

MANUEL ABRÉGÉ D'UTILISATION DU LOGICIEL SWMM5

PROFESSEUR : SAAD BENNIS, ING., PH.D.

NOVEMBRE 2007

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	I
LISTES DES FIGURES	II
LISTES DES TABLEAUX	III
1. AVERTISSEMENT	1
2. INSTALLATION DE SWMM5	1
3. ÉTAPES PRINCIPALES DANS L'UTILISATION DE SWMM5	1
3.0. OUVRIR UN NOUVEAU FICHIER	5
3.1. FIXER LES PARAMÈTRES À UTILISER PAR DÉFAUT	5
3.1.1. CHOISIR LA NOMENCLATURE DES OBJETS PAR DÉFAUT	5
3.1.2. CHOISIR LA VALEUR DES PARAMÈTRES DES BASSINS VERSANTS (SUBCATCHMENT) PAR DÉFAUT (DANS LA MÊME FENÊTRE)	8
3.1.3. CHOISIR LES PROPRIÉTÉS DES CONDUITES PAR DÉFAUT	9
3.2. DESSINER UN RÉSEAU	12
3.2.1. DESSINER LES BASSINS VERSANTS	12
3.2.2. DESSINER LES NŒUDS ET L'EXUTOIRE	14
3.2.3. DESSINER LES CONDUITES	16
3.2.4. DESSINER UNE STATION MÉTÉO	18
3.3. SPÉCIFIER LES CARACTÉRISTIQUES DES OBJETS	19
3.3.1. PROCÉDURE GÉNÉRALE	19
3.3.2. ASSIGNATION DES DONNÉES MÉTÉO	20
3.3.3. ASSIGNATION DES NŒUDS DE DRAINAGE ET DES PROPRIÉTÉS DES BASSINS	25
3.3.4. ASSIGNATION DES DONNÉES DES CONDUITES	27
3.4. SAUVEGARDE DES FICHIERS DE DONNÉES	29
3.5. EXÉCUTER UNE SIMULATION	32
3.5.1. FIXER LES OPTIONS DE LA SIMULATION	ERREUR ! SIGNET NON DÉFINI.
3.5.2. EXÉCUTER UNE SIMULATION	32
3.6. VISUALISER LES RÉSULTATS	33
3.6.1. VISUALISATION DU « RAPPORT D'ÉTAT »	33
3.6.2. VISUALISATION DES RÉSULTATS SUR LE SCHÉMA	34
3.6.3. VISUALISATION DES RÉSULTATS SUR DES SÉRIES TEMPORELLES	36
3.6.4. VISUALISATION DES RÉSULTATS SUR UN PROFIL EN LONG	38
3.6.5. IMPRESSION ET EXPORTATION DES RÉSULTATS	39

LISTES DES FIGURES

Figure 1 Schéma du réseau	2
Figure 2 Coupes le long du réseau tel que conçu	4
Figure 3 Créer un nouveau projet	5
Figure 4 Choisir les paramètres du projet	6
Figure 5 Nomination des objets par défaut	7
Figure 6 Choisir les valeurs des paramètres des bassins versants par défaut	8
Figure 7 Choisir les propriétés des conduites par défaut	9
Figure 8 Montrer le nom des objets lors de leur création	10
Figure 9 Sélectionner les éléments désirés à visualiser lors de la création	11
Figure 10 Les éléments constitutifs d'un réseau	12
Figure 11 Créer un sous-bassin versant	13
Figure 12 Créer les quatre (4) bassins	14
Figure 13 Créer les nœuds de drainage	15
Figure 14 Créer l'exutoire	16
Figure 15 Dessin d'une branche	17
Figure 16 Dessin de la conduite C4	18
Figure 17 Introduction d'une station météorologique	19
Figure 18 Choisir l'ensemble des sous-bassins	21
Figure 19 Choisir le groupe pour lequel on assigne une propriété (Subcatchment)	22
Figure 20 Spécifier le groupe (Subcatchment), la propriété (Rain Gage) et son nom (SP1)	23
Figure 21 Création d'une série temporelle pour les données pluviométriques	24
Figure 22 Assignation de la série de données à la station pluviométrique	25
Figure 23 Assignation des nœuds de drainage et des propriétés des BV	26
Figure 24 Assignation des données des conduites	29
Figure 25 Attribution d'un titre au projet pour le sauvegarder	29
Figure 26 Choix des options de la simulation « General »	31
Figure 27 Les différentes options de la simulation	32
Figure 28 Exécution de la simulation	33
Figure 29 Partie du « rapport d'état » de la première simulation	33
Figure 30 Choix des variables à visualiser	34
Figure 31 Visualisation des légendes	35
Figure 32 Visualisation des résultats sur le schéma	35
Figure 33 Outil d'animation pour la visualisation des résultats	36
Figure 34 Boite de dialogue pour tracer les séries temporelles	37
Figure 35 Graphique des débits des conduites en fonction du temps	38
Figure 36 Boite de dialogue pour le tracé du profil en long	39
Figure 37 Exemple de profil en long	39
Figure 38 Les options d'impression	40
Figure 39 Exportation des résultats	41
Figure 40 Choix de l'endroit et de format de l'exportation	41

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1- Pluie de conception -----	2
Tableau 2- Caractéristiques des bassins de drainage-----	2
Tableau 3- Données des conduites-----	3
Tableau 4- Tableau récapitulatif de design -----	3
Tableau 5- Tableau récapitulatif des résultats hydrauliques -----	3

PRISE EN MAIN RAPIDE DU LOGICIEL SWMM5

1. Avertissement

Ce manuel renferme les éléments de base pour une utilisation rapide et efficace du logiciel SWMM5. Pour une utilisation plus poussée il faut se référer à la documentation plus complète contenu dans le site :

<http://www.epa.gov/ednrmrl/models/swmm/#downloads>

2. Installation de SWMM5

La version SWMM5 est conçue pour fonctionner dans un environnement 98/nt/me/2000/xp avec un ordinateur personnel IBM/Intel ou compatible.

⇒ Aller dans le site : <http://www.epa.gov/ednrmrl/models/swmm/#downloads>

⇒ Choisir la version : epaswmm5 setup.exe
 epaswmm5 manual.pdf

Le programme d'installation vous demandera de choisir un répertoire où les fichiers de SWMM5 seront placés. Le répertoire par défaut est c:\program files\EPASWMM5.0. Après avoir installé les fichiers, votre menu Démarrer aura un nouvel élément nommé EPASWMM5.0. Pour démarrer SWMM5, choisissez le premier des quatre fichiers nommés : EPASWMM5.

3. Étapes principales dans l'utilisation de SWMM5

- 3.1 Fixer les paramètres à utiliser par défaut
- 3.2 Dessiner le réseau
- 3.3 Spécifier les caractéristiques des objets
- 3.4 Choisir les modèles de simulation
- 3.5 Exécuter une simulation
- 3.6 Visualiser les résultats

Exemple traité

Afin d'illustrer la mise en œuvre des différentes étapes, nous analyserons le réseau de drainage simple représenté par la figure 1. Il est composé de quatre (4) bassins de drainage et quatre (4) conduites pluviales.

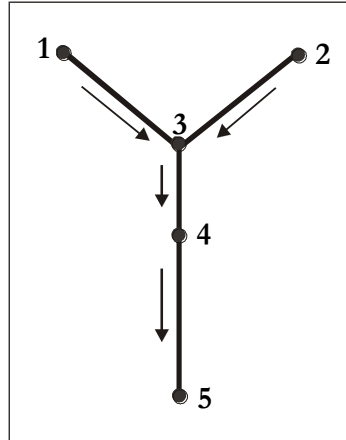


Figure 1 Schéma du réseau

Le tableau 1 présente l'hyétogramme de pluie choisi pour la conception est un orage de type Chicago de période de retour dans la grande région de Montréal.

Temps HH :MM	00 :10	00 :20	00 :30	00 :40	00 :50	01 :00
i(mm/h)	34	77	41	16	10	8

Tableau 1- Pluie de conception

Le tableau 2 fournit pour chacun des bassins les aires contributives élémentaires, les pourcentages de surface imperméable, la longueur de drainage, la pente de la surface drainée et les cotes au sol au niveau des nœuds.

Nœud	A_i (ha)	% imper	L_i (m)	S_i (%)	Cote au sol Z_i (m)
1	1,4	48	81	1,0	20,0
2	1,5	58	79	1,0	19,1
3	1,3	59	78	1,0	18,8
4	1,2	60	75	1,0	18,2
5					16,0

Tableau 2- Caractéristiques des bassins de drainage

Le tableau 3 fournit les longueurs des conduites ainsi que leur coefficient de Manning.

Nœud		Longueur de conduite (m)	Coefficient de Manning
i	j		
1	3	100	0,013
2	3	100	0,013
3	4	90	0,013
4	5	100	0,013

Tableau 3- Données des conduites

Pour faire une conception manuelle de ce réseau on peut utiliser la méthode rationnelle avec une pluie de période de retour 5 ans donnée par :

$$i = \frac{2184.4}{t+12}$$

Où i est l'intensité des précipitations (mm/h) et t la durée de la pluie (égale au temps de concentration). Les résultats de cette conception sont résumés par les tableaux (4) et (5).

Conduite	Nœuds		Cote du sol (m)	Cote du sol (m)	Pente du sol (%)	Cote du radier amont (m)	Cote du radier aval (m)
	amont	aval	amont	aval			
1-3	1	3	20	18,8	1,2	17,65	16,45
2-3	2	3	19,1	18,8	0,3	16,6	16,3
3-4	3	4	18,8	18,2	0,66	16,2	15,6
4-5	4	5	18,2	16	2,2	15,3	13,4

Tableau 4- Tableau récapitulatif de design

Conduite	Longueur de la conduite (m)	Pente de la conduite (%)	Diamètre de la conduite (m)	Débit de design (m ³ /s)	Débit, coulant pleine (m ³ /s)	Vitesse d'écoulement (m/s)
1-3	100	1,2	0,35	0,136	0,16	1,66
2-3	100	0,3	0,50	0,196	0,207	1,05
3-4	90	0,66	0,60	0,45	0,5	1,77
4-5	100	1,9	0,60	0,577	0,848	3,0

Tableau 5- Tableau récapitulatif des résultats hydrauliques

Des coupes le long des nœuds 1, 3, 4, 5 et 2, 3, 4, 5 sont montrées sur la figure 2

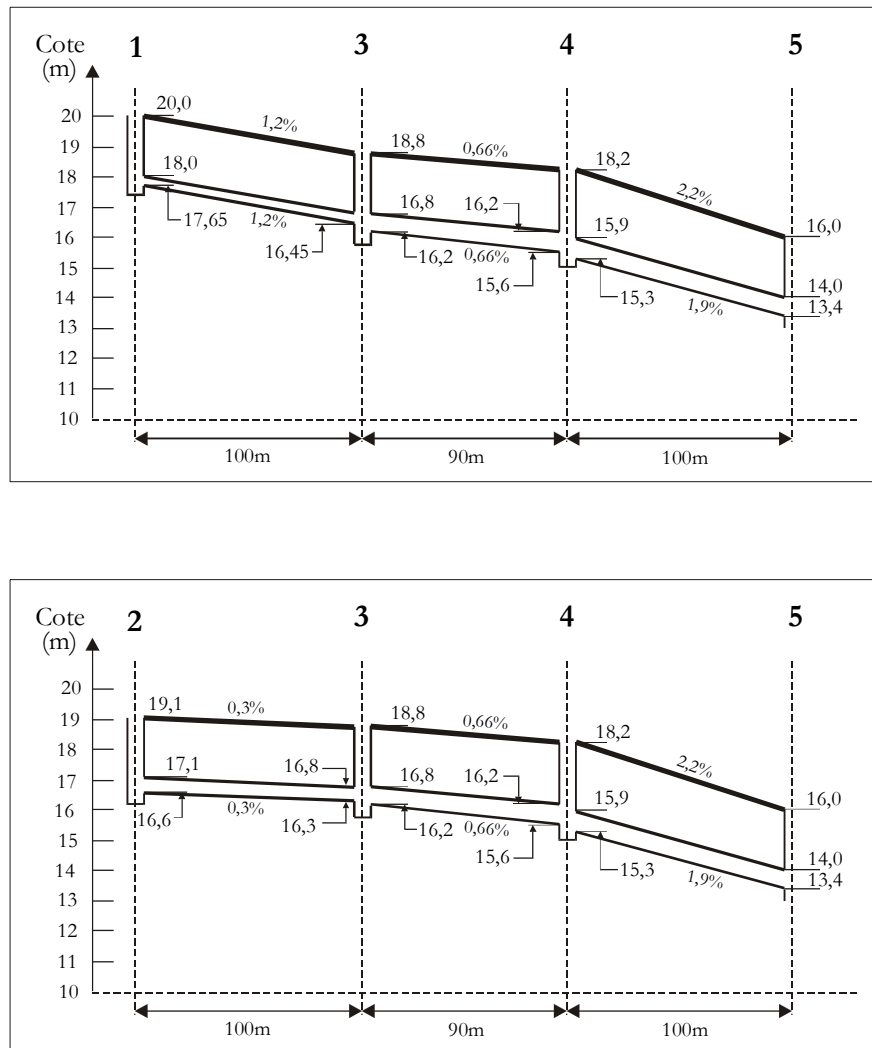


Figure 2 Coupes le long du réseau tel que conçu

Nous allons maintenant évaluer le comportement hydraulique de ce réseau lorsque soumis à la pluie de type Chicago présentée au tableau 1.

