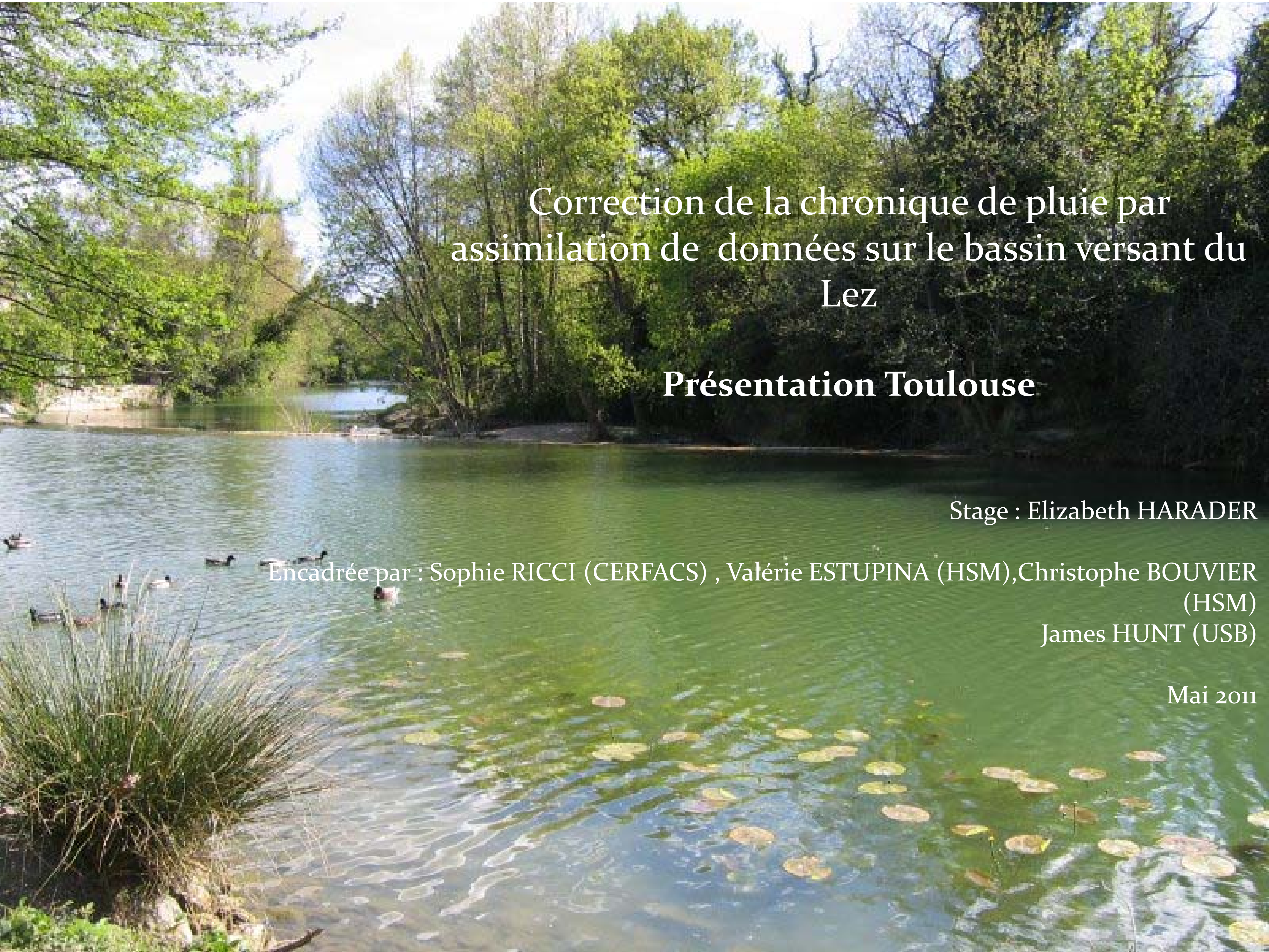


Correction de la chronique de pluie par assimilation de données sur le bassin versant du Lez

Présentation Toulouse

Stage : Elizabeth HARADER

Encadrée par : Sophie RICCI (CERFACS) , Valérie ESTUPINA (HSM),Christophe BOUVIER (HSM)
James HUNT (USB)

Mai 2011

PLAN

- Contexte du projet
- Rôle de l'assimilation de données
- Présentation de la maquette
- Vérifications
- Résultats et perspectives

PLAN

- Contexte du projet
- Rôle de l'assimilation de données
- Présentation de la maquette
- Vérifications
- Résultats et perspectives

Correction de la chronique de pluie sur le bassin versant du Lez

- Bassin versant en amont de Montpellier qui produit des crues éclair
- Episodes de crues sont simulés par le logiciel, ATHYS (modèle hydrologique), développé par Hydrosciences Montpellier
- La thèse de M. Coustau consiste à corriger les valeurs S(déficit du résevoir sol en début d'événement) et V (vitesse de écoulement) grâce à l'assimilation de données

Réunion AT4 : Projet Lez

- L'exploitation d'un système karstique peut-elle nous aider à éviter les inondations ?
- Quels sont les modèles décrivant l'hydrosystème du Lez?
- Peut-on mettre en cascade les différents modèles pour répresenter l'ensemble du système ?

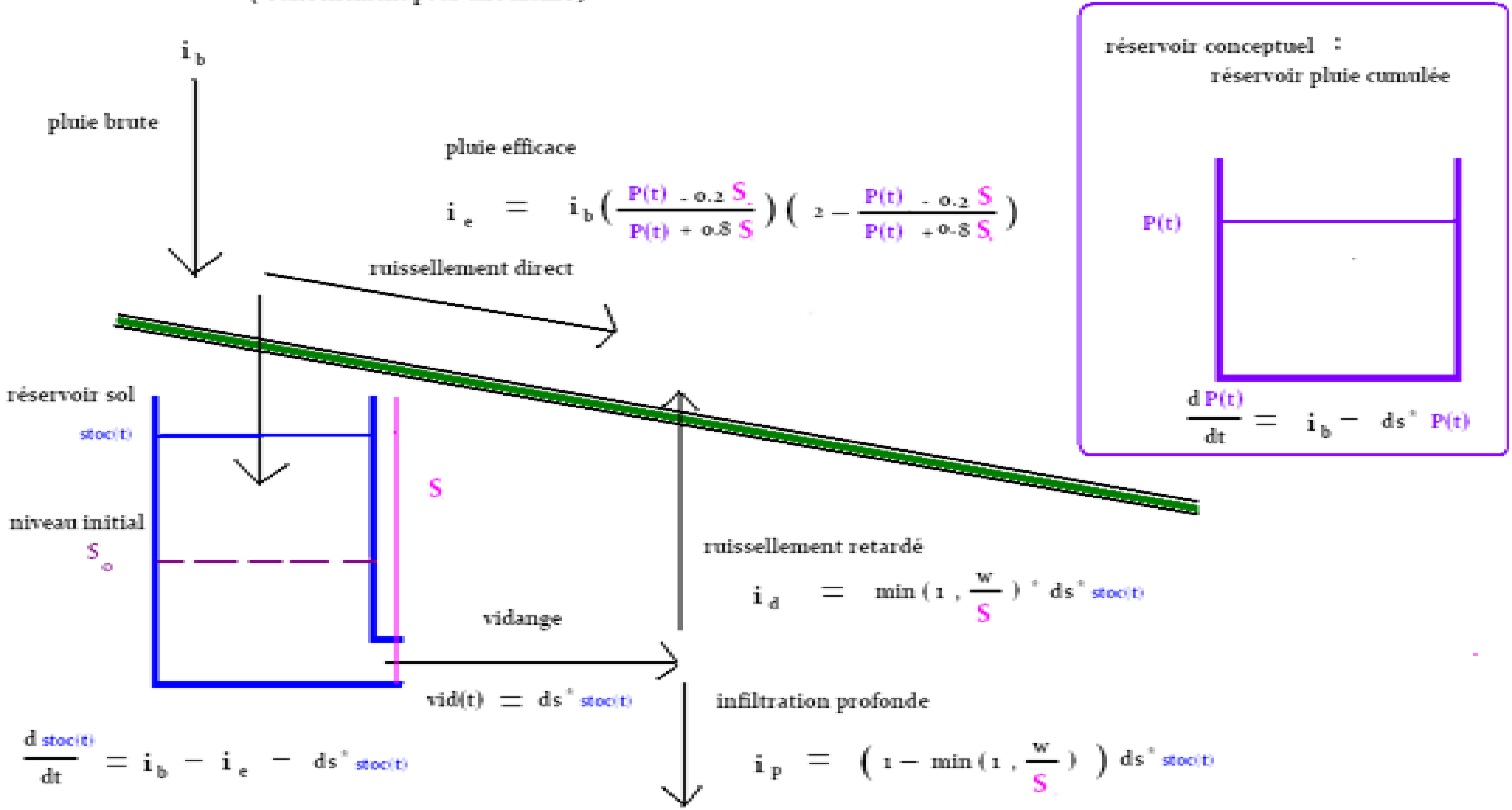
–Hydrogéologique (source)
–Hydrologique (bassin versant)
–Hydraulique (fleuve)

PLAN

- Contexte du projet
- Rôle de l'assimilation de données
- Présentation de la maquette
- Vérifications
- Résultats et perspectives

Le modèle hydrologique

SCS modifié : fonction de production à réservoirs
{ ruissellement pour une maille }



Le modèle hydrologique

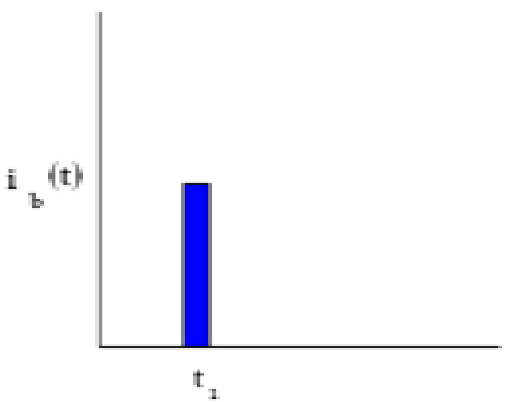
Fonction de transfert "Lag and Route"

débit à temps t

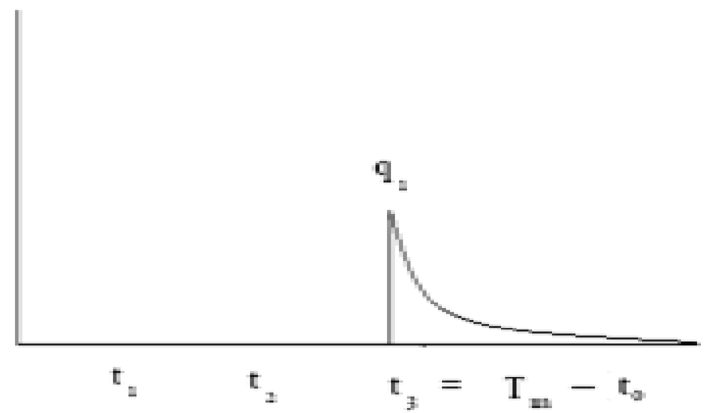
$$Q_m(t) = \frac{i_t(t_0)}{K_m} A \exp\left(-\frac{t-(t_0-T_m)}{K_m}\right)$$

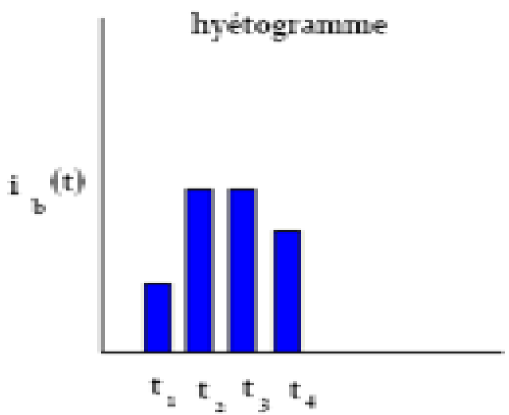
avec temps de transfer, $T_m = \sum \frac{l_k}{V_o}$ — l_k : distance à l'exutoire ; V_o : vitesse

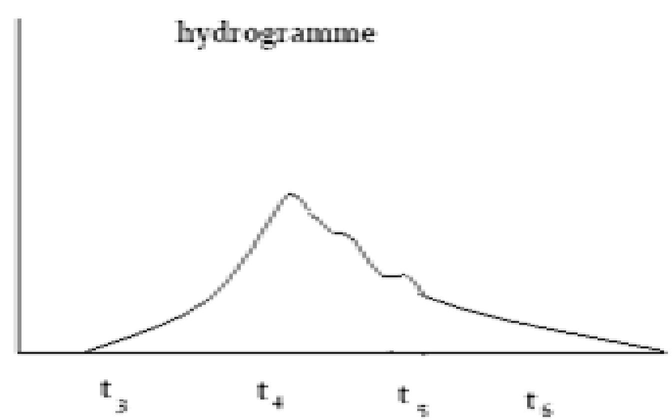
baton de pluie à temps t_1



hydrogramme élémentaire à temps t_3



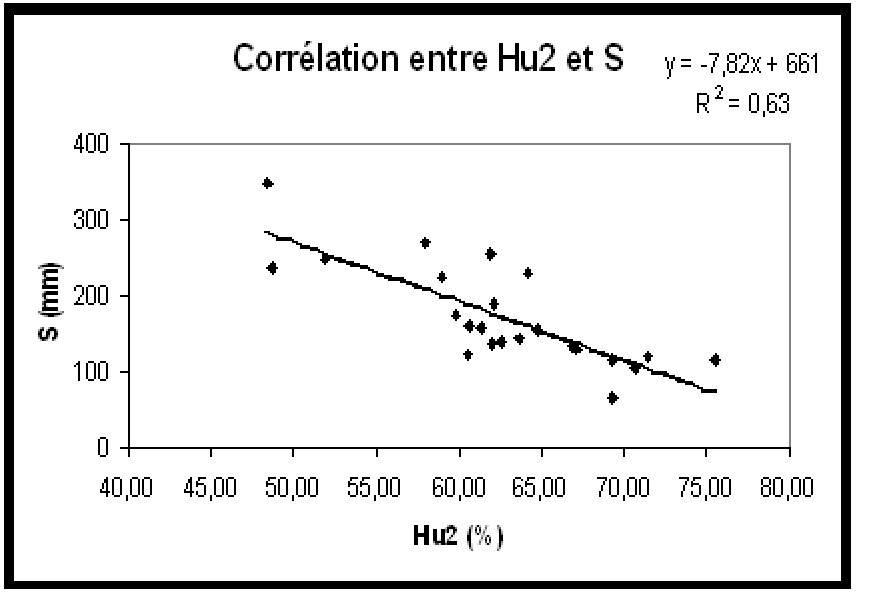




L'assimilation de données

- On cherche à améliorer les simulations
- Donc, on commence avec un état déterminé à priori (l'ébauche)
- Et on cherche un état vrai entre les observations et l'ébauche

