

# **CHAPITRE III : Application du modèle HEC-HMS au bassin versant de la Rhéraya**

### Chapitre III : Application du modèle HEC-HMS au bassin versant du Rhéraya

De nos jours les hydrologues s'intéresse de plus en plus aux modèles qui reproduisent la relation pluie-débit dans les bassins versants mathématiquement afin de prévoir l'impact des évènements spécifiques sur les écoulements, les hydrologues s'orientent de plus en plus vers des modèles qui incorporent le SIG (Systèmes d'Information Géographique) vue que les systèmes naturels étudiés sont si complexes qu'il est nécessaire de les représenter spatialement dans un modèle.

L'importation des données nécessaire à la simulation consiste à les mettre sous le format approprié accepté par HEC- HMS. Le format de données accepté par HEC-HMS est de type DSS pour les enregistrer dans ce format adéquat, nous avons utilisé le programme HEC-DSSVue.

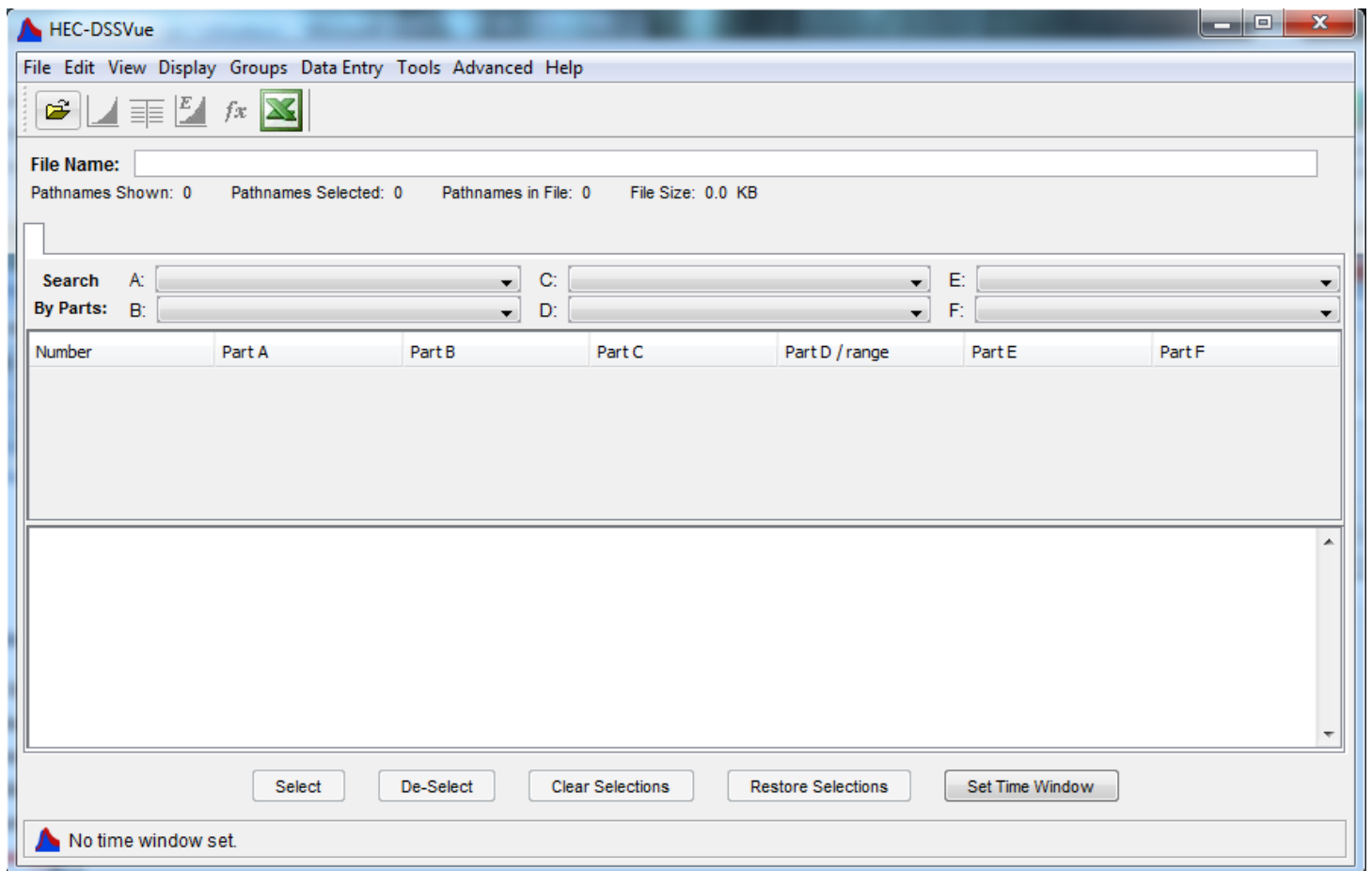


Figure 20: Présentation de l'interface du logiciel DSSVue.