3.0. Ouvrir un nouveau fichier

Choisir dans le menu principal :

⇒ **File » New**

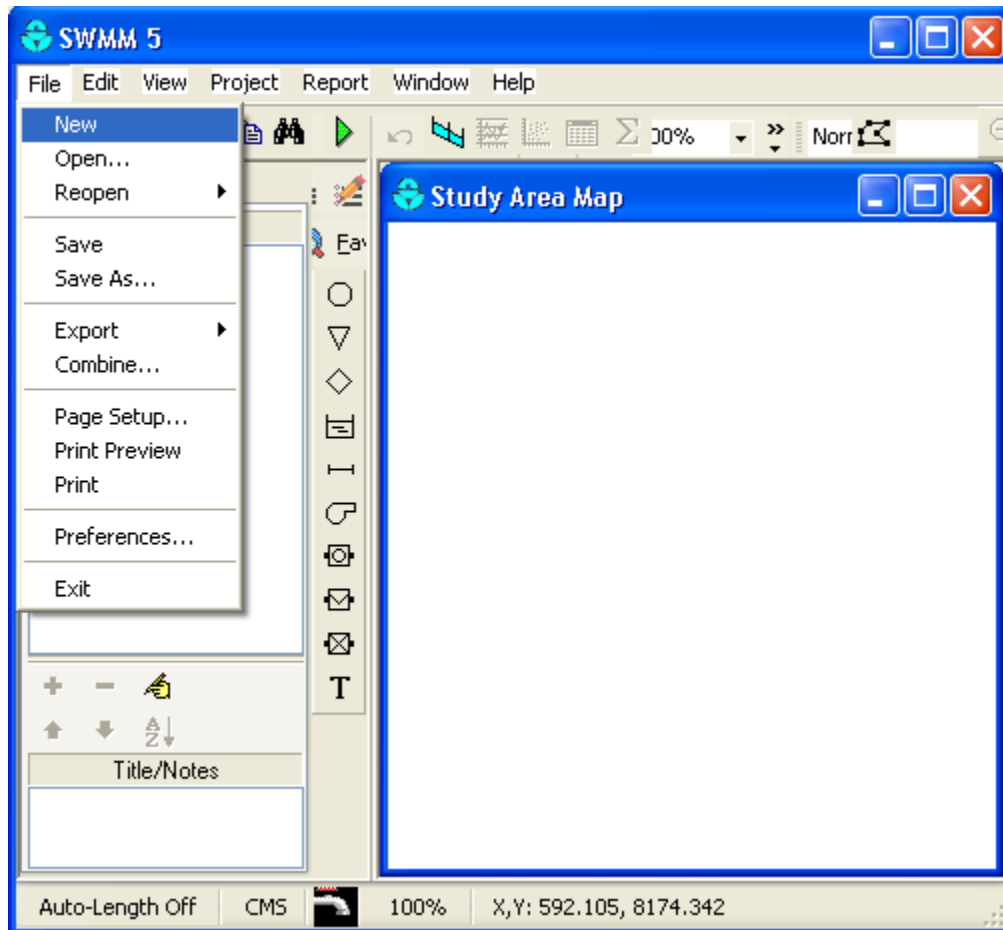


Figure 3 Créer un nouveau projet

3.1. Fixer les paramètres à utiliser par défaut

3.1.1. Choisir la nomenclature des objets par défaut

⇒ **Project » Defaults » ID Labels**

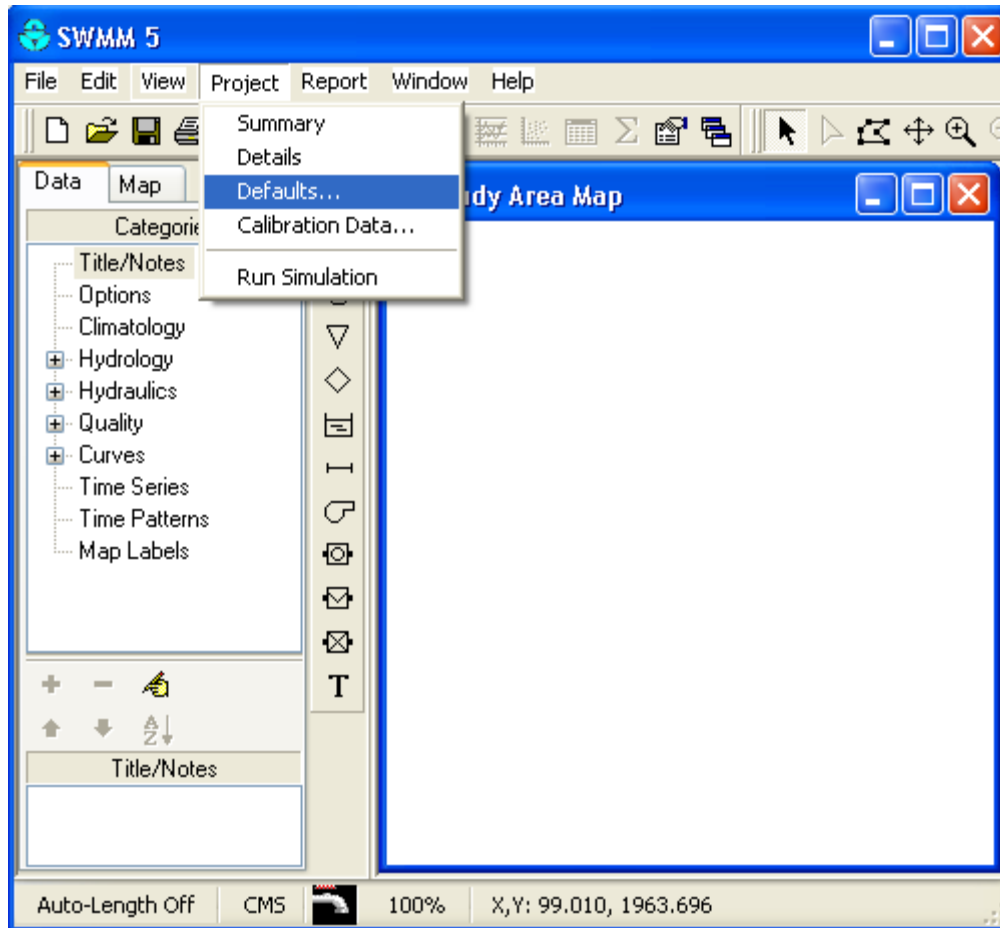


Figure 4 Choisir les paramètres du projet

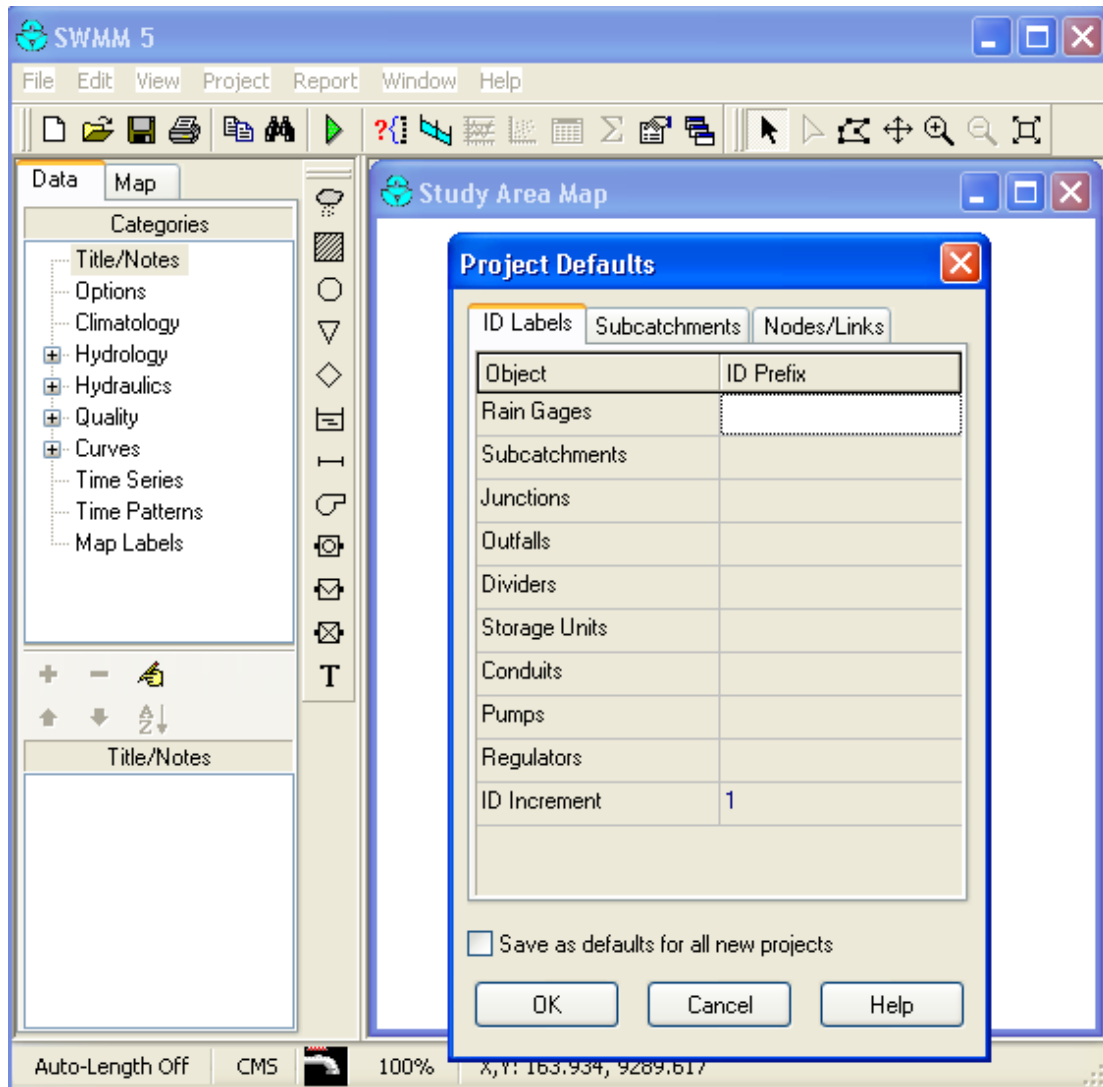


Figure 5 Nomination des objets par défaut

3.1.2. Choisir la valeur des paramètres des bassins versants (subcatchment) par défaut (dans la même fenêtre)

⇒ **Project » Defaults » Subcatchments**

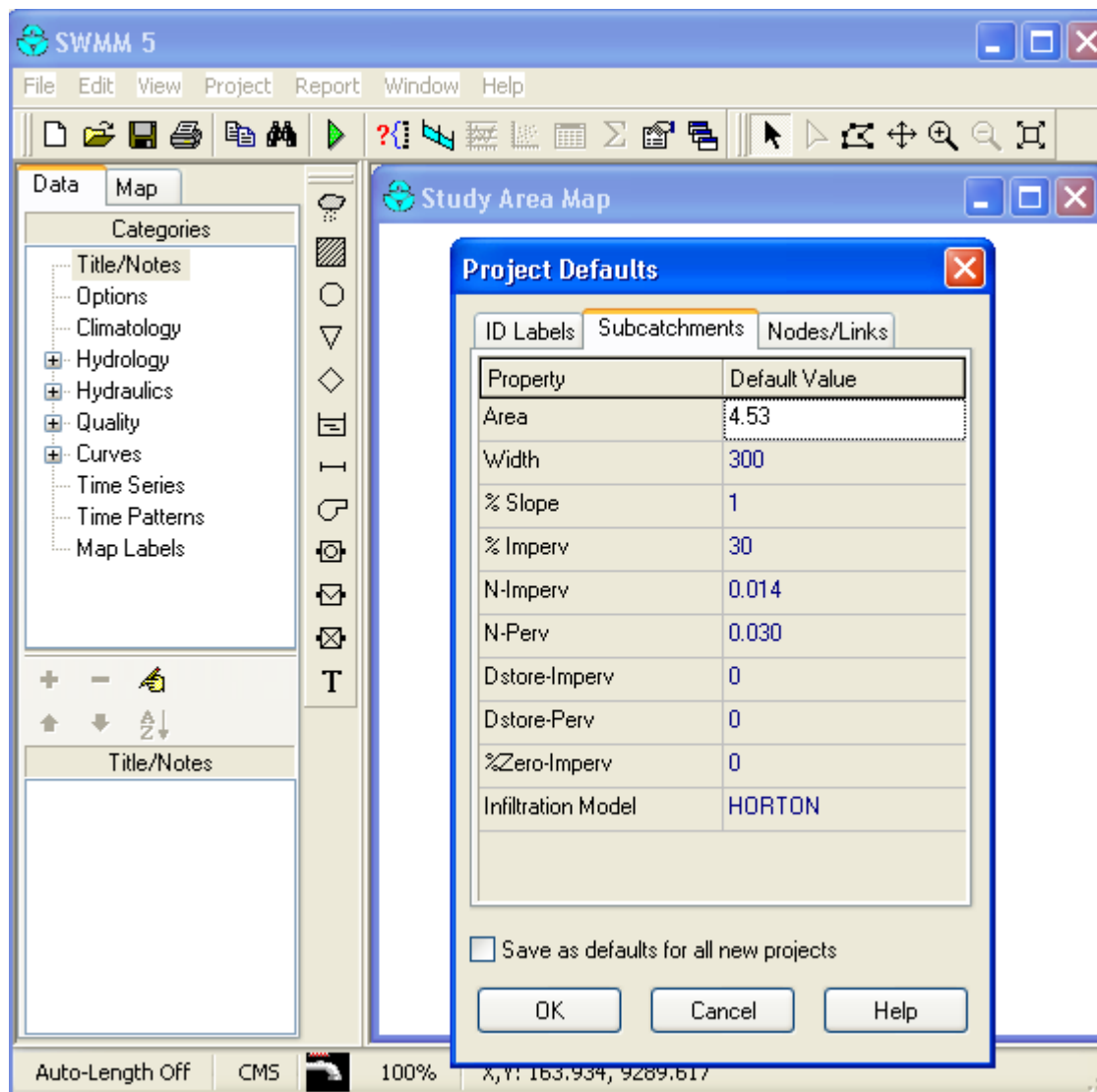


Figure 6 Choisir les valeurs des paramètres des bassins versants par défaut

3.1.3. Choisir les propriétés des conduites par défaut

→ **Project » Defaults» Nodes/Links**

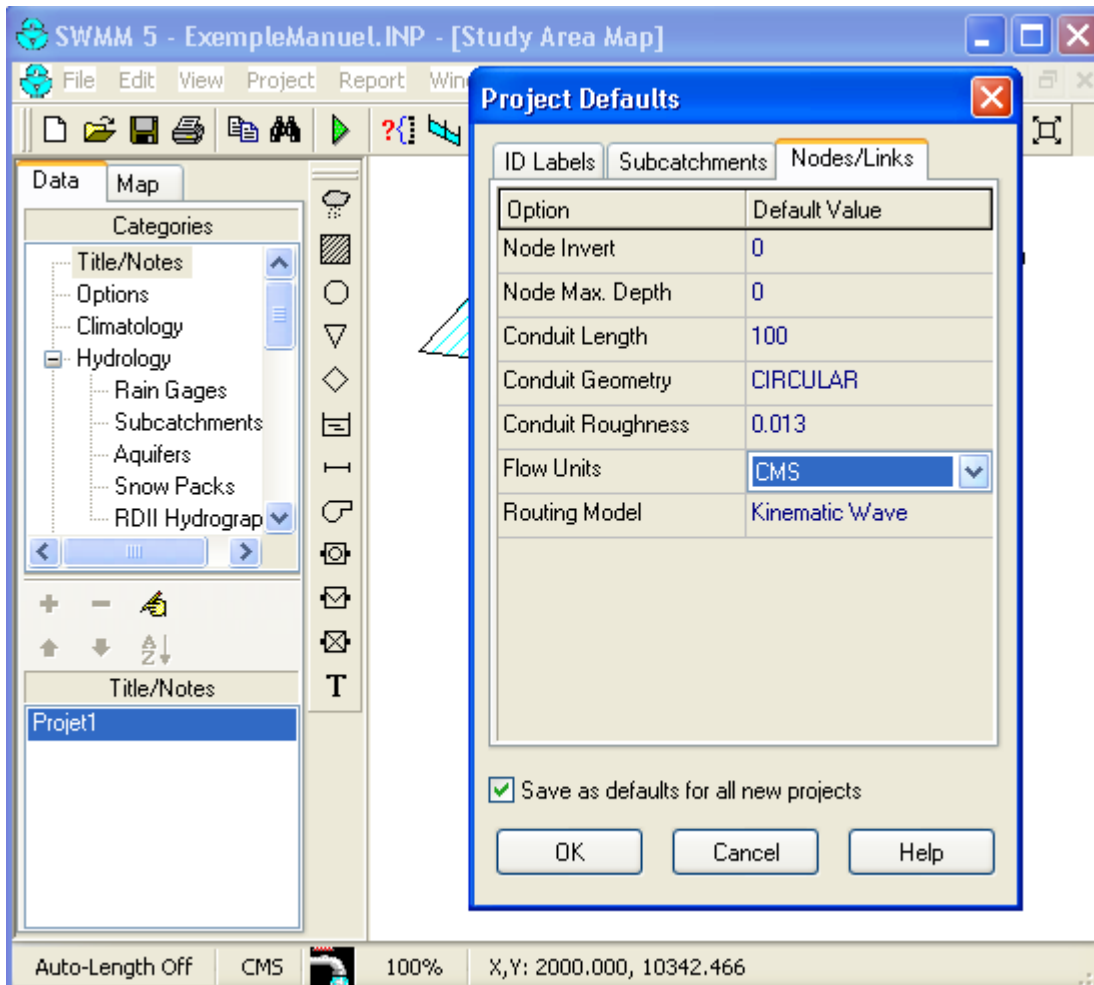


Figure 7 Choisir les propriétés des conduites par défaut

Il est important de spécifier ici dans Flow Units CMS pour travailler avec le SI, la superficie est alors exprimée en hectares, la longueur en mètres, ...