Exemple d'initialisation du système : détermination de S à partir des humidités de sol



Etat du système : vecteur de contrôle

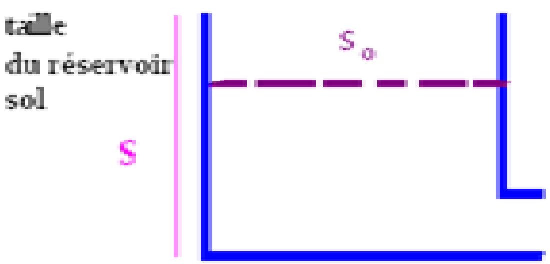
Vecteur de contrôle

$$(S , V_o , \alpha)$$

pluie brute corrigée

$$i_b^{\dagger} = \alpha * i_b$$

α , coefficient multiplicateur de pluie



pluie efficace

$$i_e = i_b \left(\frac{P(t) - 0.2\,S}{P(t) + 0.8\,S} \right) \left(2 - \frac{P(t) - 0.2\,S}{P(t) + 0.8\,S} \right)$$

ruissellement retardé

$$i_d = \min\left(1 , \frac{w}{S}\right) * ds^*_{stoc(t)}$$

infiltration profond

$$i_p = \left(1 - \min\left(1 , \frac{w}{S}\right) \right) ds^*_{stoc(t)}$$

temps de transfer, $T_m = \sum \frac{l_k}{V_o}$ distance à l'exutoire / vitesse espace du vecteur de contrôle

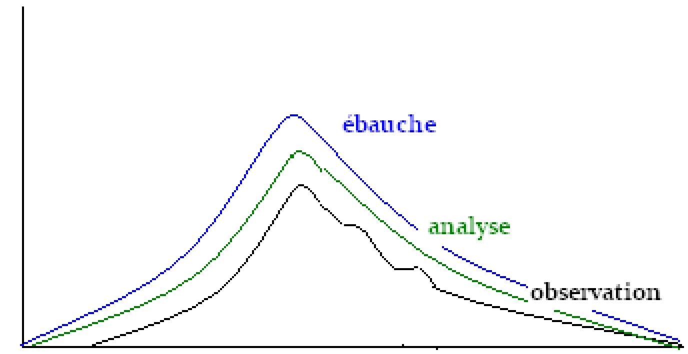
espace des observations

$$x_b = (S , V_o , \alpha)$$

$$x_a = (S , V_o , \alpha)$$

$$H^{-1} y = (S , V_o , \alpha)$$

opérateur $\mathcal{H}$



$$\mathcal{H} = \text{le modèle hydrologique}$$

fonction coût, J

3D var

$$J = (x - x_b)^T B^{-1} (x - x_b) + (y - \mathcal{H}(x))^T R^{-1} (y - \mathcal{H}(x))$$

BLUE

$$J = (x - x_b)^T B^{-1} (x - x_b) + (y - H(x))^T R^{-1} (y - H(x))$$

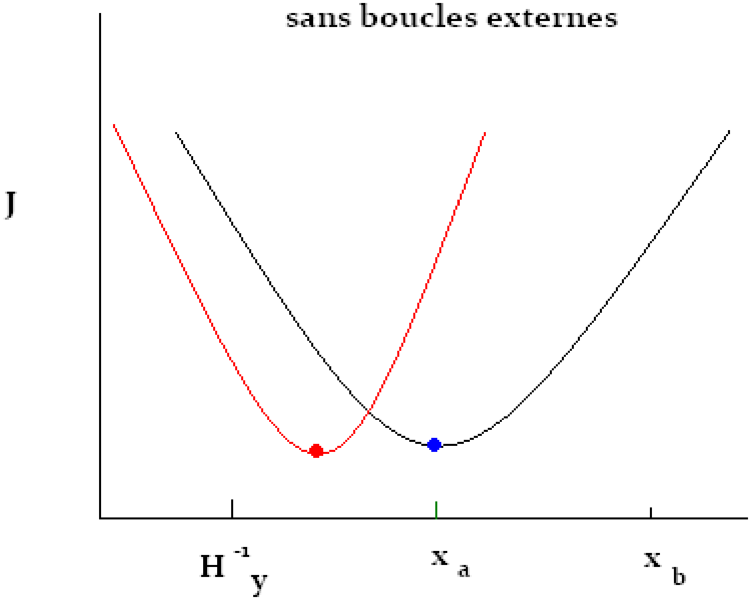
Application de BLUE

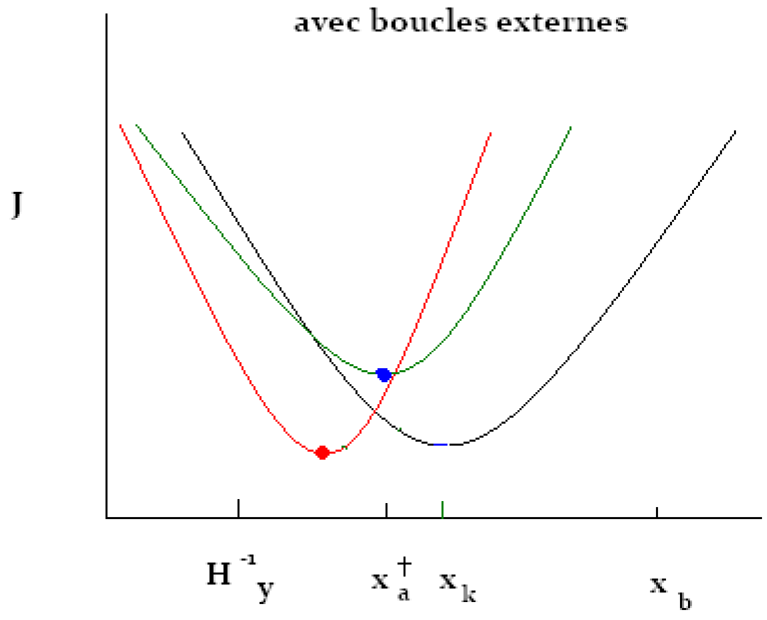
BLUE

$$J = (x - x_b)^T B^{-1} (x - x_b) + (y - H(x))^T R^{-1} (y - H(x))$$

$$\nabla J(x_a) = 2B^{-1}(x_a - x_b) - 2H^T R^{-1}(y - H(x_a))$$

$$\nabla J(x_a) = 0$$

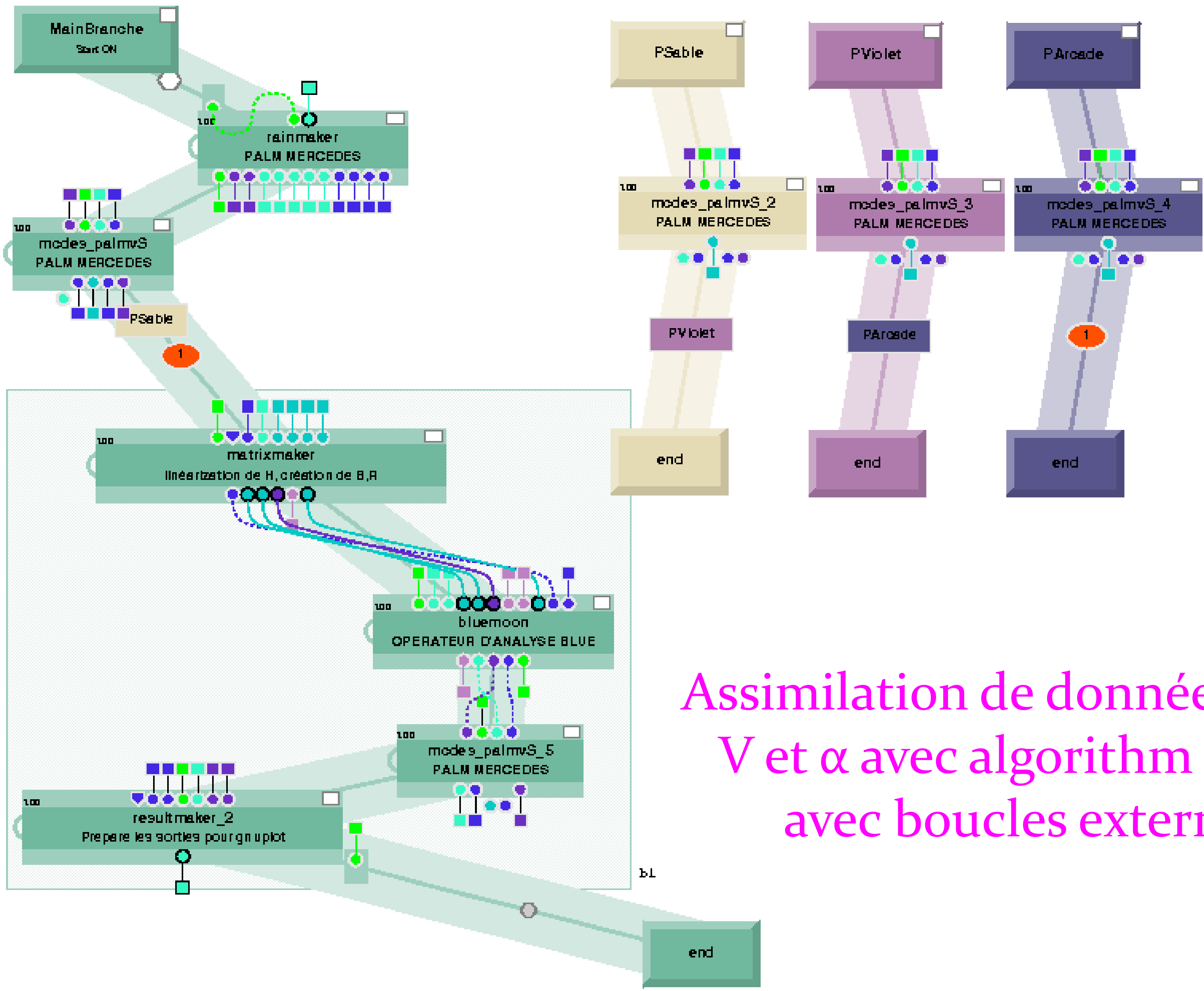




PLAN

- Contexte du projet
- Rôle de l'assimilation de données
- Présentation de la maquette
- Vérifications
- Résultats et perspectives

BSimple



Assimilation de données sur S, V et α avec algorithm BLUE avec boucles externes

Unités

•rainmaker	construit le vecteur de contôle à partir des constantes prePALM, donne les suffixes à mcdes_palmvS
•mcdes_palmvS	espace de contrôle => espace d'obs
•matrixmaker	lecture des obs (y_o) ,matrices H, B & R
•bluemoon	reception des matrices ; production d'analyse
•resultmaker	lecture des obs et affichage

Unités

- rainmaker

$$x_b = (S_o , V_o , \alpha)$$

- mcdes_palmvS

opérateur $\mathcal{H}$

- matrixmaker

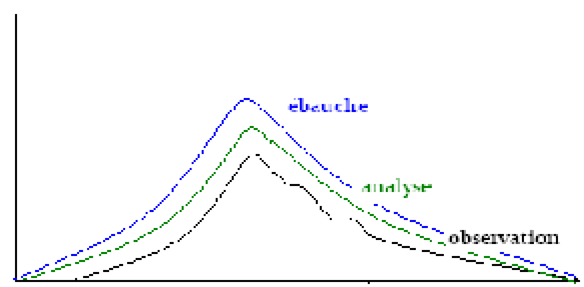
$$J = (x - x_b)^T \boxed{B}^{-1} (x - x_b) + (\boxed{y} - \boxed{H}(x))^T \boxed{R}^{-1} (y - H(x))$$

