

Chapitre IV : Application du modèle HEC-HMS au bassin Versant de l'Oued Boussellem

Introduction

Hydrologique Engineering Centre - Hydrologique Modélisation Système (HEC-HMS) est un logiciel de modélisation hydrologique déterministe et conceptuel qui permet la simulation événementielle et continue sur une longue durée. C'est un modèle distribué (spatialisé) qui permet de diviser le bassin versant en sous-bassins élémentaires, en fonction des affluents et de la topographie. La modélisation de la réponse d'un bassin versant à un événement pluvieux est découpée en trois parties :

- La modélisation du bassin versant (basin model)
- La modélisation de la pluviométrie (Météorologic Model)
- Les specifications particulières.

IV.1. La modélisation du bassin avec HEC-HMS:

IV.1.1.Préparation des entrées du modèle HEC-HMS:

IV.1.1.1 Fonctionnalités :

Les données d'entrée peuvent être conçues pour les éléments du bassin versant comme les sous bassins et les tronçons de cours d'eau ou bien simultanément pour des groupes d'éléments analogues. Les tableaux et formulaires pour l'introduction de données nécessaires sont accessibles {partir d'un schéma visuel du bassin versant. Pour effectuer une première simulation, il est nécessaire de créer une base de données pour caractériser le bassin versant et déterminer les averses qui seront employées comme données d'entrée du modèle.

Les principales étapes de la simulation sont :

- ✓ Démarrage d'un nouveau projet;
- ✓ Définition du modèle de bassin versant;
- ✓ Données de la ou des stations météorologiques;
- ✓ Définition du modèle de précipitation;
- ✓ Définition des paramètres de contrôle de la simulation;
- ✓ Création et exécution d'une simulation;
- ✓ Visualisation des résultats.

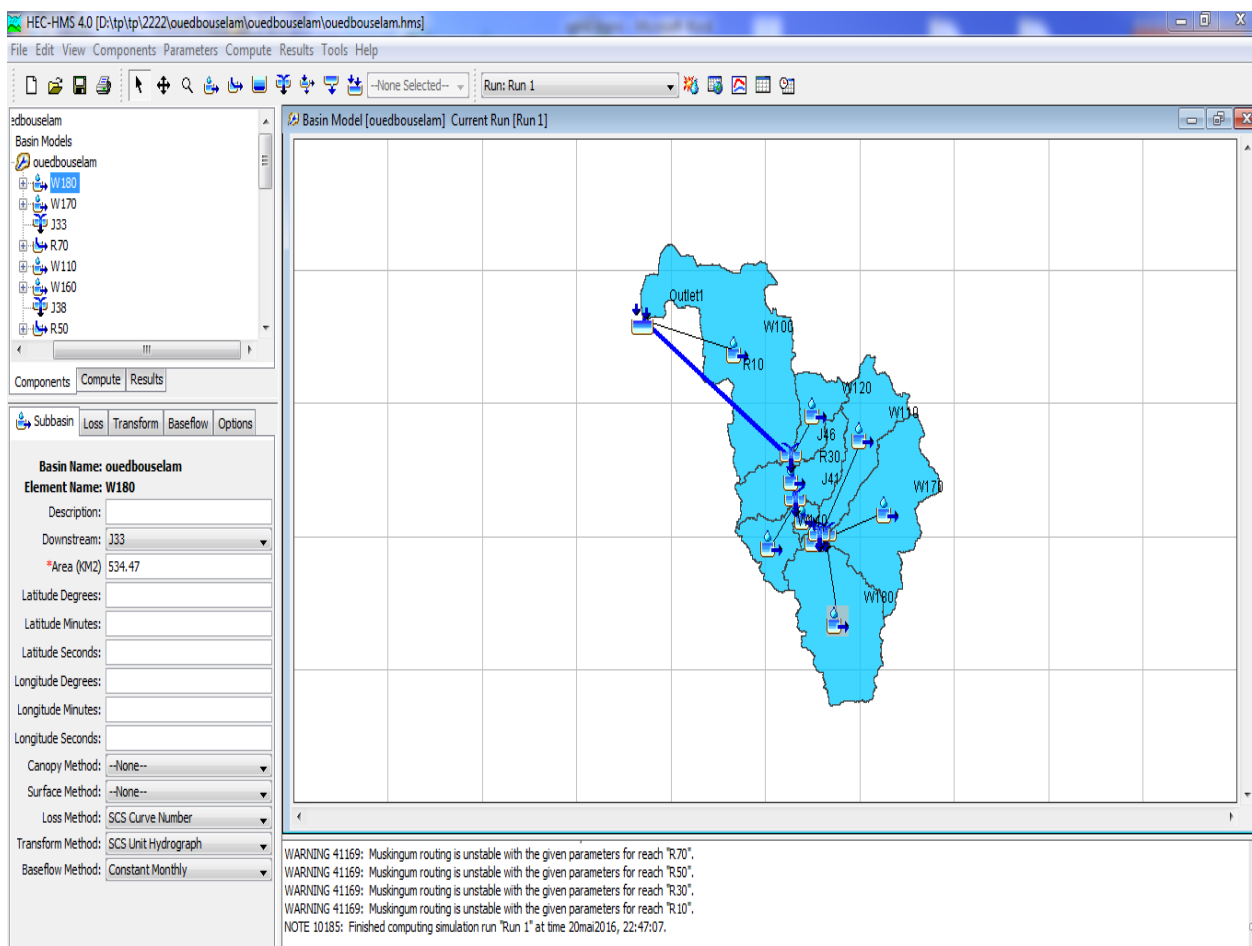


Figure IV.1 : Fenêtre de l'interface du HEC-HMS représente le Bassin versant et leurs sous bassins

IV.1.1.2 Les données nécessaires à l'application de simulation avec HEC-HMS :

L'application du modèle HEC-HMS nécessite une banque de données concernant le bassin ou les sites étudiés, afin qu'on puisse appliquer le modèle. Parmi les données indispensables on peut citer dans notre cas:

- ❖ Les caractéristiques morphométriques des bassins :
- ✓ Les surfaces des sous bassins versants
- ✓ Type de sol
- ✓ Couvert végétal

- ❖ Les caractéristiques météorologiques :
 - ✓ Les précipitations
 - ✓ L'évapotranspiration
 - ✓ Les données de spécifications de contrôle
 - ✓ La date initiale
 - ✓ La date finale
 - ✓ L'intervalle de temps de calcul

IV.1.2 Les données de bases d'entré :

Les données nécessaires à la modélisation des sous-bassins sont représenté dans le tableau suivant :

Name	Surface (km ²)	pente (m/m)	CN	T _C (kirpich)	T _C (ventura)
Bassin W180	534,47	0,006401	59,7	23,41	20,3
Bassin W170	519,98	0,009086	79	20,46	17
Bassin W110	303,24	0,00395	79,5	28,2	25,9
Bassin W160	26,195	0,008883	97,4	20,64	17,3
Bassin W140	149,12	0,00236	80,5	34,38	13,5
Bassin W150	35,037	0,00372	97,4	28,85	26,7
Bassin W130	275,61	0,000992	83	48	51,7
Bassin W120	155,17	0,001783	83	38,3	38,5
Bassin W100	891,62	0,001886	83	37,5	37,5