Appuyer maintenant sur dans cette boîte de dialogue.

3.1.4. Choisir les identifiants visualisés par défaut

Afin de visualiser les numéros des objets au fur et à mesure de leur création il faut exécuter dans la 1^{ère} ligne du menu principal :

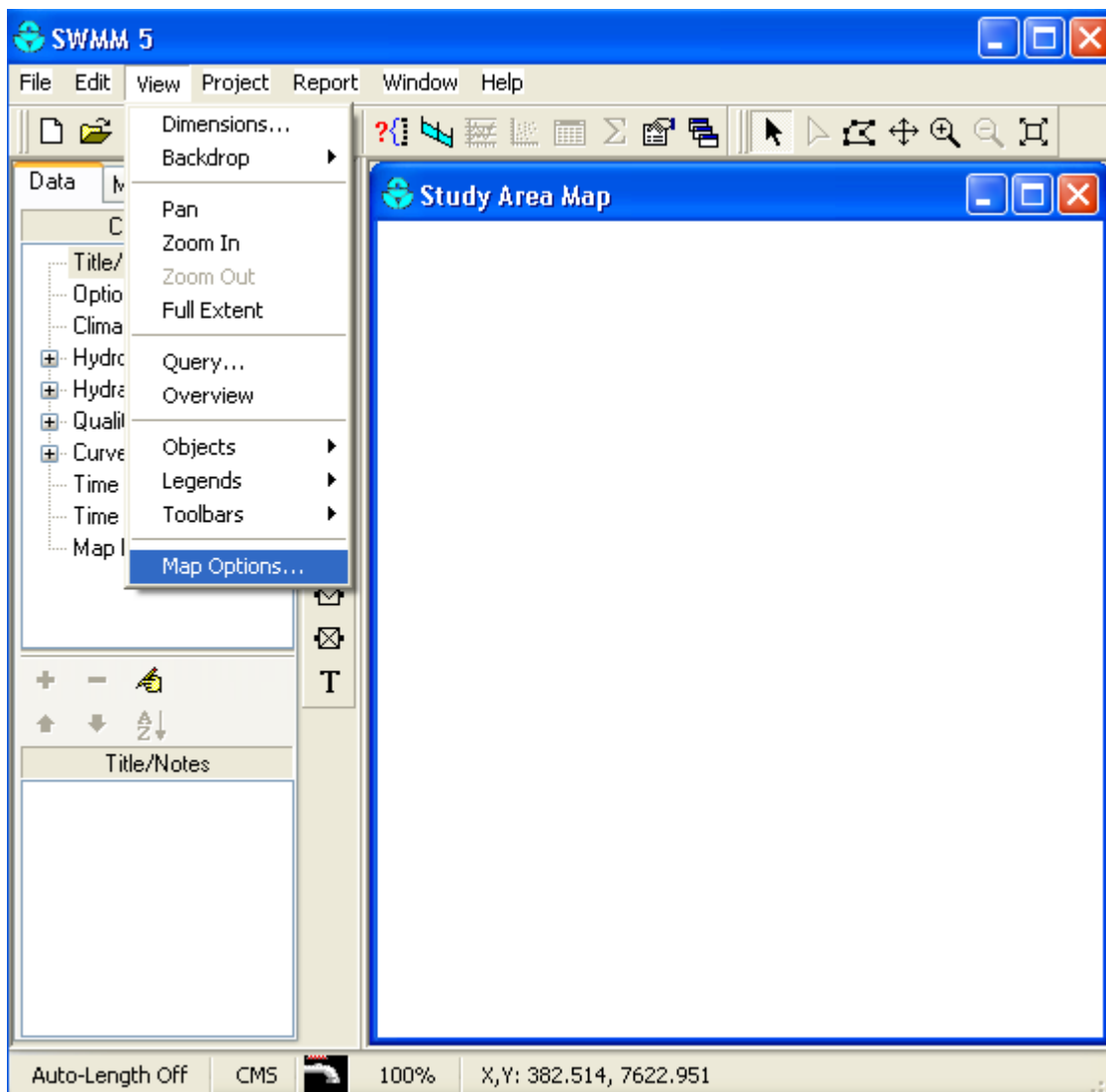


Figure 8 Montrer le nom des objets au fur et à mesure de leur création
→ **View » Map Options» Annotation**

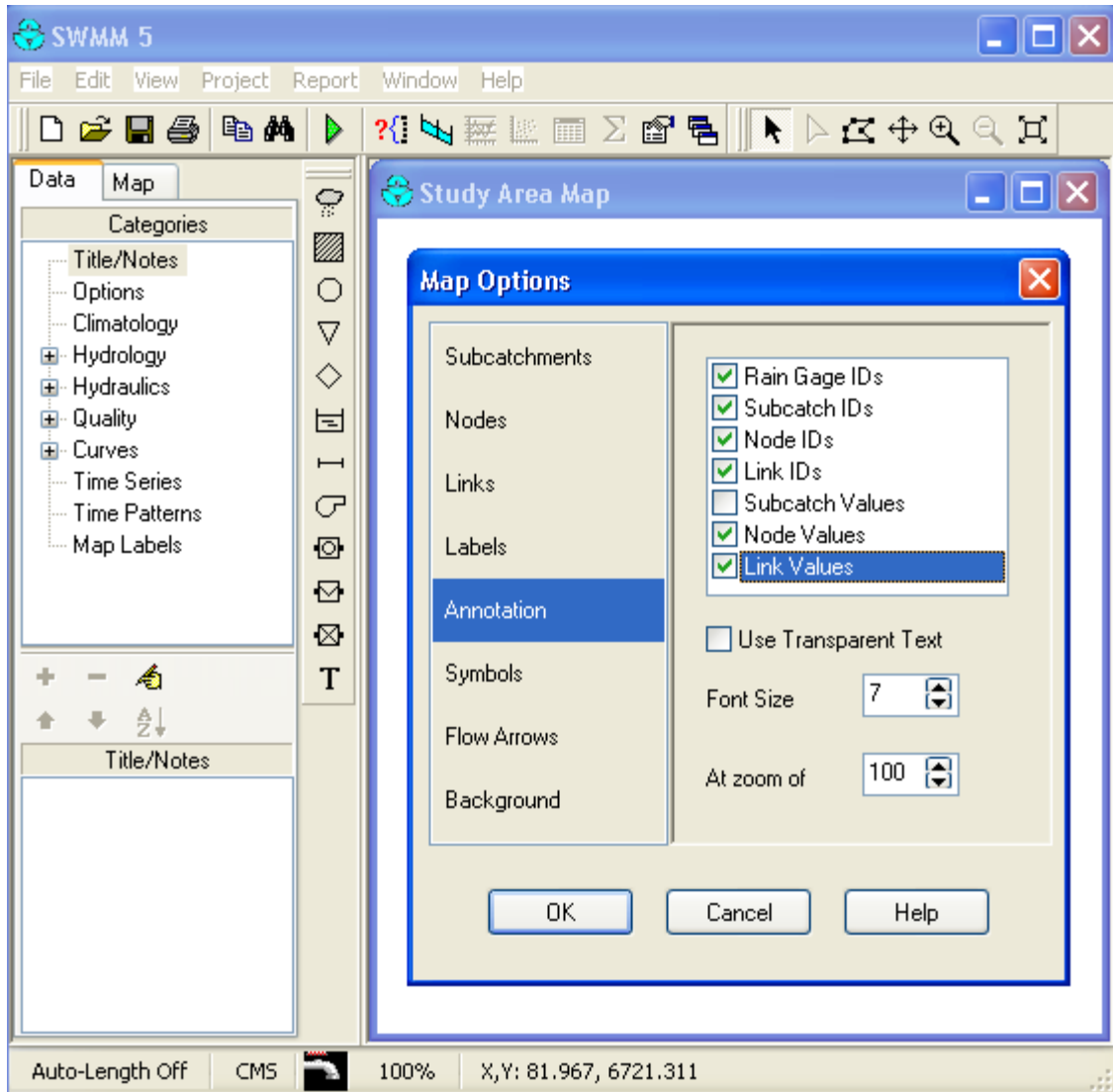


Figure 9 Sélectionner les éléments désirés à visualiser lors de la création

Puis cocher tous les éléments qu'on aimerait voir au fur et à mesure de leur création.

Appuyer sur OK pour accepter ces choix.

3.2. Dessiner un réseau

La figure 10 illustre les éléments qui peuvent exister dans un réseau.

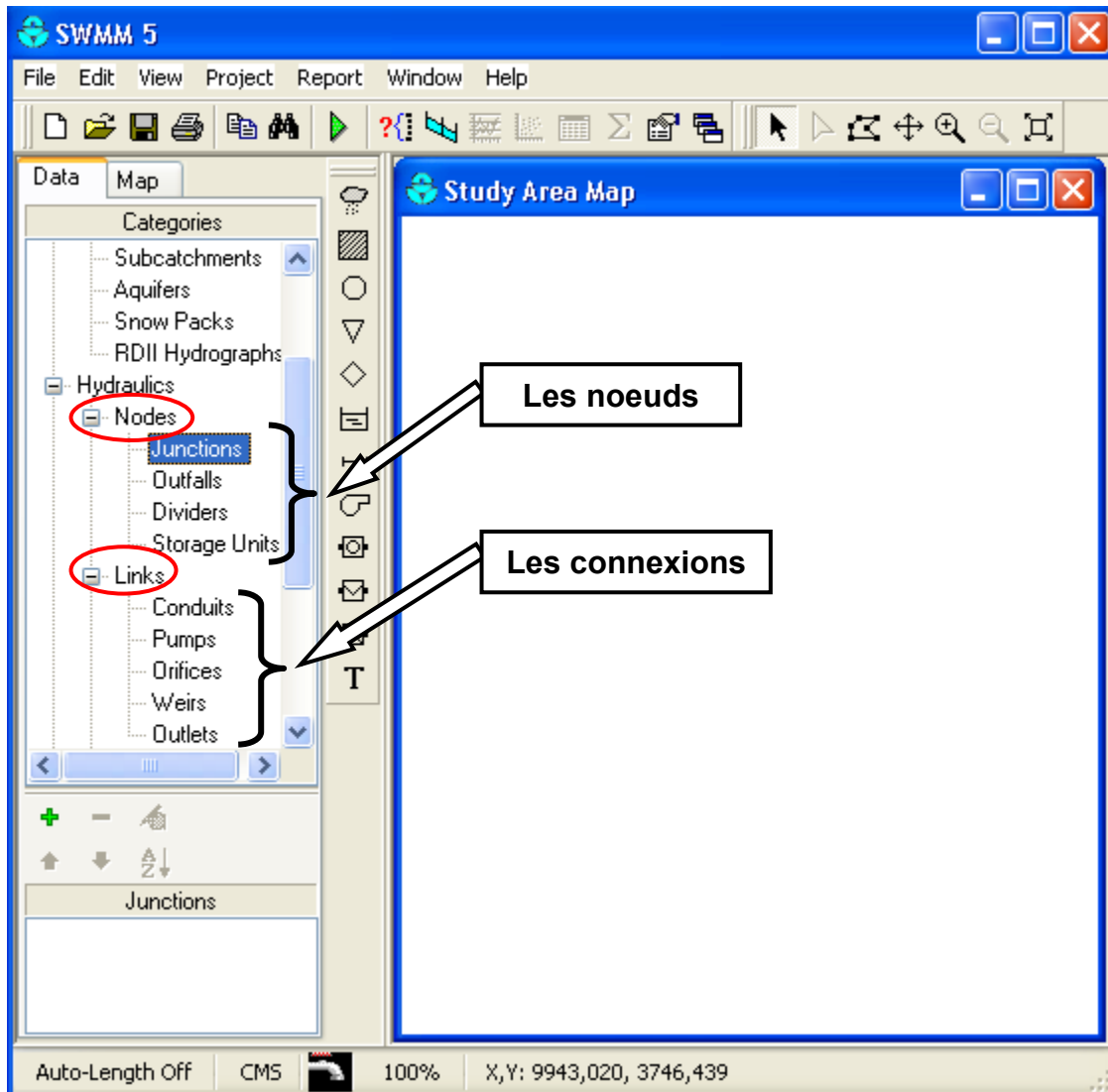




Figure 10 Les éléments constitutifs d'un réseau

3.2.1. Dessiner les bassins versants

⇒ Appuyer sur  de la barre d'outil, si cet élément n'est pas visible choisir :

View » Toolbars » Object

- ⇒ Dessiner un pas un chacun des quatre bassins versant. Les cotés des bassins sont créés par un clic gauche. On doit terminer par un dernier clic droit quand on joint la dernière extrémité à la première.
- ⇒ Une fois les quatre (4) bassins dessinés appliquer un clic sur la flèche  pour terminer.