### III.1. Préparation des entrées du modèle HEC-HM

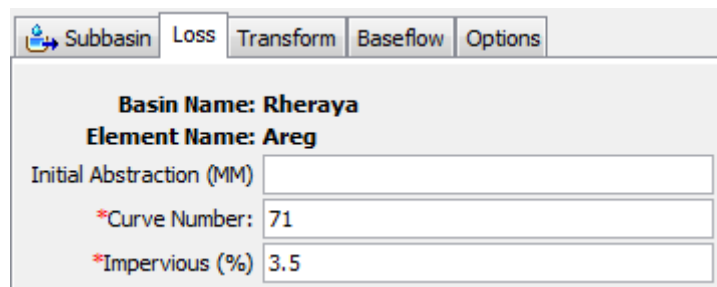
Pour entamer ce chapitre nous allons commencer tout d'abord par définir le pas de temps utilisé pour la simulation qui est une heure et la présentation des paramètres de HEC-HMS détaillée auparavant dans le chapitre précédent :

- **Fonction de production :**

Cette fonction permet d'estimer les pertes de précipitations. Dans ce model on va utiliser la méthode de SCS Curve Number parce que de nombreuses études l'ont utilisée avec succès et ce dans le contexte méditerranéen semi-aride. (Tramblay. 2012). Les paramètres requis par la méthode de SCS Curve Number sont :

1. Le Curve Number

2. Imperméabilité (Impervious) (pourcentage)



| Subbasin                   | Loss | Transform            | Baseflow | Options |
|----------------------------|------|----------------------|----------|---------|
| <b>Basin Name: Rheraya</b> |      |                      |          |         |
| <b>Element Name: Areg</b>  |      |                      |          |         |
| Initial Abstraction (MM)   |      | <input type="text"/> |          |         |
| *Curve Number:             |      | 71                   |          |         |
| *Impervious (%)            |      | 3.5                  |          |         |

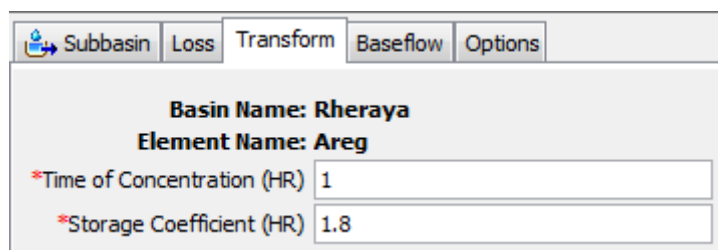
- **Fonction de transfert :**

Concernant cette fonction l'hydrogramme unitaire de Clark est fréquemment est utilisé pour une modélisation événementielle car il permet de reproduire des hydrogrammes complexes.

Les paramètres requis par la méthode de Clark sont donc :

1. Le temps de concentration,  $T_c$  (heures)

2. Le coefficient de stockage,  $St$  (heures)



| Subbasin                    | Loss | Transform | Baseflow | Options |
|-----------------------------|------|-----------|----------|---------|
| <b>Basin Name: Rheraya</b>  |      |           |          |         |
| <b>Element Name: Areg</b>   |      |           |          |         |
| *Time of Concentration (HR) |      | 1         |          |         |
| *Storage Coefficient (HR)   |      | 1.8       |          |         |

- **Débit de base :**

Dans cette fonction, on va travailler avec le modèle de récession, qui est adapté pour les bassins où le volume des crues est fortement influencé par les évènements pluvieux.

Les paramètres de la récession sont :

1. Le débit de base initial,  $B_i$  (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)
2. La constante de récession  $R_c$  ([0-1])
3. Seuil,  $T_d$  ([0-1])

| Basin Name: Rheraya       |               |
|---------------------------|---------------|
| Element Name: Areg        |               |
| Initial Type:             | Discharge     |
| *Initial Discharge (M3/S) | 0.06          |
| *Recession Constant:      | 0.3           |
| Threshold Type:           | Ratio To Peak |
| *Ratio:                   | 0.1           |

