

RAPPORT TECHNIQUE : TR-CMGC-09-93

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)

I) 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.

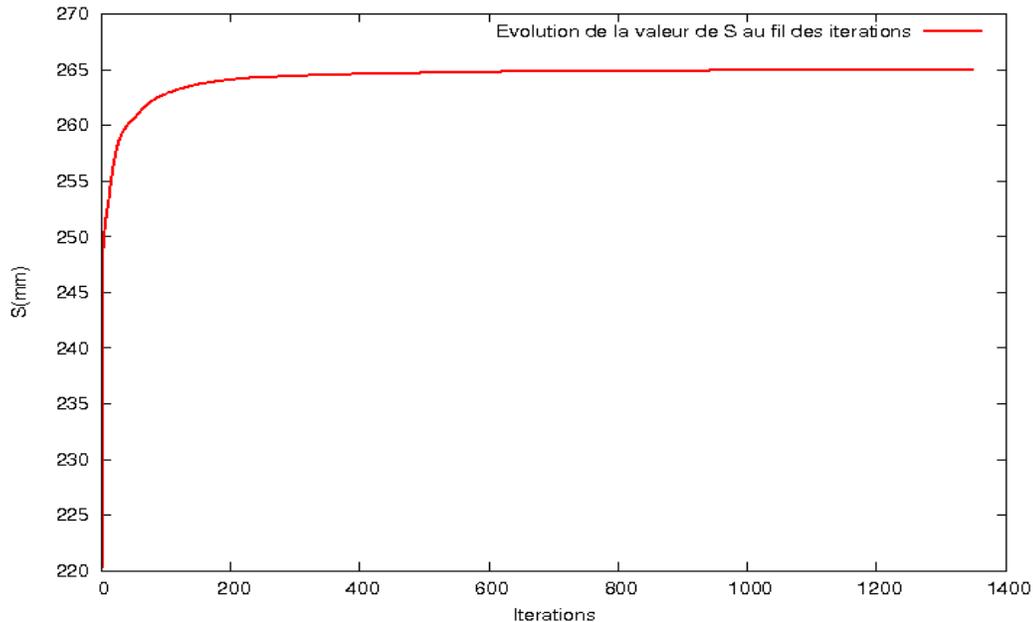
La méthode d'assimilation codée dans la maquette sur le code ATHYS est le BLUE avec un bouclage externe permettant la mise à jour, à chaque itération, de l'ébauche, de la matrice de covariances d'erreur d'ébauche et surtout de la linéarisation de l'opérateur d'observation. Ce linéaire représente l'approximation 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 :



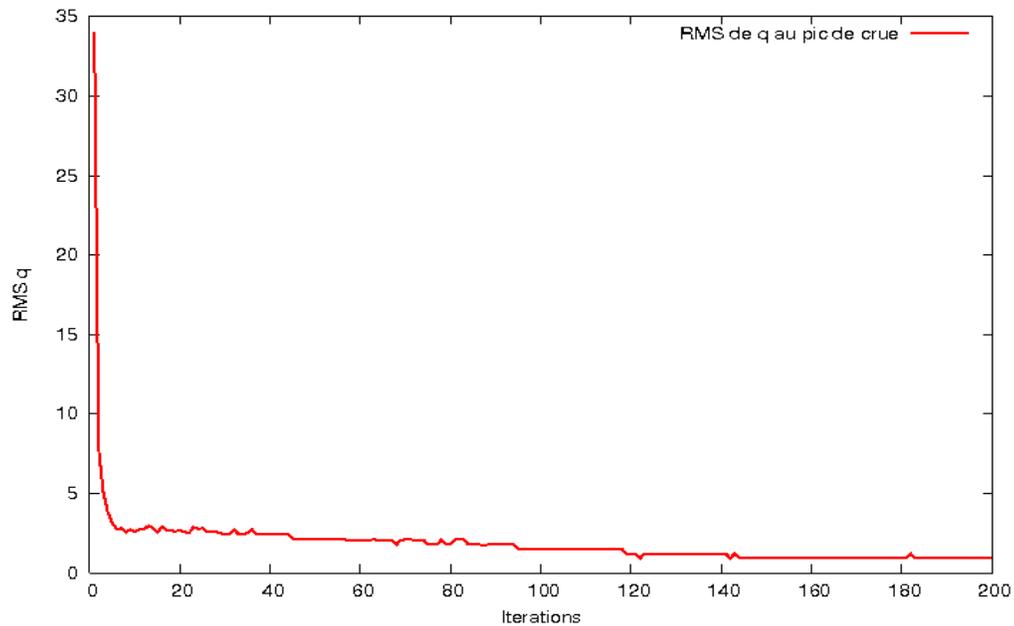
La valeur convergée est relativement rapidement atteinte : au bout de 10 itérations nous sommes à 95% de la valeur finale $S^a = 265$ mm.