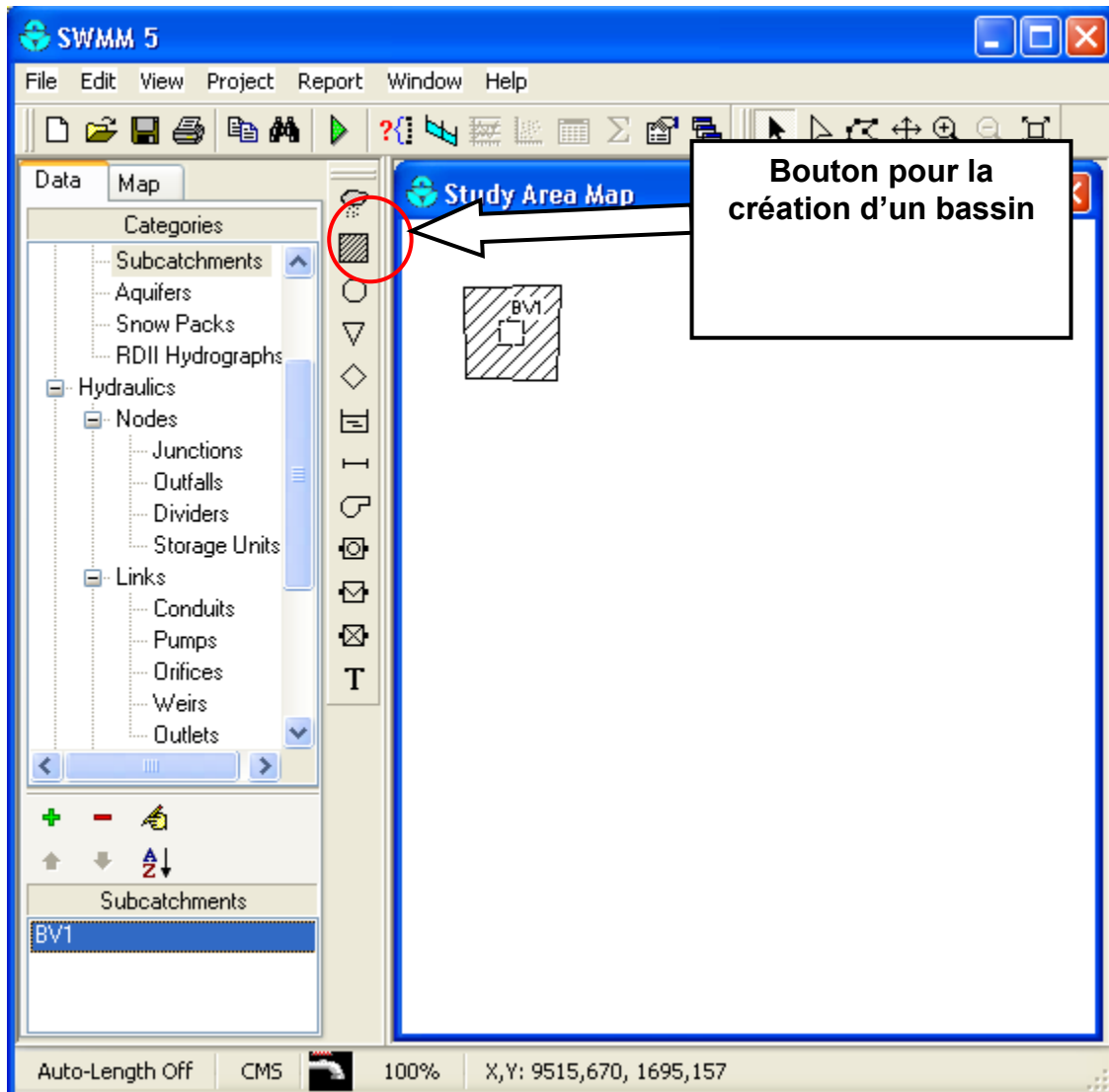


Figure 11 Créer un sous-bassin versant

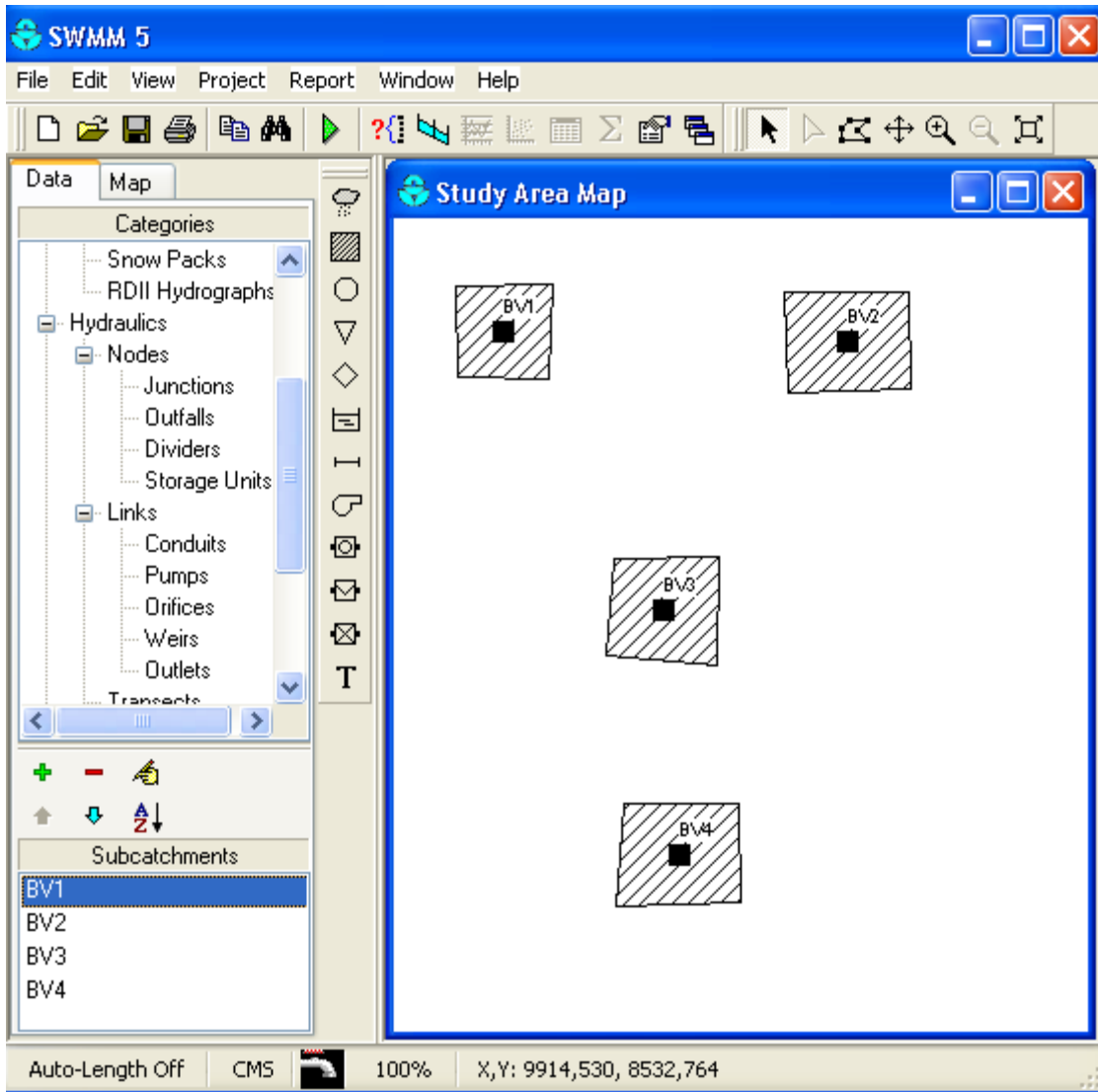




Figure 12 Créer les quatre (4) bassins

3.2.2. Dessiner les nœuds et l'exutoire

Nous allons maintenant représenter les nœuds 1, 2, 3, 4 et l'exutoire 5 représentés sur la figure 1.

- ⇒ pour cela appuyer sur 
- ⇒ déplacer la souris et dessiner à l'aide d'un clic gauche successivement les nœuds J1, J2, J3 et J4.

⇒ Une fois les quatre (4) bassins dessinés appliquer un clic sur la flèche  pour terminer.

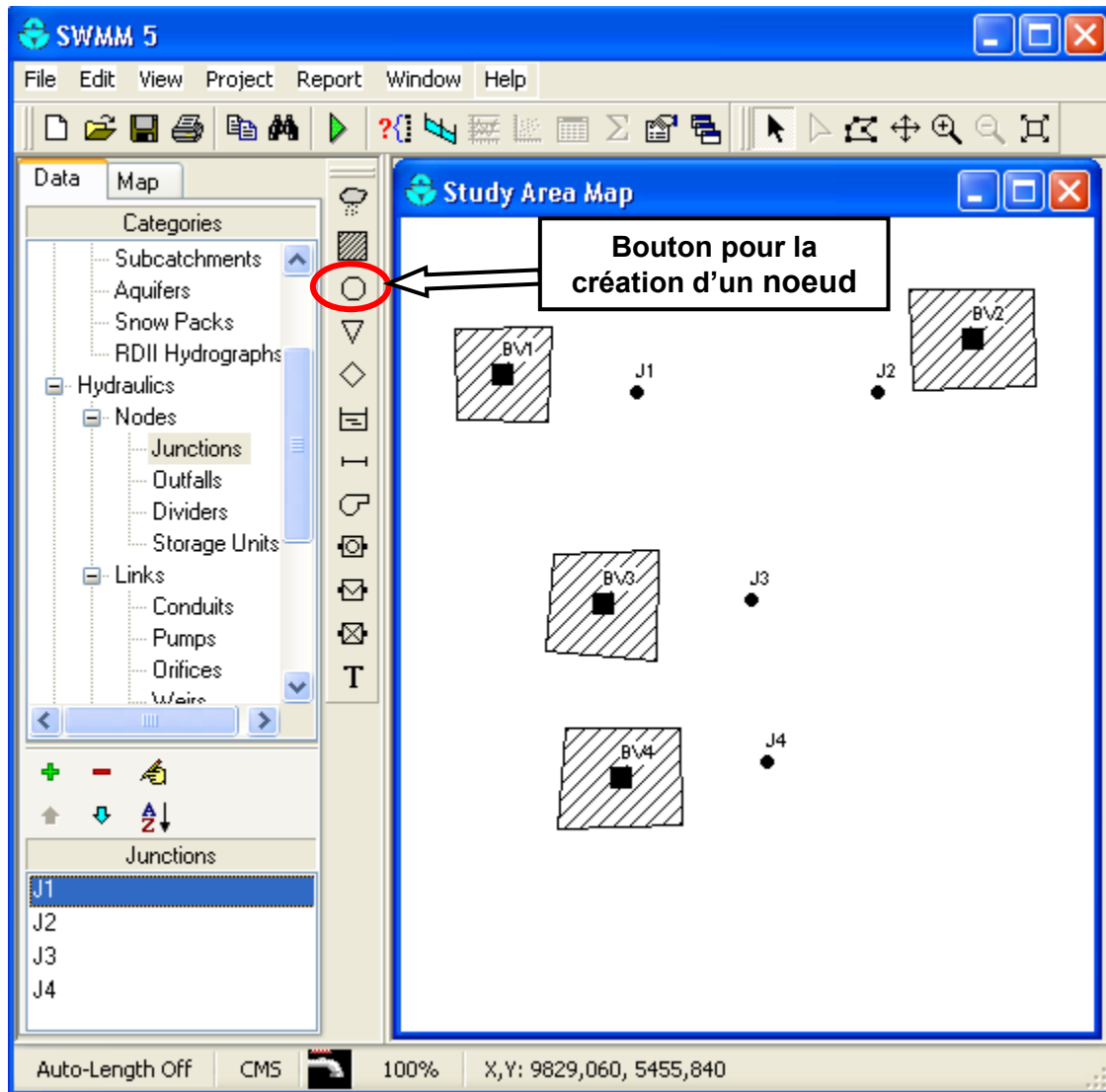




Figure 13 Créer les nœuds de drainage

- ⇒ pour créer l'exutoire du réseau, cliquer sur l'icône 
- ⇒ puis placer cet élément à l'endroit désiré avec un clic gauche de la souris
- ⇒ Une fois les quatre (4) bassins dessinés appliquer un clic sur la flèche  pour terminer.

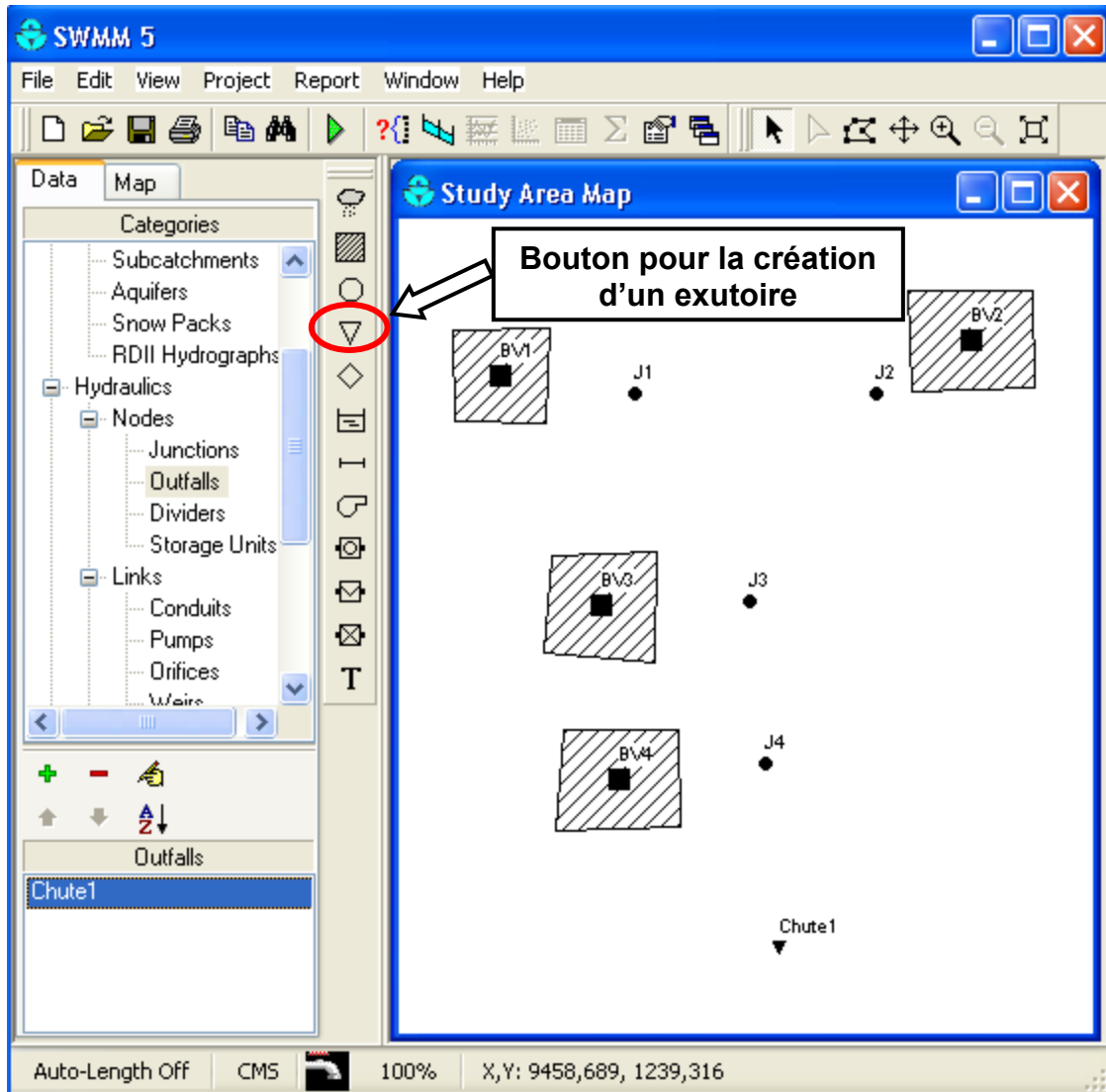



Figure 14 Créer l'exutoire

3.2.3. Dessiner les conduites

- ⇒ Choisir l'élément  de la barre d'outils avec un clic gauche de la souris
- ⇒ Cliquer sur J1, puis sur J3, puis sur J4 puis sur Chute1.

