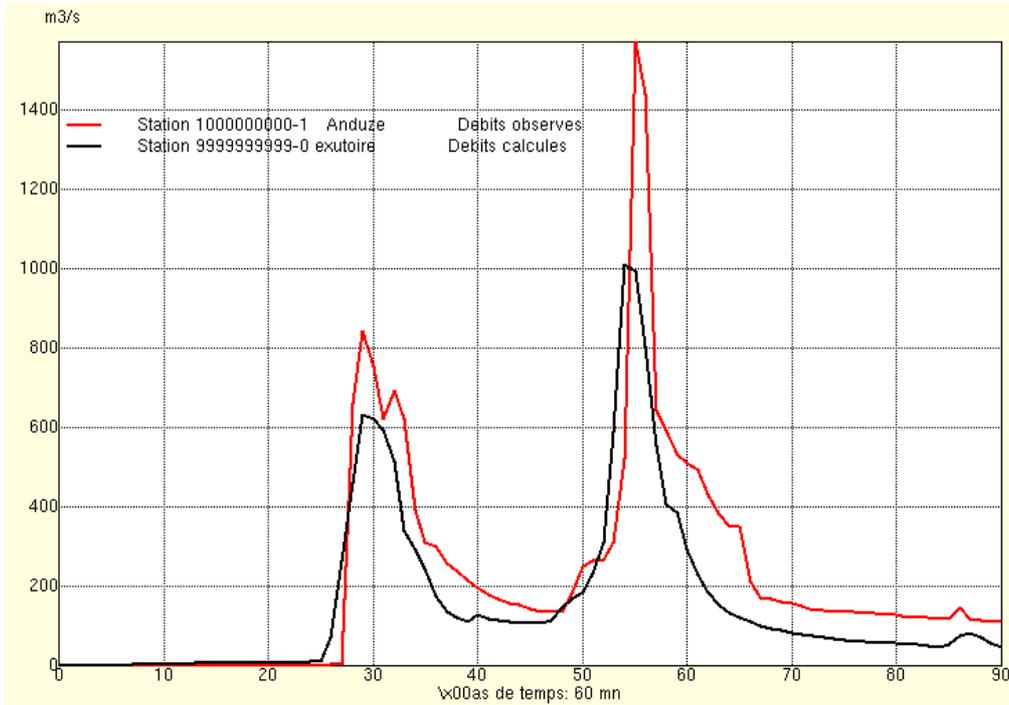
Pour cet événement nous avons simulé une modalité de travail qui pourrait se rapprocher d'une vraie modalité en temps réel. On assimile la première observation dépassant le seuil de 120m3/sec comme dans le cas précédent en 5 itérations. Ensuite, pour assimiler deux observations on prend comme ébauche le résultat de l'assimilation d'une observation ($x^b_2=x^a_1$, $B_2=A_1$) et on converge en 3 itérations, idem pour 3 observations avec $x^b_3=x^a_2$, $B_3=A_2$ et 1 itération et pour 4 observations avec $x^b_4=x^a_3$, $B_4=A_3$ et 1 itération. Une remarque générale : si on néglige l'erreur modèle, les systèmes où l'on itère avec $B_{n+1}=A_n$ ont tendance à imposer de trop petites erreurs d'ébauche et donc, à terme, à négliger les

observations. Trois solutions possibles : introduire une paramétrisation de l'erreur modèle (e.g. $B_{n+1}=A_n$ +termes diagonaux proportionnels au carré de l'ébauche) ; différencier ébauche et background, donc linéariser par rapport à x_n^a , mais prendre x_{n+1}^b climatologique ; itérer comme nous l'avons fait, mais reprendre B calculée avec l'écart type [10%,7%] toute les x heures (x à choisir, conseil : 12 pour commencer)

Événement 5 : 03/10/1995

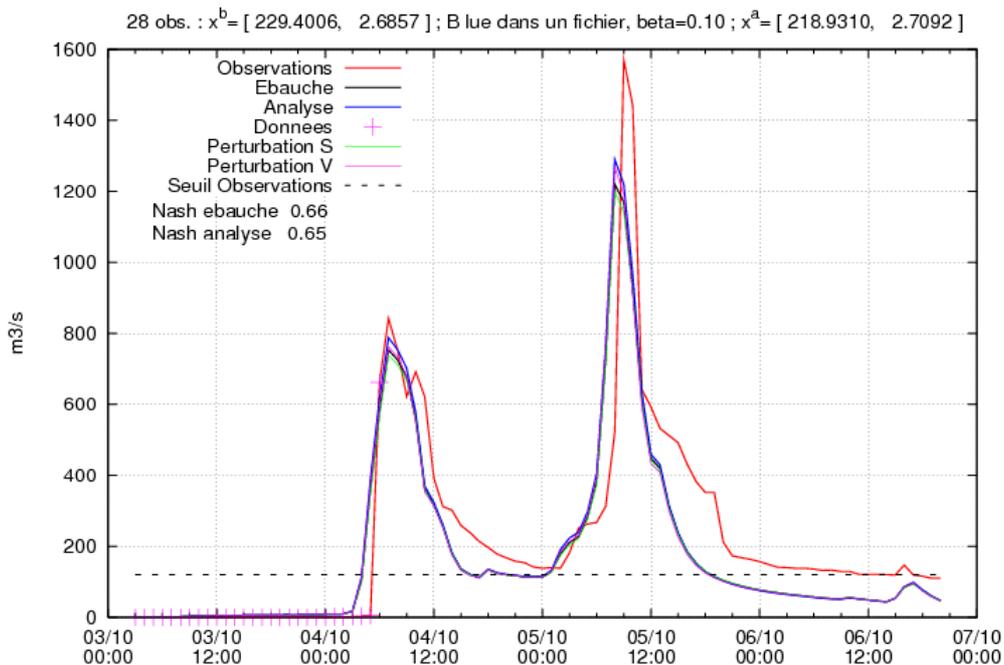
Il s'agit d'un événement avec un premier pic de crue de plus de 800m³/sec suivi d'une décrue et d'un deuxième pic rapide mais important.

Mercedes avec S_0, v_0



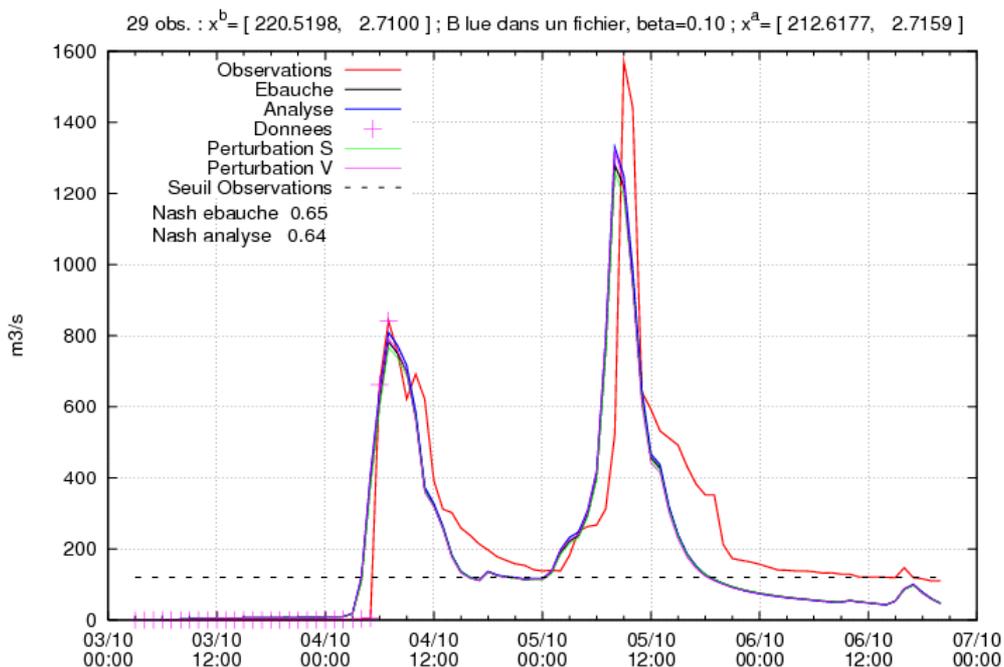
Avec S et v climatologiques, MERCEDES sous-estime les deux pics.

Assimilation de 1 observation



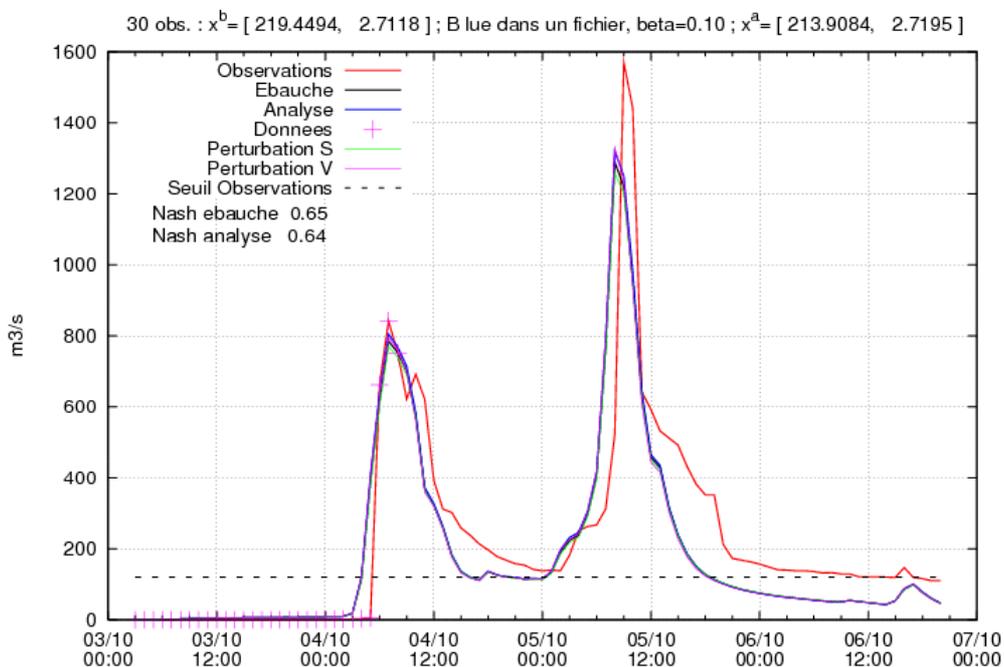
Avec une seule observation assimilée (en 2 itérations) le premier pic est prévue avec très bonne approximation et l'erreur sur le deuxième pic est divisée par 2.

Assimilation de 2 observations



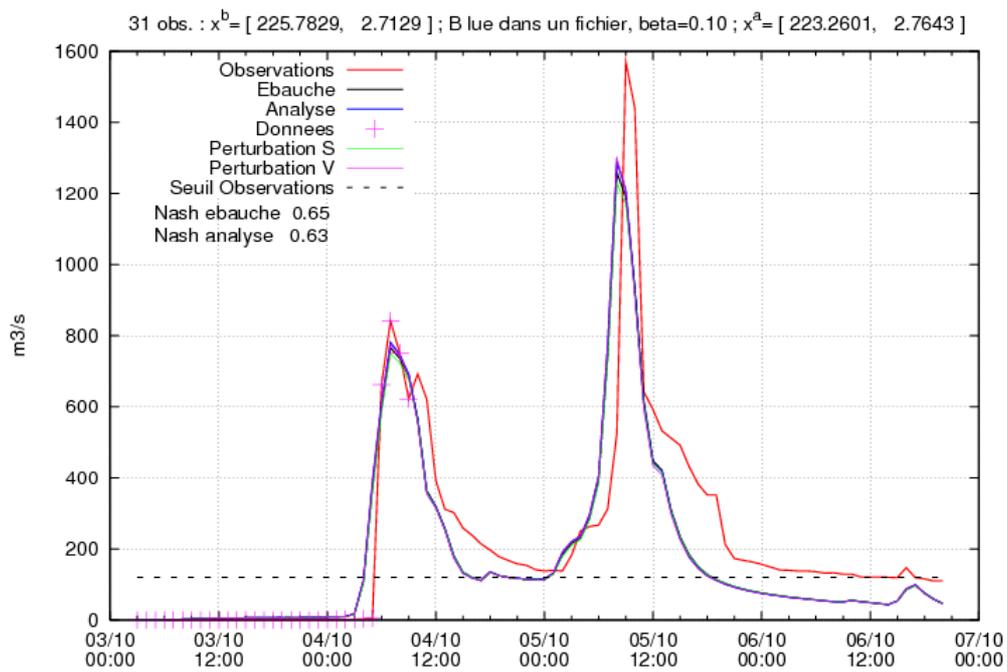
Avec deux observations (assimilées en 3 itérations) le premier pic est observé. L'analyse le reproduit fidèlement et l'erreur sur la prévision du deuxième pic diminue ultérieurement.