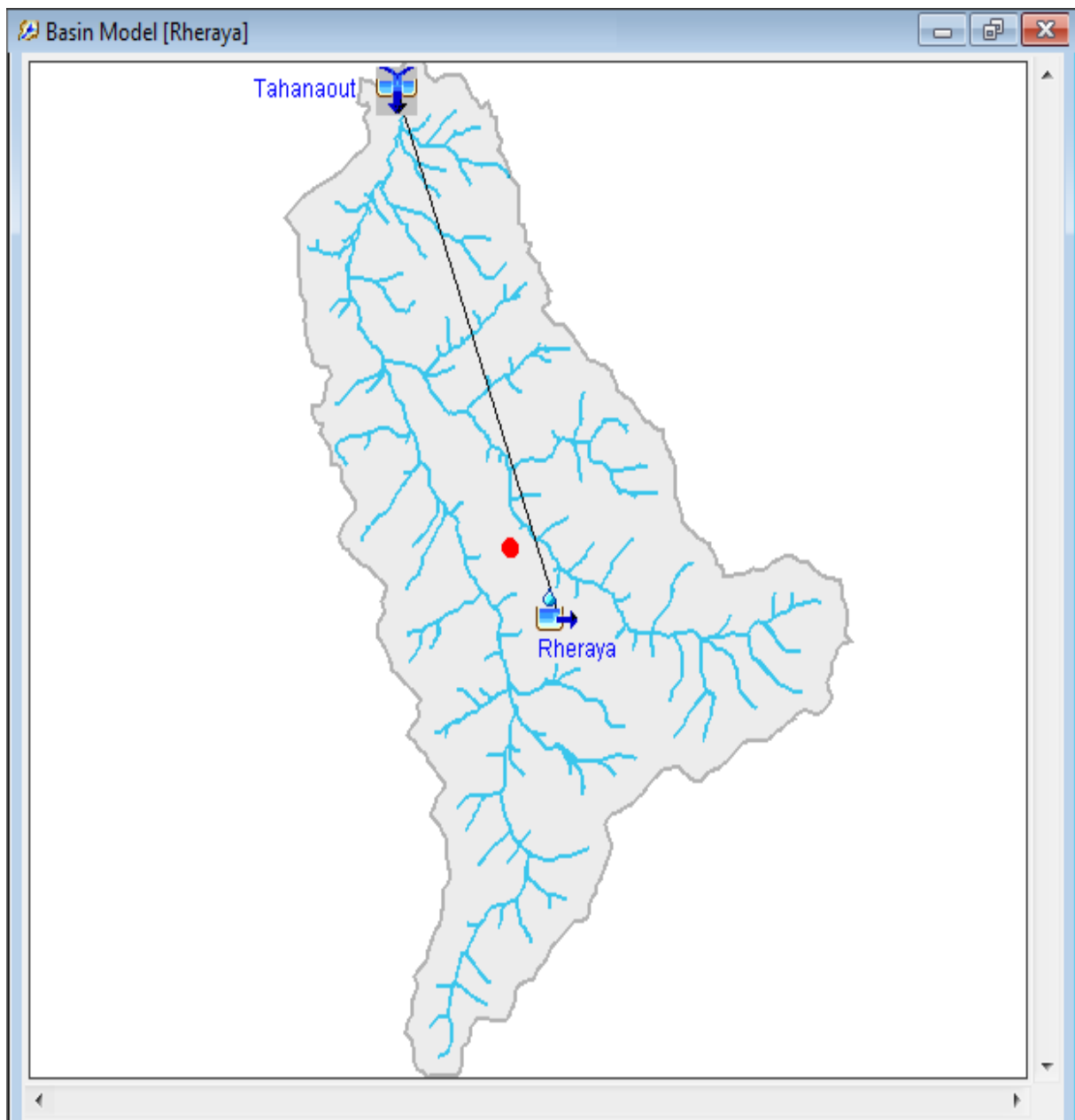
- **Calibration du modèle :**

La calibration du modèle est la dernière étape de la simulation. Elle permet d'ajuster les paramètres du modèle afin de reproduire les données observées.

Dans notre cas on a procédé à une calibration manuelle afin de trouver les paramètres optimaux.

## III.2. Simulation hydrologique du bassin Rhéraya

- **Présentation des résultats sans spatialisation**
- Définition du modèle de bassin versant :



**Figure 21: Bassin Modèle sans spatialisation**

- Visualisation des résultats

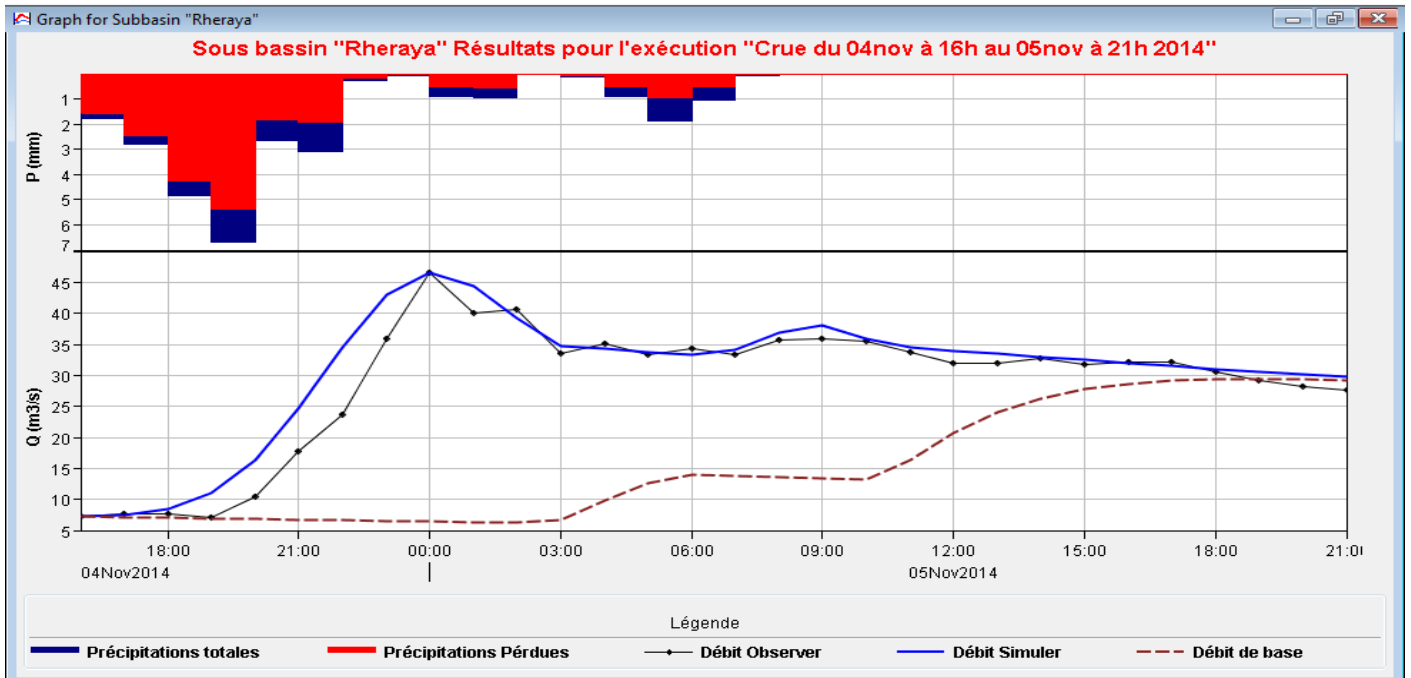


Figure 22: Hydrogramme de crue calé

- Paramètres déployés pour le calibrage de la simulation :