Tableau IV.1 : Données de base des sous-bassins versants

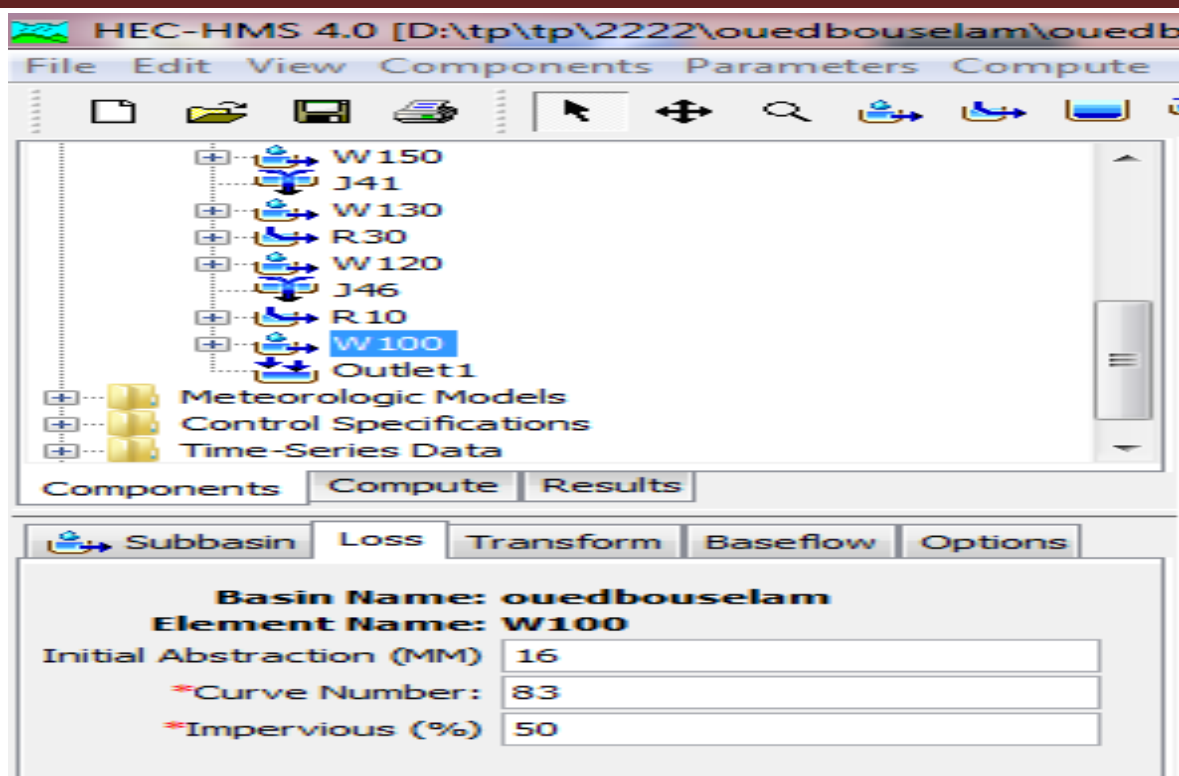


Figure IV.2 : Fenêtre de donnée de Curve Number (CN) et Imperméabilité.

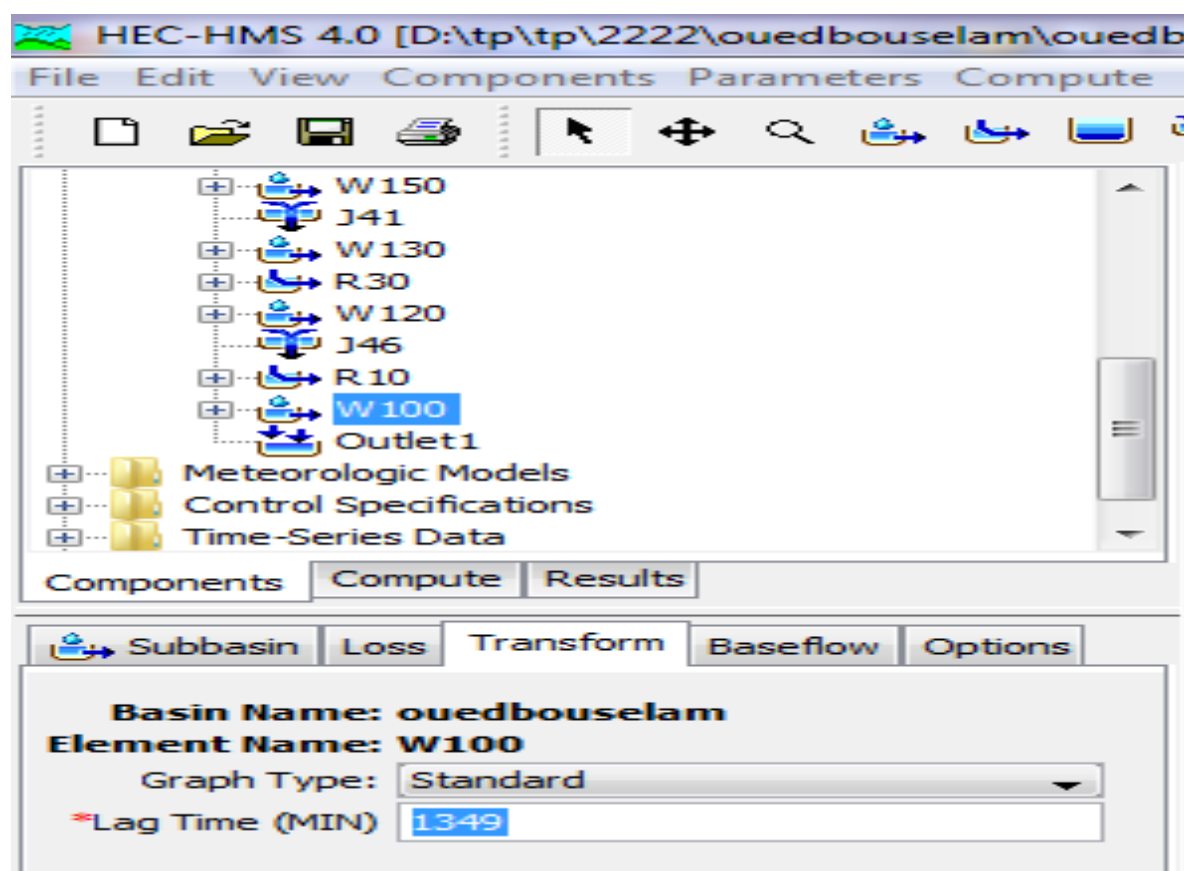


Figure IV.3 : Fenêtre représente Lag time.