Assimilation de 3 observations



L'assimilation de la troisième observation (en 2 itérations) n'apporte pas d'amélioration par rapport à l'assimilation de 2.

Assimilation de 4 observations

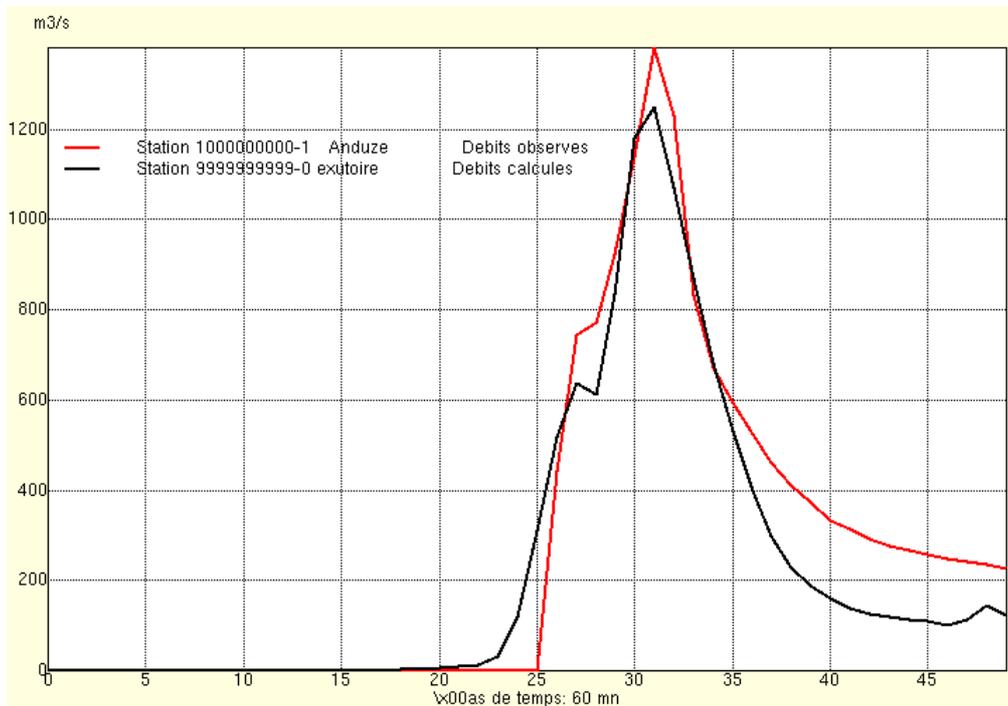


L'assimilation de quatre observations (en 2 itérations) n'apporte pas d'amélioration par rapport à l'assimilation de 2.

Événement 6 : 13/10/1995

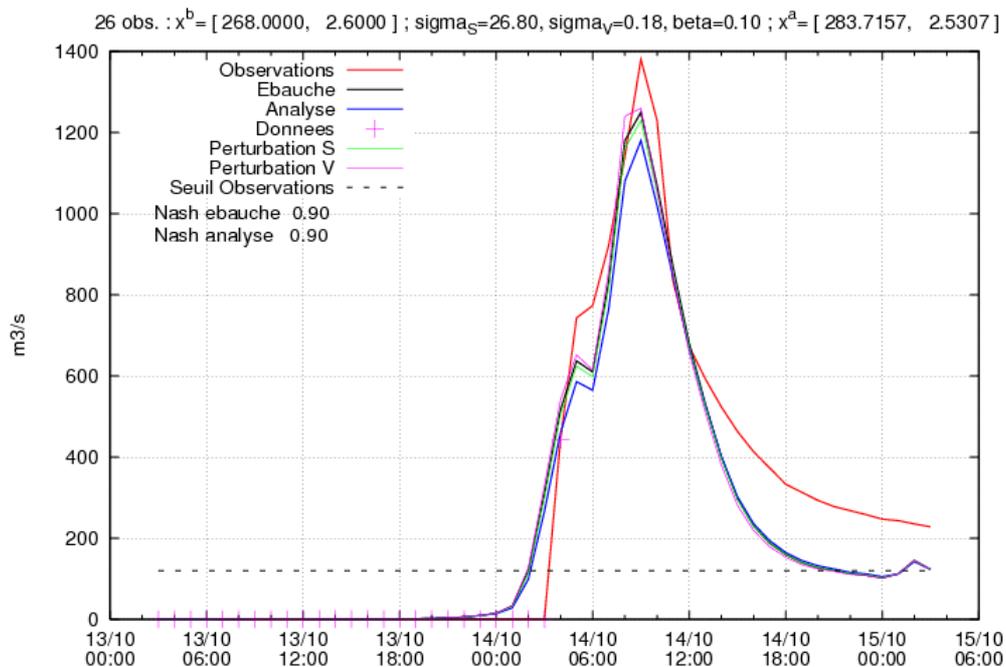
Il s'agit d'un événement relativement court avec un seul pic.

Mercedes avec S_0, v_0



La prévision de MERCEDES avec S et v climatologiques est satisfaisante. La vitesse de montée estimée est plus lente, mais le pic est bien positionné.

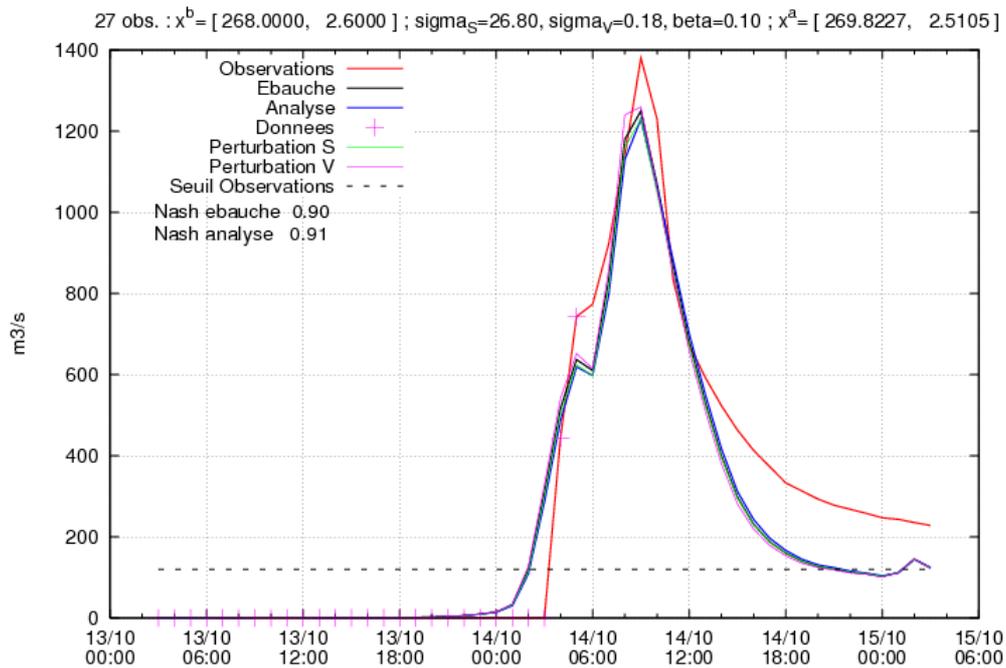
Assimilation de 1 observation



Comme nous avons déjà pu le remarquer, quand la vitesse de montée observée est plus haute que la vitesse simulée, les premières observations risquent de faire baisser la valeur du pic prévu, tout simplement parce que le modèle tend à reproduire une crue plus lente mais en anticipe le

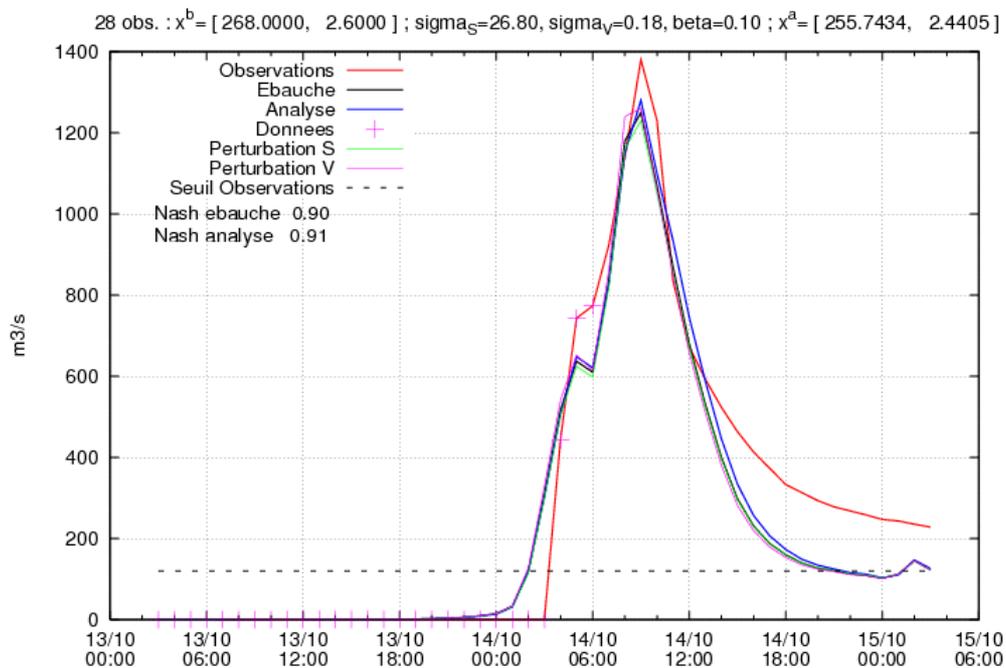
déclenchement, tandis que l'observation tendrait à le retarder. (Convergence en une itération).

Assimilation de 2 observations



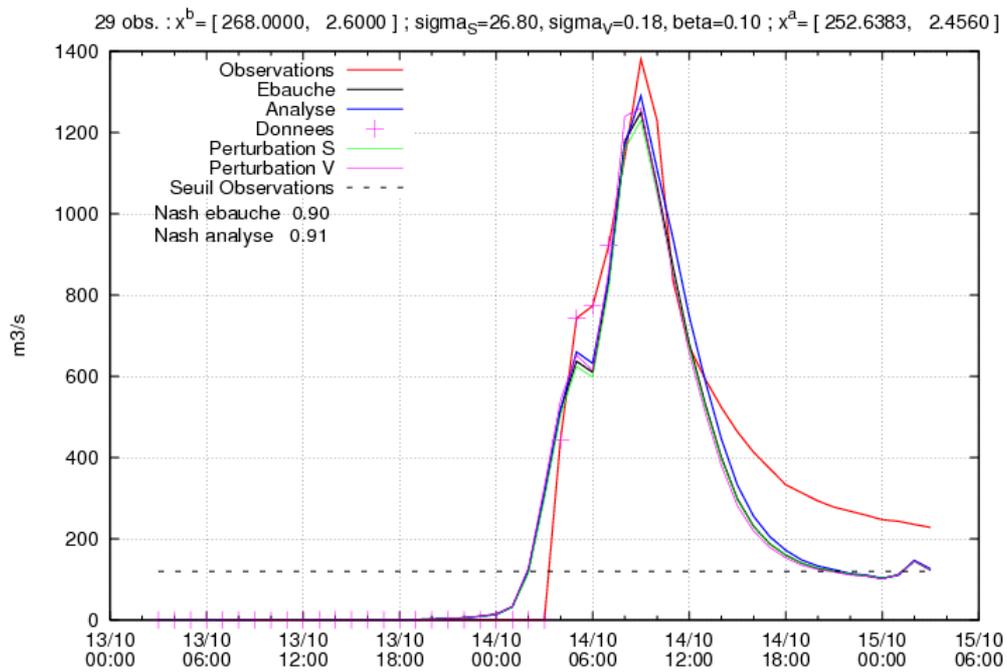
Avec deux observations, assimilées en trois itérations, le résultat s'améliore légèrement par rapport à l'ébauche.

Assimilation de 3 observations



Avec trois observations la sous-estimation du pic est ultérieurement réduite. (Convergence en une itération).