|  |   |
|--|---|
| <p>Subbasin Loss Transform Baseflow Options</p> <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Rheraya</b></p> <p>Description: <input type="text"/></p> <p>Downstream: Tahanaout</p> <p>*Area (KM2) 225</p> <p>Canopy Method: --None--</p> <p>Surface Method: --None--</p> <p>Loss Method: SCS Curve Number</p> <p>Transform Method: Clark Unit Hydrograph</p> <p>Baseflow Method: Recession</p> | <p>Subbasin Loss Transform Baseflow Options</p> <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Rheraya</b></p> <p>*Time of Concentration (HR) 4.5</p> <p>*Storage Coefficient (HR) 3</p>  |
| <p>Subbasin Loss Transform Baseflow Options</p> <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Rheraya</b></p> <p>Initial Abstraction (MM) <input type="text"/></p> <p>*Curve Number: 83</p> <p>*Impervious (%) 12</p>   | <p>Subbasin Loss Transform Baseflow Options</p> <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Rheraya</b></p> <p>Initial Type: Discharge</p> <p>*Initial Discharge (M3/S) 7.2</p> <p>*Recession Constant: 0.7</p> <p>Threshold Type: Ratio To Peak</p> <p>*Ratio: 0.75</p> |

Figure 23: paramètres déployés pour le calibrage de la simulation

**Tableau 3: paramètres de calage du modèle**

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Area                    | 225  |
| Curve Number            | 83   |
| imperméable             | 12%  |
| Temps de concentration  | 4.5  |
| Coefficient de stockage | 3    |
| Débit de base           | 7.2  |
| Constante de récession  | 0.7  |
| Ratio                   | 0.75 |

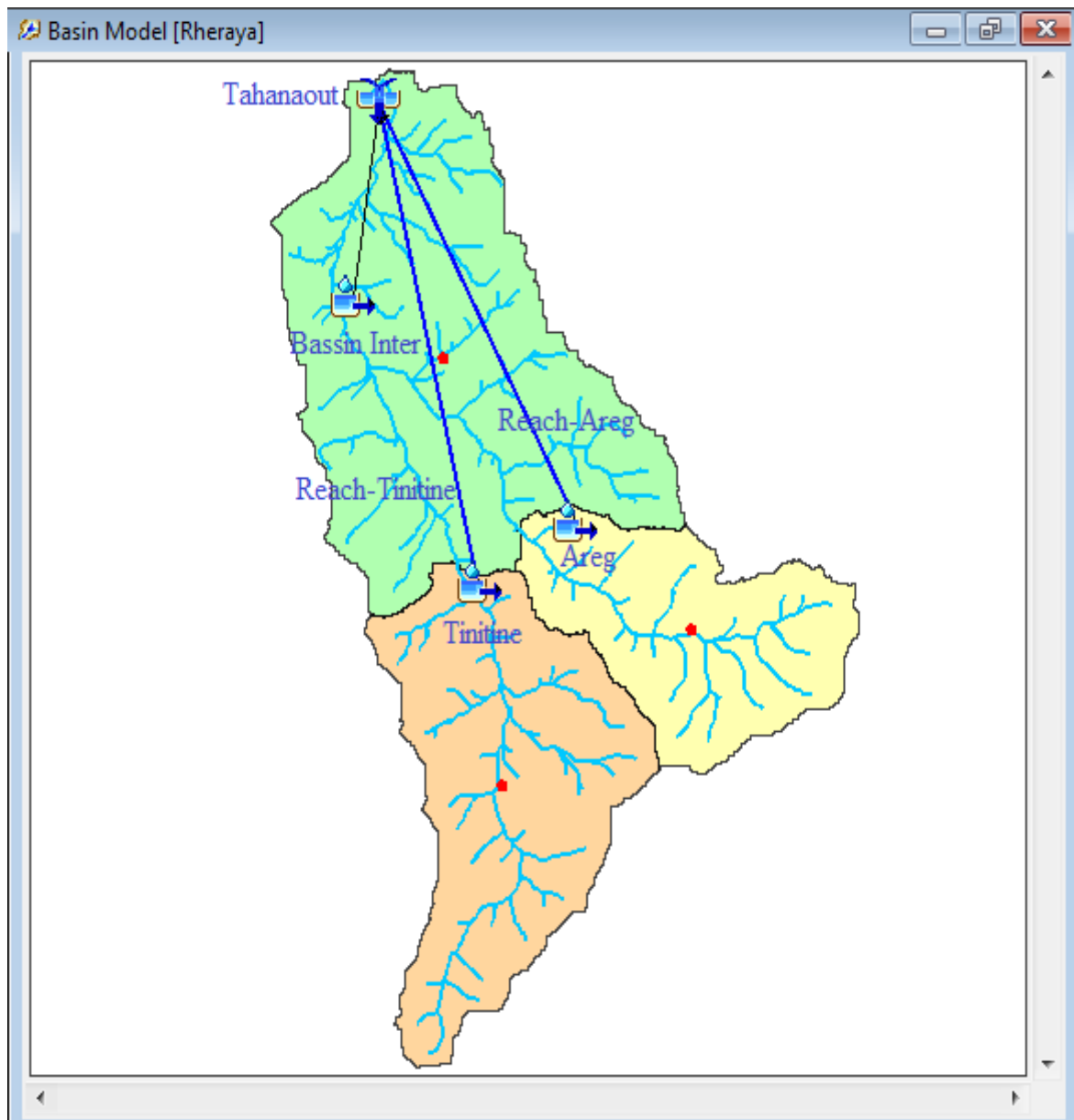
Dans la simulation de l'épisode du 04 novembre au 05 novembre on a essayé de caler notre modèle pour reproduire le débit observé qui est à  $46 \text{ m}^3/\text{s}$  et le débit simulé à  $45.8 \text{ m}^3/\text{s}$ . En effet, en ce qui concerne le débit de point on peut dire qu'il est calé de manière satisfaisante.