$$H(x) = \frac{\mathcal{H}(x + \delta x) - \mathcal{H}(x)}{\delta x}$$

- bluemoon

$$x_a = (S_o , V_o , \alpha)$$

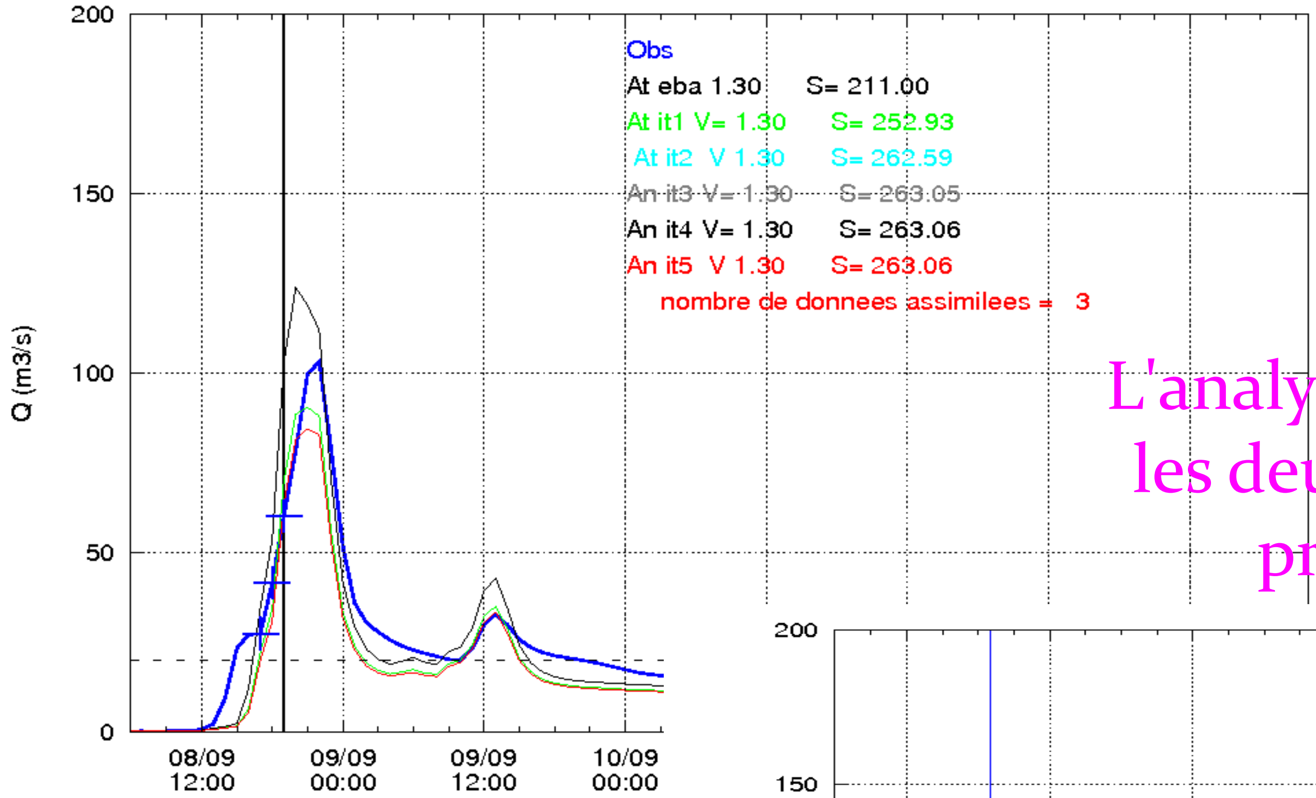
- resultmaker



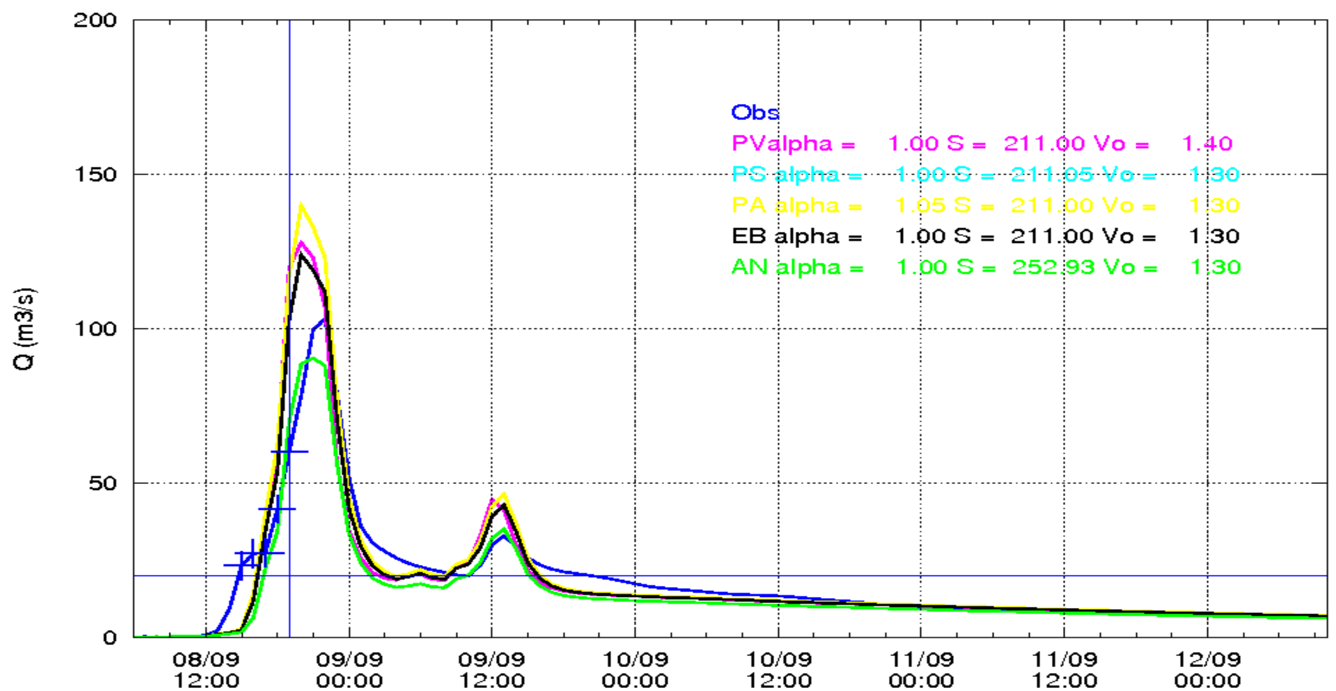
PLAN

- Contexte du projet
- Rôle de l'assimilation de données
- Présentation de la maquette
- Vérifications
- Résultats et perspectives

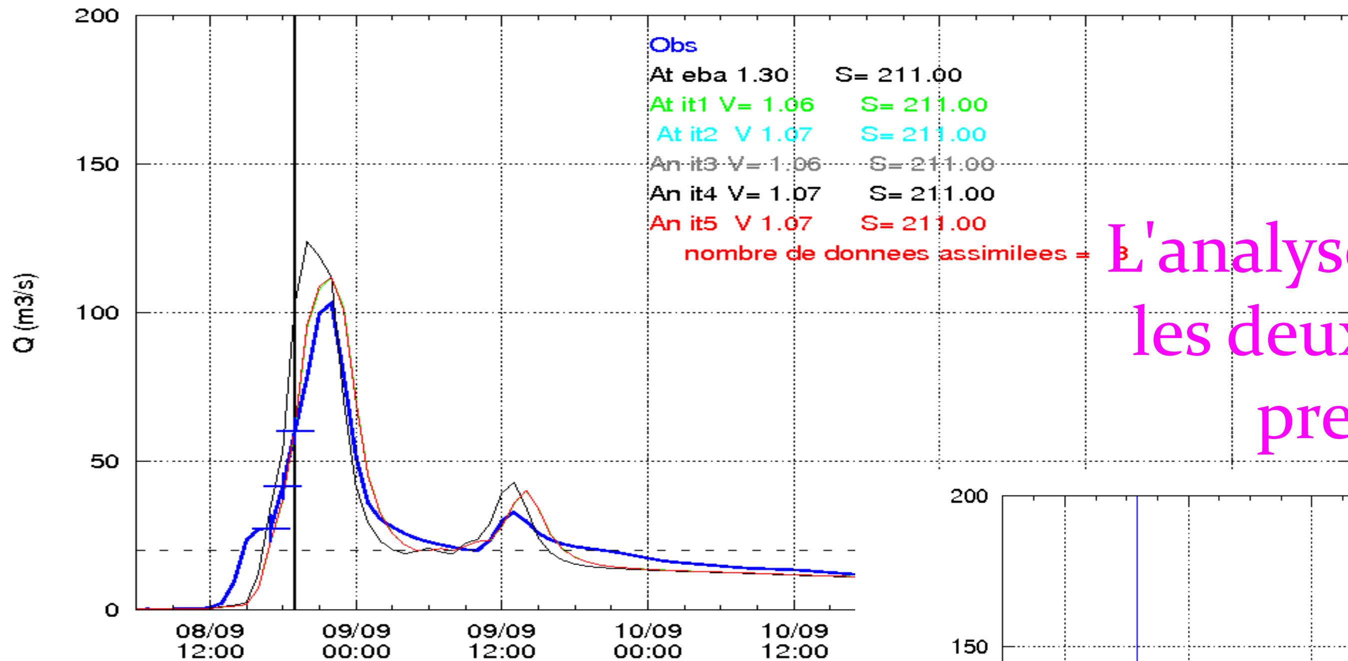
Vérification sur S



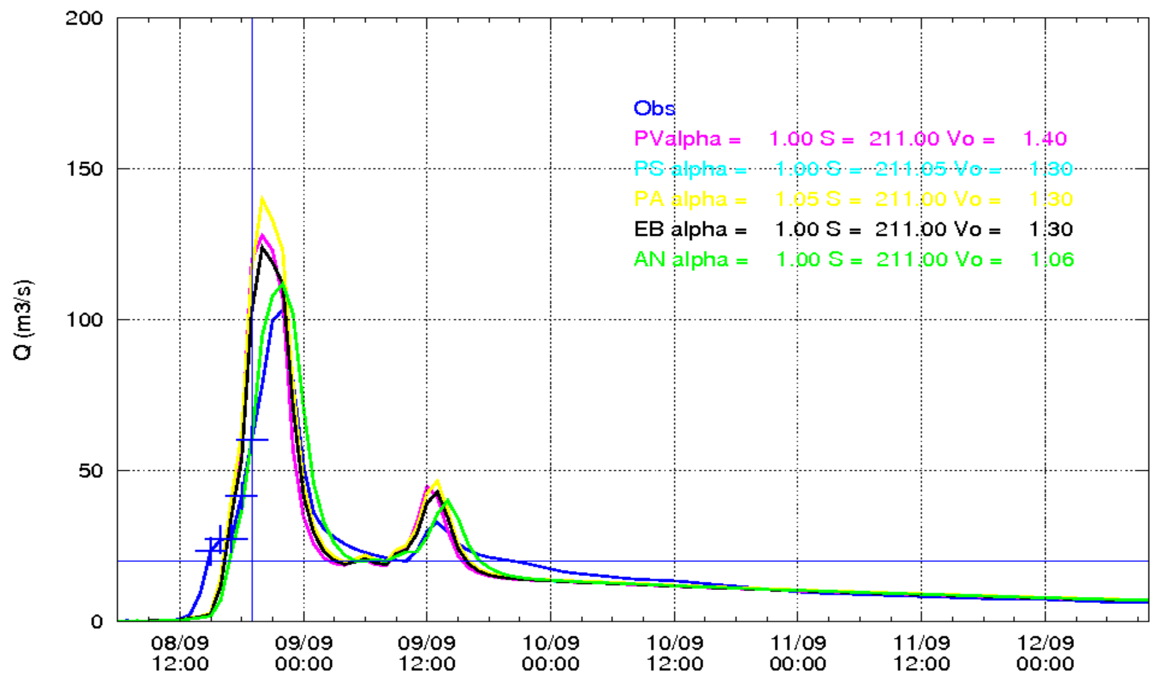
L'analyse est identique entre les deux maquettes pour la première iteration