Assimilation de 4 obs

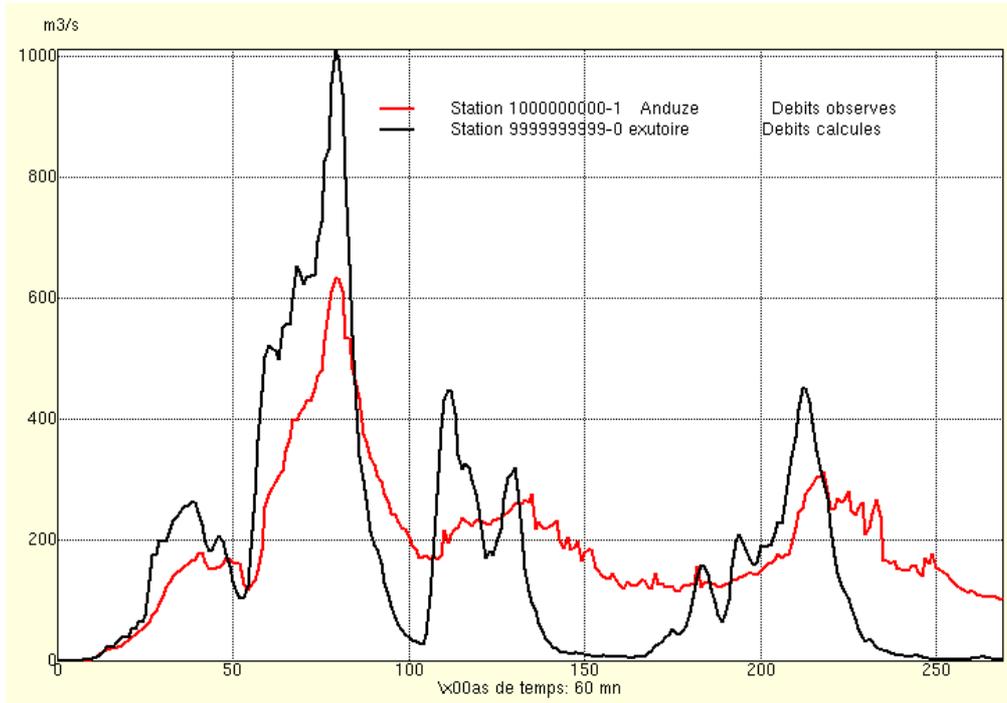


La quatrième observation améliore encore la prévision du pic. (Convergence en une itération).

Événement 7 : 20/01/1996

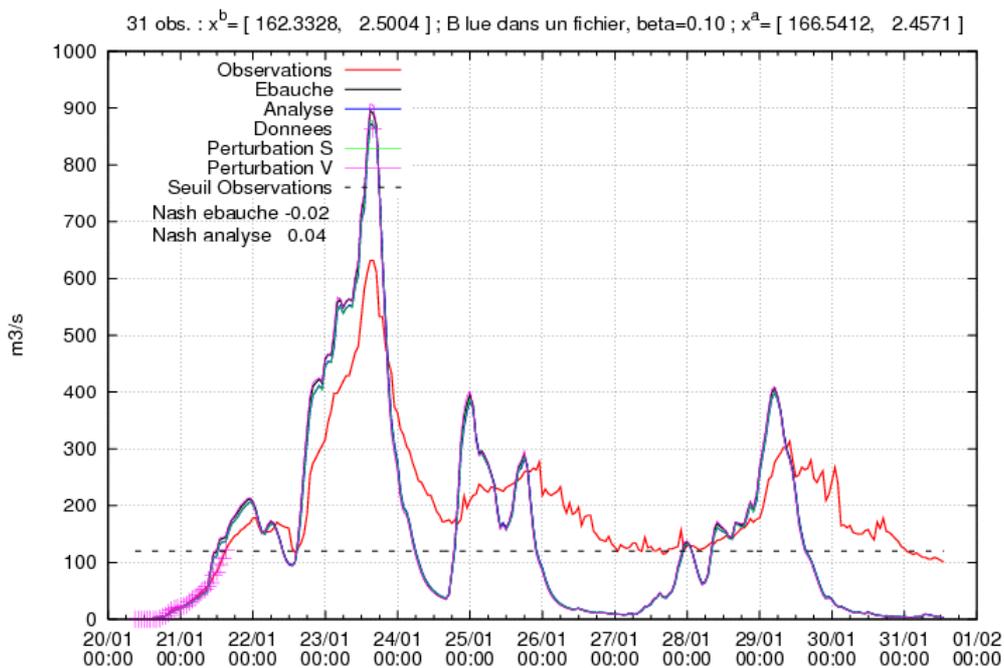
Il s'agit d'un événement très long, avec un premier pic suivi d'un régime avec des variations de différentes fréquences.

Mercedes avec S_0, v_0



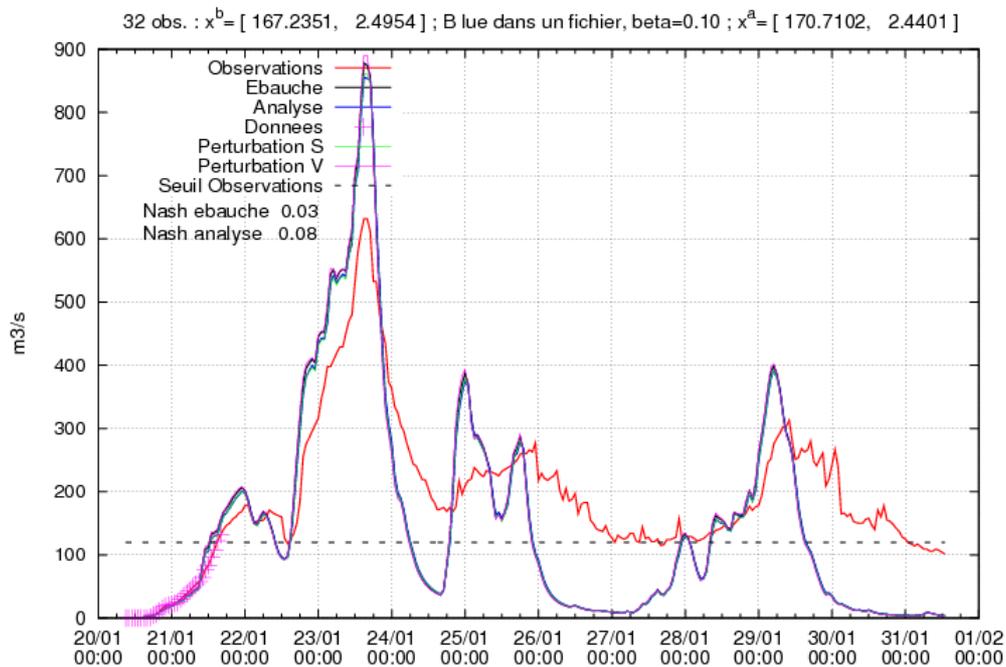
MERCEDES avec valeurs climatologiques tend à surestime le premier pic et à introduire des variations d'amplitude excessives pour la suite de l'événement.

Assimilation de 1 observation



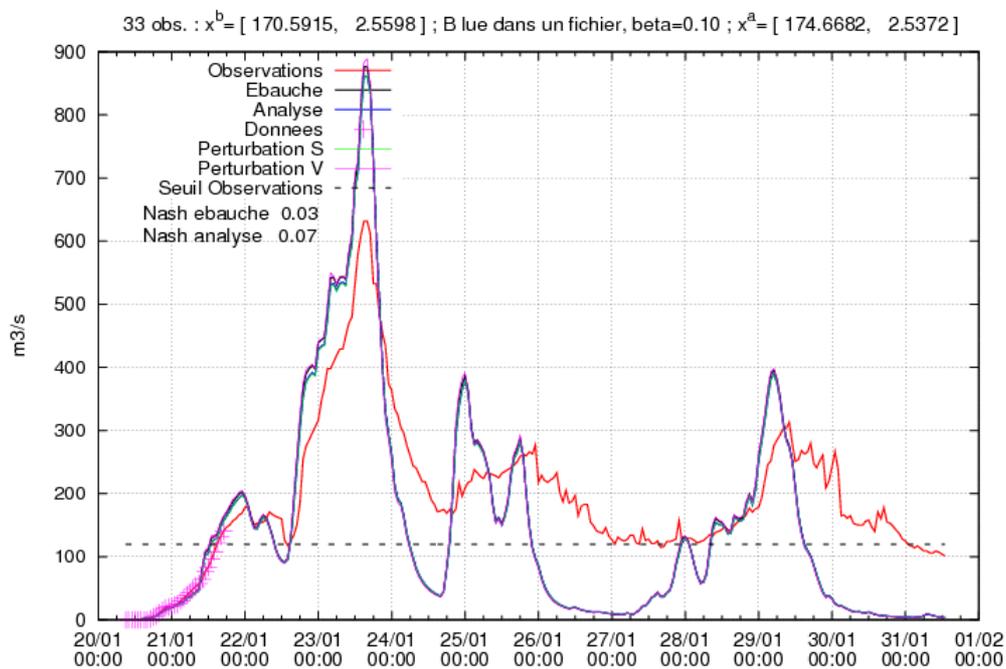
L'assimilation de la première observation (en deux itérations) fait diminuer de 100m³/sec environ la surestimation du premier pic. Elle n'a pratiquement pas d'impact sur la suite de l'événement.

Assimilation de 2 observations



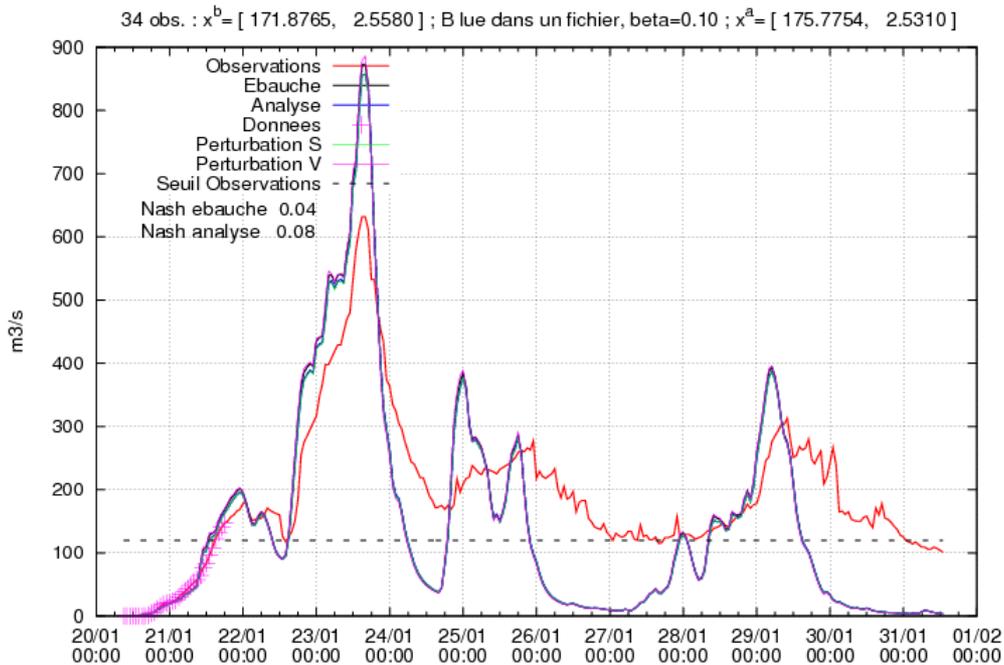
L'événement étant très long, l'assimilation de la deuxième observation (qui converge en deux itérations) n'apporte pas plus de correction que l'assimilation d'une seule observation.

Assimilation de 3 observations



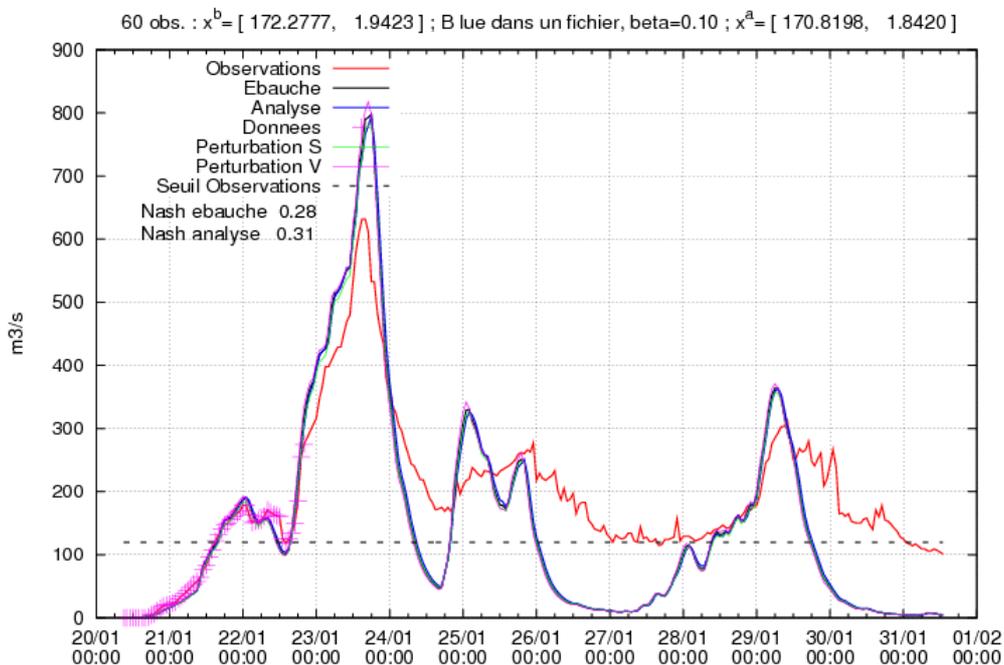
L'événement étant très long, l'assimilation de la troisième observation (qui converge en trois itérations) n'apporte pas plus de correction que l'assimilation d'une seule observation.