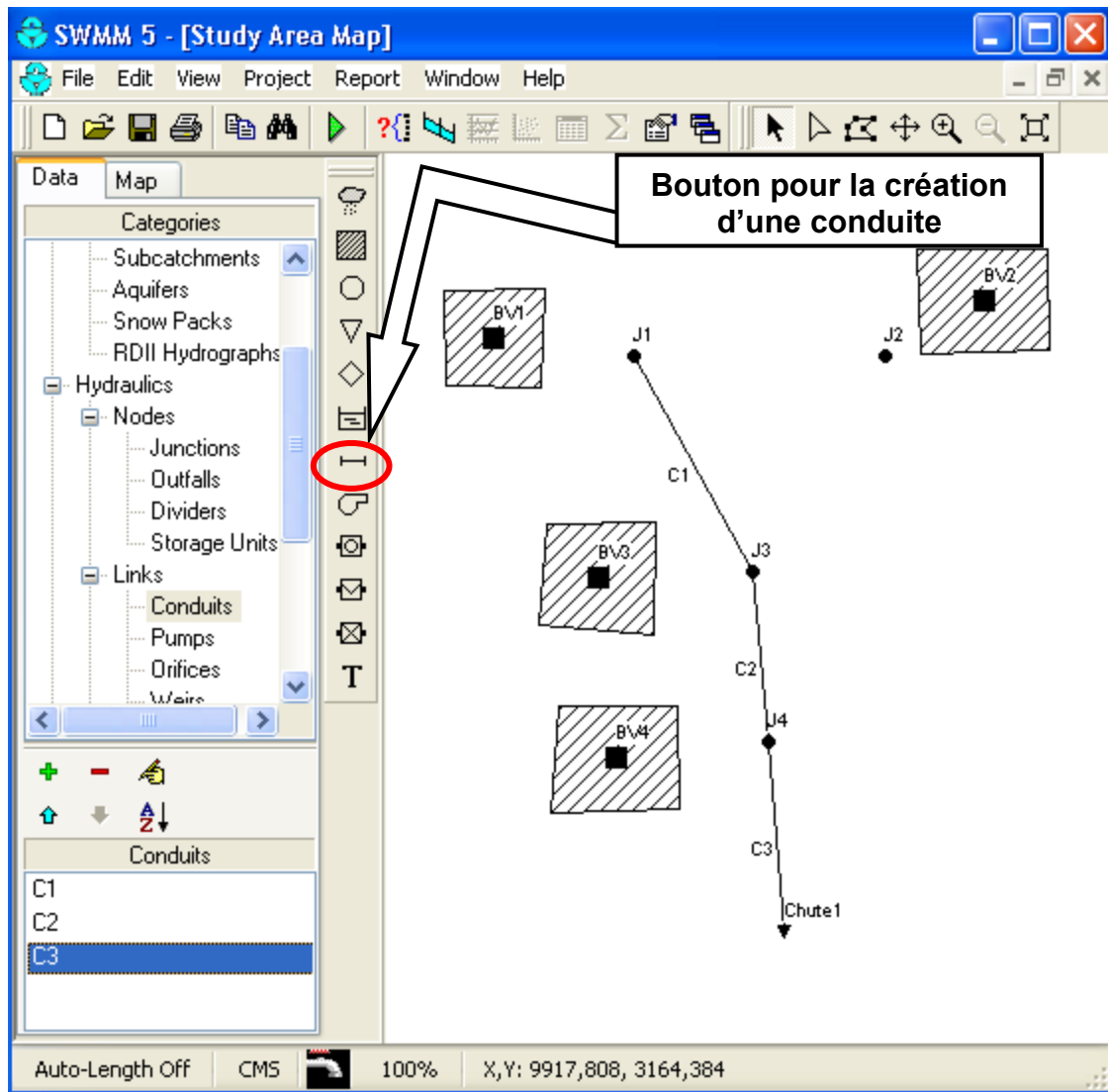


Figure 15 Dessin d'une branche

⇒ Cliquer sur J2, puis sur J3 pour terminer le réseau.

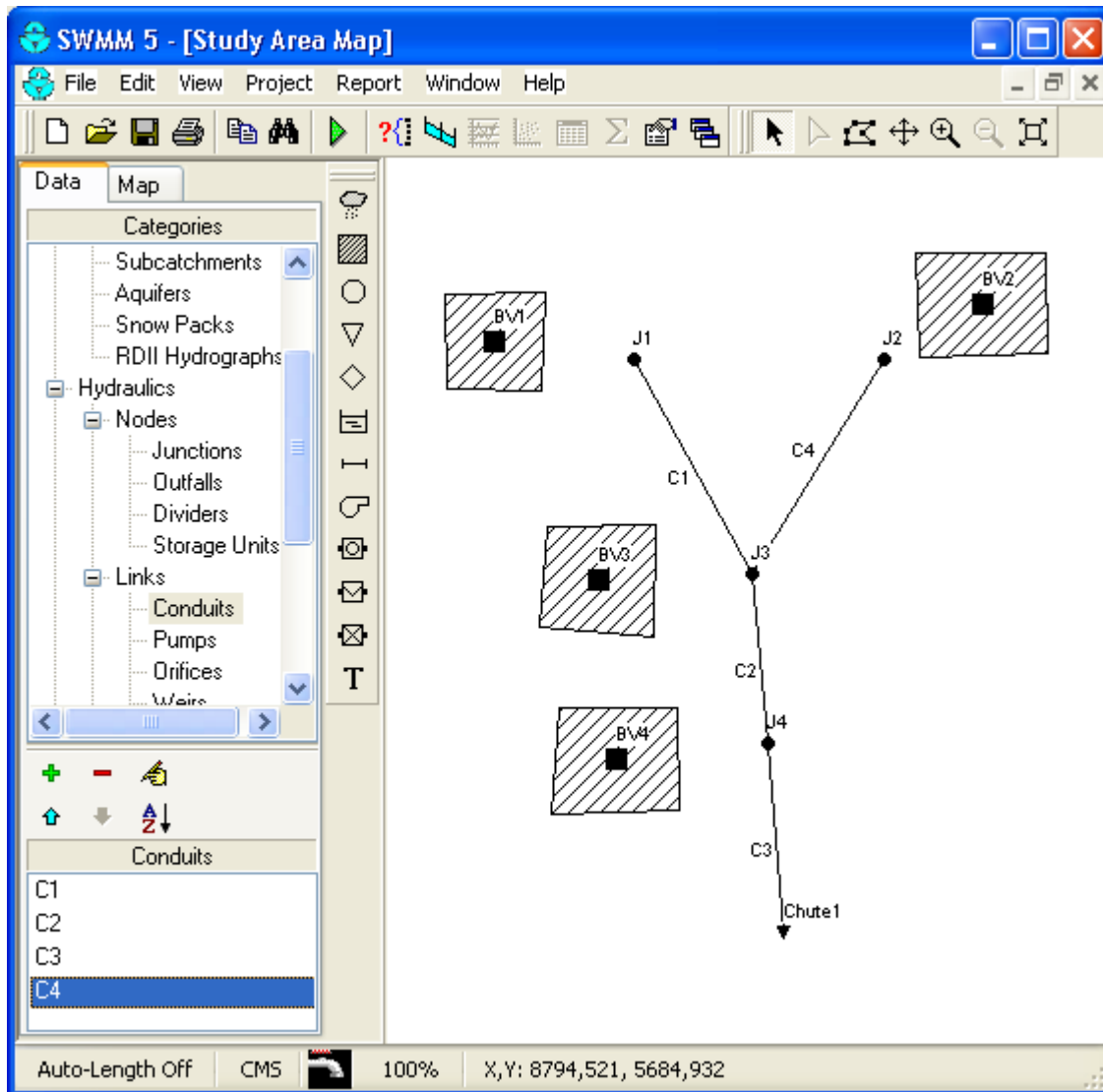





Figure 16 Dessin de la conduite C4

⇒ Une fois les quatre (4) bassins dessinés appliquer un clic sur la flèche  pour terminer.

3.2.4. Dessiner une station météo

- ⇒ Sélectionner le bouton  de la barre d'outil
- ⇒ déplacer le curseur à l'endroit désiré puis appliquer un clic gauche
- ⇒ Une fois la station pluviométrique dessinée appliquer un clic sur la flèche  pour terminer.

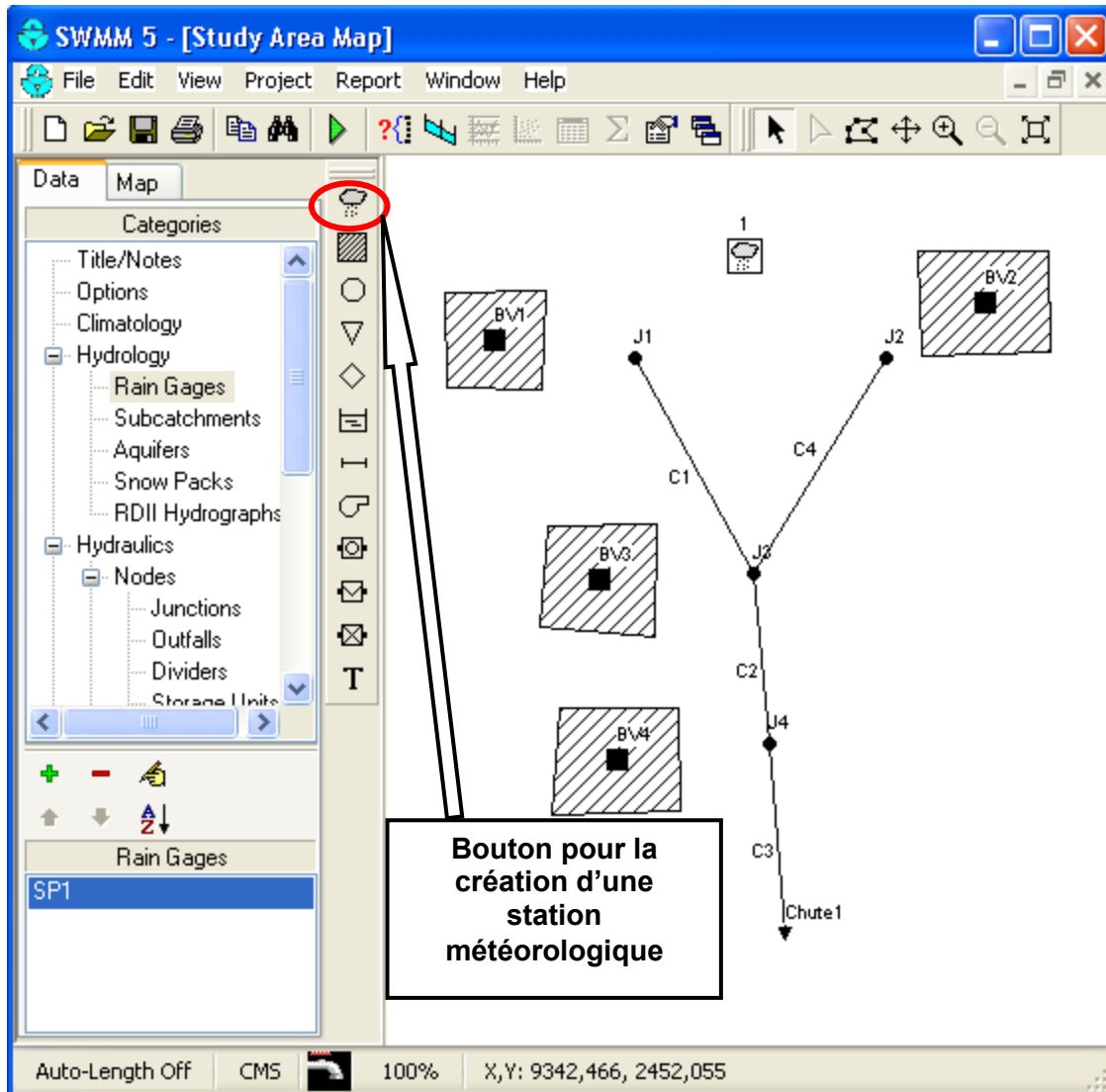


Figure 17 Introduction d'une station météorologique


3.3. Spécifier les caractéristiques des objets

3.3.1. Procédure générale

Il est maintenant temps de fournir les données caractéristiques réelles de chacun des objets introduits précédemment par défaut.

Trois moyens sont possibles :

- double-cliquer directement sur l'objet (la plus pratique)
- clic droit sur l'objet puis cliquer sur '**Propriétés**'.

- choisir le bloc '**data**' (3^{ème} ligne de l'écran) et sélectionner l'objet en double-cliquant sur son nom ou en cliquant sur 

Notez que la touche F1 vous fournit en tout moment de l'aide si vous doutez des unités ou de la signification d'un paramètre.