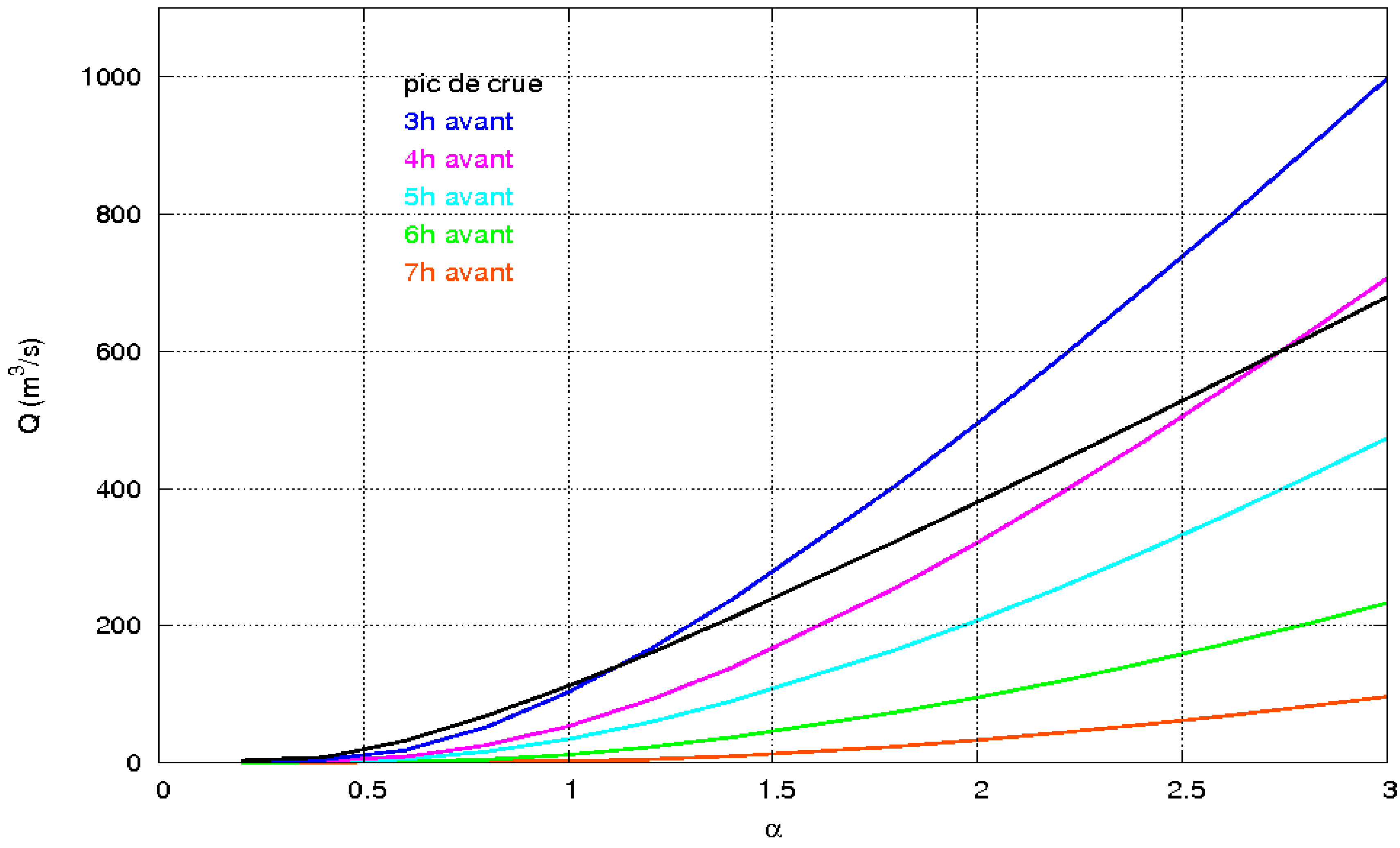
Vérification sur V



L'analyse est identique entre les deux maquettes pour la première iteration



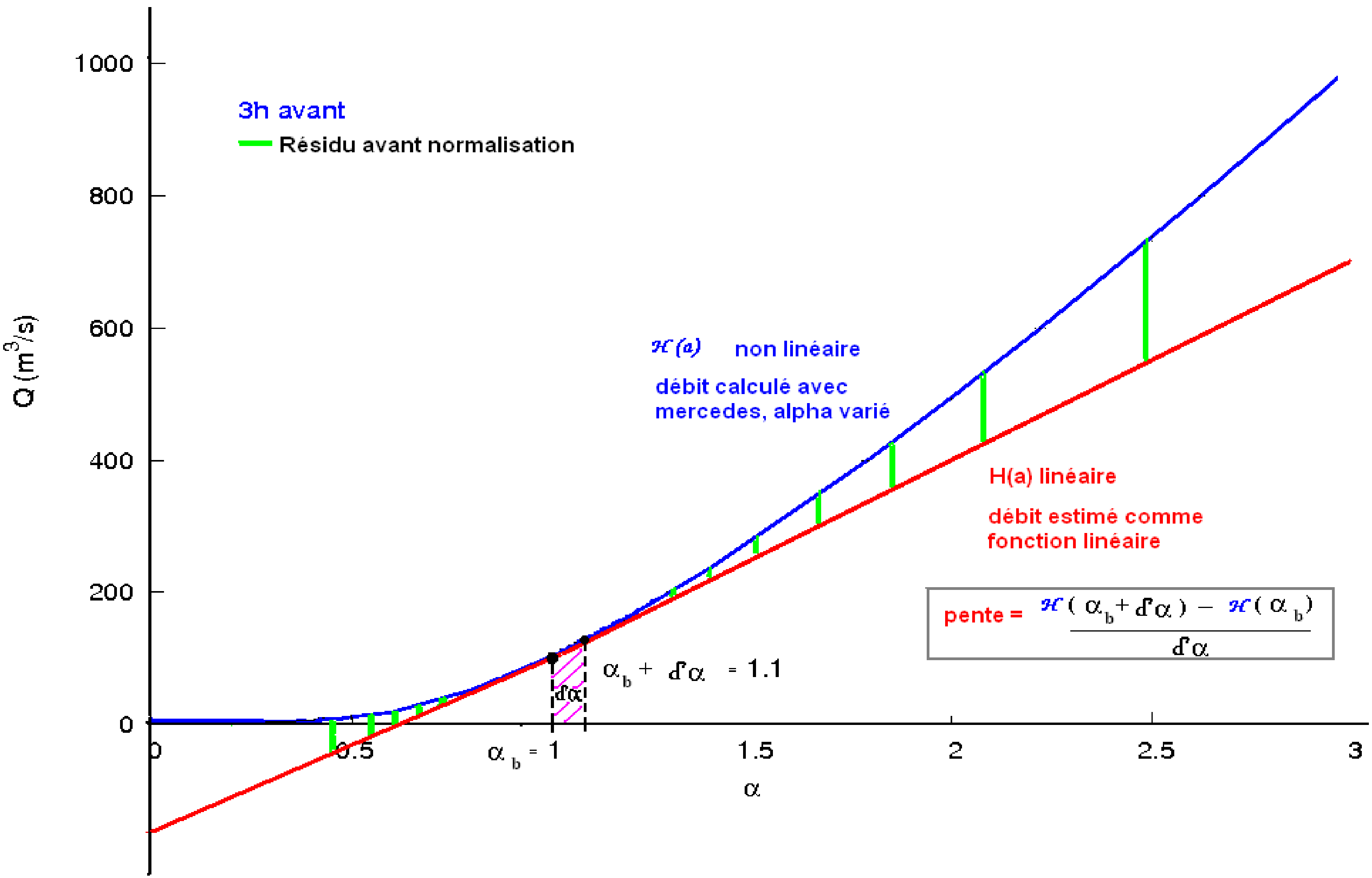
Sensibilité des débits au coefficient α



Résidu

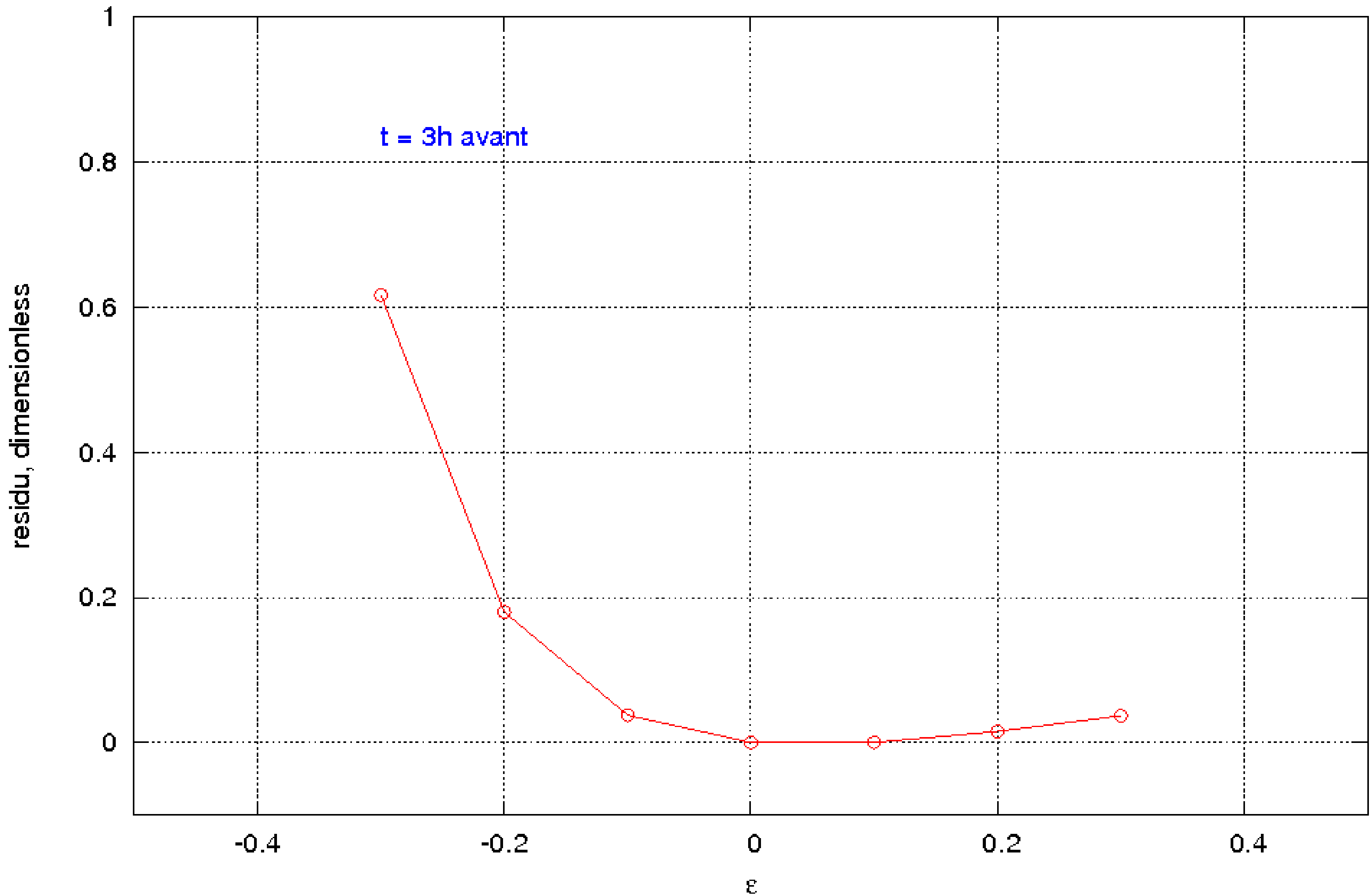
- Le résidu est décrit par:
  - $r = [H(\alpha_b + \varepsilon) - (H(\alpha_b) + \mathbf{H}\varepsilon)] / H(\alpha_b + \varepsilon)$
- Avec $\alpha_b = 1$; $\delta\alpha = 0{,}1$
  - $\mathbf{H} = [H(\alpha_b + \delta\alpha) - (H(\alpha_b)] / \delta\alpha$

Résidu



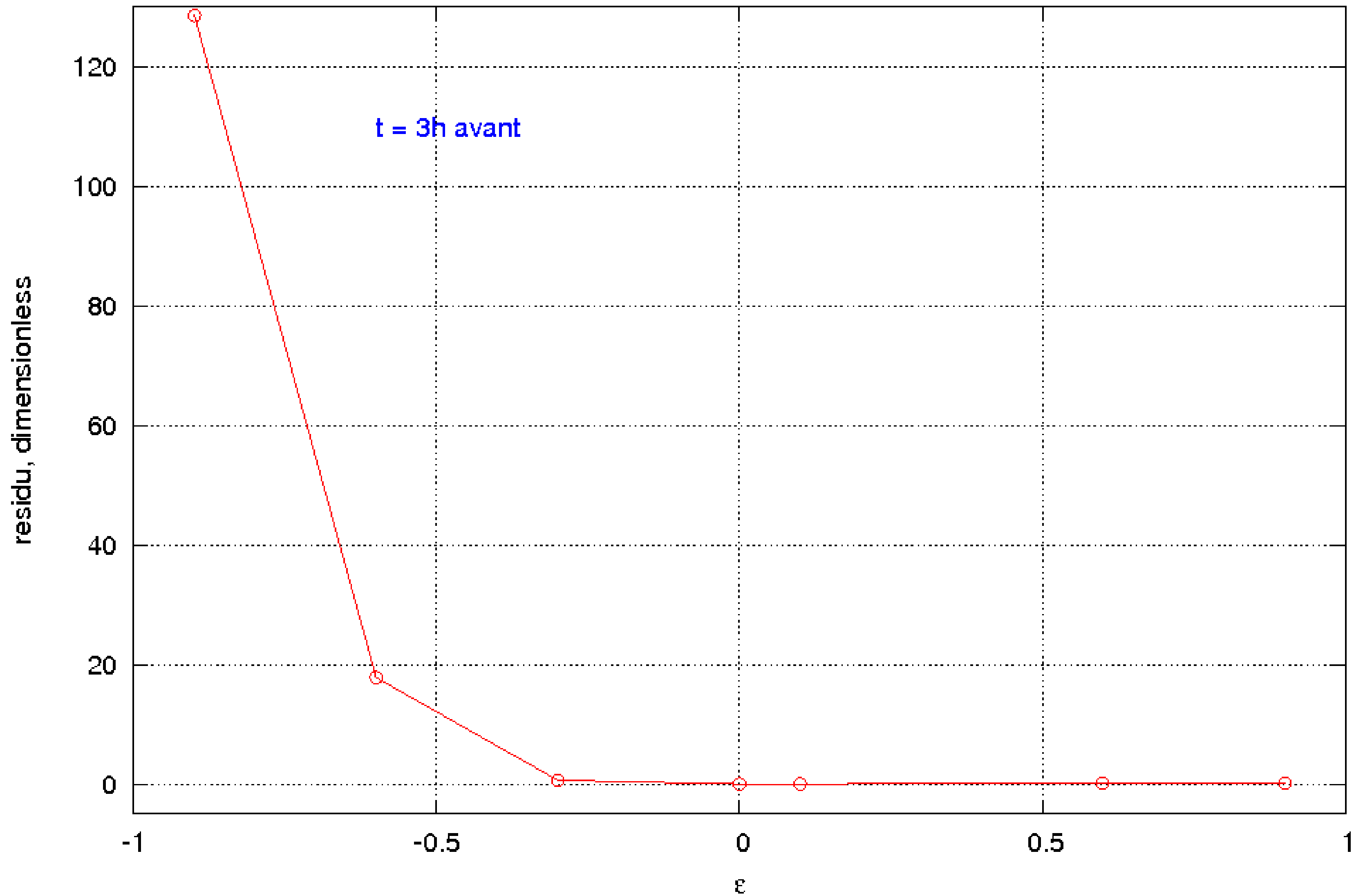
3h avant
Résidu avant normalisation
Q (m3/s)
1000
800
600
400
200
0
0
0.5
$\alpha_b = 1$
1.5
2
2.5
3
α
$\mathcal{H}(a)$ non linéaire
débit calculé avec
mercedes, alpha varié
H(a) linéaire
débit estimé comme
fonction linéaire
$\alpha_b + d\alpha = 1.1$
$d\alpha$
pente = $\frac{\mathcal{H}(\alpha_b + d\alpha) - \mathcal{H}(\alpha_b)}{d\alpha}$

Résidu de α autour de 1



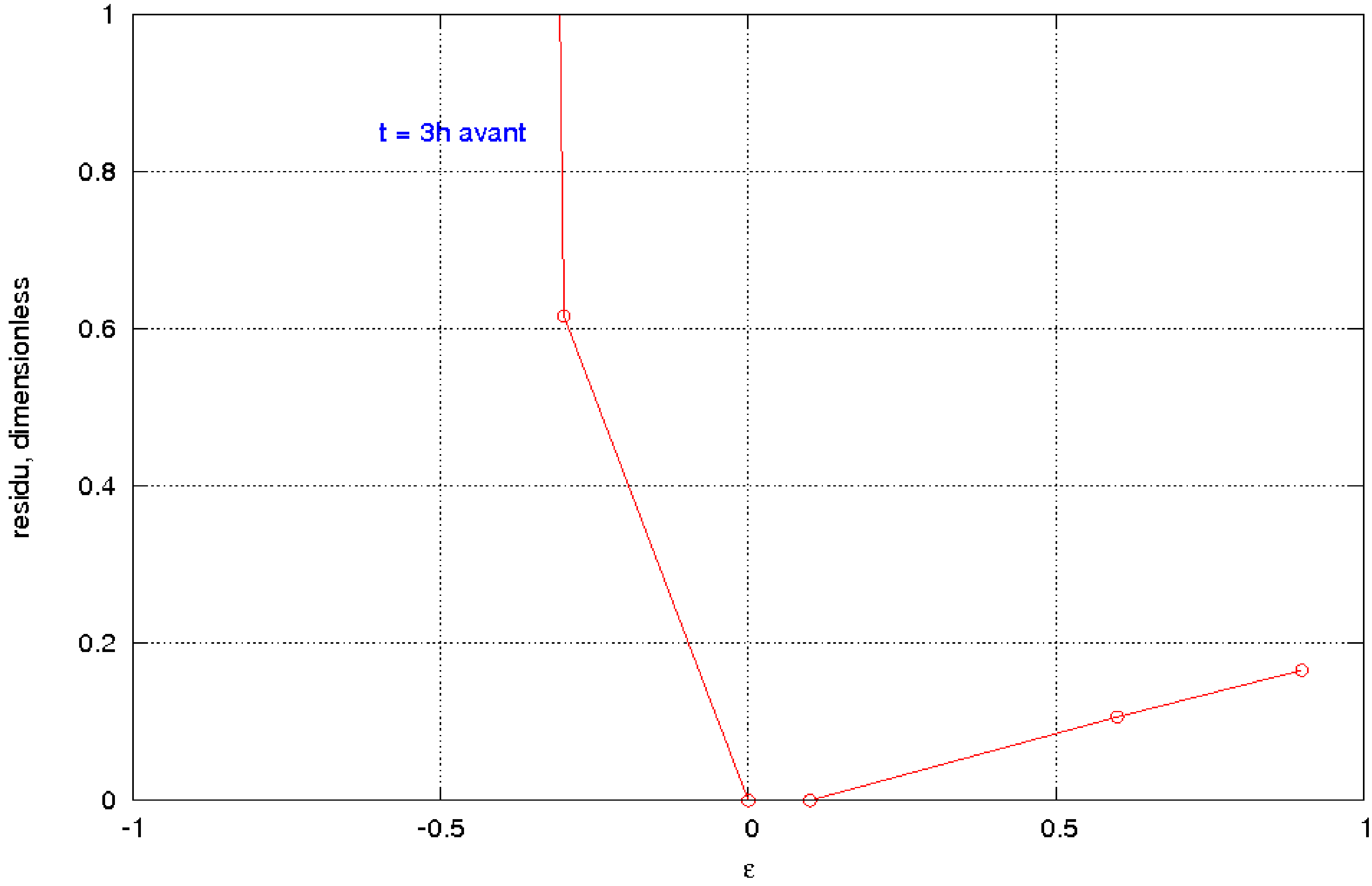
Graphique pour $\alpha = 1$; $\delta\alpha = 0{,}1$; $\varepsilon = -0{,}3$ à $0{,}3$