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

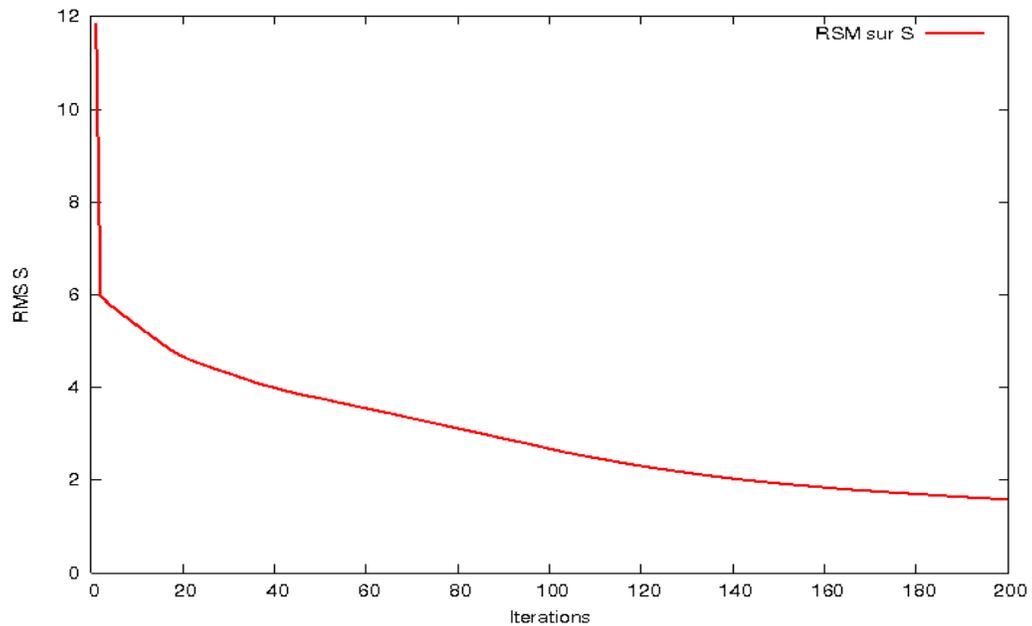
Nous avons recueilli la valeur du débit au pic de crue pour chaque analyse et pour chaque itération, la crue a lieu au temps d'observation 74. On calcule la RMS sur ce débit entre les analyses au fil des itérations, au pic de crue.



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

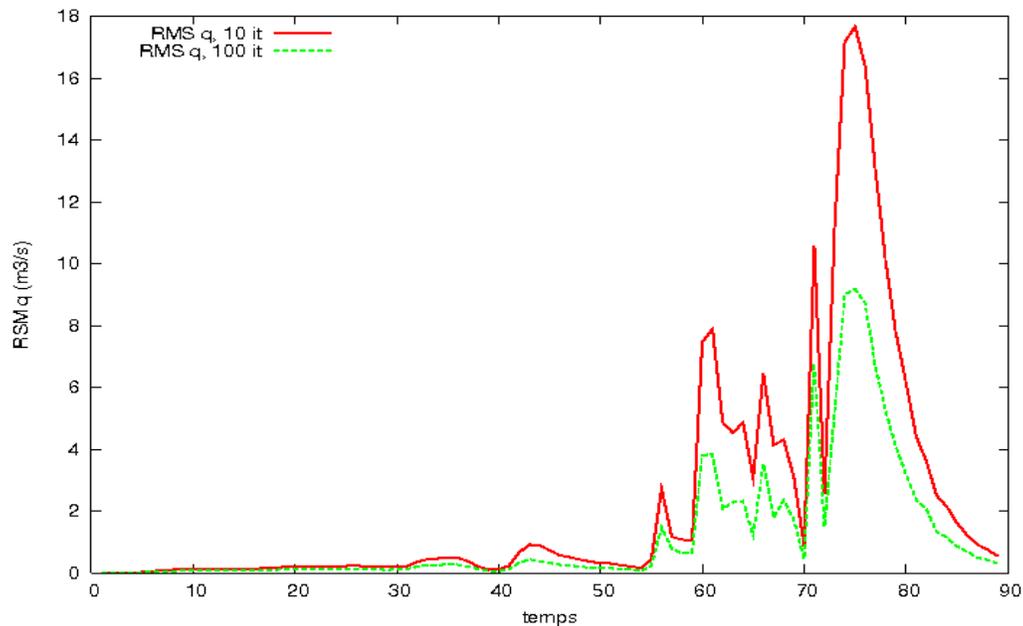
On effectue le même calcul sur les analyses de S pour chaque itération et sur l'ensemble des expériences :



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.