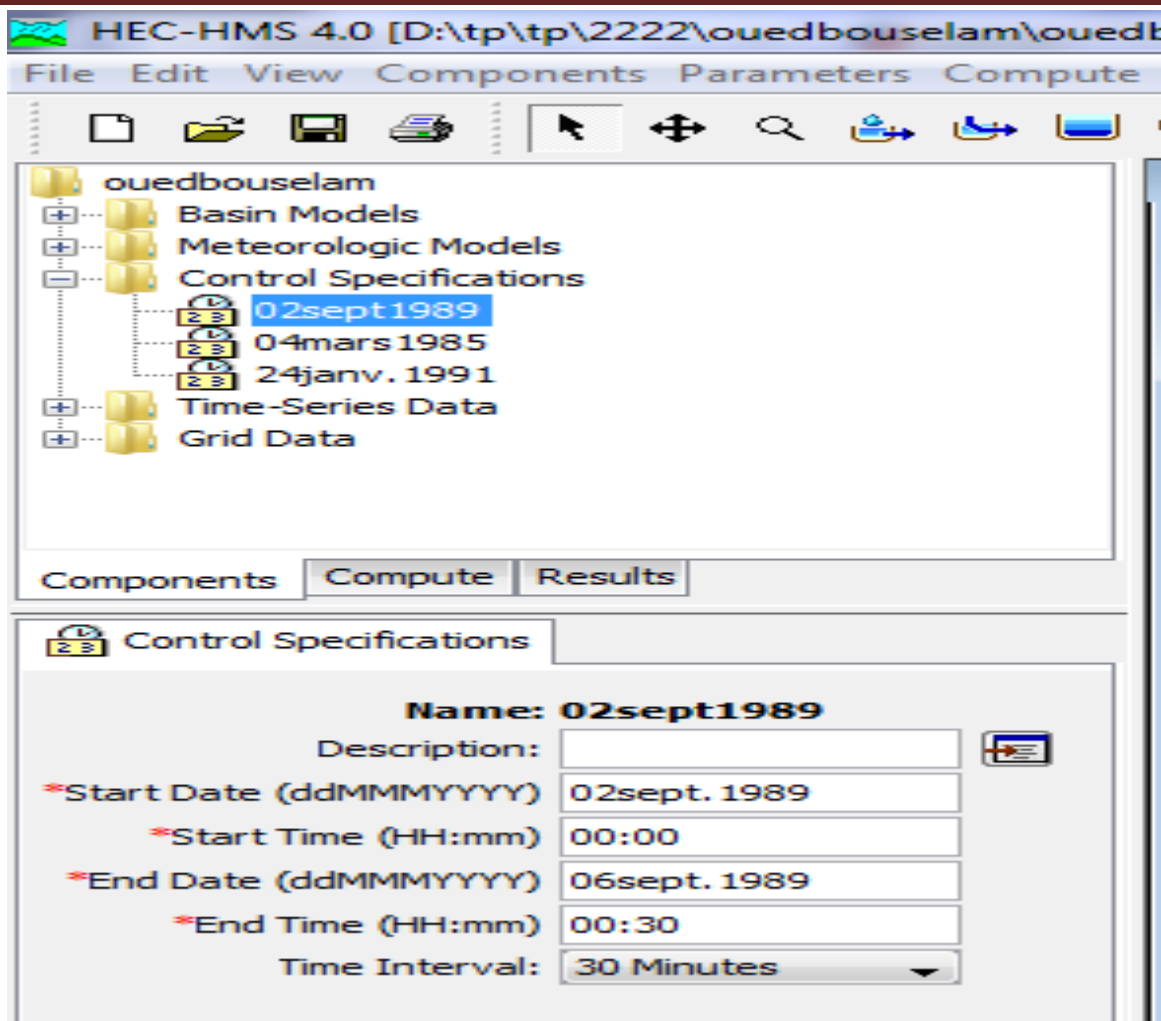


Figure IV.4 : Fenêtre de temps de démarrage de la crue et l'intervalle de temps.

La figure IV-5 présente les procédures de saisie des données (temps de démarrage du crue, l'intervalle de temps et temps du fin du crue) sur le logiciel HEC HMS.

IV.2. Résultats de simulation

Les résultats de simulation pour les deux fonctions de transfert lag dans le tableau IV.2

Evènement	Averse	Paramètres de modèle			Résultats de simulation					
		NRCS CN			Qp (m ³ /s)			V (mm)		
		Ia	CN	Tlag	Obs.	Sim.	Diff %	Obs.	Sim.	Diff %
1989	1	16	83	1349	85	59.9	28.67	2.43	2.96	17.91
	1A					228.9	57.2		2.96	17.91
	2					333.4	62.5		2.96	17.91
	3					337.3	62.8		2.96	17.91

Tableau IV.2 : Résultats de simulation : Formalisme lag

Qp : le débit de pointe (m³/s)

Fct obj : la fonction objective

CN : Nombre de courbe

Sim. : Simulé

Ia : perte initiale (mm)

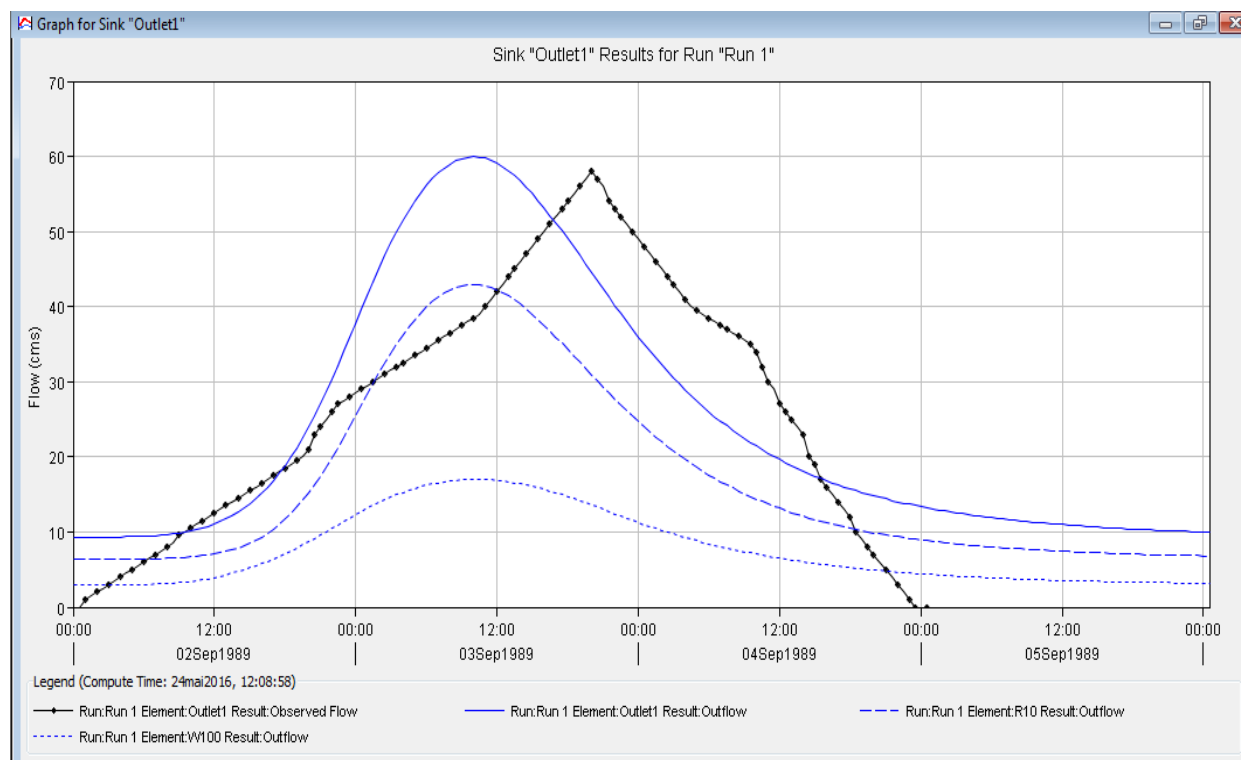
V : le volume en mm

Lag : temps de réponse lag (min)