Résidu de α autour de 1, domaine -0.9 à 0.9



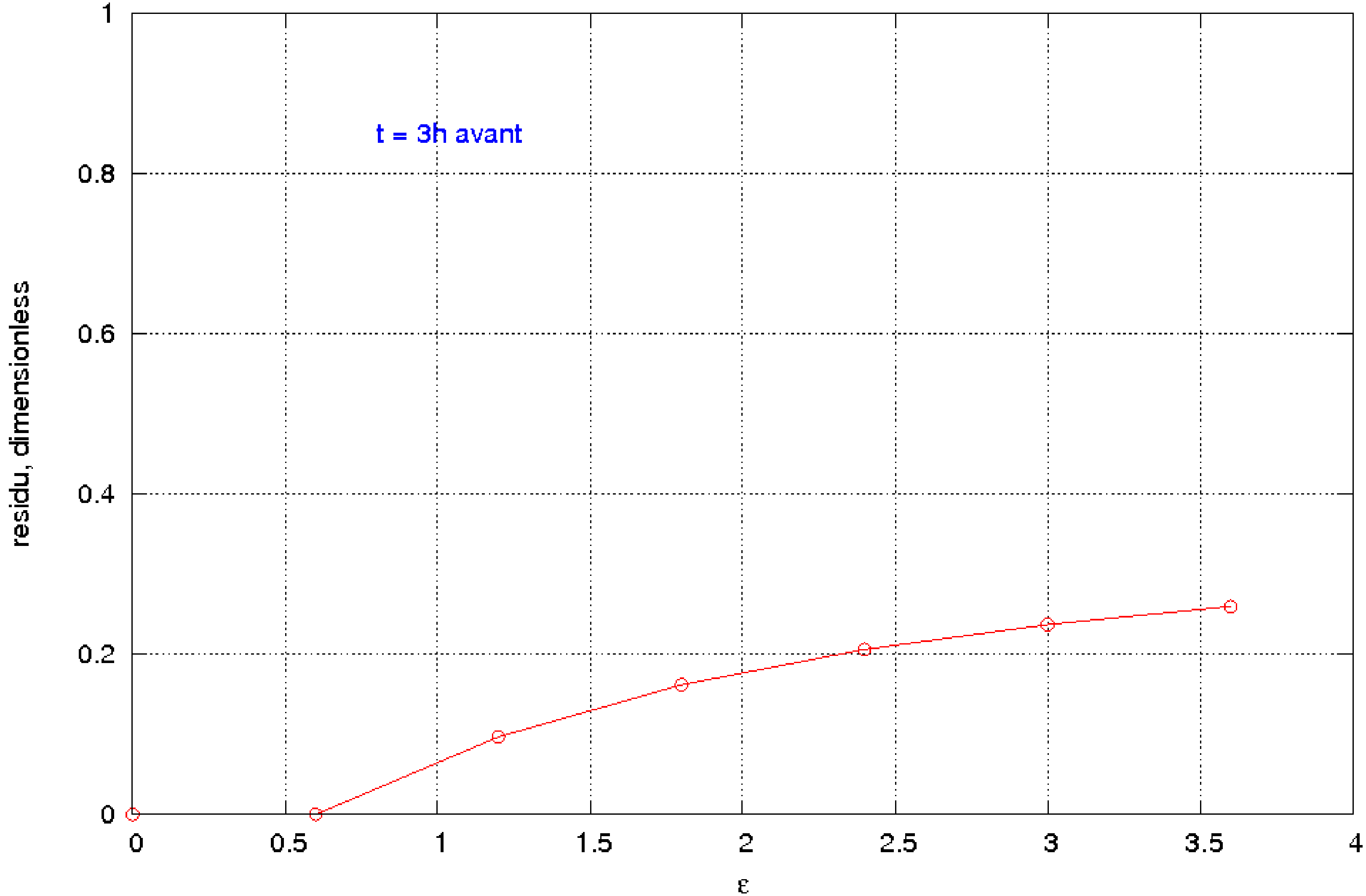
Graphique pour $\alpha = 1$; $\delta\alpha = 0{,}1$; $\varepsilon = -0{,}9$ à $0{,}9$

Résidu de α autour de 1, domaine -0.9 à 0.9



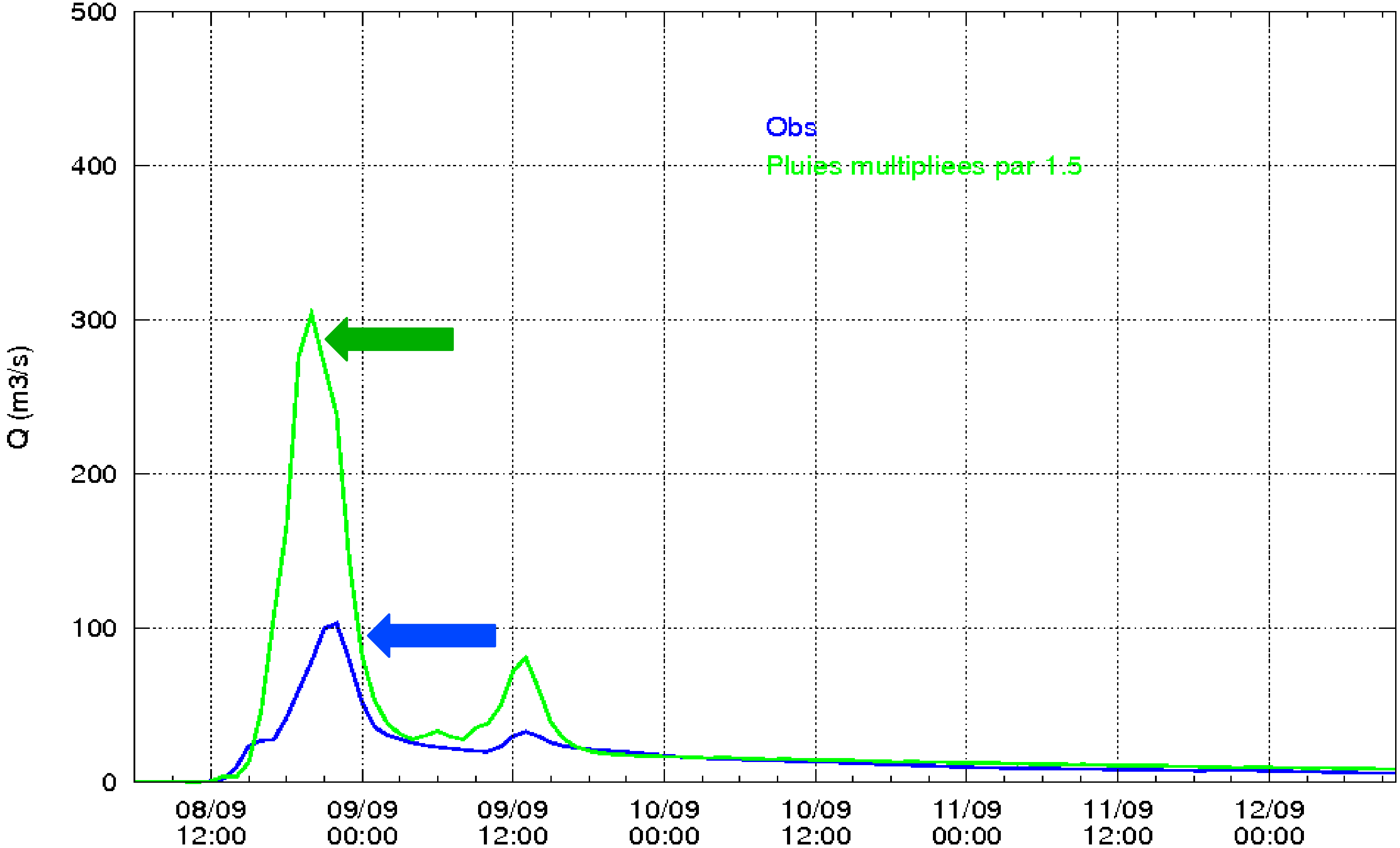
Zoom

Résidu de α autour de 1, domaine 0.0 à 4.0



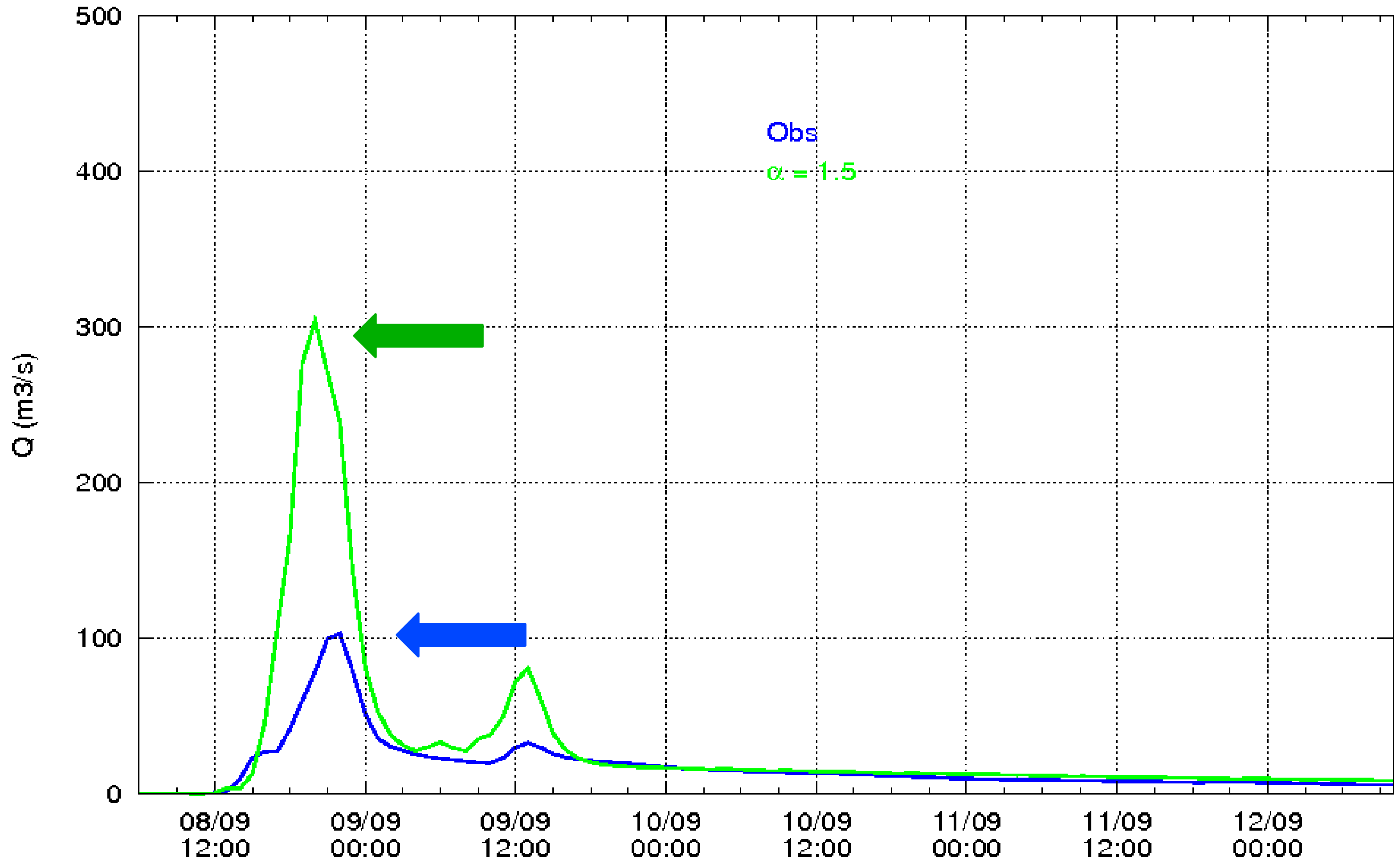
Graphique pour $\alpha = 1$; $\delta\alpha = 0{,}6$; $\varepsilon = 0{,}0$ à $3{,}6$

Mettre α = 1.5 directement dans mercedes pour vérifier l'arrivée du pic du crue



Fichier de pluies multipliées par 1,5 (α direct dans mercedes)

Fichier des pluies caculé avec fortran code « doublecafe.f90 »
on peut aussi faire ce calcul dans VISHYR



α égal à 1,5 dans prePALM (pluies multipliées dans la fonction de production)

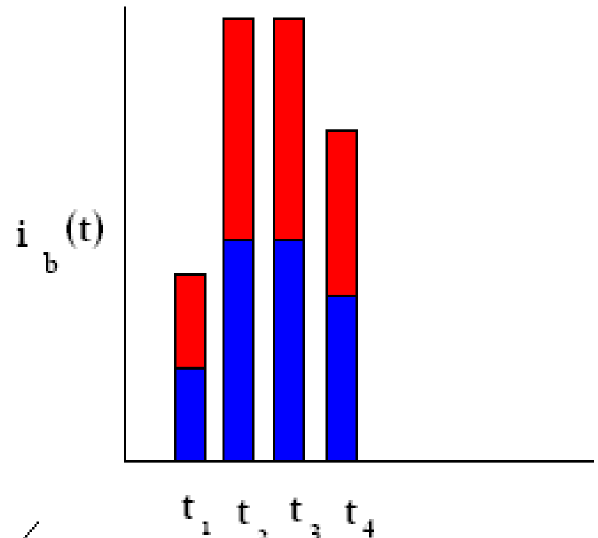
Plus la pluie est forte, plus le pic arrive tôt

- Porqoui ?
- Le transfert du débit à l'exutoire n'est pas linear. La forme de l'hydrogramme élémentaire et sa décroissance en temps jouent sur l'arrivée du pic de crue.