Assimilation de 4 obs



L'événement étant très long, l'assimilation de la quatrième observation (qui converge en deux itérations) n'apporte pas plus de correction que l'assimilation d'une seule observation.

Assimilation de 30 obs avec spécificité

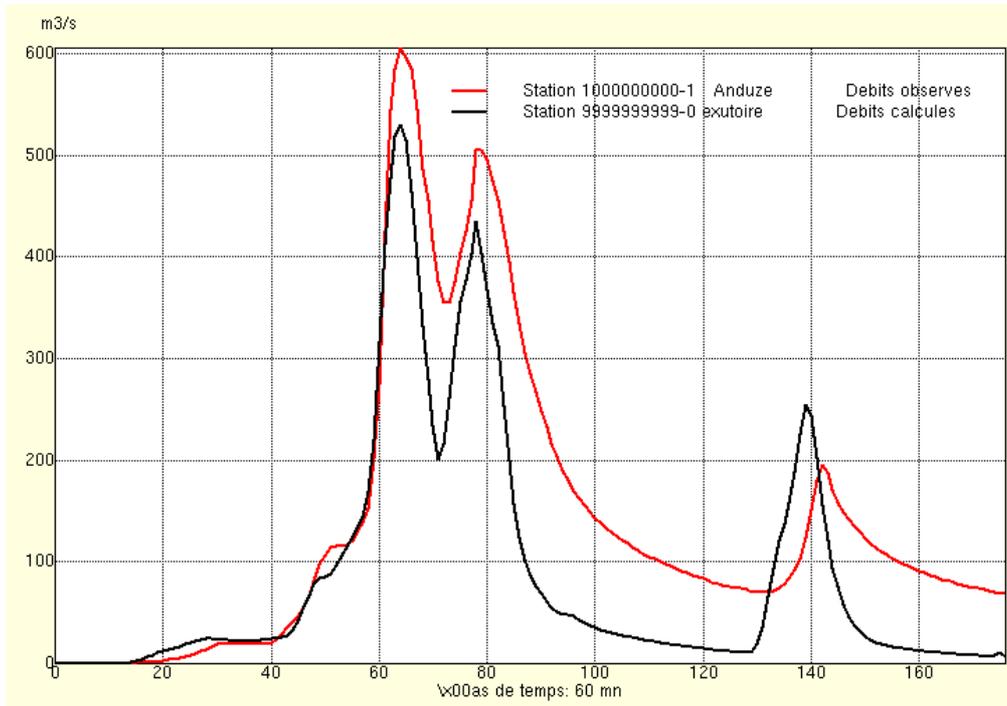


Pour améliorer encore de 100m³/sec l'estimation il faut arriver au moins à l'assimilation de la trentième observation. En regardant la forme de la courbe observée on peut imaginer que, à partir de l'observation suivante, le résultat serait encore plus proche de la réalité en ce qui concerne le premier pic. Pour ce qui est de la suite de l'événement on peut imaginer que le cas étant très long, il faudrait assimiler les observations à partir du 25 janvier en négligeant les observations correspondantes au premier pic si l'on voulait trouver des valeurs de S et v qui permettent de reproduire la queue de l'événement.

Événement 8 : 09/12/2002

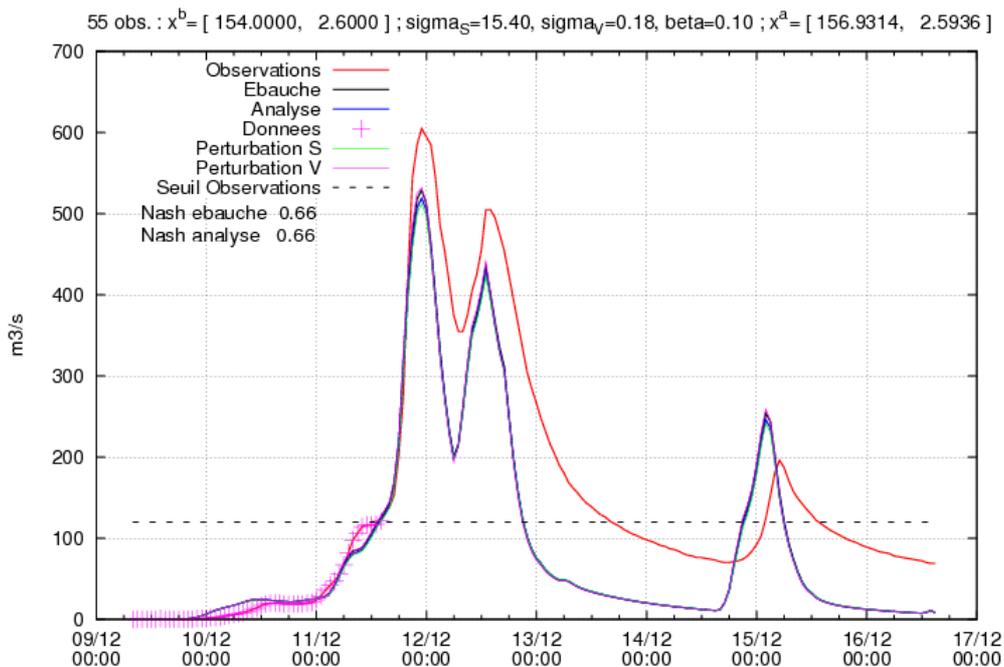
Il s'agit d'un événement avec un premier pic à deux pointes suivi d'un petit pic 5 jours après.

Mercedes avec S_0, v_0



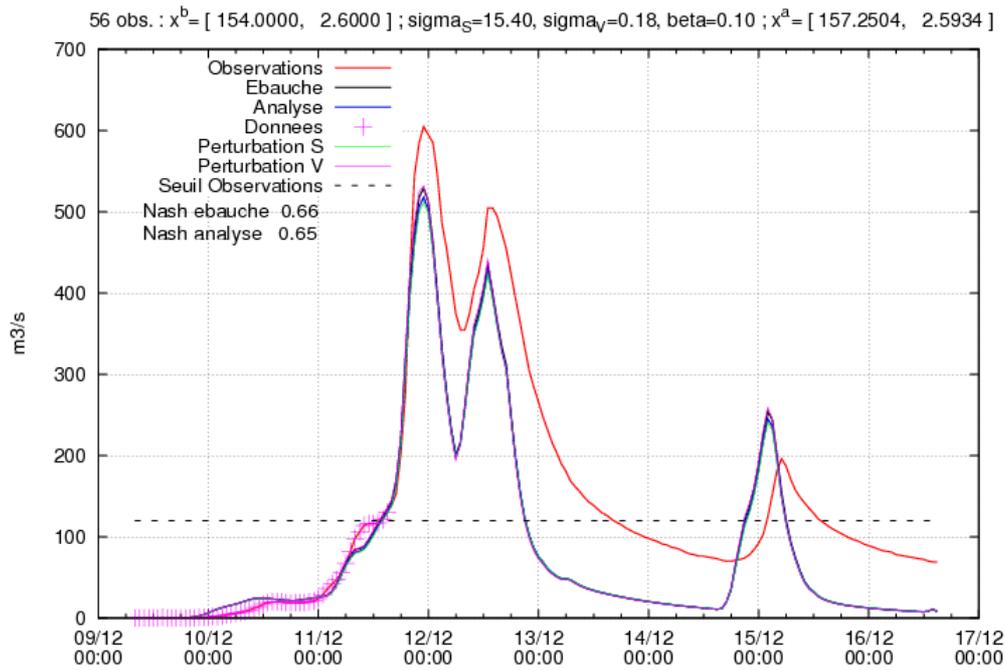
L'ébauche avec les valeurs climatologiques reproduit assez bien l'événement avec une légère sous-estimation des amplitudes des premiers pics.

Assimilation de 1 observation



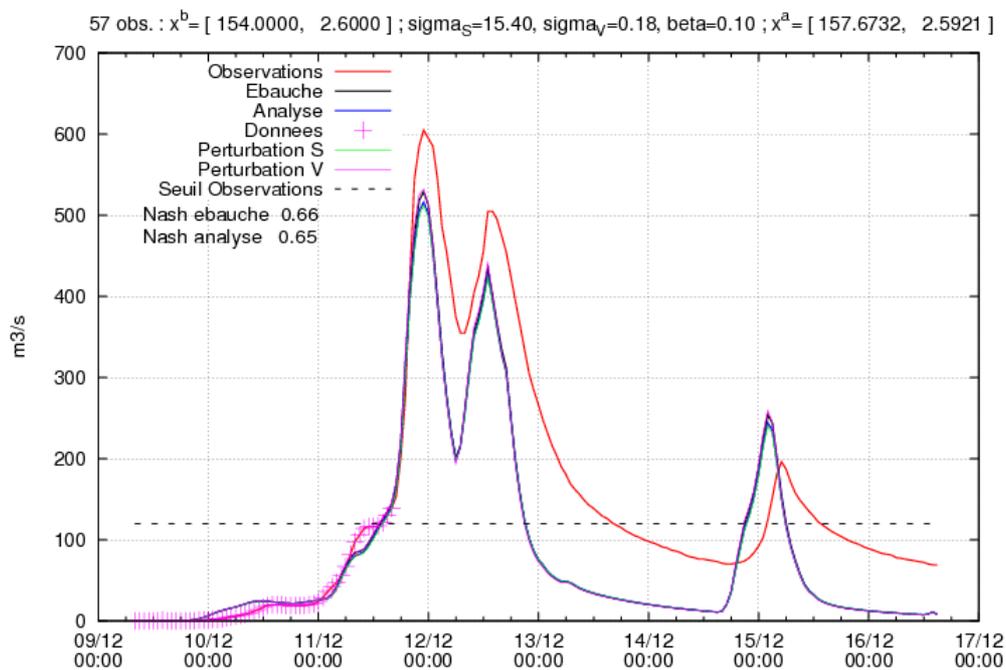
L'assimilation d'une observation (convergence en une itération) ne change presque pas la prévision.

Assimilation de 2 observations



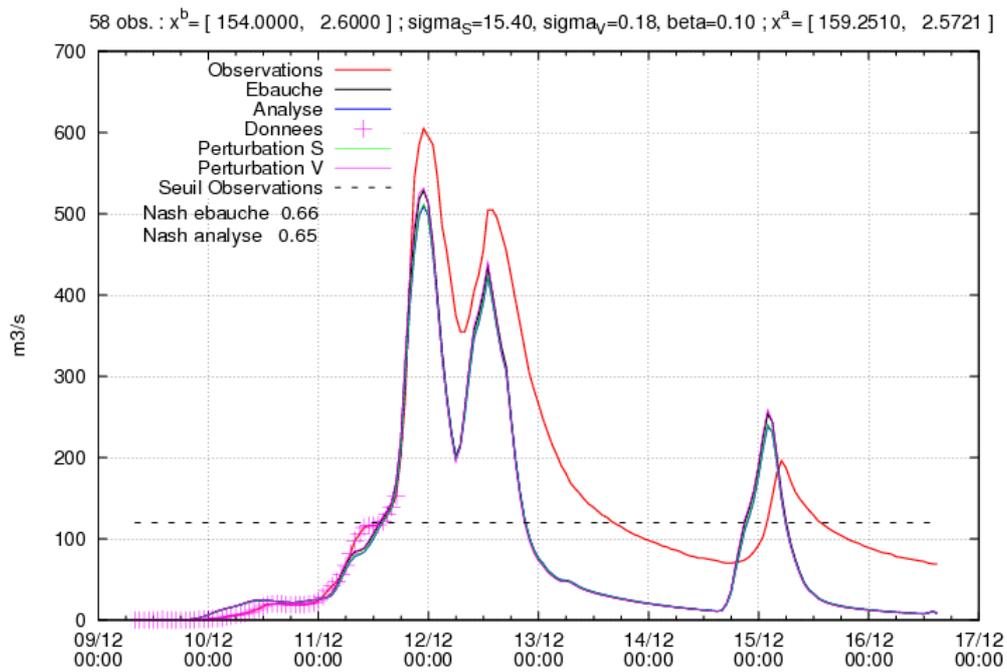
L'assimilation de deux observations (convergence en une itération) ne change presque pas la prévision.

Assimilation de 3 observations



L'assimilation de trois observations (convergence en une itération) ne change presque pas la prévision.