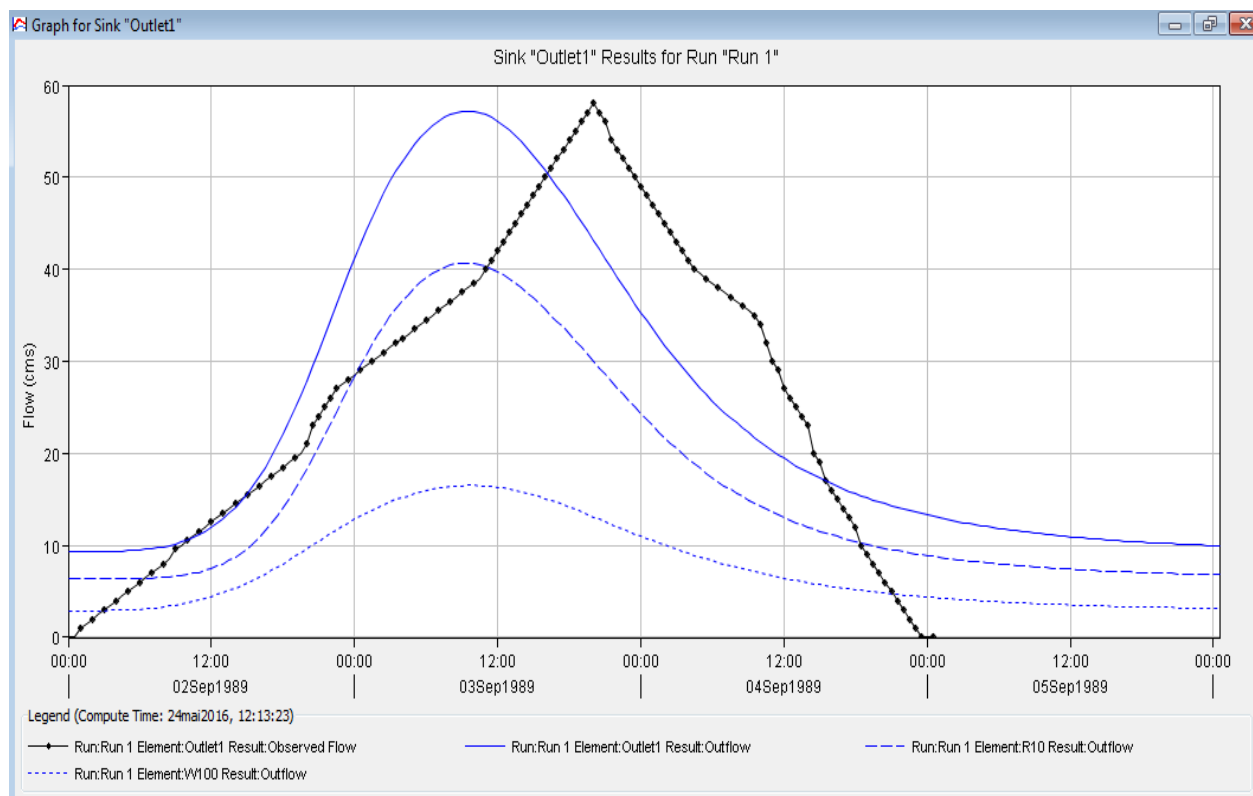
Obs. : observé

Les graphes d'évènement 1989 pour la méthode de fonction de formalisme lag suivants :

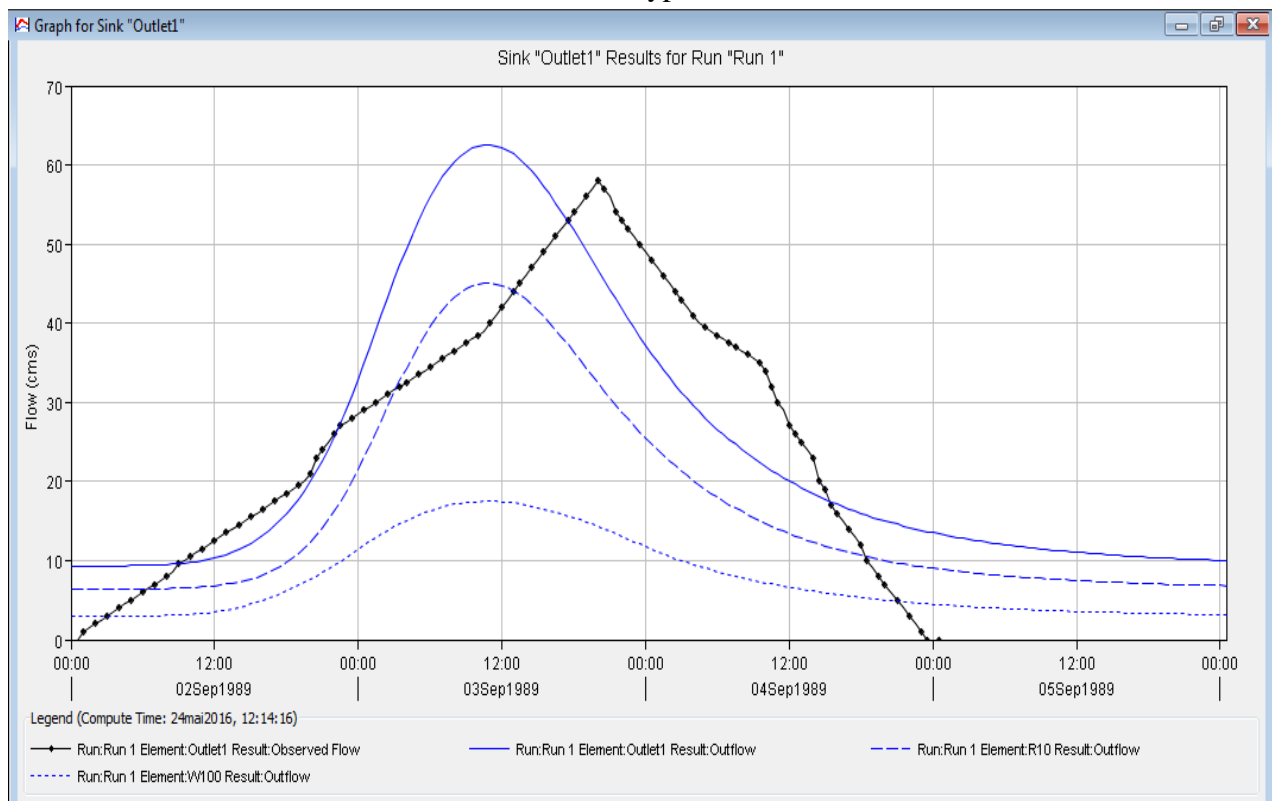
Averse type 1 :