3.3.2. Assignation des données météo

Très souvent une même station pluviométrique est utilisée pour plusieurs sous bassins. S'il y a une seule station pour l'ensemble des sous-bassins alors :

⇒ Choisir Edit » **Select all**

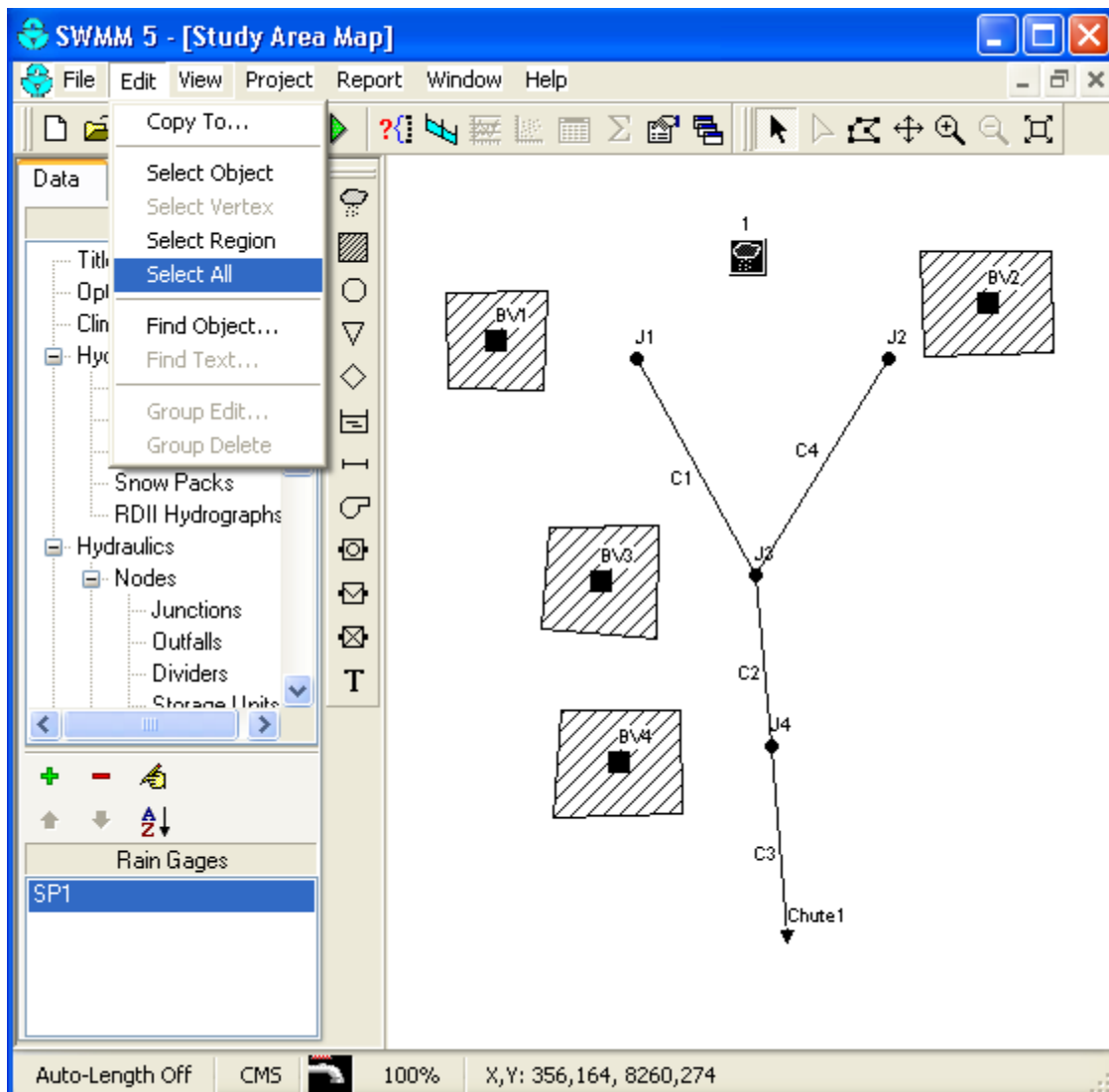


Figure 18 Choisir l'ensemble des sous-bassins

⇒ puis choisir **Edit » Group Edit**

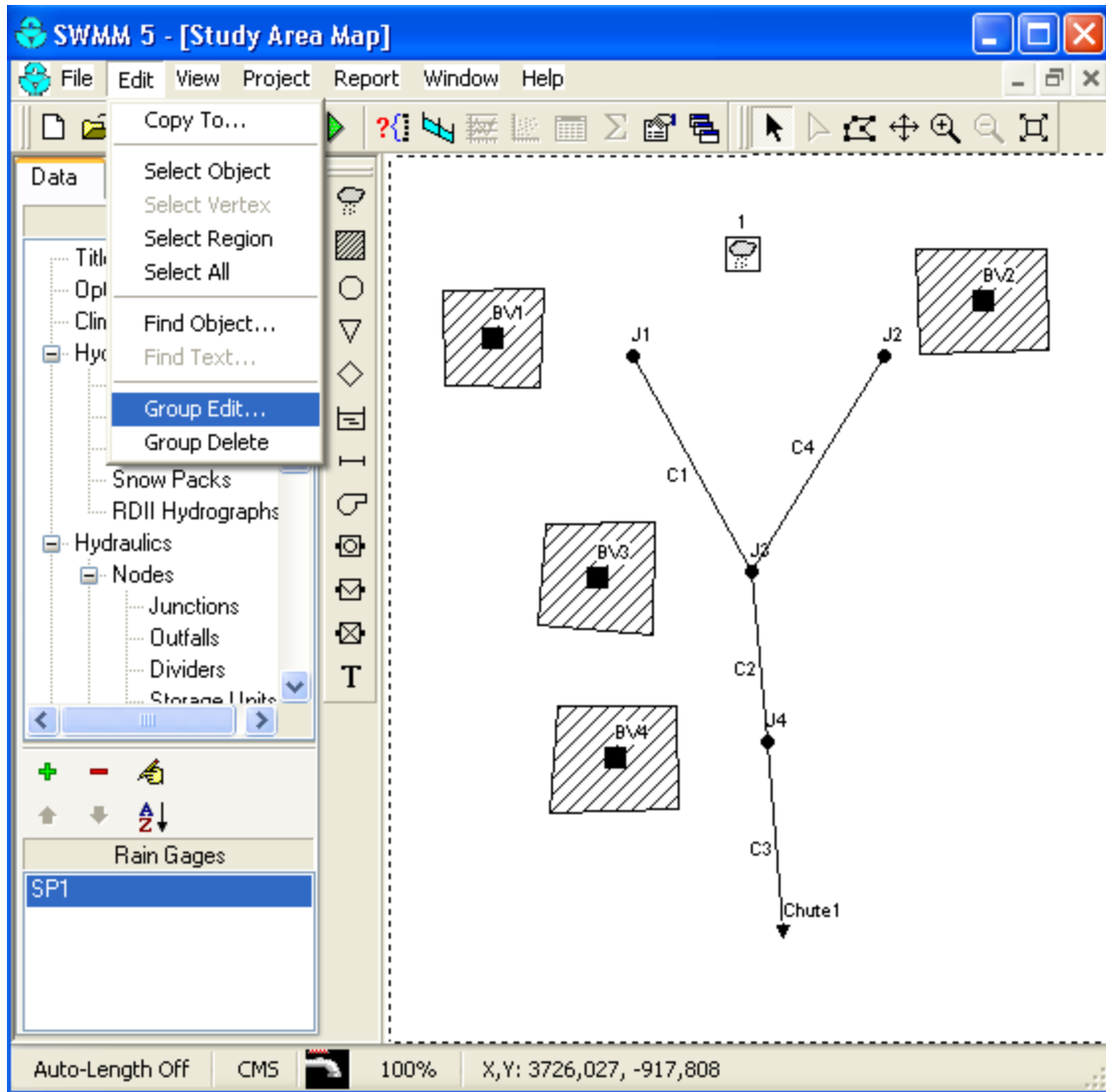


Figure 19 Choisir le groupe pour lequel on assigne une propriété (Subcatchment)

Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, il faut choisir :

- '**subcatchment**' comme groupe d'objets (**For Objects of type**);
- '**Rain Gage**' comme propriété à éditer (**Edit the property**) et
- **sp1** Comme nom de cette propriété. (By replacing it with)

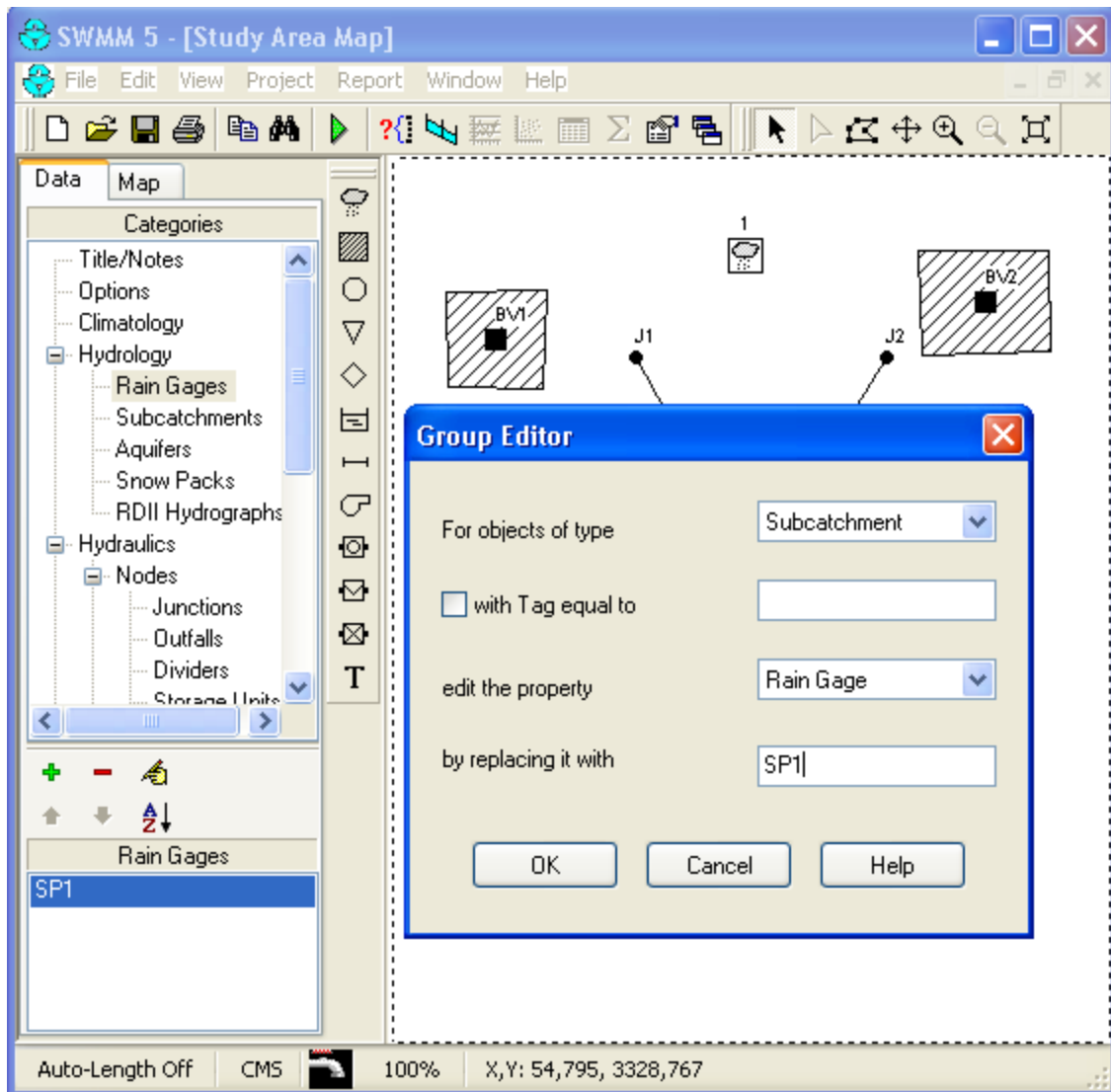


Figure 20 Spécifier le groupe (Subcatchment), la propriété (Rain Gage) et son nom (SP1)

Appuyer sur pour accepter.

Il faut maintenant fournir les données pluviométriques de la station sp1. Pour ce faire, il faut choisir : **Data » Time Series** puis cliquer sur l'icône + pour ajouter un objet. Il faut alors remplir manuellement le tableau qui apparaît avec les données du tableau.1.et lui assigner un nom dans la case **Time series Name** (en l'occurrence TS1).

On peut aussi importer un fichier Excel à l'aide de copier/coller ou le charger avec l'option **Load**.

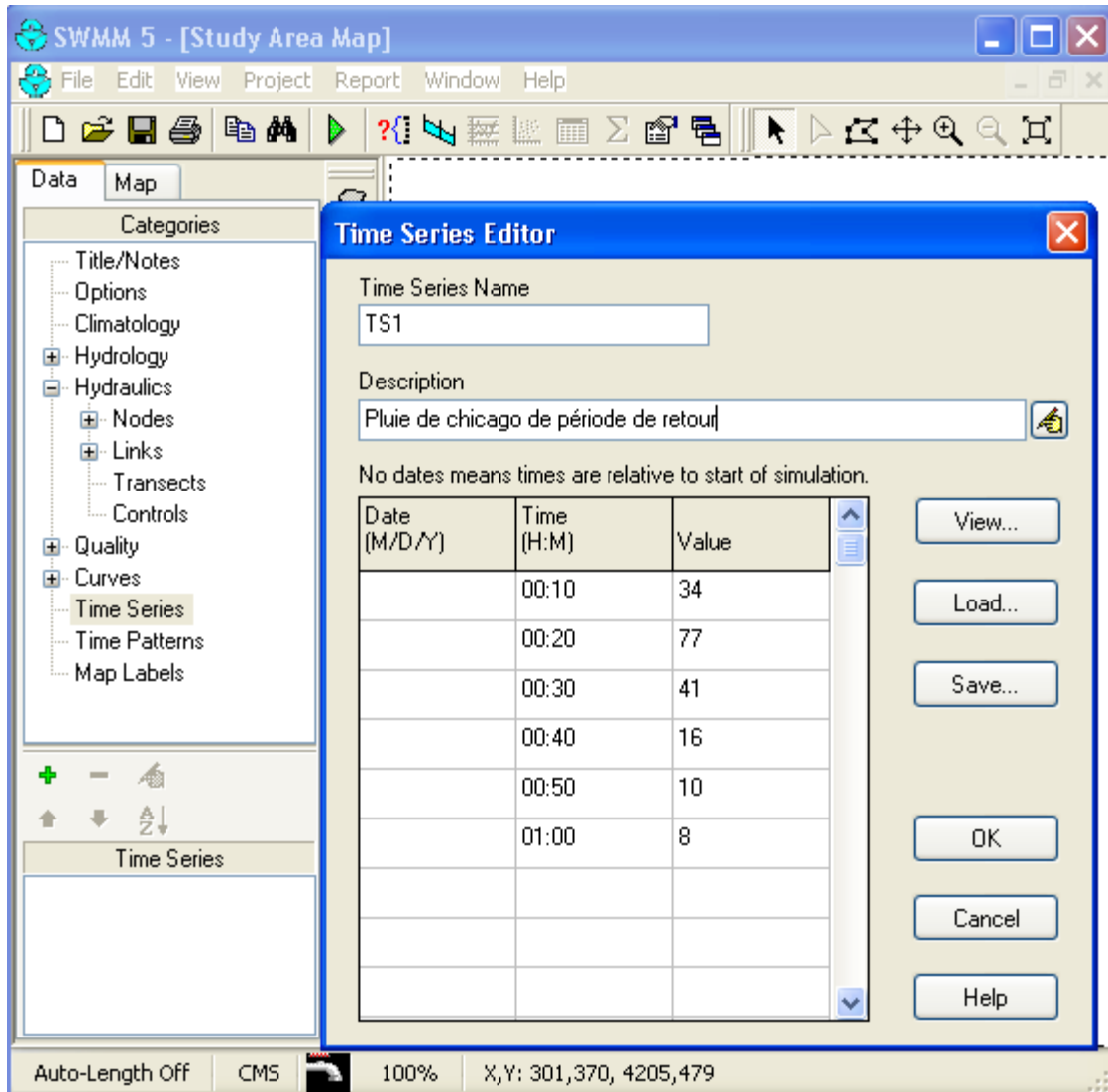


Figure 21 Création d'une série temporelle pour les données pluviométriques

Pour assigner cette série à la station pluviométrique

- SP1 : ⇒ double-cliquer sur la station pluviométrique. SP1
 ⇒ pour Rain-Format choisir → intensity
 ⇒ pour Rain Interval choisir → 0 : 10
 ⇒ pour Series Names : fournir TS1