Assimilation de 4 obs

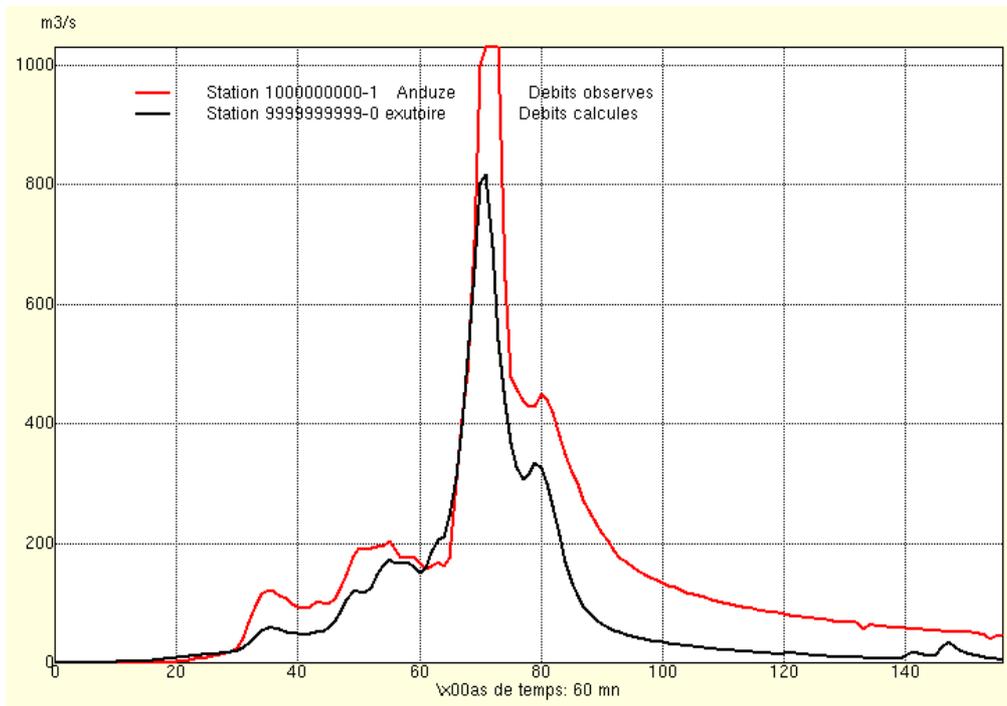


L'assimilation de quatre observations (convergence en une itération) ne change presque pas la prévision.

Événement 9 : 21/11/2003

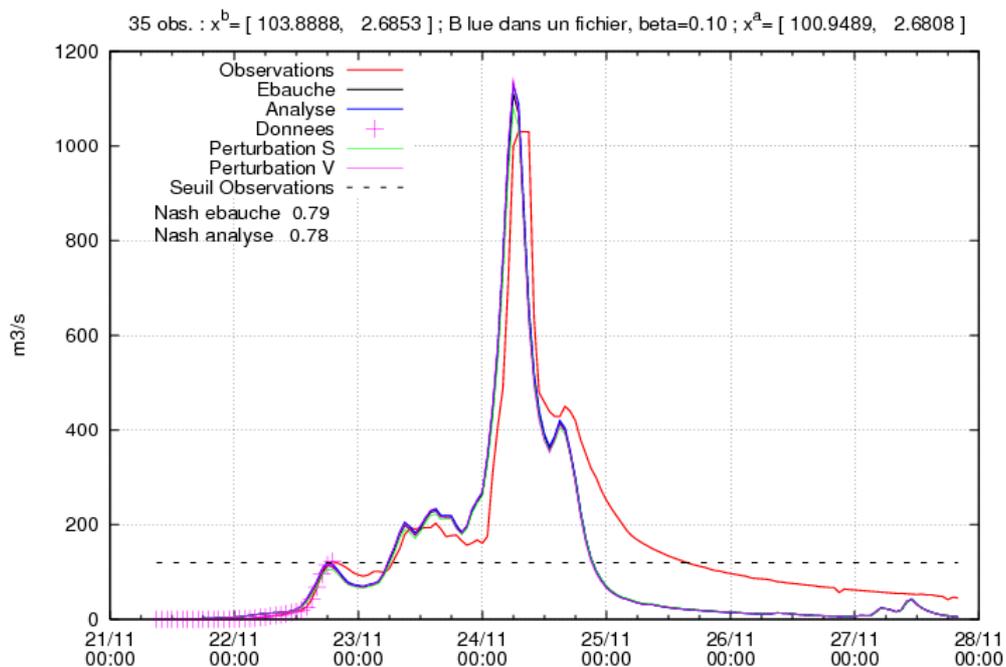
C'est un événement avec un seul pic et une vitesse de montée relativement basse.

Mercedes avec S_0, v_0



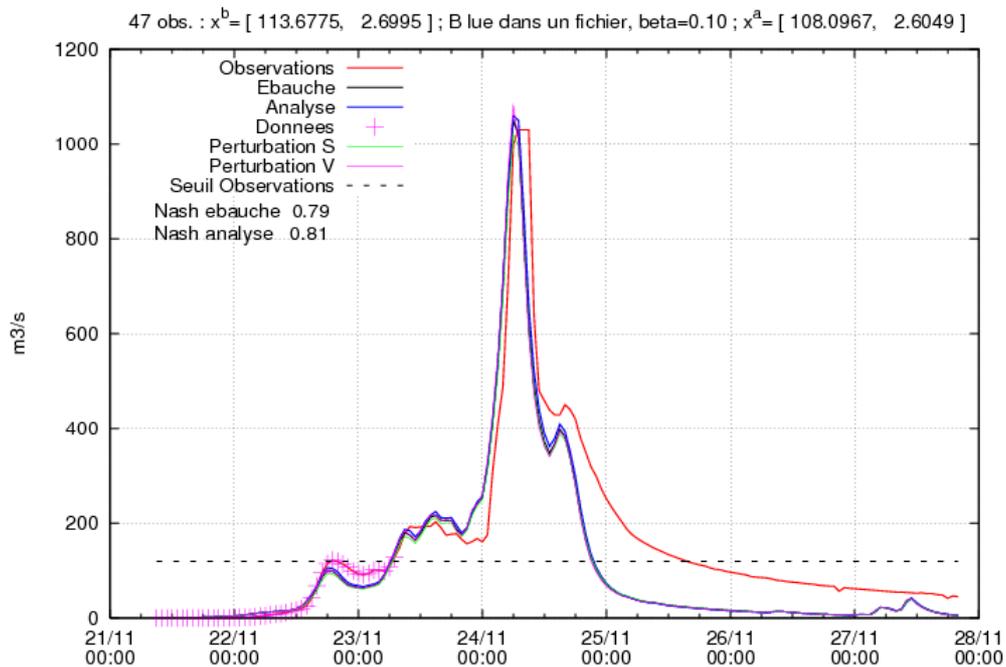
Avec les valeurs climatologiques de S et de v le pic est bien positionné, mais son amplitude est sous-estimée de plus de 200m³/sec.

Assimilation de 1 observation



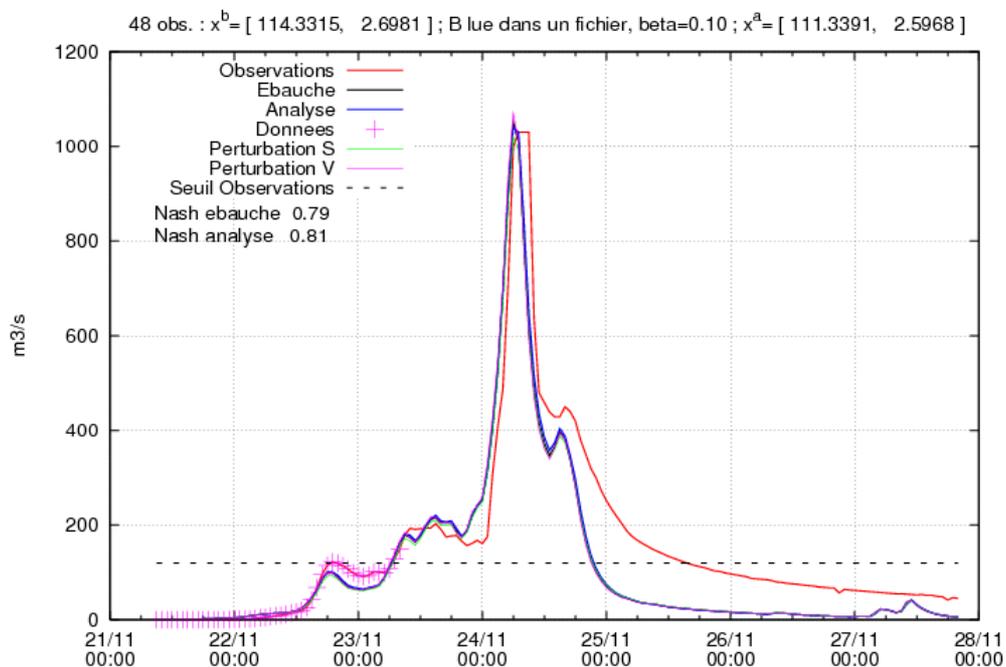
Il suffit d'assimiler une seule observation (convergence en trois itérations) pour obtenir une bien meilleure estimation du pic.

Assimilation de 2 observations



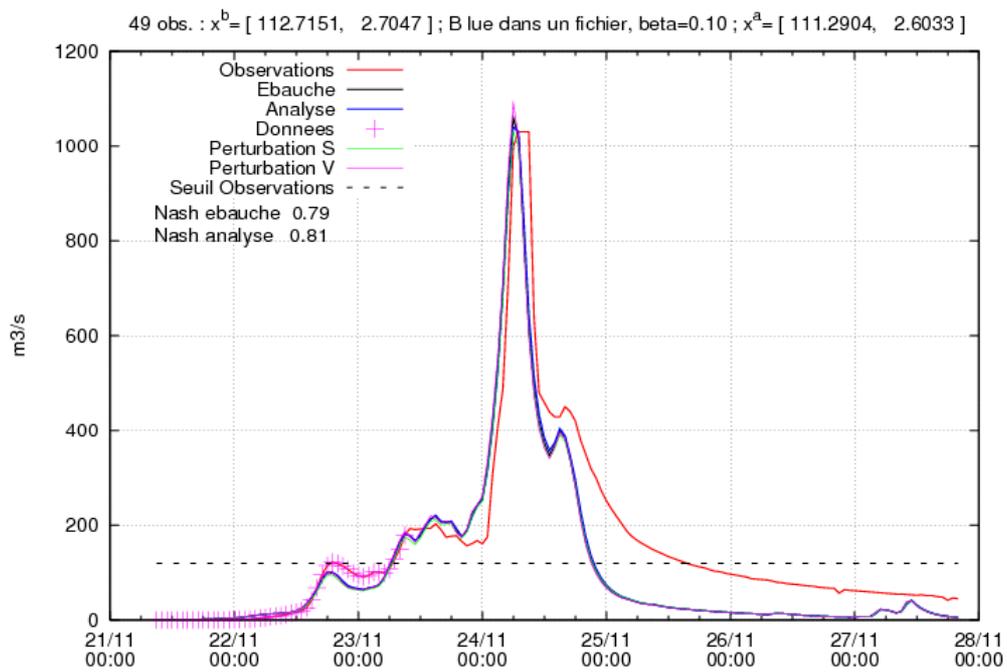
La deuxième observation qui dépasse le seuil de 120m³/sec arrive 12 heures après la première car le débit observé présente une flexion. L'assimilation converge en deux itérations avec une très bonne prévision du pic 36 heures plus tard.

Assimilation de 3 observations



L'assimilation de trois observations (convergence en deux itérations) confirme le résultat obtenu avec deux observations.

Assimilation de 4 obs

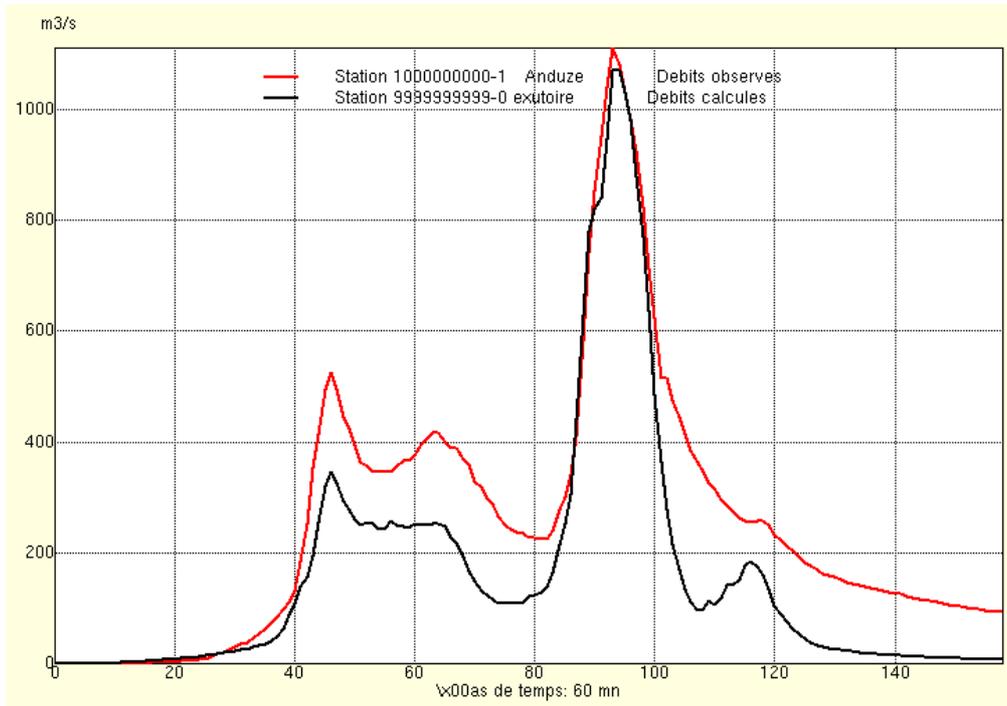


L'assimilation de quatre observations (convergence en deux itérations) confirme le résultat obtenu avec deux observations.