Averse type 1A :



Averse type 2 :



Averse type 3 :

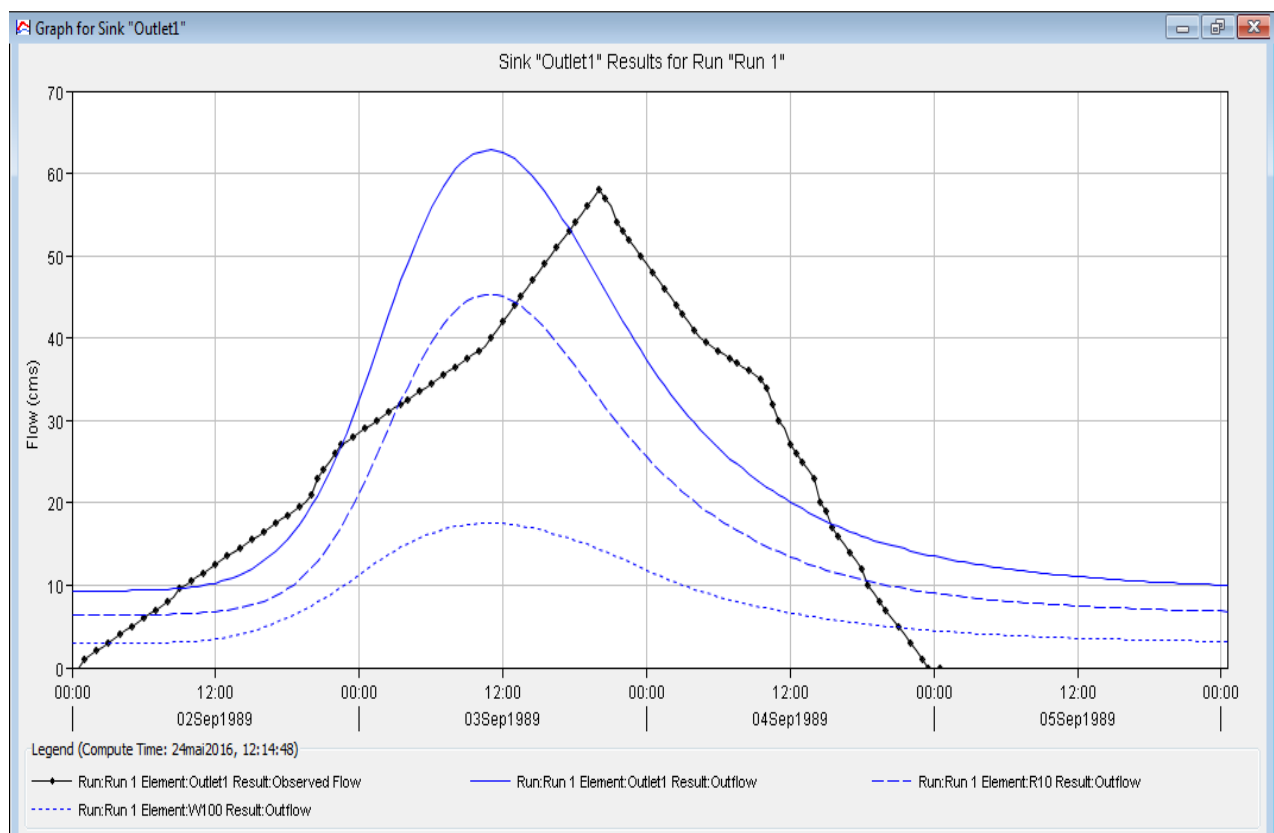


Figure IV.5. Hydrographes des crues de l'évènement de 1989 avec la fonction de transfert Lag

IV.3. La calibration du modèle

Afin d'aboutir aux valeurs optimisées des paramètres du modèle, la calibration a été effectuée de simulation en utilisant la fonction objective sur le débit de pointe.

IV.3.1. Les résultats de calibration:

À partir des résultats de la calibration, nous pouvons constater d'une manière générale que la valeur de la fonction objective, les valeurs optimisées des paramètres, les débits de pointe et le volume simulés varient tous en fonction de l'événement, du type de l'averse sélectionné et du formalisme choisi pour la fonction de transfert. Les résultats de calibration de modèle se trouvent dans les tableaux suivants :

a-Calibration par le formalism Lag:

Evènement	Averse	Paramètres calibrés			Résultats de calibration			
		NRCS CN			Qp (m ³ /s)		V (mm)	
		Ia	CN	Tlag	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.
1989	1	16	83	177	122	120	6.25	6.86
	1A	16	83	176		118		6
	2	16	82	376		122		6.7
	3	16	82	377		121		6.8

Tableau IV.3 : Résultats détaillés de la calibration par le formalisme Lag :

Qp : le débit de pointe (m³/s)

Fct obj : la fonction objective

CN : Nombre de courbe

Sim. : Simulé

Ia : perte initiale (mm)