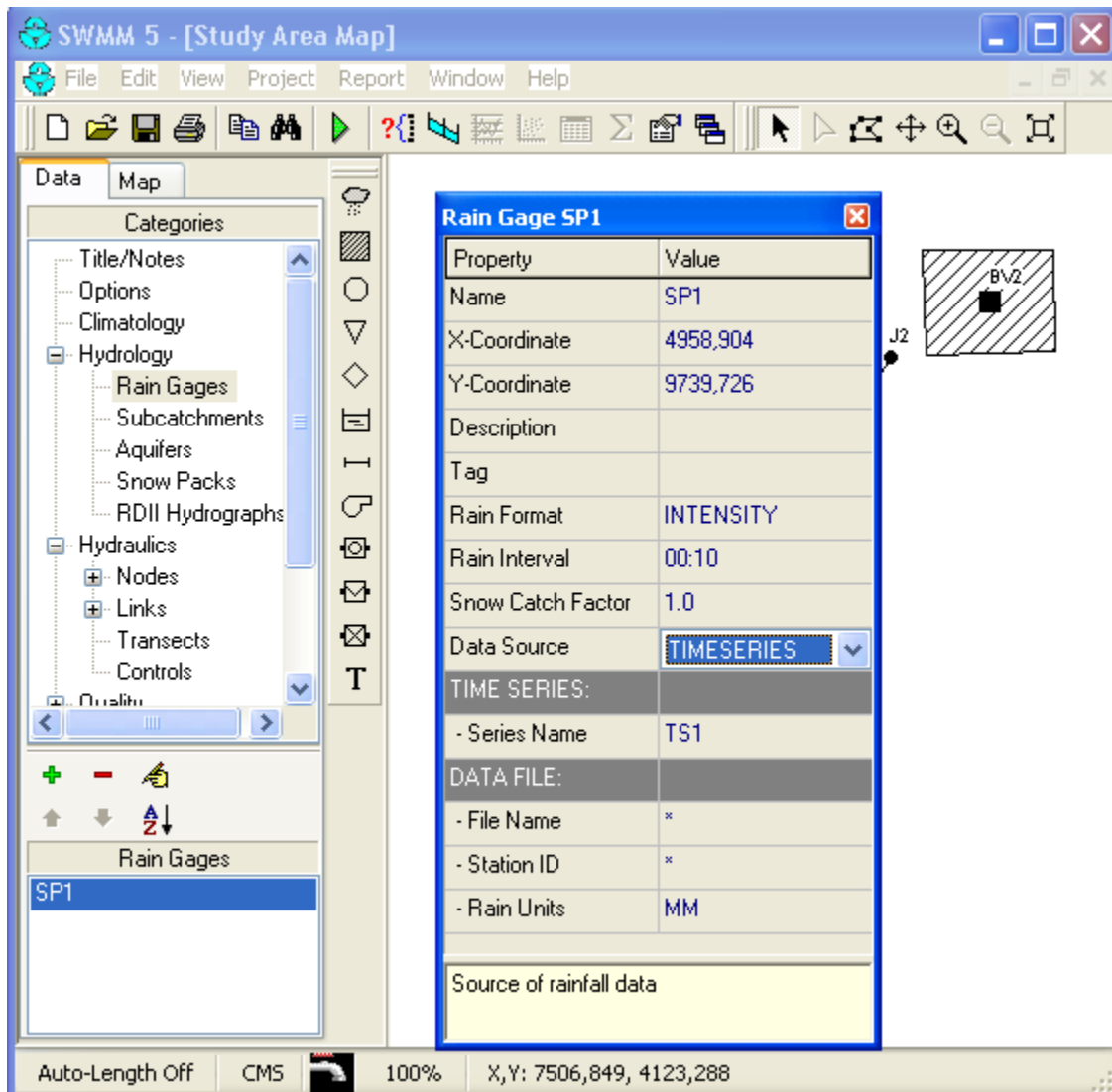


Figure 22 Assignment de la série de données à la station pluviométrique

3.3.3. Assignment des nœuds de drainage et des propriétés des bassins

Il faut maintenant spécifier dans quel nœud se draine chacun des quatre (4) bassins.

Pour ce faire :

- ⇒ Double-cliquer dans le petit carré noir au centre du bassin versant 1 (BV1) il apparaît une boîte de dialogue. On doit alors spécifier dans OUTLET J1.

On voit tout de suite se dessiner une ligne en pointillés.

⇒ On peut par la même occasion spécifier la superficie en hectares (1.4), la pente en %(1) et le pourcentage imperméable (48). Les coefficients de Manning pour les surfaces perméables et imperméables peuvent dans un premier temps gardés par défaut à respectivement à 0.1 et 0.01.

⇒ Spécifier la largeur W du bassin en m. Cette largeur peut être calculée à l'aide de formules exposée dans l'annexe 1 et ajustée par la suite dans l'étape de calibration du modèle. Dans un premier temps on peut fixer cette valeur à $W = 2L$ (162m pour bv1).

The screenshot shows the SWMM 5 software interface. The 'Subcatchment BV1' dialog box is open, displaying the following properties and values:

Property	Value
Name	BV1
X-Coordinate	1452,991
Y-Coordinate	8618,234
Description	
Tag	
Rain Gage	SP1
Outlet	J1
Area	1,4
Width	162
% Slope	1
% Imperv	48
N-Imperv	0.014
N-Perv	0.030
Dstore-Imperv	0
Dstore-Perv	0
%Zero-Imperv	0
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration	HORTON

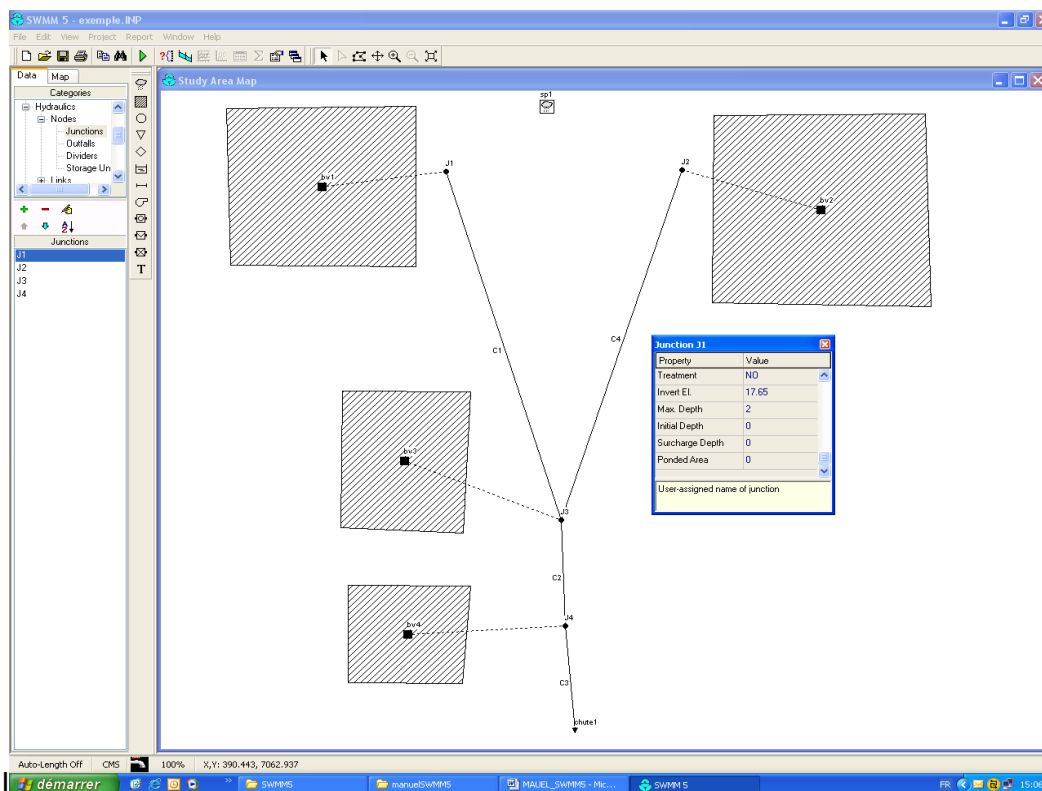
The 'Subcatchments' list on the left shows BV1 selected. The main map area displays a diagram with subcatchments BV1, BV3, and BV4, and a junction J1. The status bar at the bottom shows 'Auto-Length Off', 'CMS', '100%', and 'X,Y: 9863,014, 3000,000'.

Figure 23 Assignation des nœuds de drainage et des propriétés des BV

Note :Trois choix sont possibles dans l'item **Subarea Routing** :
1)Outlet,2)Impervious et 3)Pervious. Le premier choix (**Outlet**)implique que les surfaces perméables et imperméables contribuent séparément à l'écoulement à l'exutoire. Le deuxième choix (**Impervious**) implique que l'écoulement provenant des surfaces perméables transite par les surfaces imperméables avant de rejoindre l'exutoire. Le dernier choix(**Pervious**) signifie que l'écoulement provenant des surfaces imperméables transite par les surfaces perméables avant de rejoindre l'exutoire. Ceci peut représenter une toiture dans la gouttière est reliée au jardin versus une toiture dont la gouttière se déverse dans un stationnement.

3.3.4. Assignment des données des Nœuds

Les données les plus communes à fournir aux nœuds sont la cote du radier (Invert EI) : cette cote doit être égale à la plus basse cote des radiers de toutes les conduites reliées à ce nœud .En l'occurrence pour le nœud 3 Invert EI=16.2m . Et la profondeur maximale (max depth) qui est la distance entre le radier du nœud et la cote au sol. En l'occurrence pour le nœud 3 Max depth= 2.6 m.



3.3.5. Assignment des données des conduites

⇒ Double-cliquer tour à tour sur chacune des conduites.

⇒ Dans chaque boîte de dialogue modifier au besoin :

- Shape en l'occurrence (C1) CIRCULAR,
- Max depth (diamètre) pour C1 0.35,
- Length (longueur) pour C1 100,
- Inlet offset (voir figure 24) 0.1
 - La hauteur du radier amont de la conduite par rapport à la cote du nœud de départ (Invert EI). En l'occurrence pour la conduite 3-4, Inlet offset=0
- Outlet offset (voir figure 24) 0.35
 - La hauteur du radier aval de la conduite par rapport à la cote du nœud d'arrivée (Invert EI). En l'occurrence pour la conduite 3-4, Outlet offset=0.3m.
- Initial flow (débit de temps sec) 0.

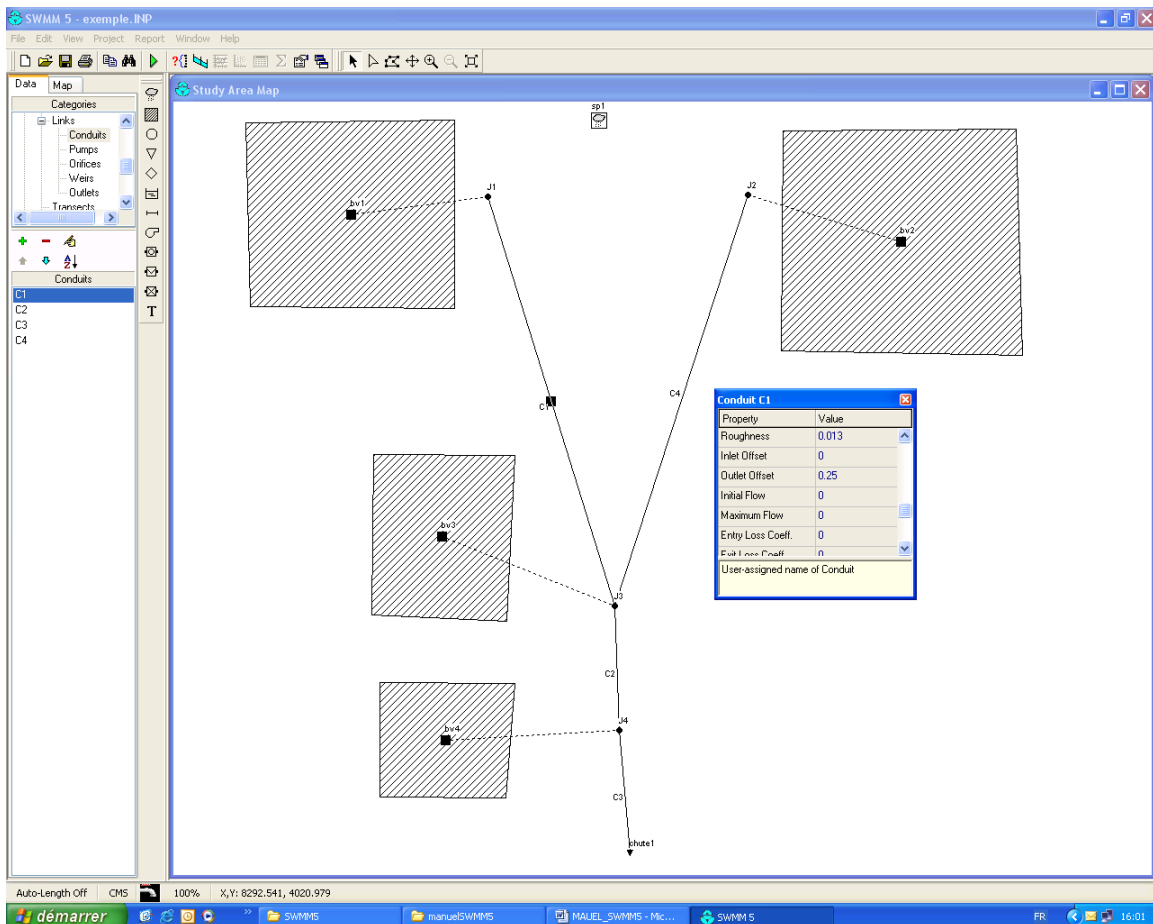



Figure 24 Assignation des données des conduites

3.4. Sauvegarde des fichiers de données

1. Choisir Title/Notes et cliquer sur le bouton .
2. Donner un nom de votre choix (par exemple projet1) et cliquer sur OK.
3. Choisir l'option Save as dans le menu File.
4. Choisir un répertoire et un nom sous lequel vous voulez sauver le projet.
5. Cliquer sur save.