- On expliquera ce phénomène grâce à une exemple conceptuelle dont on prend un hyetogramme fictif et imagine les débits résultants

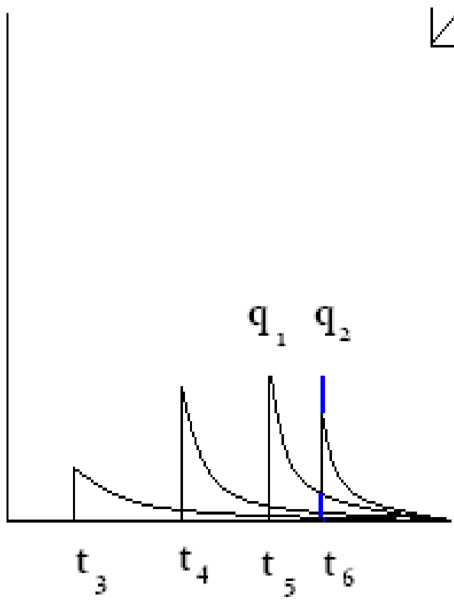
On imagine donc une situation avec l'hyetogramme suivant:

cette exemple est le cas limité où pour les pluies non-corrigées ($\alpha = 1$)
la différence entre les deux hydrogrammes elementaires est égal
à la somme des trois hydrogrammes précedents à time t_6



$\alpha = 1$

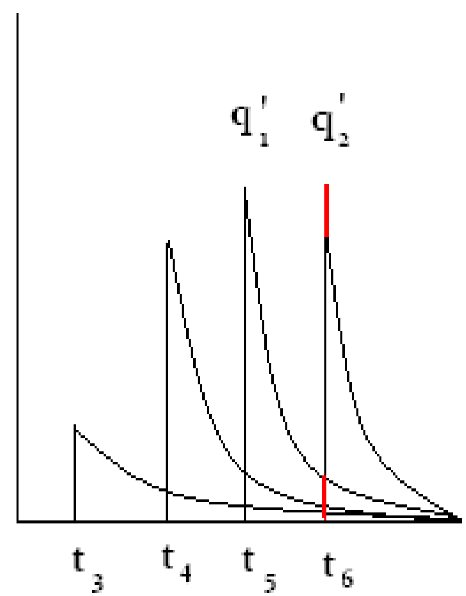
$\alpha = 2$



$$Q_1 = Q_2$$

$$\Delta q_{haut} = q_1 - q_2$$

$$\Delta q_{bas} = \Delta q_{haut}$$



$$Q_1 \geq Q_2$$

$$\Delta q'_{haut} = q'_1 - q'_2$$

$$\Delta q'_{bas} \leq \Delta q'_{haut}$$

Fonction de transfert "Lag and Route"

débit à temps t

$$Q_m(t) = \frac{i_t(t_o)}{K_m} A \exp\left(-\frac{t - (t_o - T_m)}{K_m}\right)$$

décroissance de débit à temps t

$$\frac{d\,Q_m(t)}{d\,t} = -\frac{i_t(t_o)}{K_m^2} A \exp\left(-\frac{t - (t_o - T_m)}{K_m}\right)$$

$$-\frac{d\,Q_m(t)}{d\,t} = f\left(i_t(t_o)\right)$$

=> débits antécédents joue un rôle moins important dans les débits suivants les pluies fortes

le pic de la crue vient donc plus tôt et il descend plus rapidement

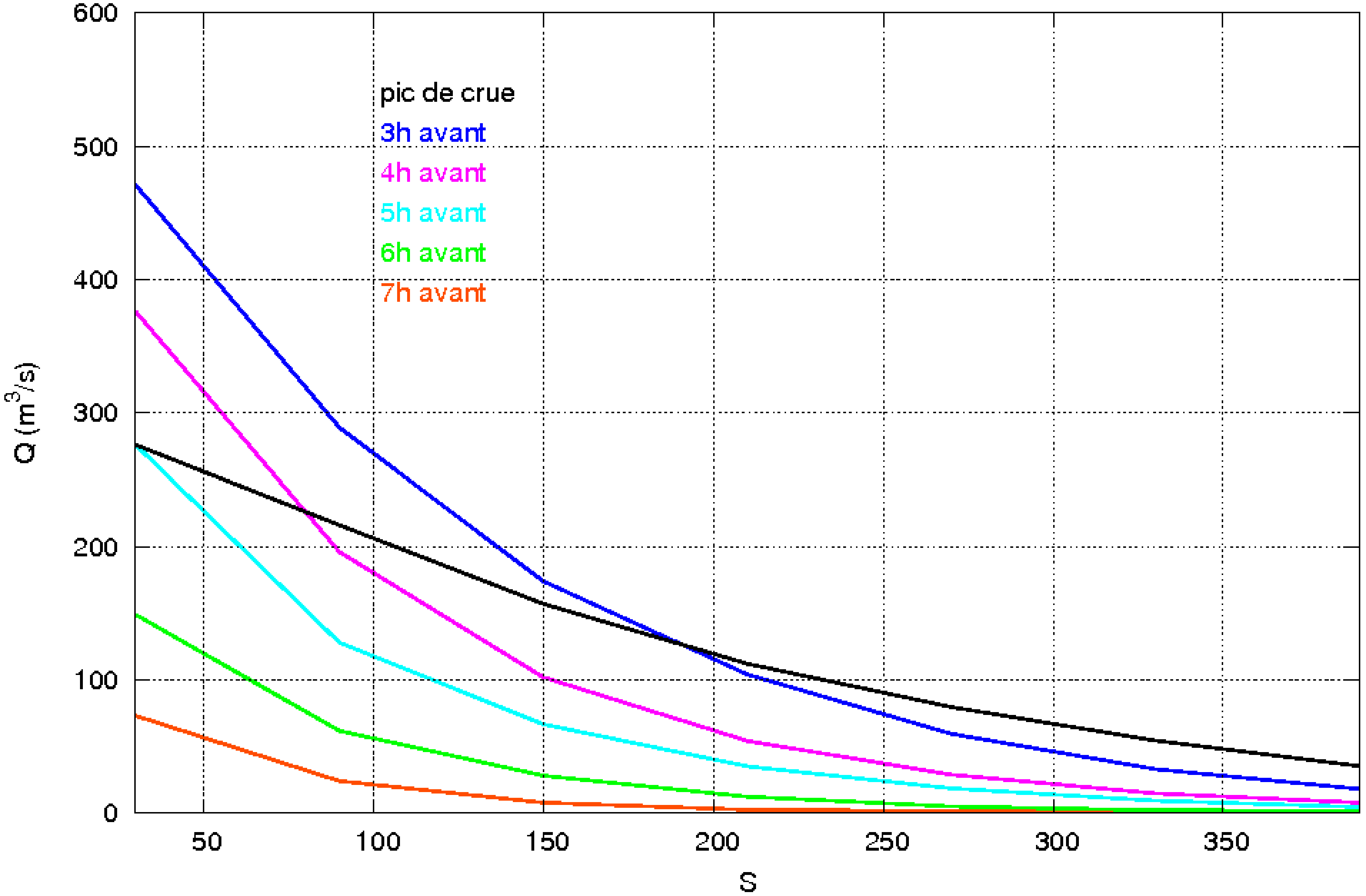
PLAN

- Contexte du projet
- Rôle de l'assimilation de données
- Présentation de la maquette
- Vérifications
- Résultats et perspectives

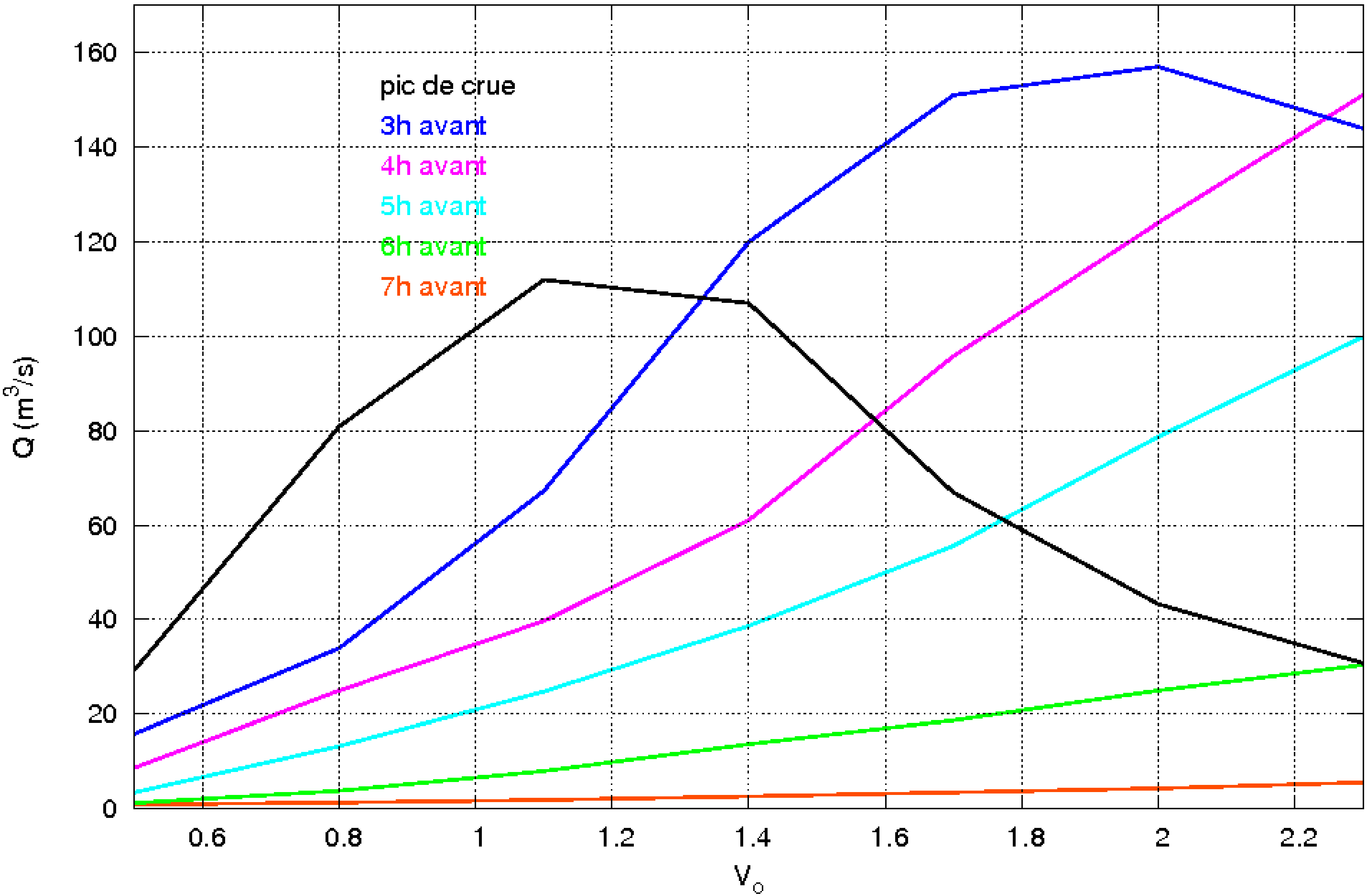
Comparer la correction de α, V et S

- Le modèle, comment est-il sensible aux changements de α, V et S ?
- changement du arrivée du pic de crue
- hauteur du pic de crue
- affichage de la sensibilité de débit en fonction de chaque paramètre