Evénement 10 : 29/11/2003

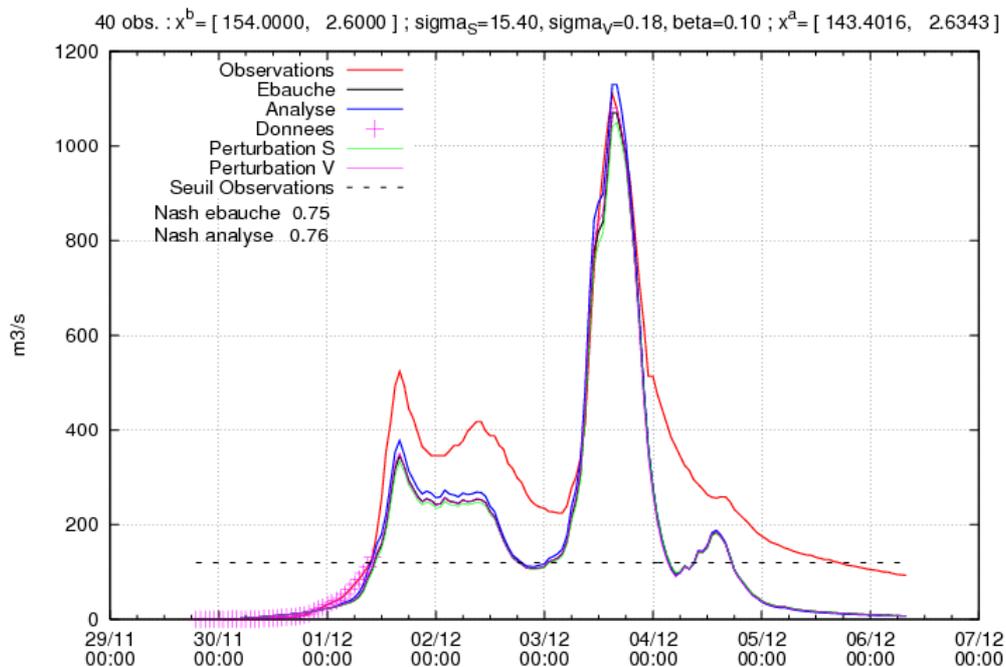
Il s'agit d'un événement avec un premier pic modéré, suivi d'une lente décroissance et d'un pic principal très net.

Mercedes avec S_0, v_0



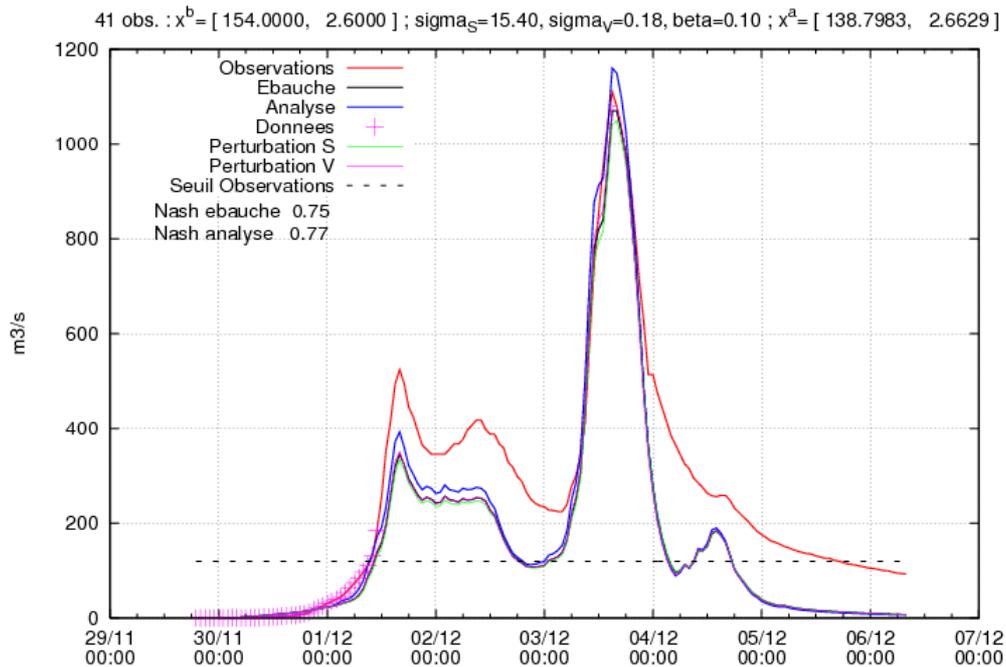
Avec les valeurs climatologiques MERCEDES sait prévoir avec une très bonne précision le pic principal, mais sous-estime le premier pic d'environ 200m³/sec.

Assimilation de 1 observation



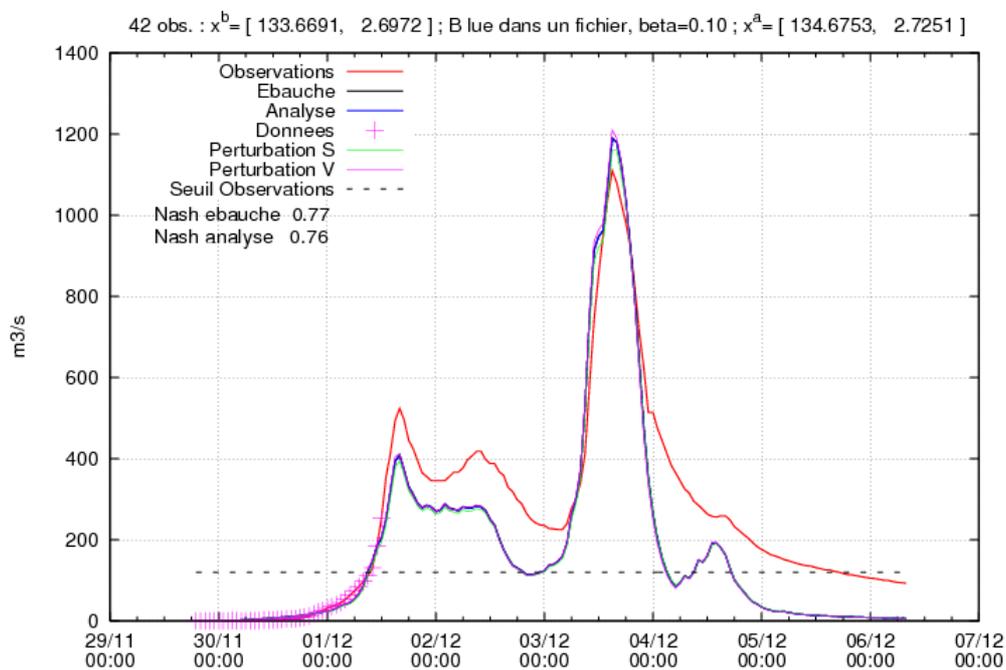
En une itération, l'assimilation d'une seule observation arrive à augmenter des quelques m³/sec l'estimation du premier pic, sans apporter un vrai changement,

Assimilation de 2 observations



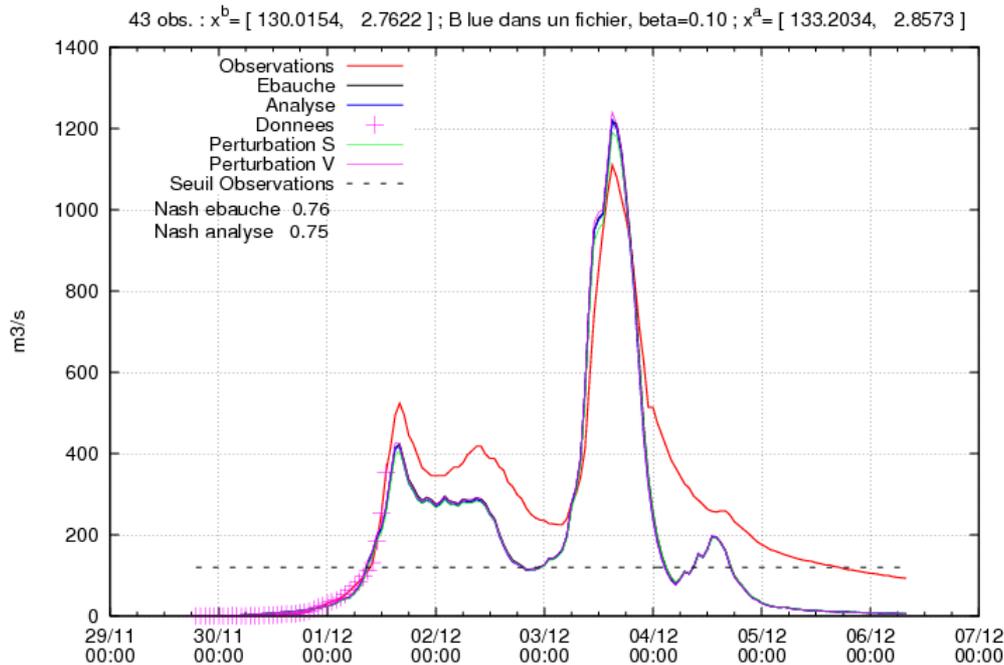
Avec deux observations (convergence en une itération), l'amélioration commence à être appréciable.

Assimilation de 3 observations



L'assimilation de trois observations (convergence en deux itérations) améliore ultérieurement l'estimation du premier pic, mais le pic principal en résulte légèrement surestimé.

Assimilation de 4 obs



L'assimilation de quatre observations (convergence en deux itérations) confirme la capacité à améliorer la prévision du premier pic, au dépens d'une surestimation du pic principal.

Conclusions

Les résultats sont très encourageants : si la qualité de l'ébauche est satisfaisante, l'assimilation ne dégrade jamais la prévision et, au contraire, elle apporte une nette amélioration pour les événements du 2 novembre 1994, du 18 septembre 1995, du 3 octobre 1995 du 20 janvier 1996 et du 21 novembre 2003.

Sur tous les événements, le calage par simplex ne donne pas de meilleurs résultats tout en prenant en compte la totalité des observations.

Les écarts type fournis avec les valeurs climatologiques de S et v résultent être nettement surestimés. Nous avons pu obtenir de bons résultats avec une estimation des écarts type en pourcentage de l'ébauche, mais de meilleures estimations statistiques pourraient améliorer la qualité de l'assimilation. En alternative, des procédures basées sur les incréments d'assimilation et sur les simulations d'ensemble, couramment utilisées dans d'autres domaines d'assimilations peuvent être adaptées à l'hydrologie.

Cette validation a été effectuée en modalité pluie parfaite. Il faudrait établir un protocole d'évaluation en modalité pluie prévue. Les résultats montrés pour la démonstration du 21 octobre 2008 n'utilisaient que deux pluviomètres en position décalée et donnent une indication encourageante.

Pour l'instant nous avons utilisé les débits observés à l'exutoire aussi bien comme données à assimiler que comme données de validation. Il faudrait utiliser des jeux d'observations indépendantes (autres débitmètres) pour la validation.

RAPPORT TECHNIQUE :

Maquette d'assimilation de données
sur le code ATHYS.

Mise en place et utilisation des boucles externes
de l'algorithme du BLUE.

Stage 2^{ème} année ENSEEIHT Thomas WATIOTIENNE

Juillet-Aout 2009

Encadré par :

O. Thual (CERFACS/INP) et S. RICCI (CERFACS)

1) Introduction

Dans le cadre d'un stage d'une durée de deux mois, j'ai travaillé sur la maquette d'assimilation de données sur le code ATHYS, dans le cadre du contrat entre le CERFACS et le SCHAPI. Durant ces deux mois, des évolutions de la maquette ont été réalisées, ainsi que quelques tests.

Le cadre de l'étude est l'assimilation de données de débits pour la correction des paramètres modèles S et V, respectivement le stock (imperméabilité) et la vitesse du ruissellement de l'eau dans le sol.

Notre objectif est de montrer que l'assimilation de débits observés permet d'identifier une analyse (S^a , V^a) des paramètres permettant de représenter les débits observés Y^0 . On cherche donc (S^a , V^a) tels que $Y^0=H(S^a,V^a)$, où H représente l'intégration du modèle physique ATHYS.