En ce qui concerne les paramètres utilisés pour reproduire ce calage :

- au niveau de la fonction de production on a trouvé  $CN = 83$  et un pourcentage de zone imperméable de 12%.
- au niveau de la fonction de transfert on a trouvé 4.5 heures pour le temps de concentration ainsi que 3 heures pour le coefficient de stockage.
- Pour le débit de base en début d'événement est fixé à  $7.2 \text{ m}^3/\text{s}$  (donnée observé en début d'épisode) et respectivement  $R_c = 0.7$  et  $R = 0.75$  pour la constante de récession et le seuil.

- **Présentation des résultats avec spatialisation**

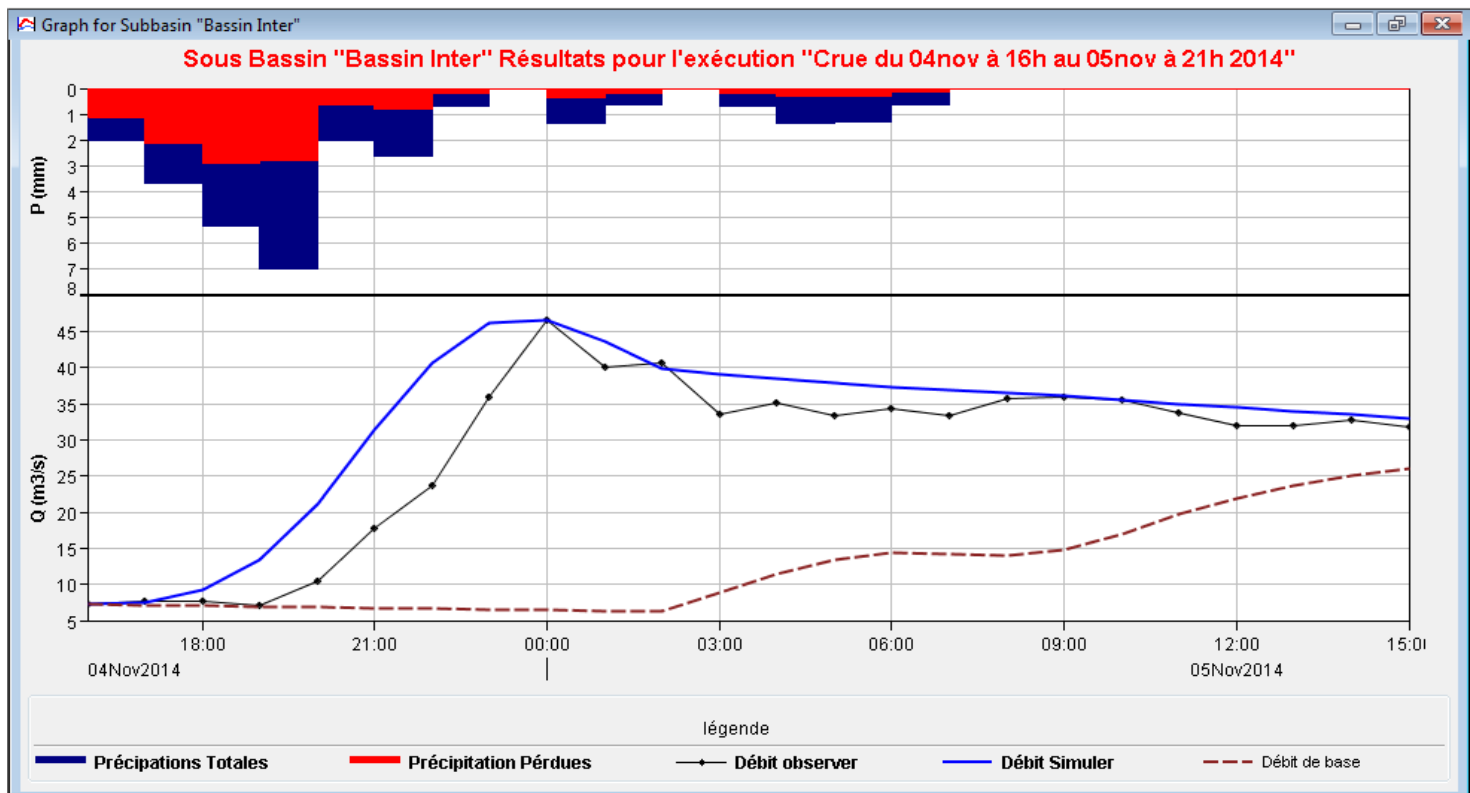
- Définition du modèle de bassin versant :