V : le volume en mm

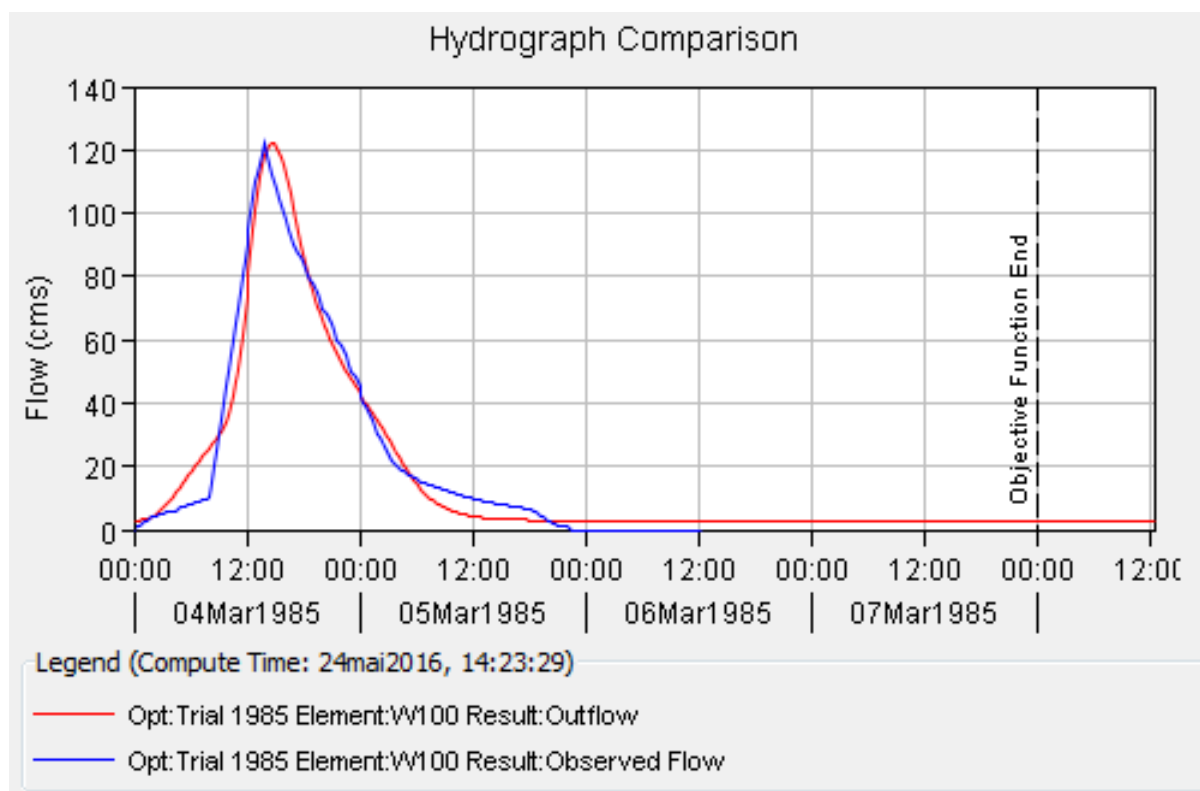
Lag : temps de réponse lag (min)

Obs. : observé

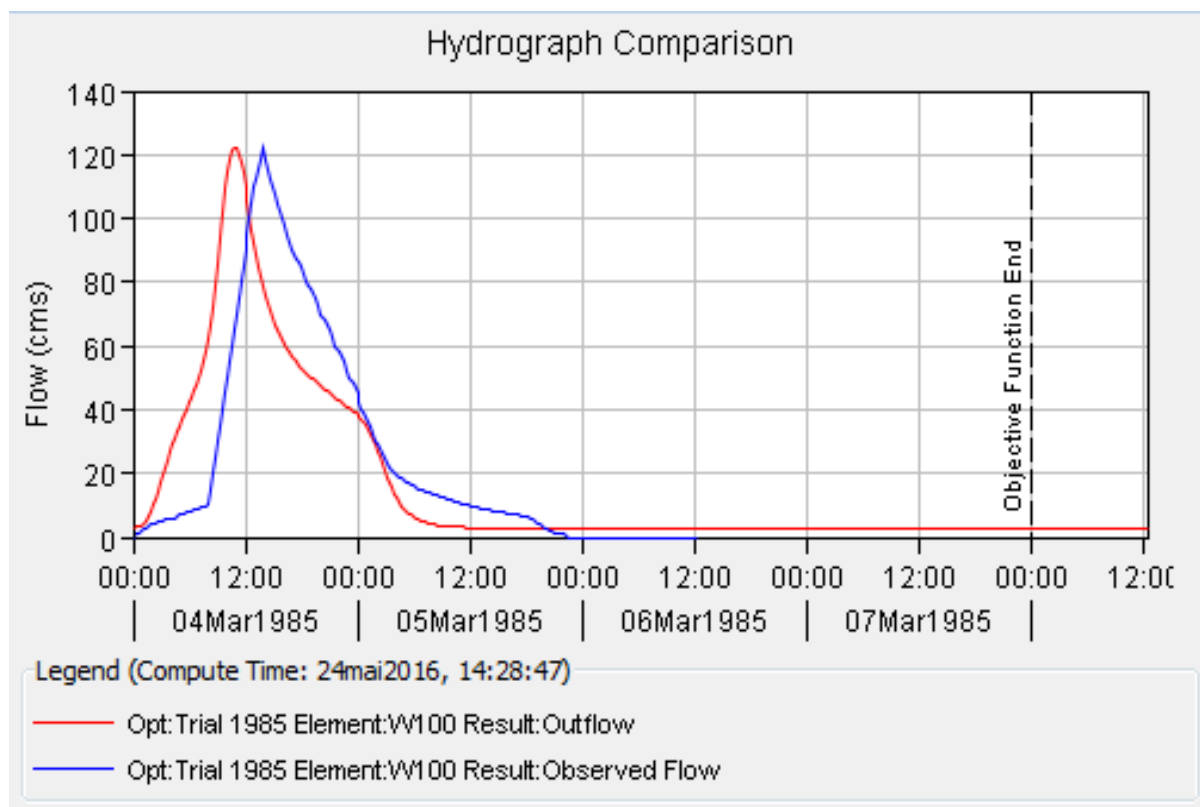
Les graphes de calibration:

Les graphes de hydrogrammes des crues de l'évènement 1985

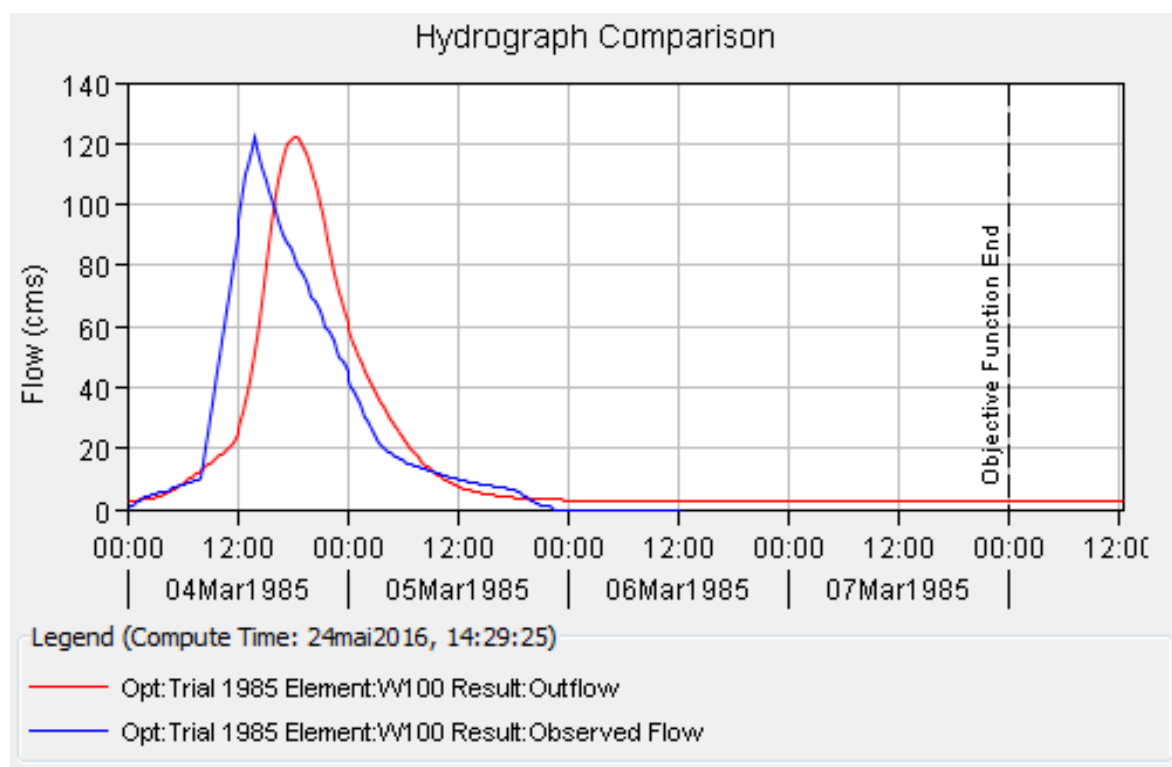
Averse type 1



Averse type 1A



Averse type 2



Averse type 3

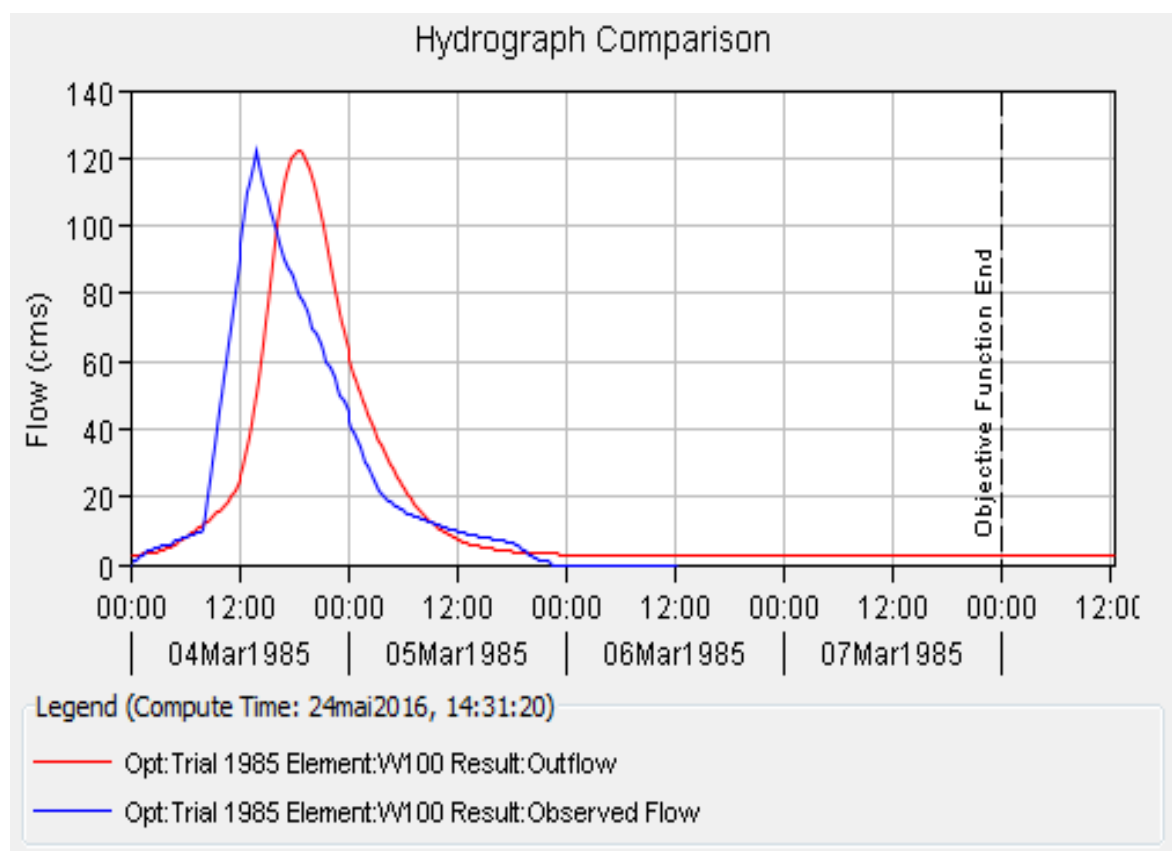


Figure IV.6. Hydrgrammes de crues de l'évènement 1985 après calibration par la fonction de transfert Lag

IV.4. Calage et validation du modèle hydrologique

Le calage sera effectué à l'aide des pluies et débits observés en 04 mars 1985. Le débit maximal instantané enregistré le 04 mars 1985 est de $120 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les paramètres estimés auparavant sont à optimiser de manière à faire correspondre convenablement les hydrogrammes observés et simulés. « Le but du calage est de trouver le jeu de paramètres qui permet la reproduction la plus fidèle possible du fonctionnement du système étudié ».

Les paramètres à caler sont les suivants :

Modèle de bassin versant	Paramètres à caler
Fonction de production	Curve Number (CN)
Routage hydraulique	Basin lag (t _{lag})

Tableau IV.4: paramètres de calage

Un modèle calé permet de reproduire fidèlement les événements avec lesquels a été effectué le calage, mais pas nécessairement tous les événements, avant de pouvoir exploiter le modèle, il doit être validé à l'aide d'une autre crue.

La validation des paramètres issus du calage sera effectuée à l'aide des pluies et débits observés en 25 janvier 1991. Le débit maximal instantané enregistré le 26 janvier 1991 est de $130 \text{ m}^3/\text{s}$. « La validation consiste à tester la performance du modèle en utilisant le jeu de paramètres obtenu par calage pour simuler un événement observé différent de ceux utilisés pour le calage ».

Le modèle est validé, si les paramètres obtenus par calage permettent de reproduire l'événement de validation. Il peut alors être exploité pour simuler des événements variés.

En choisissant le type d'averse

En appliquant le jeu de paramètres défini dans le tableau IV.4 aux événements nous arrivons aux résultats suivants :

paramètres	Ia (mm)	CN	T lag	imperméabilité%	Type d'averse
Valeurs optimisés	16	83	177	10	1

Tableau IV.5 : le jeu de paramètres optimisé utilisé pour la validation du modèle HEC-HMS sur le bassin du boussellam

Ce jeu de paramètre optimisé est composé de valeurs de paramètres acceptées et réalistes comme c'est le cas du temps de concentration égale à ce qu'on a calculé par la méthode de Giandothi, et la valeur de CN très proche de celle estimée par la carte d'occupation du sol et de type de sol. Les graphes de l'hydrogramme de crues pour l'évènement suivant :

IV.5.Critère de performance

Les objectifs principaux de la procédure de calage des modèles vont être de:

- Reconstituer 'correctement' la forme générale de l'hydrogramme observé ;
- Arriver à un 'bon' accord entre les débits de pointe calculés et observés ;
- Obtenir un bilan 'convenable' sur les volumes.

Afin de quantifier le degré d'accomplissement de ces différents objectifs, des critères de performance sont utilisés.

Pour le calage, le critère de performance retenu est le critère de NASH. Ce dernier donne une appréciation globale de la reconstitution de la crue.