Il existe une incertitude notable sur les paramètres S et V, néanmoins, on souhaite, grâce à l'assimilation de données, être en mesure d'identifier (S^a , V^a), quelque soit la connaissance disponible sur S^b et V^b . On note S^b et V^b les valeurs a priori du stock et de la vitesse de ruissellement. Ces valeurs peuvent provenir de climatologies mensuelles, annuelles ou de toute autre source d'information plus ou moins fiable.

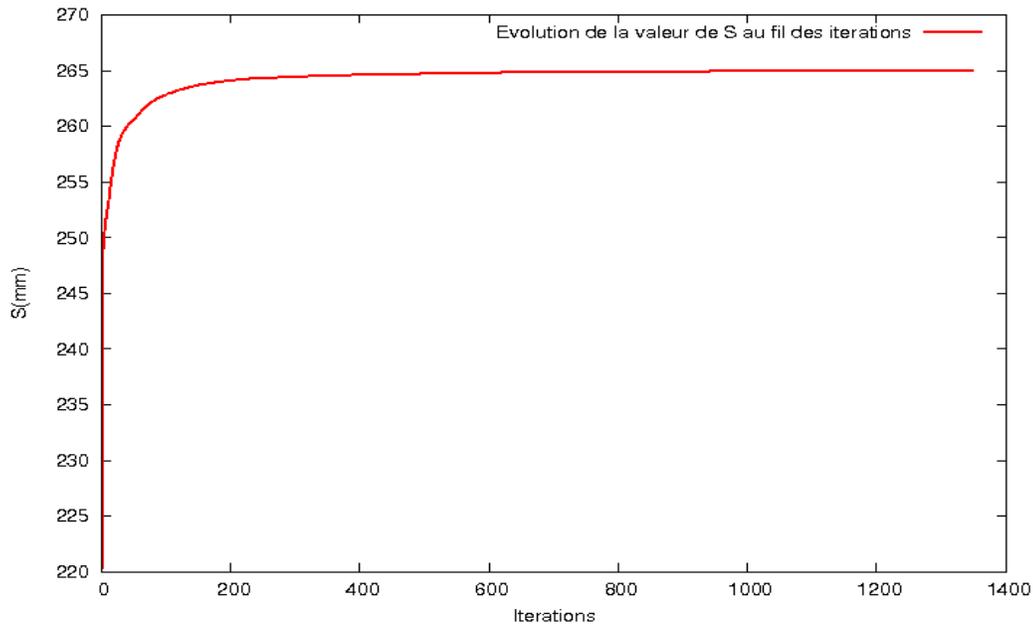
La méthode d'assimilation codée dans la maquette sur le code ATHYS est le BLUE avec un bouclage externe permettant la mise à jour, à chaque itération, de l'ébauche, de la matrice de covariances d'erreur d'ébauche et surtout de la linéarisation de l'opérateur d'observation. Ce linéaire représente l'approximation du modèle physique autour d'un point de fonctionnement, choisi égal à l'ébauche. D'une part, le bouclage externe permet la prise en compte des non linéarités du modèle dans l'analyse. D'autre part, la mise à jour de l'ébauche à la valeur analysée à chaque itération pousse l'algorithme à se rapprocher des observations, comme souhaité pour résoudre $Y^0=H(S^a,V^a)$.

Le travail réalisé lors de ce stage consiste à rendre automatique le bouclage externe ainsi qu'à tester la convergence de ce bouclage. On souhaite mettre en évidence qu'un petit nombre d'itérations est nécessaire pour obtenir une analyse satisfaisante.

II) Présentation des résultats

A) Test de convergence

Pour tester la convergence de l'algorithme, un test a été effectué sur 1300 itérations (boucles externes) sur une crue donnée (Octobre 1973). On s'intéresse particulièrement à l'évolution du paramètre S qui est plus sensible que V. On choisit une ébauche $S^b=150$ mm :



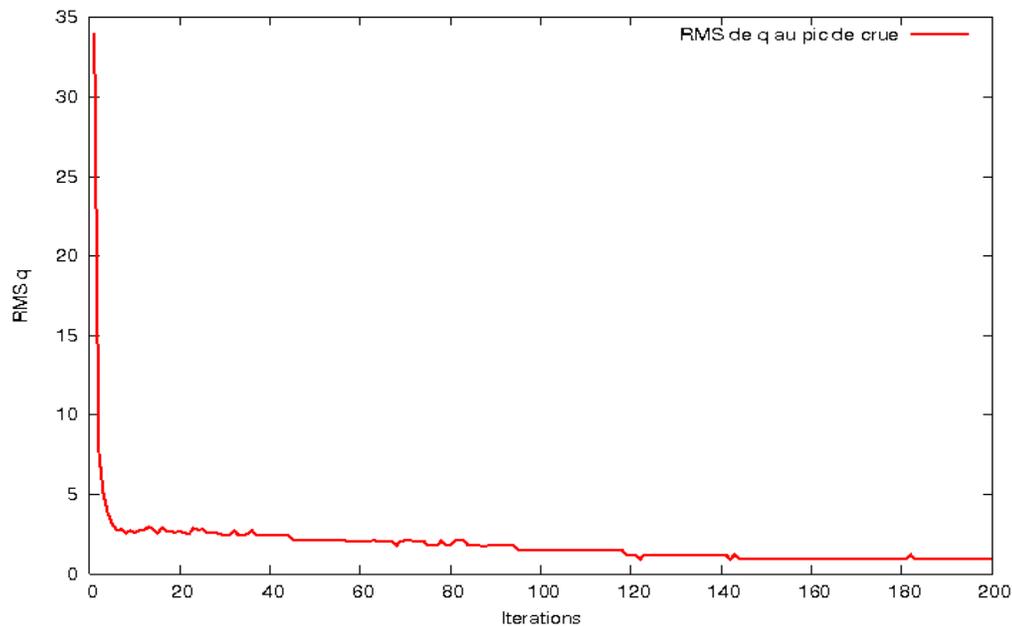
La valeur convergée est relativement rapidement atteinte : au bout de 10 itérations nous sommes à 95% de la valeur finale $S^a = 265$ mm.

B) Test de sensibilité

Pour tester la sensibilité à la valeur d'ébauche S^b , nous avons effectué les analyses de la crue de Octobre 1973 pour 10 valeurs différentes d'ébauche de 150 mm à 330mm avec un pas de 20mm, sur 200 itérations. Nous avons ensuite calculé la RMS sur les valeurs analysées de S et des débits simulés q, à chaque itérations, sur les 10 analyses.

a) RMS sur la valeur du débit au pic de crue

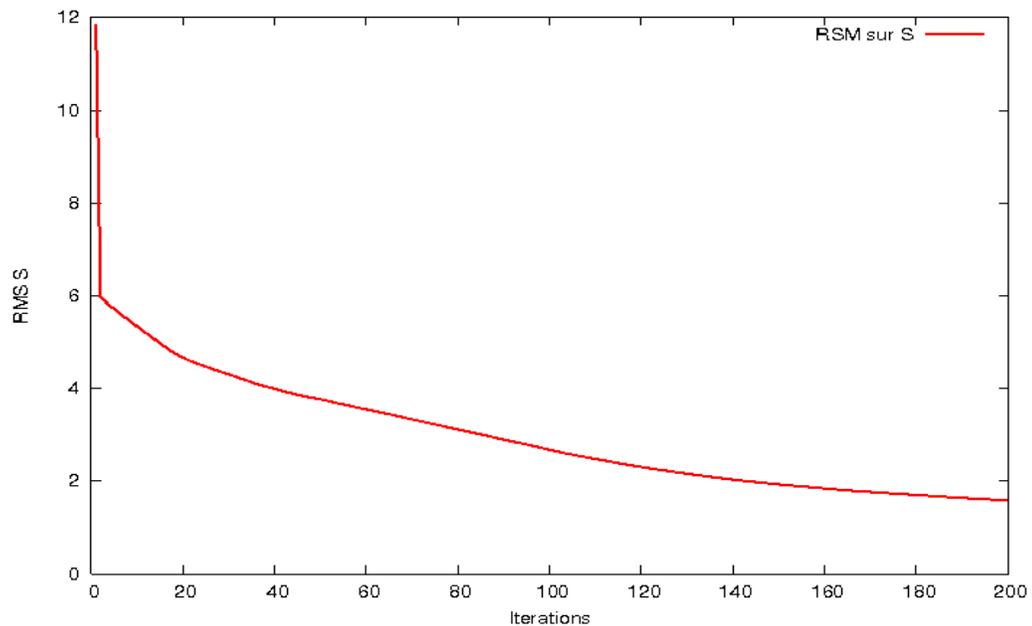
Nous avons recueilli la valeur du débit au pic de crue pour chaque analyse et pour chaque itération, la crue a lieu au temps d'observation 74. On calcule la RMS sur ce débit entre les analyses au fil des itérations, au pic de crue.



La valeur du débit au pic de crue est d'environ $475 \text{ m}^3/\text{s}$. A la première analyse, la RMS du débit au pic de crue est de 7.4% du débit. La RMS du débit au pic de crue est réduite fortement dès les premières itérations (environ 5 itérations) à 0.5% de la valeur du débit de crue pour atteindre 0.2% au bout de 200 itérations. Le modèle donne donc une très bonne approximation de la valeur du débit du pic de crue, quelque soit la valeur du paramètre S d'entrée. Le modèle oublie donc l'ébauche de S, ce que nous recherchions.

b) RMS sur S au pic de crue

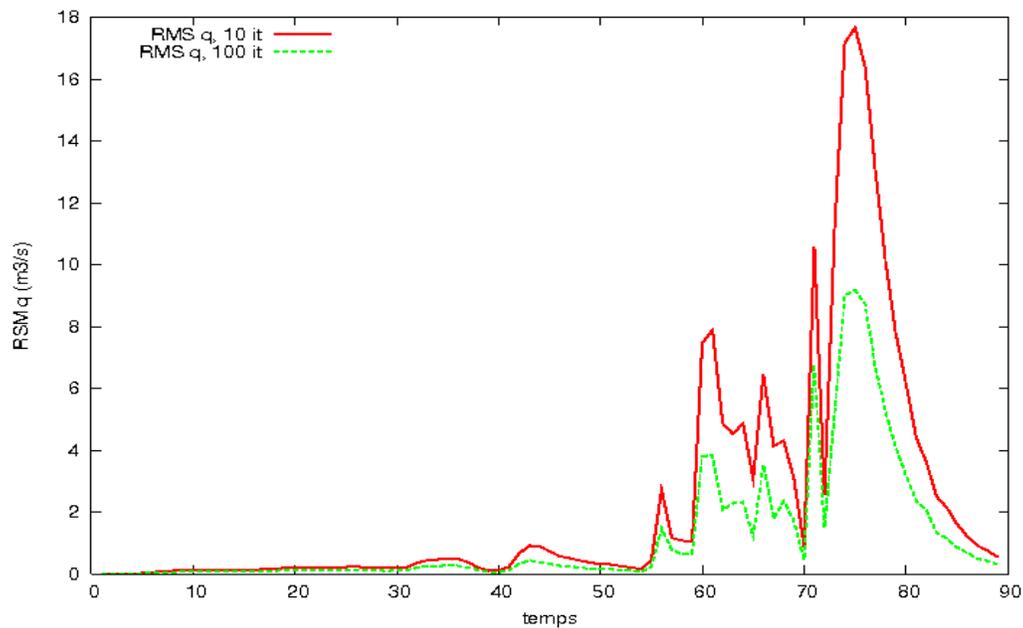
On effectue le même calcul sur les analyses de S pour chaque itération et sur l'ensemble des expériences :



On rappelle que $S^b=250$ mm. On observe que la réduction de la RMS sur S est plus lente au fil des itérations que celle sur Q. Néanmoins, la valeur de cette RMS est faible. A la première itération, la RMS de S vaut 4.8% de S^b , au bout de 10 itérations, elle vaut 2% de S^b et au bout de 200 itérations, elle vaut 0.7% de S^b .

c) RMS sur les débits pour l'ensemble de la crue

A présent, on s'intéresse à la simulation de la crue dans son ensemble. Pour cela, on calcule la RMS des débits à chaque temps observation et pour chaque itération. Aux itérations 10 et 100, la RMS sur les débits évolue de la sorte :



Il est important de noter que seules les observations de débit supérieur à 120 m³/s sont assimilées. Dans le cas précis de la crue d'octobre 1973, les 56 premières observations ne sont pas assimilées. On s'intéresse donc aux temps d'observations au delà de 56. On remarque que la RMS sur les débits oscille lors de la montée de la crue (obs 57 à 74) et subit une brusque augmentation lors de la descente de crue (au delà de obs 75). En valeur relative, au bout de 10 itérations, la RMS au pic de crue est d'environ 0.5% de la valeur du débit de crue (475 m³/s), alors que pendant la descente de crue, elle est d'environ 3.8%. La montée et le pic de crue sont donc mieux modélisés.

e) Conclusion des tests

A la suite de ces tests réalisés sur l'événement d'Octobre 1973, nous pouvons constater que la convergence du modèle est vérifiée, c'est à dire qu'on oublie l'ébauche donnée au bout de quelques itérations (une petite dizaine) de l'algorithme du BLUE. On peut donc supposer qu'une connaissance approximative de la valeur de S (une moyenne annuelle par exemple) est suffisante dans le cadre de l'utilisation de ATHYS pour simuler des débits en accord avec les observations.