**Figure 24: Bassin Modèle avec spatialisation.**



- Visualisation des résultats pour le sous bassin intermédiaire :



**Figure 25: Hydrogramme de crue calé pour le sous bassin intermédiaire**

- Paramètres déployés pour le calibrage de la simulation :

|   |   |
|---|---|
| <p>Subbasin   Loss   Transform   Baseflow   Options</p> <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Bassin Inter</b></p> <p>Description: <input type="text"/></p> <p>Downstream: Tahanaout</p> <p>*Area (KM2): 105.29</p> <p>Canopy Method: --None--</p> <p>Surface Method: --None--</p> <p>Loss Method: SCS Curve Number</p> <p>Transform Method: Clark Unit Hydrograph</p> <p>Baseflow Method: Recession</p> | <p>Subbasin   Loss   Transform   Baseflow   Options</p> <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Bassin Inter</b></p> <p>*Time of Concentration (HR): 4</p> <p>*Storage Coefficient (HR): 5</p>   |
| <p>Subbasin   Loss   Transform   Baseflow   Options</p> <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Bassin Inter</b></p> <p>Initial Abstraction (MM): <input type="text"/></p> <p>*Curve Number: 87.5</p> <p>*Impervious (%): 42</p>   | <p>Subbasin   Loss   Transform   Baseflow   Options</p> <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Bassin Inter</b></p> <p>Initial Type: Discharge</p> <p>*Initial Discharge (M3/S): 7.2</p> <p>*Recession Constant: 0.7</p> <p>Threshold Type: Ratio To Peak</p> <p>*Ratio: 0.85</p> |

**Figure 26: paramètres déployés pour le calage de la simulation au niveau du sous bassin intermédiaire**

**Tableau 4: paramètres de calage du modèle au niveau de l'exutoire**

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Area                    | 105.29 |
| Curve Number            | 87.5   |
| Imperméable             | 42%    |
| Temps de concentration  | 4      |
| Coefficient de stockage | 5      |
| Débit de base           | 7.2    |
| Constante de récession  | 0.7    |
| Ratio                   | 0.85   |

En ce qui concerne la simulation à l'exutoire, nous avons essayé de caler notre modèle pour reproduire le débit observé qui est égal à  $46 \text{ m}^3/\text{s}$ , le débit simulé à  $46.9 \text{ m}^3/\text{s}$ . alors on peut dire que le débit de point est bien calé. Les paramètres utilisés pour régénérer ce calage sont :

- La fonction de production mentionne que le Curve Number affiche dans l'exutoire une valeur de 87.5 et 42% pour la perméabilité.
- La fonction de transfert a invoqué une valeur de 4 heures pour le temps de concentration ainsi que 5 heures pour le coefficient de stockage.
- Et pour finir on a attribué un débit de base de 7.2 et respectivement 0.7 et 0.85 pour la constante de récession et le seuil.

- Visualisation des résultats pour le sous bassin Tinitine :