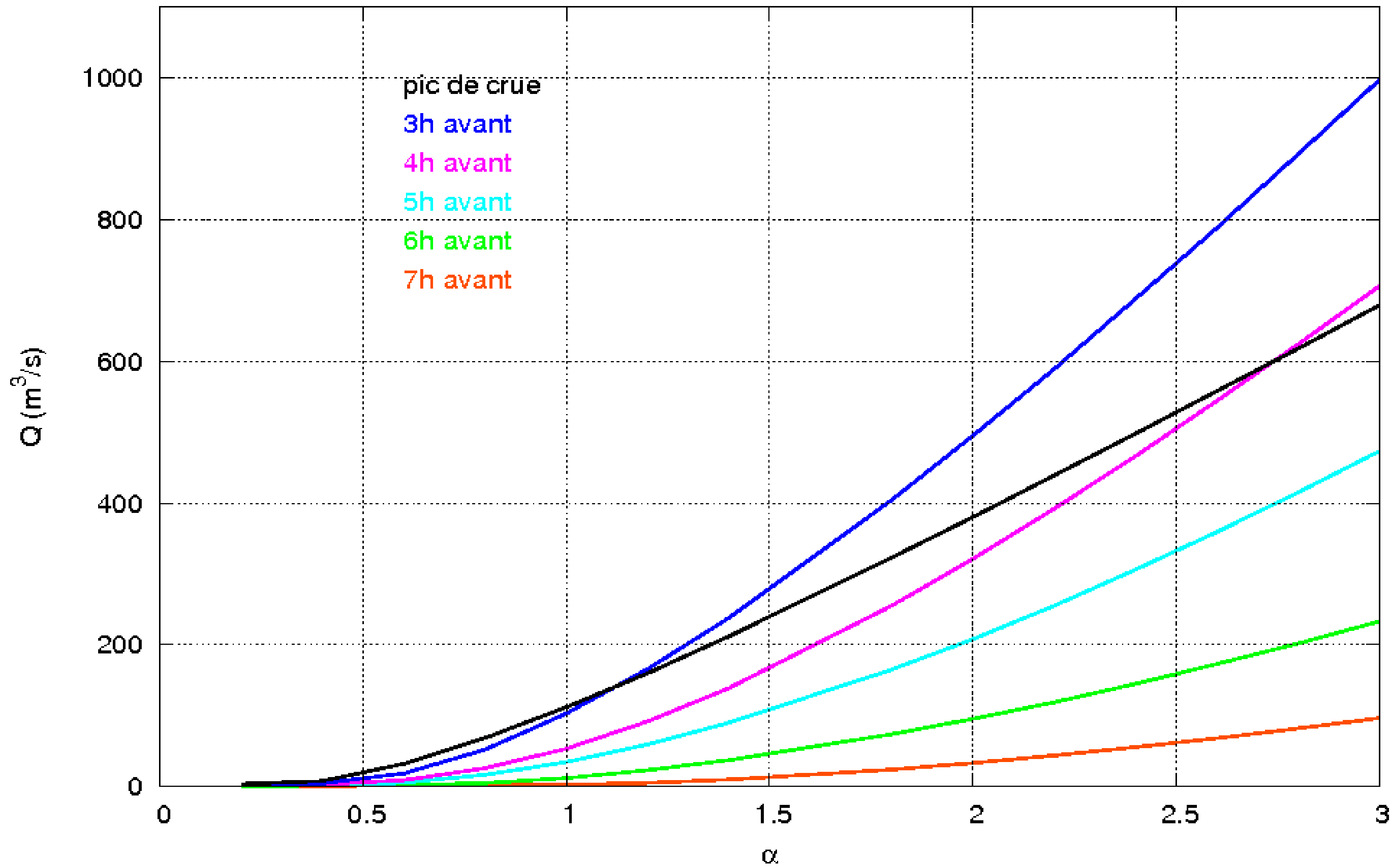
la correction de S



la correction de V



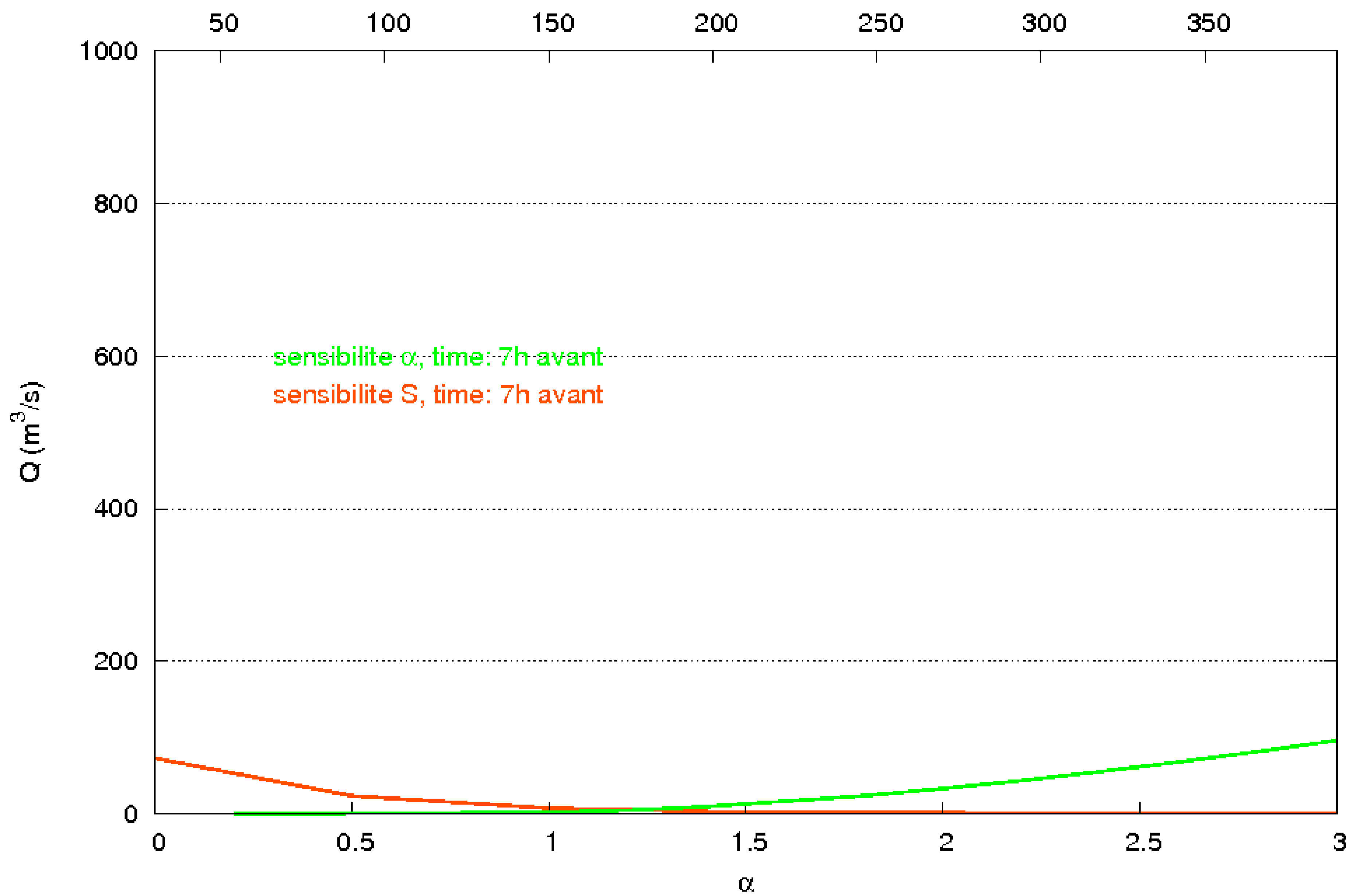
la correction de α



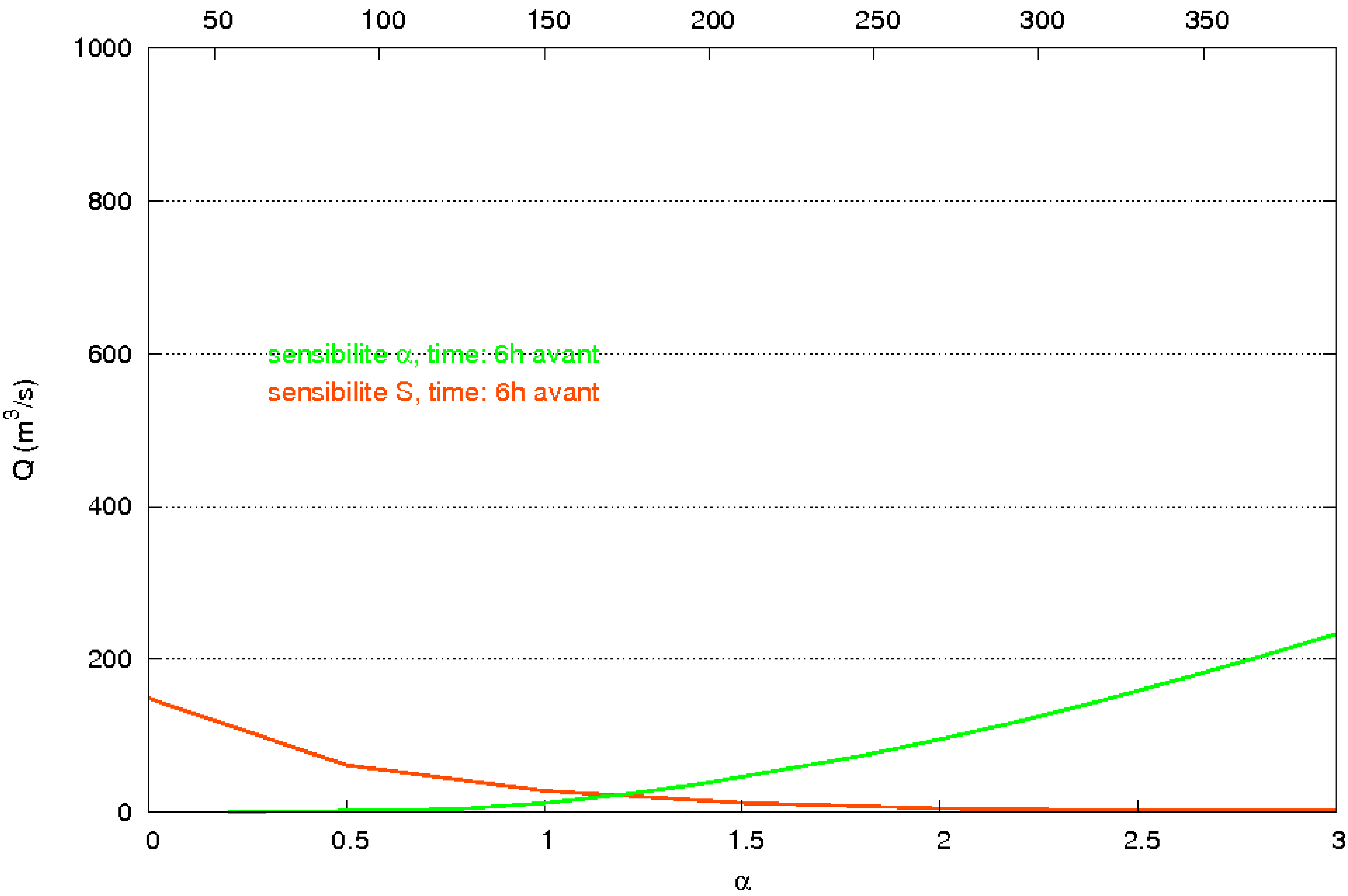
Comparaison de la correction de α et la correction de S:

evolution en temps

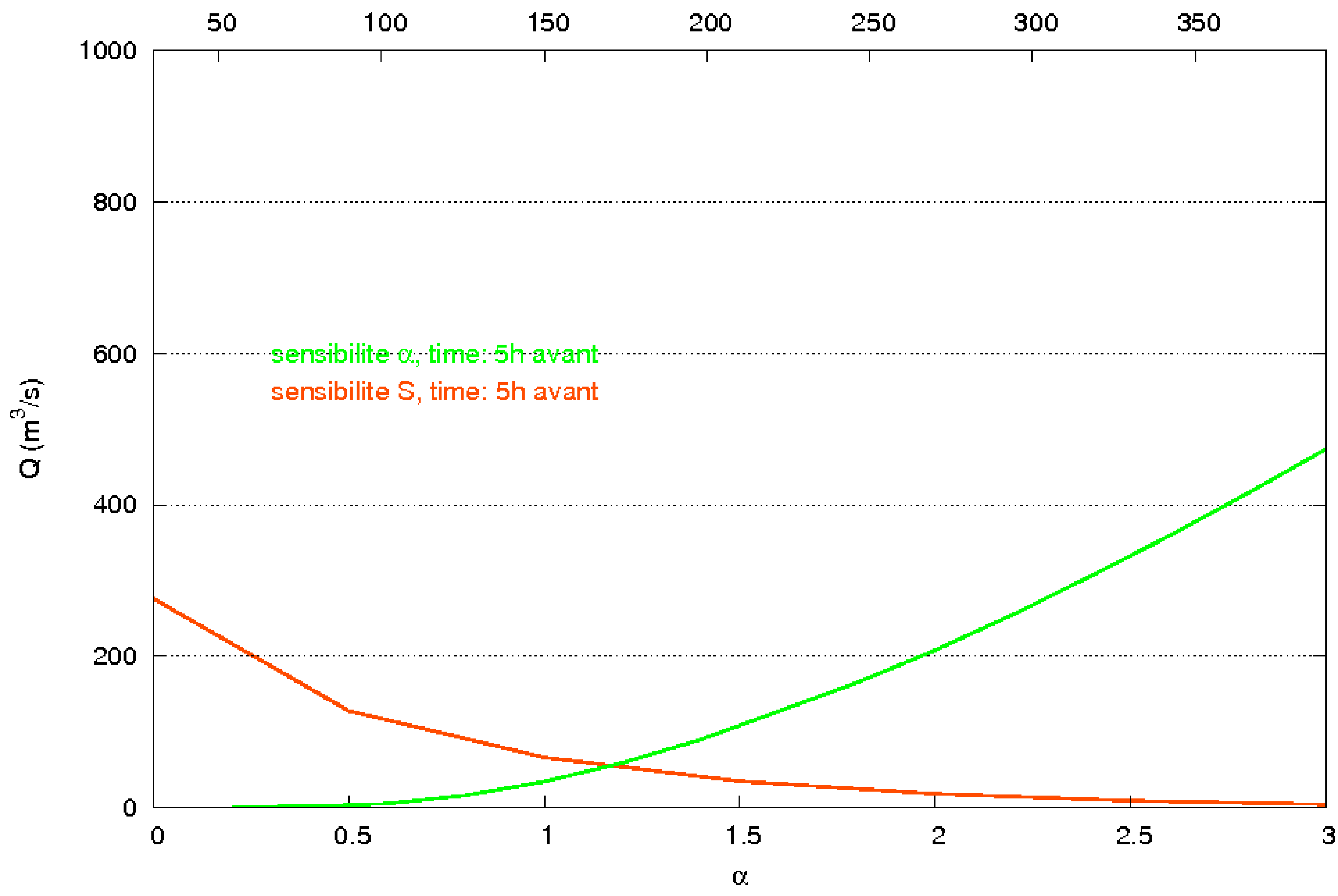
7 heures avant



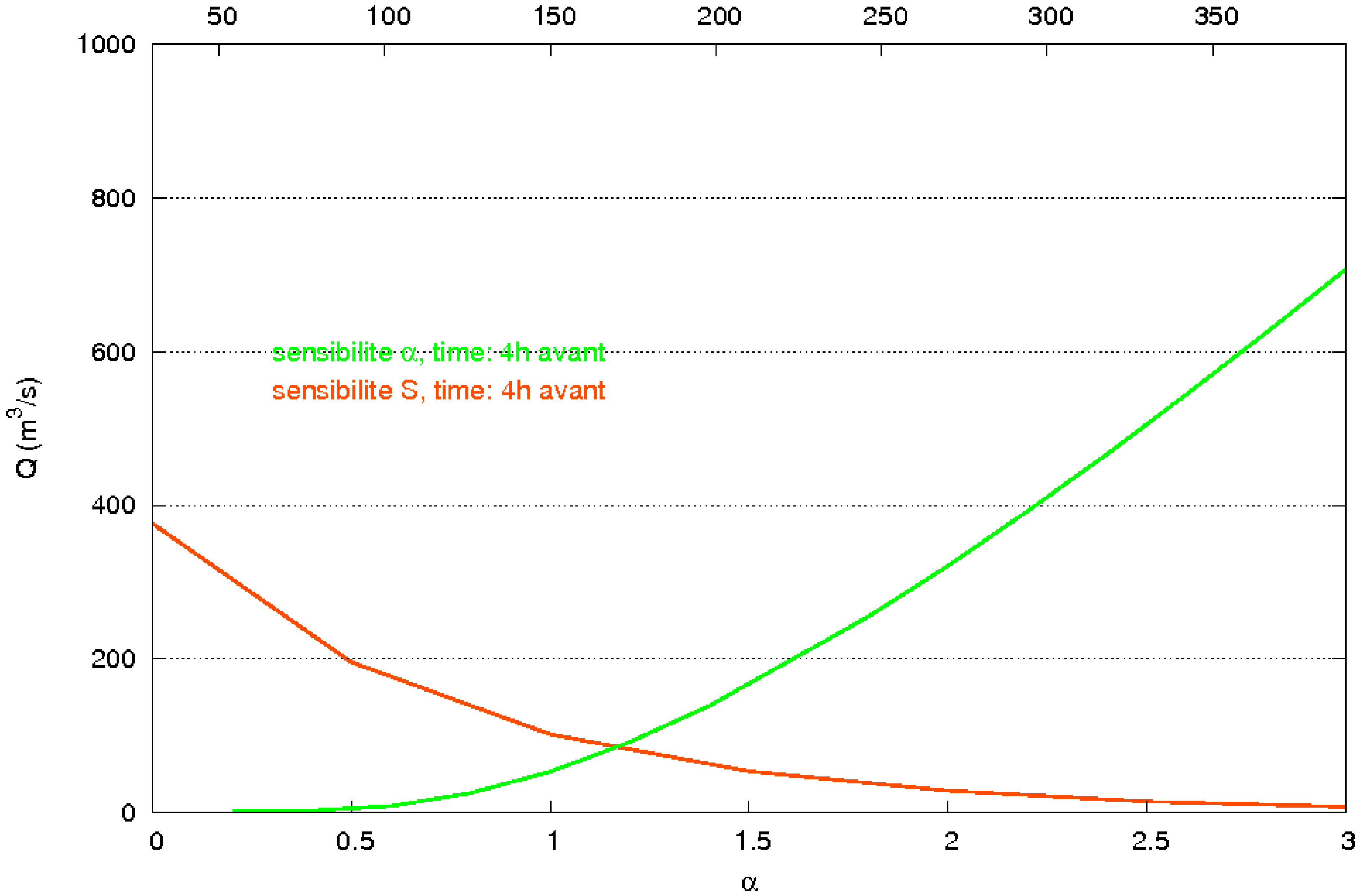
6 heures avant



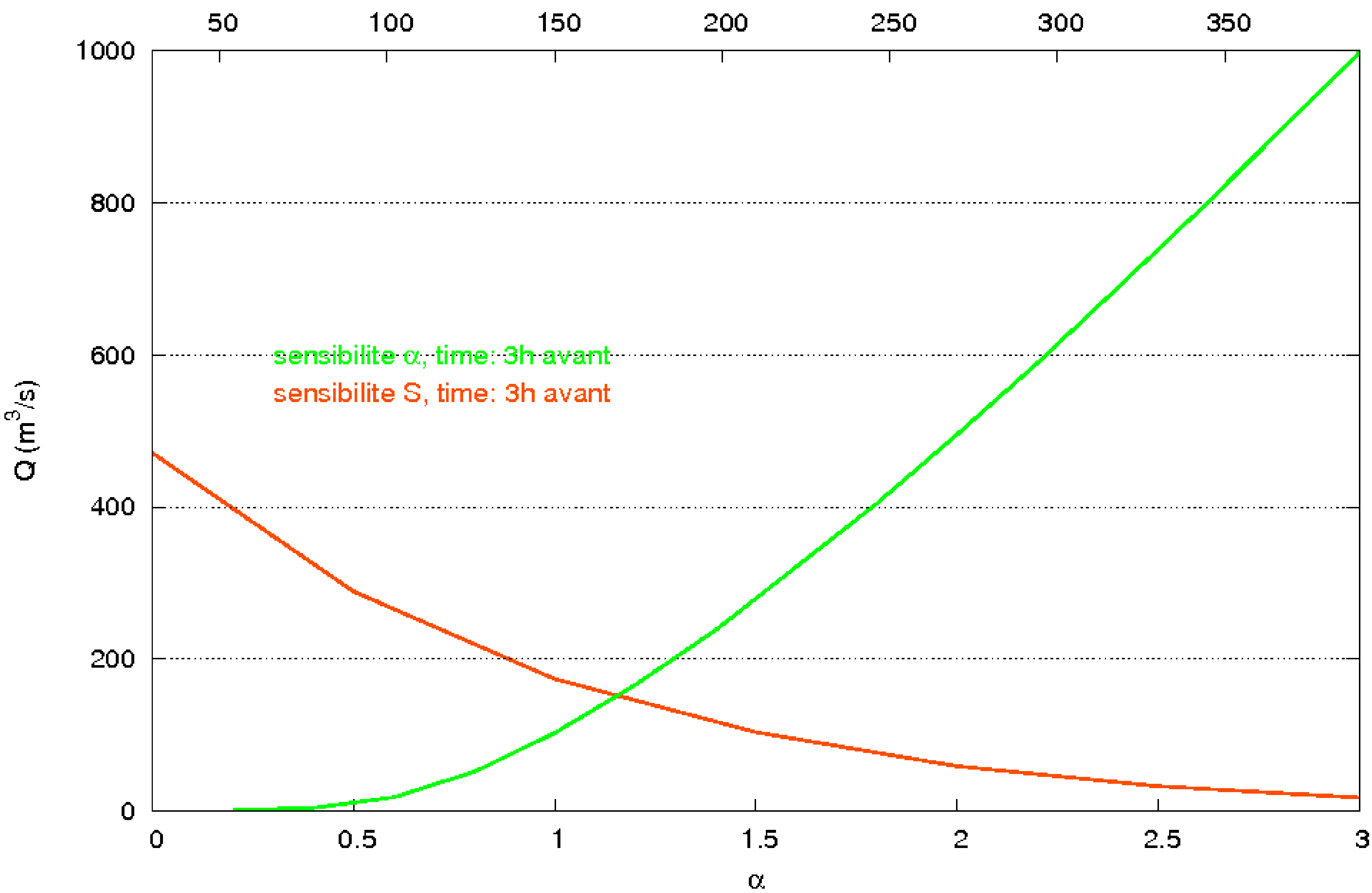
5 heures avant



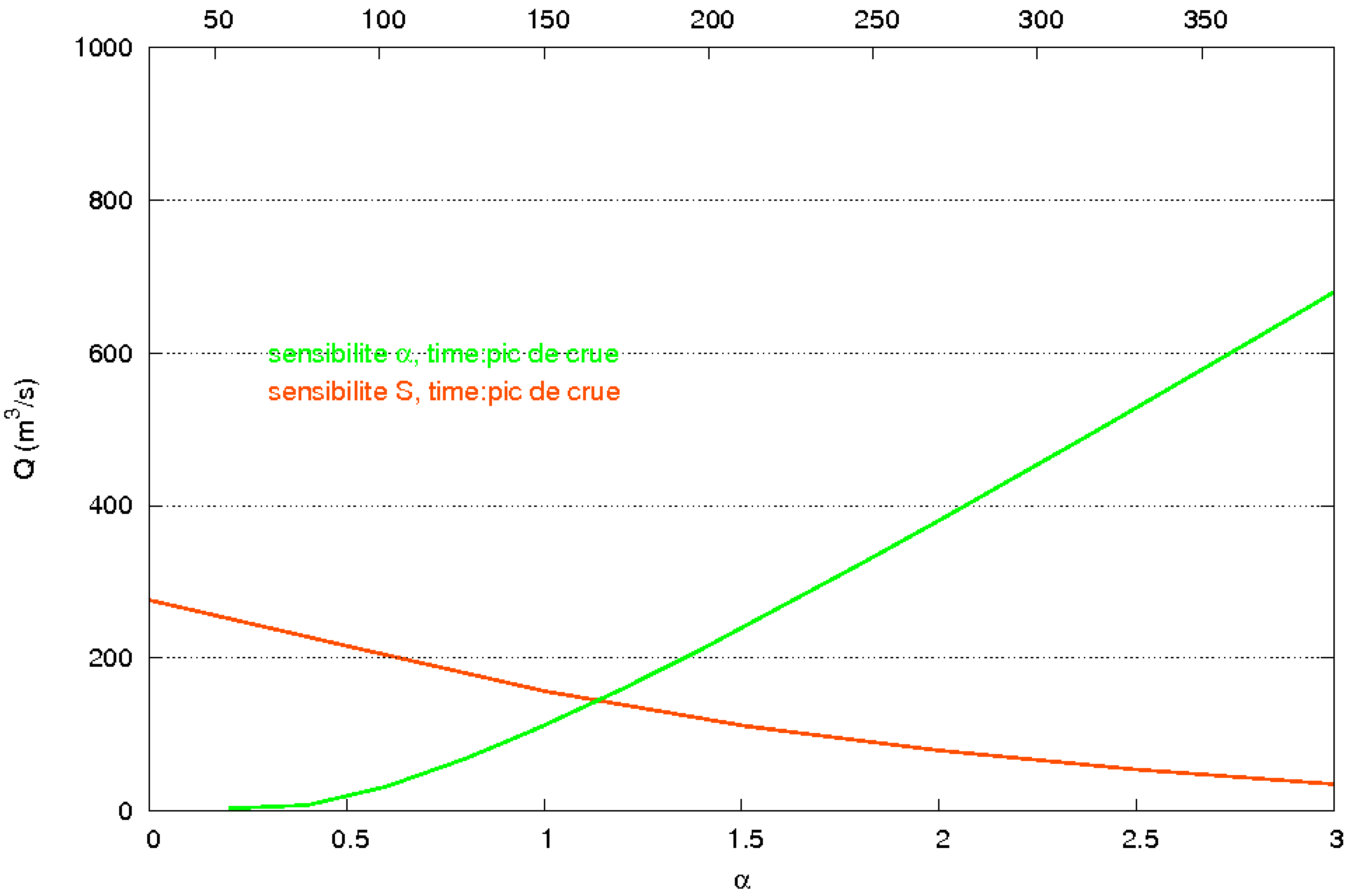
4 heures avant



3 heures avant



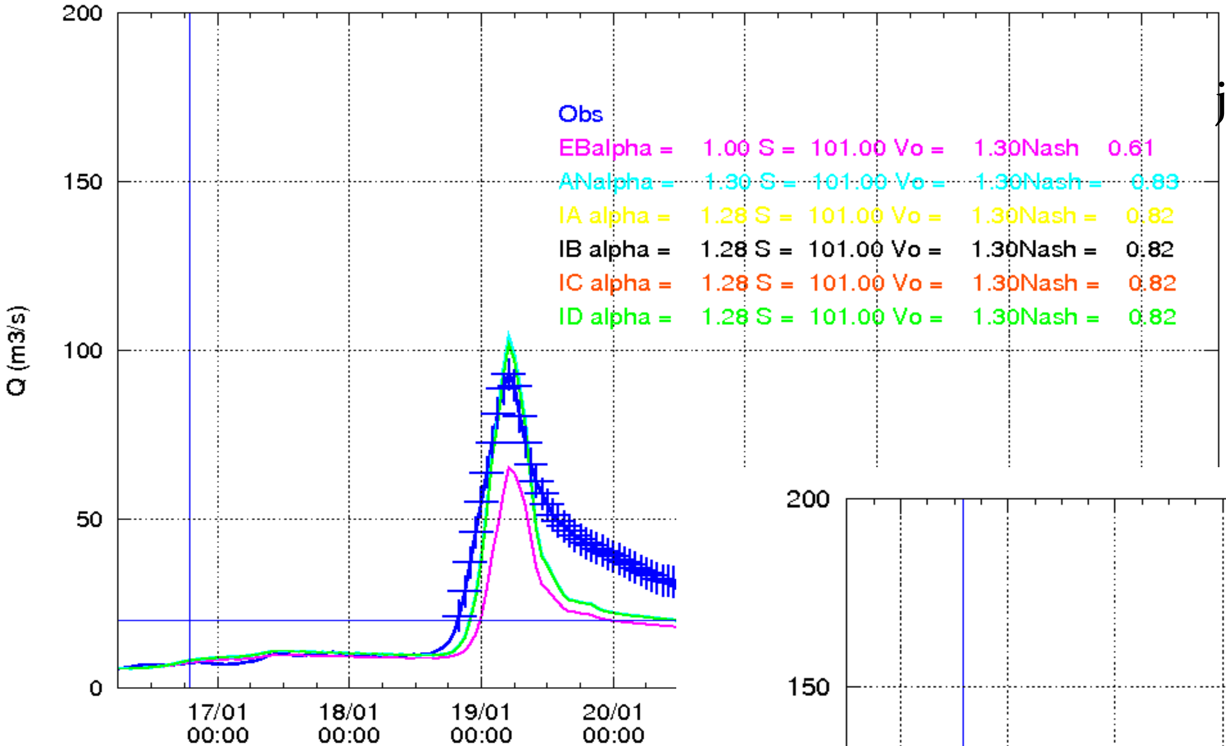
Pic de crue



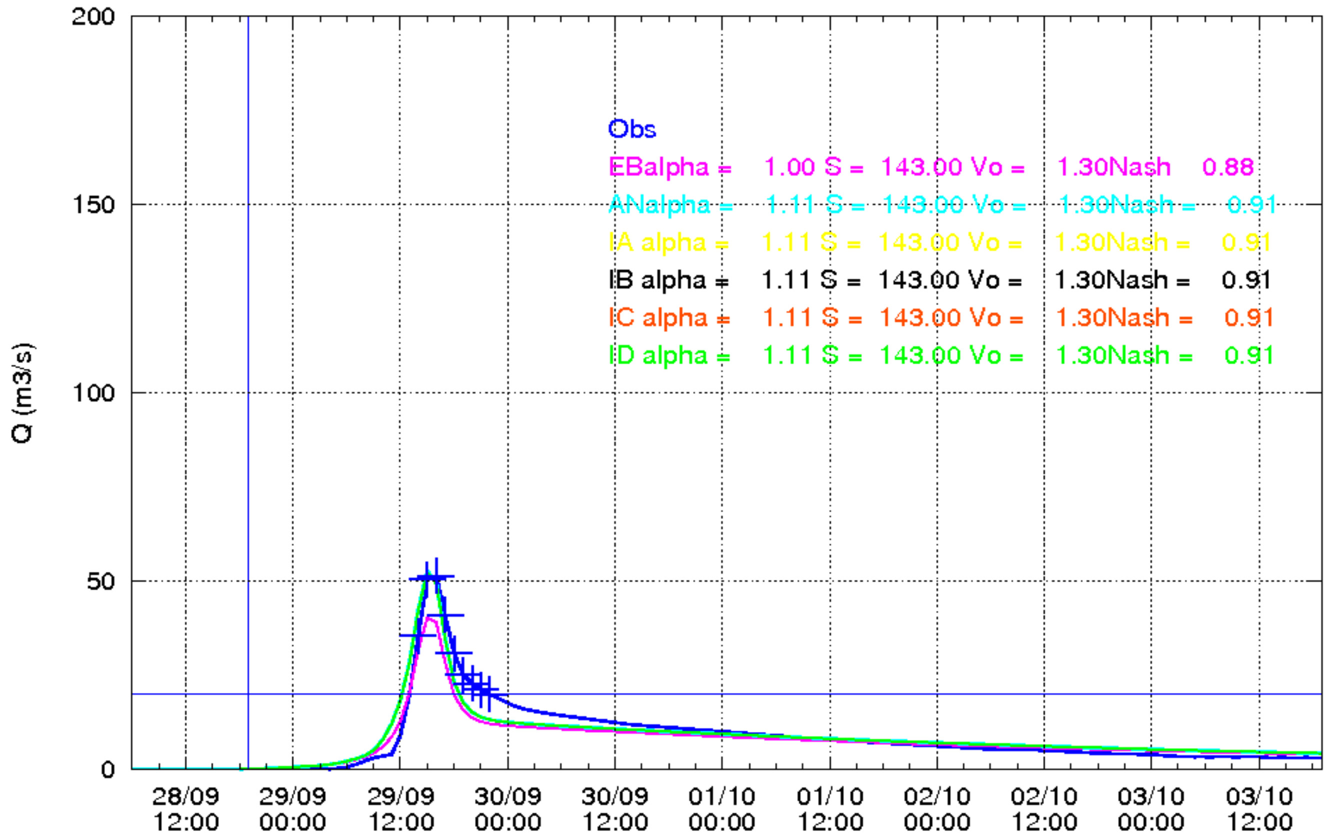
50
100
150
200
250
300
350
1000
800
600
400
200
0
Q (m3/s)
sensibilite α, time:pic de crue
sensibilite S, time:pic de crue
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
α

3. Calculer une réanalyse de α en assimilant tous les débits pour la pluie radar brute

Six épisodes simulés



janvier 2001



septembre 2000

Résumé des résultats

Numéro de l'épisode	date	S (mm) assimilé, gauge	nash sans assim de α	nash avec assim de α	α	MFB *
3.	16-12-1997	150	0.24	0.46	1.53	1.74
4.	11-11-1999	168	0.54	0.58	1.30	1.09
5.	28-09-2000	143	0.86	0.91	1.11	1.79
6.	23-12-2000	117	0.53	0.67	1.25	1.50
7.	16-01-2001	101	0.61	0.82	1.28	1.53
9.	08-09-2002	238	- 0.06	-0.06	1.84	1.80

* = radar Hydram

$$MFB = \frac{\frac{1}{n}\sum G_i}{\frac{1}{n}\sum R_i}$$

G_i : pluie gauge à location, i

R_i : pluie radar à location, i

n = # gauges

Mean Field Bias et la valeur de α

Au prémière vu,

=> α n'est pas li é au MFB

Perspectives

1.Corriger la pluie pour chaque pas de temps

- fenêtres de 1, 2 ou 3 heures
- Corriger directement le niveau du resérvoir

2. Ajouter du bruit blanc sur les pluies

- α calculé comme fonction de temps
- $\alpha = \beta dt$

3.. Prévision sous pluie future connue