La formulation du critère de Nash est la suivante :

$$NASH = 1 - \frac{\sum (Q_{sim} - Q_{abs})^2}{\sum Q_{abs}^2} = 0.876$$

Ce critère vaut 100% pour une reconstitution parfaite de la crue et s'annule pour le modèle dit à toute heure, le débit calculé est égal au débit moyen de la crue. Ainsi, il indique si la simulation issue du modèle est meilleure qu'une estimation qui donnerait le débit moyen sur toute la période de calage.

Comme il utilise les carrés d'écarts, il est sensible à la reconstitution des forts débits. Nous considérons comme mauvais un Nash inférieur à 80%.

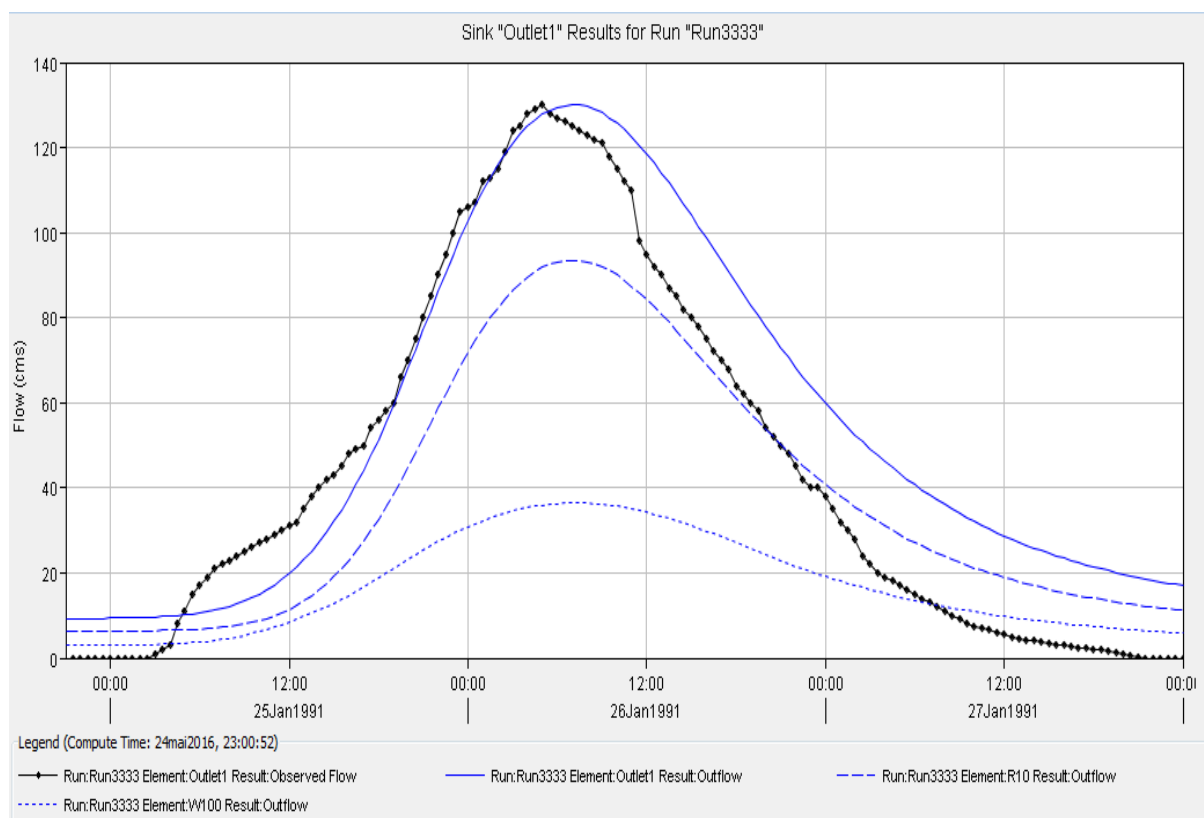


Figure IV.8.Hydrogrammes des crues des événements après validation du modèle

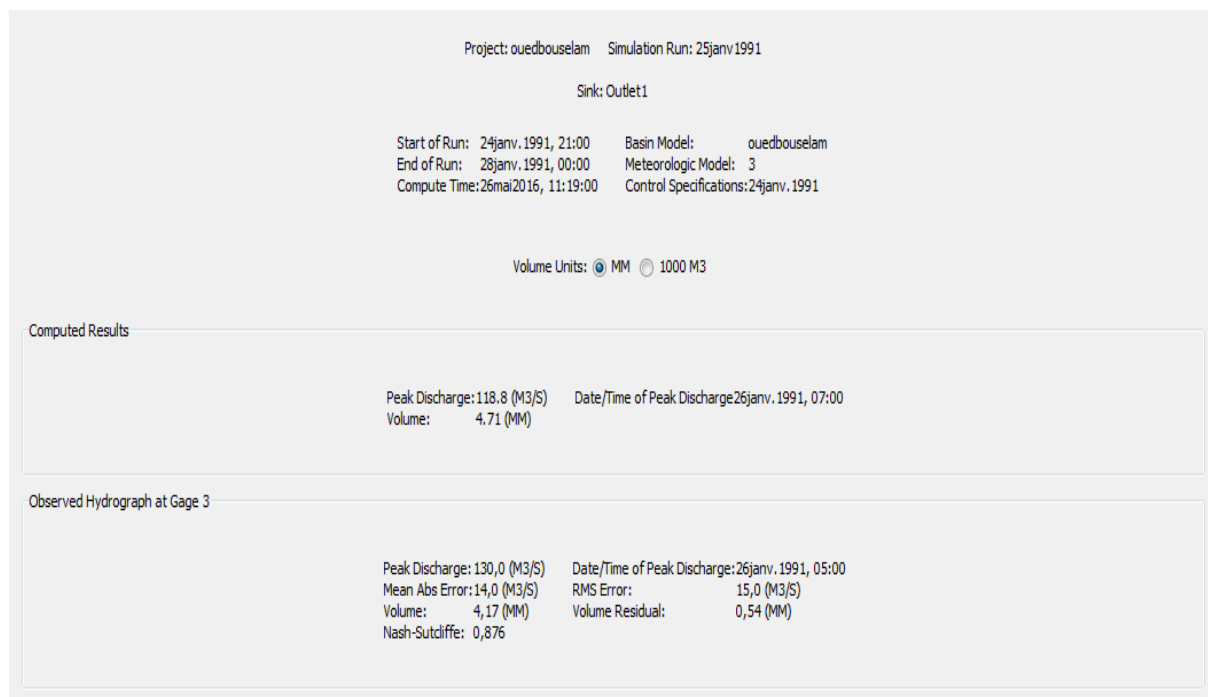


Figure IV.8.Fenêtre représente le volume de la crue simulée et la confisions de Nash-sutcliffe.

Conclusion:

Le critère de performance retenu est le critère de NASH. Ce dernier donne une appréciation globale de la reconstitution de la crue.

Une fois le modèle calé et validé, il pourra servir à simuler les crues de projet à partir des pluies de projet synthétiques de période de retour 10, 20, 50 et 100 ans.