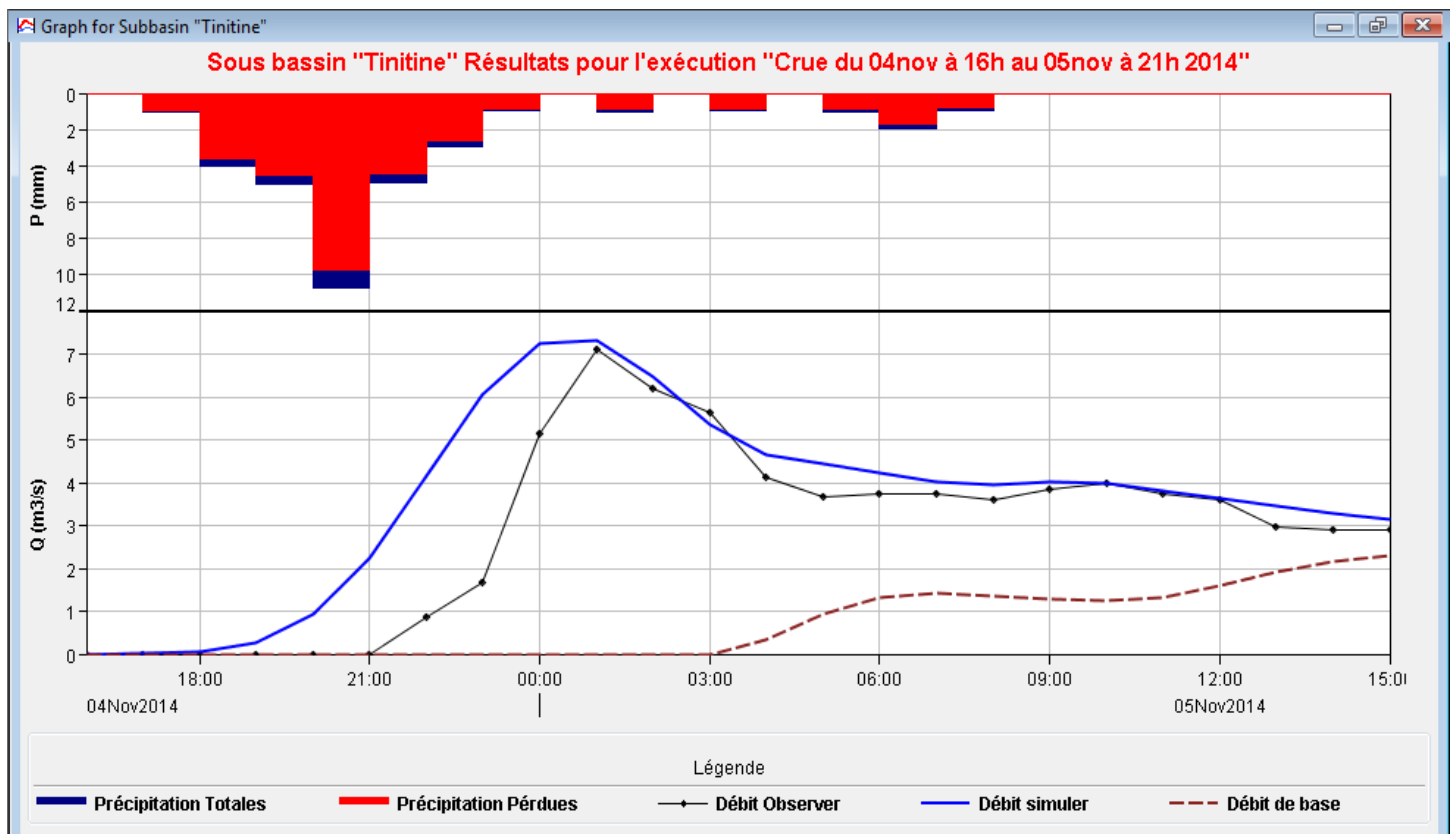


Figure 27: Hydrogramme de crue calé pour le sous bassin Tinitine

- Paramètres déployés pour le calibrage de la simulation :

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Tinitine</b></p> <p>Description: <input type="text"/></p> <p>Downstream: Reach-1</p> <p>*Area (KM2): 69.098</p> <p>Canopy Method: --None--</p> <p>Surface Method: --None--</p> <p>Loss Method: SCS Curve Number</p> <p>Transform Method: Clark Unit Hydrograph</p> <p>Baseflow Method: Recession</p> | <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Tinitine</b></p> <p>*Time of Concentration (HR): 4.5</p> <p>*Storage Coefficient (HR): 3.5</p>  |
| <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Tinitine</b></p> <p>Initial Abstraction (MM): <input type="text"/></p> <p>*Curve Number: 63.5</p> <p>*Impervious (%): 9.7</p>  | <p><b>Basin Name: Rheraya</b><br/><b>Element Name: Tinitine</b></p> <p>Initial Type: Discharge</p> <p>*Initial Discharge (M3/S): 0</p> <p>*Recession Constant: 0.32</p> <p>Threshold Type: Ratio To Peak</p> <p>*Ratio: 0.65</p> |

Figure 28: paramètres déployés pour le calage de la simulation au niveau du sous bassin Tinitine

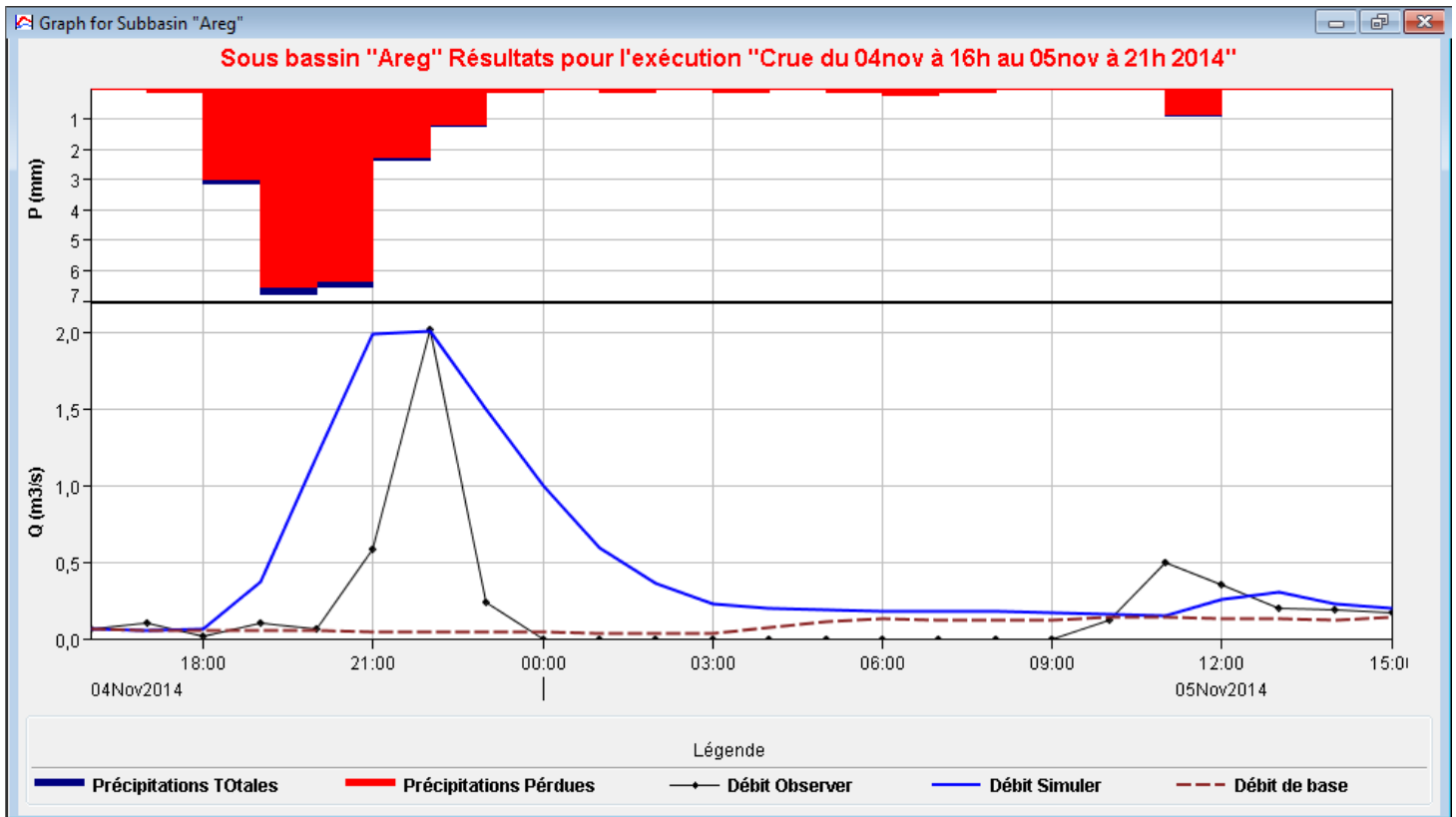
**Tableau 5: paramètres de calage du modèle dans le sous Bassin Tinitine**