Logbook_ATHYS_GF_SCHAPI

```
=====
15/05/2009 - CERFACS - Gabriel Jonville, Andrea Piacentini
Installation et compilation de ATHYS avec la suite GNU (gcc-gfortran)
(Prerequis pour la maquette d'assimilation de donnees PALM_ATHYS)
=====
```

Fichier ATHYS.tar.gz telecharge du site ATHYS novembre 2008
[Repertoire athys_install datant du 30 mai, version 1.12.3]

1- Positionner LAMMPI pour gcc/gfortran, et PALM :
Dans ~/.bashrc avoir,
#Variable pour LAM et PALM
export LAMHOME=/usr/local/lam-7.1.4
PATH=\$LAMHOME/bin:\$PATH

export PREPALMMPDIR=/usr/local/PALM_3.00/PrePALM_MP
alias prepalm="\$PREPALMMPDIR/prepalm_MP.tcl &"

Positionner ATHYS :
Dans ~/.bash_profile avoir,
Variable pour Athys
#PATH=\$PATH:/usr/local/ATHYS/athys/bin
PATH=\$PATH:/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTRAN/athys/bin

2- Installer :
Dans /usr/local/ATHYS_GF/INSTALL/install/linux.in
CC = mpicc
F77 = mpif77
COMPILE_FLAGS = -O2
[Correspondant aux wrappers de lam7.1.4 pour la suite gnu]

Commande ./setup dans /usr/local/ATHYS_GF/INSTALL
ETAPE 1 : Installer ATHYS dans
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTRAN
avec lib tcl/tk 8.4 dans /usr/lib

3- Compiler :
Dans /usr/local/ATHYS_GF/_GFORTRAN/install/linux.in
et /usr/local/ATHYS_GF/_GFORTRAN/install/linux
CC = mpicc
F77 = mpif77
COMPILE_FLAGS = -O2

Commande ./setup dans /usr/local/ATHYS_GF/INSTALL
ETAPE 2 : compiler ATHYS a partir de
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTRAN
sous linux pour tous les modules

Corrections pour la compilation :

CCFX dans les fichiers sources signifie "mise en Commentaires CERFACS"

Probleme avec :
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTRAN/MNT/src/force.f
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTRAN/geoconv/src/bablam.f
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTRAN/geoconv/src/lambab.f
mise en commentaire de
 data clrscr/Z'0C'/
 write(*,500) clrscr
et remplace par
CCFX le saut de page est retourne par l'écriture de char(12)
 write(*,*) char(12)

Probleme avec :

```

                                Logbook_ATHYS_GF_SCHAPI
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/mercedes/src/mcdes.f
mise En commentaire de
  character*1 SPAG
  data spag/Z'0C'/
  write(*,500)spag
eT remplace par
CCFX le saut de page est aussi retournée par l'écriture de char(12)
  write(*,*) char(12)

```

```

Probleme de unresolved avec fconvbymat.exe :
corrige en changeant dans
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/geoconv/src/Amakefile
La definition de
LIB_DIR = -L$(ATHYS)/athys/lib/LIB \
          -L$(GRASS)/.././athys/lib/conversion/grass/libes/gis/LIB

```

```

Probleme avec :
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/vicair/src/misc.c
  partieEntiere = partieEntiere + 1;
  return (int)partieEntiere; /* Arrondi par excès */
a la place de
  return ++((int)partieEntiere); /* Arrondi par excès */

```

```

Probleme de unresolved avec visual2.exe :
corrige en ajoutant la lib gfortran et en supprimant la lib g2c dans
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/hydro/src/visu/Amakefile
#LIB_DIR_GFORTRAN = /usr/local/gfortran/irun/lib
LIB_DIR_GFORTRAN = /usr/lib/gcc/i386-redhat-linux5E/4.1.2
LIB_DIR3 = -L$(LIB_DIR_ATHYS) \
           -L$(LIB_DIR_HYDRO) \
           -L$(LIB_DIR_TCLTK) \
           -L$(LIB_DIR_XLIB) \
           -L$(LIB_DIR_GFORTRAN)
#VISUAL_LIB = -lf63 -lgraftcl -loutils -lg2c
VISUAL_LIB = -lf63 -lgraftcl -loutils -lgfortran

```

```

Probleme de unresolved avec visual2.exe :
corrige en ajoutant la lib gfortran et en supprimant la lib g2c dans
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/vishyr/src/visu/Amakefile
#LIB_DIR_GFORTRAN = /usr/local/gfortran/irun/lib
LIB_DIR_GFORTRAN = /usr/lib/gcc/i386-redhat-linux5E/4.1.2
LIB_DIR1 = -L$(LIB_DIR_VISHYR) \
           -L$(LIB_DIR_ATHYS) \
           -L$(LIB_DIR_GFORTRAN)
#LIB2 = $(LIB1) -lgraftcl -lg2c
LIB2 = $(LIB1) -lgraftcl -lgfortran

```

```

Probleme d'argument of 'max' dans :
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/mercedes/src/sactif.f
sactif.f:995.26:
remplace par
  npt(i,j)=max(1.,pente/coef)

```

```

Probleme d'argument of 'max' dans :
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/mercedes/src/hydca11.f
hydca11.f:430.43:
remplace par
  & *exp(-bevm)*exp(-x(3)*max(def,0.))

```

```

Probleme d'argument of 'min' dans :
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/mercedes/src/hydca12.f
hydca12.f:247.36:
remplace par

```

```
Logbook_ATHYS_GF_SCHAPI
do jjt=kt,min(kt+(du-1.),mobs(iigroup)*dui-1)
```

Probleme de syntaxe dans :

```
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/mercedes/src/hydca12.f
hydca12.f:761.72:
remplace par
    denom=1-(1/tan(alpha2))*(cos(alpha1)**2-1)/
    &      (cos(alpha1)*sin(alpha1))
```

Probleme d'argument of 'max' dans :

```
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/mercedes/src/produc.f :
produc.f:310.41:
remplace par
    stoc= min(INF/360.*du*exp(-w*max(0.,defi)),PP(1)/10000.)
produc.f:370.18:
remplace par
    AB=AB+max(0.,PP(1)-(STO*10.-stoc))
produc.f:423.17:
remplace par
    vol1=max(0.,(bev-2*STO)**2/(bev+8*STO))
produc.f:429.17:
remplace par
    vol2=max(0.,(bev-2*STO)**2/(bev+8*STO))
produc.f:481.17:
remplace par
    vol2=max(0.,(bev-2*STO)**2/(bev+8*STO))
produc.f:533.17:
remplace par
    vol1=max(0.,(bev-INF*STO*10.))**2/(bev+STO*10.-INF*STO*10.)
produc.f:539.17:
remplace par
    vol2=max(0.,(bev-INF*STO*10.))**2/(bev+STO*10.-INF*STO*10.)
```

Probleme avec :

```
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/fts/src/fts2x.f
ligne 2408
remplace
    ier=system('ls')
par
    call system('ls')
```

Probleme avec :

```
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/spatial/src/vario/vario_bib.f
ligne 1719
ligne 1829
ligne 1954
ligne 2069
ligne 2146
remplace
    common /mod/modele
par
    common /model/modele
```

Probleme avec util1.exe de unit number in I/O statement too large :

```
/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/mercedes/src/util1.f
remplace integer*2 par integer*4 :
    INTEGER*4 IE,i,du,ian,nbrepi,k,io1,io2,io3,io4
```

Correction :

```
suite a une erreur d'execution sous PALM
dans /usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/mercedes/src/mcdes.f
initialisation de opt2 a zero
ligne 1409
    opt2=0
```

juste avant la ligne
do 1002 k=1,nparx1+nparx2
Sinon en compilation gfortran opt2 a une valeur par default aleatoire non nulle...

Probleme d'execution de mercedes :

Attention de ne pas avoir des chaines de caracteres trop longues pour le
path des fichiers d'entree de mercedes (.mnt, .dr1, .63) et fichiers de sortie
(ca plante au-dela de 60 caracteres)

Logbook_PALM-ATHYS_utilisation_SCHAPI

```
=====
15/05/2009 - CERFACS - Gabriel Jonville, Andrea Piacentini
Procédure de mise en oeuvre de la Maquette d'assimilation de données
PALM_ATHYS Version 1.6 pour le SCHAPI
=====
```

1- Positionner les variables d'environnement :

```
Dans ~/.bashrc avoir,
#Variable pour LAM et PALM
export LAMHOME=/usr/local/lam-7.1.4
PATH=$LAMHOME/bin:$PATH
```

```
export PREPALMMPDIR=/usr/local/PALM_3.00/PrePALM_MP
alias prepalm="$PREPALMMPDIR/prepalm_MP.tcl &"
```

```
Dans ~/.bash_profile avoir,
# Variable pour Athys
#PATH=$PATH:/home/marchaar/ATHYS/athys/bin
PATH=$PATH:/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN/athys/bin
```

```
Dans /home/marchaar/PALM_ATHYS/MAQUETTEv1.6/Make.include.mcdes
ATHYS=/usr/local/ATHYS_GF/_GFORTTRAN
```

2- Créer les liens symboliques pour les bibliothèques outils_mpi.a et conv_mpi.a :

```
(s'il y a eu une recompilation de athys)
Dans /usr/local/ATHYS_gF90/athys/lib/LIB faire
ln -s libconv.a libconv_mpi.a
ln -s liboutils.a liboutils_mpi.a
```

3- Mettre en place le cas de calcul avec mercedes :

```
Ouvrir mercedes
-> Bassin versant : renseigner la géographie du bassin
-> Pluies et débits : sélectionner un événement, sélectionner des stations
-> Paramètres modèles : renseigner So et Vo
-> Fichiers en sortie : renseigner le chemin
```

4- Lancer prepalm dans /home/marchaar/PALM_ATHYS/MAQUETTEv1.6

```
5- PrePALM :
Ouvrir : File/Open Prepalm file
-> maquette_PALM-MCDES_v1.6.ppl
```

```
Branche OBS : renseigner les plots de l'unité obs_debit
-> "Chemin du fichier d'observations"
-> "Fichier d'observations"
```

```
Constantes : Constants/Constants and variables editor
-> B_dans_fichier : 0 à la première assimilation, 1 ensuite
-> n_obs : nombre d'observations à lire dans le fichier d'observations
-> dp_obs_seuil : seules les observations au-dessus du seuil sont assimilées
-> par_S : So à la première assimilation, S_analyse ensuite
-> par_V : Vo à la première assimilation, V_analyse ensuite
```

```
Dans /home/marchaar/PALM_ATHYS/MAQUETTEv1.6
make -f Makefile.maquettev1.6 allclean
```

```
Fichiers de service : File/Make Palm files
-> Save PrePALM file
-> Make PALM file
-> Build driver services files
-> Build entities services files
-> Build Parameter files
```

```
6- Compiler PALM-ATHYS :
Dans /home/marchaar/PALM_ATHYS/MAQUETTEv1.6
make -f Makefile.maquettev1.6
```

7- Calculer une analyse :

```
Dans /home/marchaar/PALM_ATHYS/MAQUETTEV1.6  
lamboot  
./palm_main
```

8- Selon le message de fin :

si l'analyse differe sensiblement de l'ebauche,
la validite de la linearisation n'est pas assuree,
il est conseille d'iterer les processus en prenant
dans Constants/Constants and variables editor
les valeurs de par_S et par_V indiquees
et en n'activant pas B_dans_fichier (=0) ;

si l'analyse differe moderement de l'ebauche,
la validite de la linearisation n'est pas assuree,
il est conseille d'iterer les processus en prenant
dans Constants/Constants and variables editor
les valeurs de par_S et par_V indiquees
et en activant B_dans_fichier (=1).

```
Dans /home/marchaar/PALM_ATHYS/MAQUETTEV1.6  
make -f Makefile.maquettev1.6 clean
```

```
Fichiers de service : File/Make Palm files  
-> Save PrePALM file  
-> Make PALM file  
-> Build driver services files  
-> Build entities services files  
-> Build Parameter files
```

```
Dans /home/marchaar/PALM_ATHYS/MAQUETTEV1.6  
make -f Makefile.maquettev1.6
```

```
./palm_main
```

RETOURNER en 8 ou TERMINAISON

9- Nettoyer :

```
make -f Makefile.maquettev1.6 allclean  
lamhalt
```