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Area                    | 69.098 |
| Curve Number            | 63.5   |
| imperméable             | 9.7%   |
| Temps de concentration  | 4.5    |
| Coefficient de stockage | 3.5    |
| Débit de base           | 0      |
| Constante de récession  | 0.32   |
| Ratio                   | 0.65   |

Concernant la simulation du sous bassin Tinitine nous avons essayé de caler notre modèle pour reproduire le débit observé qui est à  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  et le débit simulé à  $7.2\text{m}^3/\text{s}$ . On peut donc dire que le débit de point est tout-à-fait calé. Les paramètres utilisés pour reconstituer ce calage sont :

- la fonction de production indique que le Curve Number marque une valeur de 63.5 et 9.7% pour la perméabilité.
- la fonction de transfert montre une valeur de 4.5 heures pour le temps de concentration ainsi que 3.5 heures pour le coefficient de stockage.
- et pour finir, on a accordé pour la constante de récession une valeur de 0.32 et 0.85 pour le seuil.

- Visualisation des résultats pour le sous bassin Areg :



**Figure 29: Hydrogramme de crue calé pour le sous bassin Areg**

Paramètres déployés pour le calibrage de la simulation :

The image shows three panels of software settings for subbasin calibration. Each panel has tabs for 'Subbasin', 'Loss', 'Transform', 'Baseflow', and 'Options'.  
 - **Top Panel:** Basin Name: Rheraya, Element Name: Areg. Parameters include: \*Time of Concentration (HR) = 1, \*Storage Coefficient (HR) = 1.8.  
 - **Middle Panel:** Basin Name: Rheraya, Element Name: Areg. Parameters include: \*Initial Discharge (M3/S) = 0.06, \*Recession Constant = 0.3, Threshold Type: Ratio To Peak, \*Ratio = 0.1.  
 - **Bottom Panel:** Basin Name: Rheraya, Element Name: Areg. Parameters include: \*Curve Number = 71, \*Impervious (%) = 3.5.

**Figure 30: paramètres déployés pour le calage de la simulation au niveau du sous bassin Areg**

**Tableau 6: paramètres de calage du modèle dans le sous Bassin Areg**

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Area                    | 45.954 |
| Curve Number            | 71     |
| imperméable             | 3.5%   |
| Temps de concentration  | 1      |
| Coefficient de stockage | 1.8    |
| Débit de base           | 0.06   |
| Constante de récession  | 0.3    |
| Ratio                   | 0.1    |

À propos de la simulation du sous bassin Areg, nous avons essayé de caler notre modèle pour reproduire le débit observé qui est à  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  et le débit simulé à  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . On peut dire que le débit de point est formellement calé. Les paramètres utilisés pour restituer ce calage sont :

- la fonction de production indique que le Curve Number mentionne une valeur de 71 et 35% pour la perméabilité.
- la fonction de transfert invoque une valeur de 1 heures pour le temps de concentration ainsi que 1.8 heures pour le coefficient de stockage.
- et pour finir on a accordé pour le débit de base une valeur de 0.06 et la constante de récession une valeur de 0.3 et 0.1 pour le seuil.

### **Validation du modèle**

C'est un critère de référence pour les hydrologues. Les résultats seront d'autant meilleurs que le critère Nash se rapproche de 1 et dans d'autres ouvrage si le critère Nash est supérieur à 80%. Ce critère s'exprime par l'équation suivante :

$$Nash = 1 - \frac{\sum (Q_{obs} - Q_{calc})^2}{\sum (Q_{obs} - Q_m)^2}$$

Le tableau 7 représente les valeurs calculé du critère Nash pour les modèles sans et avec spatialisation.

**Tableau 7: valeurs du critère d'évaluation Nash pour le modèle spatialisé et non spatialisé**

|                            | Nash |
|----------------------------|------|
| Modèle sans spatialisation | 0.9  |
| Modèle avec spatialisation | 0.94 |

On constate que pour les deux modèle, le critère d'évaluation est proche de 1 ce qui nous laisse dire que la simulation est satisfaisante.

Par ailleurs, on remarque que le Nash est supérieur dans le modèle avec spatialisation avec 0.94 chose qui peut être expliquée par l'apport de la spatialisation au modèle.