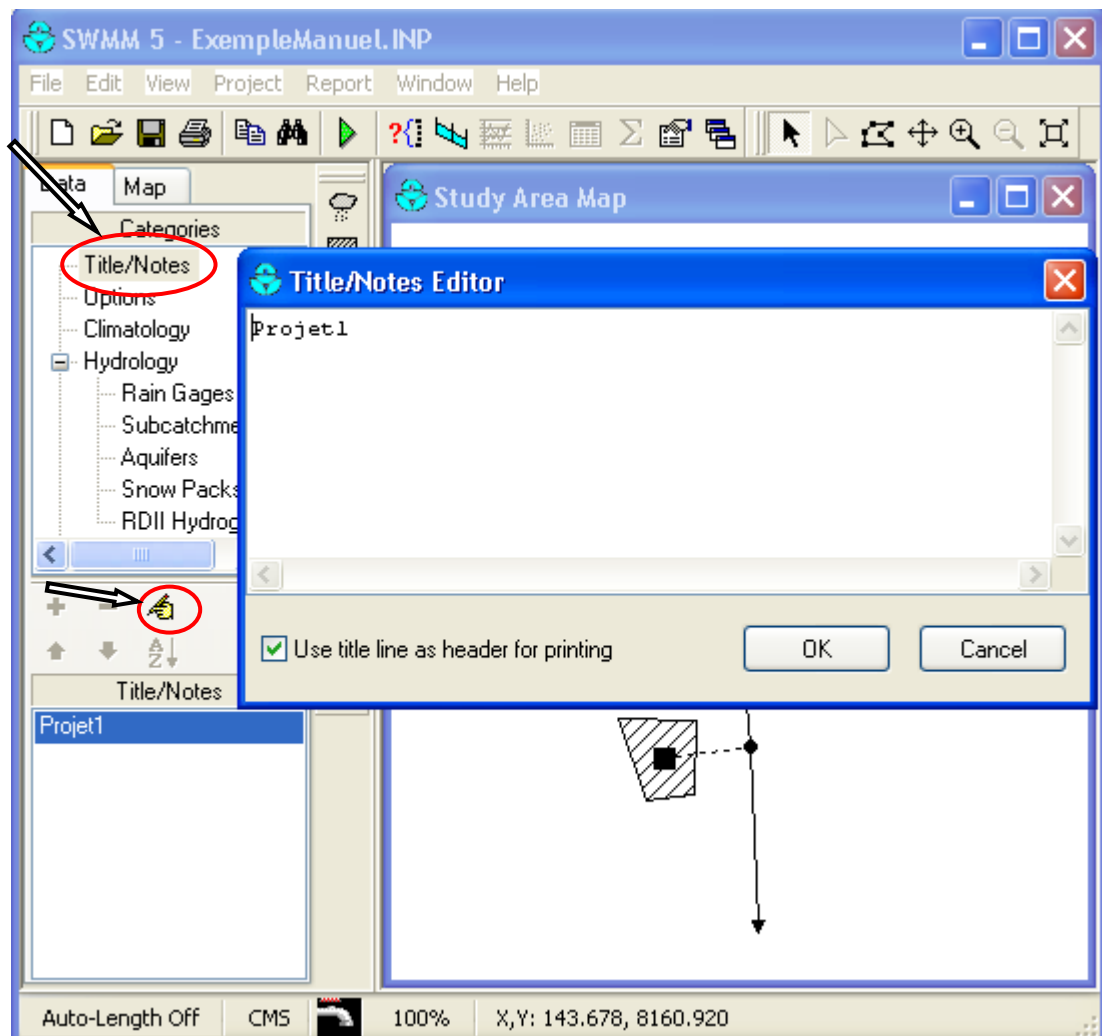


Figure 25 Attribution d'un titre au projet pour le sauvegarder

3.5. Choisir les options dans le menu et cliquer sur. La figure 26 montre les options disponibles :

-l'unité de débit sera pour nous systématiquement pour nous CMS (M^3/S).

-le modèle de calcul des infiltrations sera celui de Horton dont les valeurs sont fournis en annexe 1 pour les différents types de sol.

-SWMM nous offre de choisir entre trois modèles pour les calculs hydrauliques : le premier (**Steady Flow**) est basé simplement sur l'utilisation de l'équation de Manning. Ce modèle peut être utilisé lors de la conception lorsque le débit est constant. Le deuxième modèle qui est basé sur l'onde cinématique (**kinematic Wave**) ne doit être utilisé qu'en écoulement à surface libre en absence de toute influence avale. Le troisième modèle est le plus complet. Il est capable de représenter les mises en charge et les refoulements dans un réseau même maillé. Mais il peut produire des instabilités numériques.

Pour le présent exemple, on peut choisir **kinematic Wave** comme modèle de calcul hydraulique, les unités de débit en CMS et Horton comme modèle d'infiltration. Allow ponding ne doit pas être sélectionné. Quand l'option Allow ponding n'est pas sélectionné le volume excédentaire qui ne peut être acheminée par une conduite en charge est perdu!!!

- Sur la même page de dialogue fixer la fin de la simulation (end Analysis Time) à 12 :00 :00 (figure 27).
- Sur la même page de dialogue fixer le pas de temps (Time Step) à 60 sec (figure 27).
- Cliquer sur .

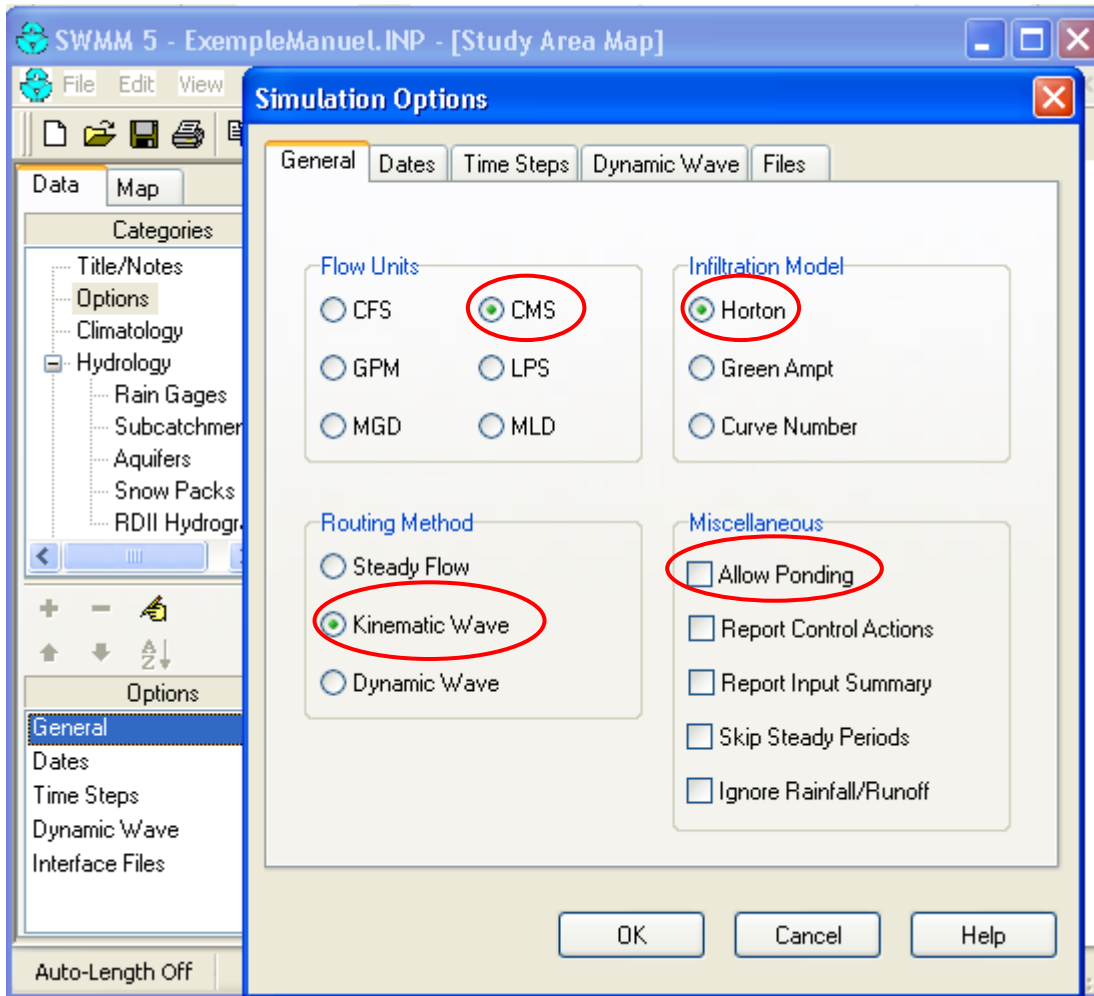


Figure 26 Choix des options de la simulation « General »

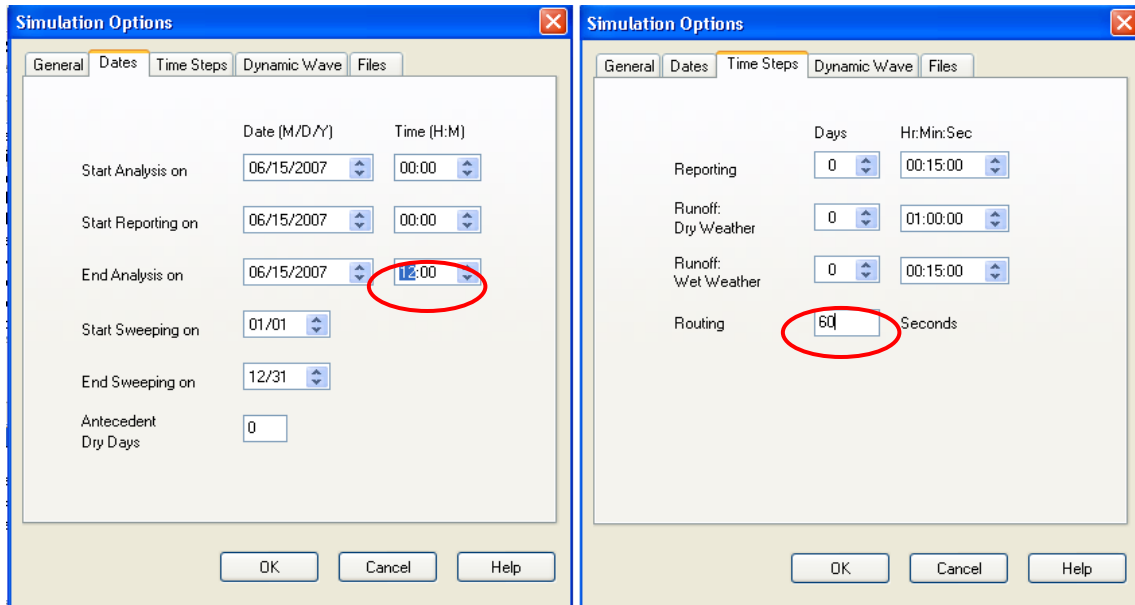


Figure 27 Les différentes options de la simulation

3.6. Exécuter une simulation

3.6.1. Exécuter une simulation

⇒ **Project »Run Simulation ou cliquer sur** 

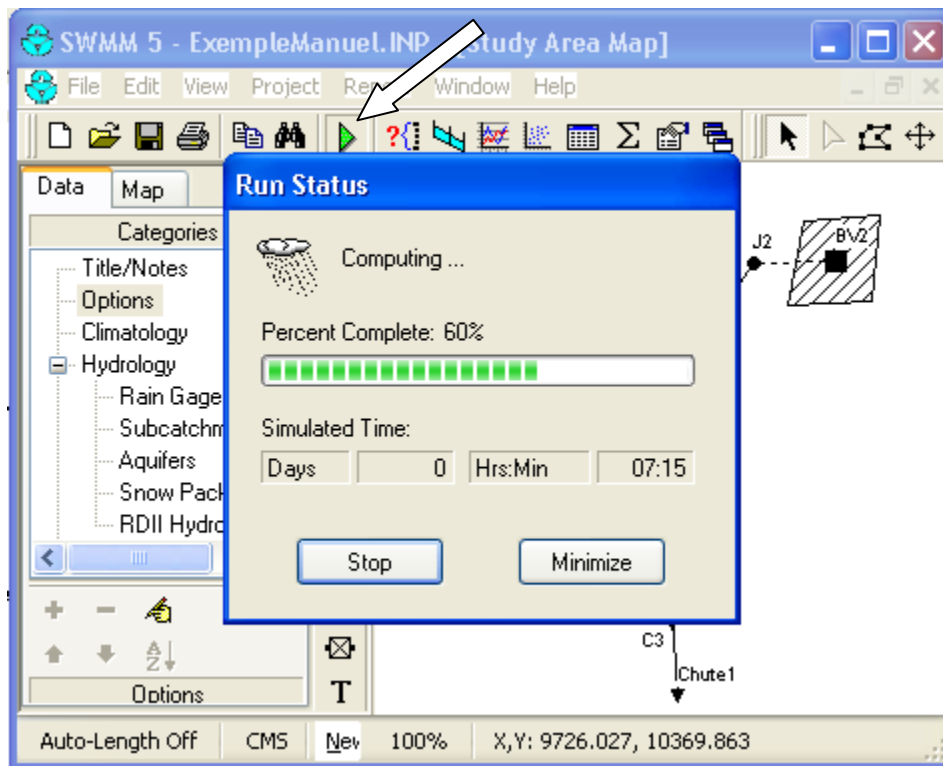


Figure 28 Exécution de la simulation

3.7. Visualiser les résultats

3.7.1. Visualisation du « rapport d'état »

Le « rapport d'état » contient de l'information sommaire utile à propos des résultats de la simulation. Pour visualiser le rapport, sélectionner **Report » Status**. Une partie du rapport de la simulation déjà réalisée est représentée sur la Figure 29 .

```

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.009)
-----
Projet1

*****
Analysis options
*****
Flow Units ..... CMS
Infiltration Method ..... HORTON
Flow Routing Method ..... KINWAVE
Starting Date ..... JUN-15-2007 00:00:00
Ending Date ..... JUN-15-2007 12:00:00
Antecedent Dry Days ..... 0.0
Report Time Step ..... 00:15:00
Wet Time Step ..... 00:15:00
Dry Time Step ..... 01:00:00
Routing Time Step ..... 60.00 sec

*****
Runoff Quantity Continuity
*****
                                volume      Depth
                                hectare-m   mm
-----
Total Precipitation .....      0.167      31.000
Evaporation Loss .....          0.000      0.000
Infiltration Loss .....          0.048      8.924
Surface Runoff .....            0.124     22.927
Final surface storage .....      0.000      0.002
Continuity Error (%) .....     -2.754

*****
Flow Routing Continuity
*****
                                volume      volume
                                hectare-m   Mliters
-----
Dry Weather Inflow .....          0.000      0.000
Wet Weather Inflow .....          0.124      1.238
Groundwater Inflow .....          0.000      0.000
RDII Inflow .....                0.000      0.000
External Inflow .....             0.000      0.000
External outflow .....            0.115      1.153
Surface Flooding .....            0.004      0.035
Evaporation Loss .....            0.000      0.000
Initial stored volume .....        0.000      0.000
Final stored volume .....          0.000      0.000
Continuity Error (%) .....         4.028

```

Figure 29 Partie du « rapport d'état » de la première simulation

3.7.2. Visualisation des résultats sur le schéma

Les résultats de la simulation (ainsi que certains autres paramètres du design tel que la superficie des bassins, l'élévation des radiers des nœuds, la profondeur maximale des conduites...) peuvent être visualisés en code couleur sur le plan d'étude. Afin de visualiser une variable en particulier :

1. sélectionner « Map » du panneau de gauche,
2. sélectionner les variables à visualiser pour les bassins, les nœuds et les conduites (figure 30),
3. le code couleur pour une variable en particulier est présenté sur l'aire d'étude. Afin d'afficher ou de cacher les légende sélectionner **View >> Legends** (figure 31)
4. sélectionner **View >> Legends >> Modify** pour modifier l'échelle des couleurs.
5. la case « Date / Time / Elapsed Time » peut être utilisé pour afficher les résultats de la simulation à différents moments. La figure 32 montre les résultats de la simulation à 25 min.
6. pour animer, sélectionner **View >> Toolbars >> Animator** et utiliser l'outil « Animator Toolbar » pour contrôler l'animation (figure 33).

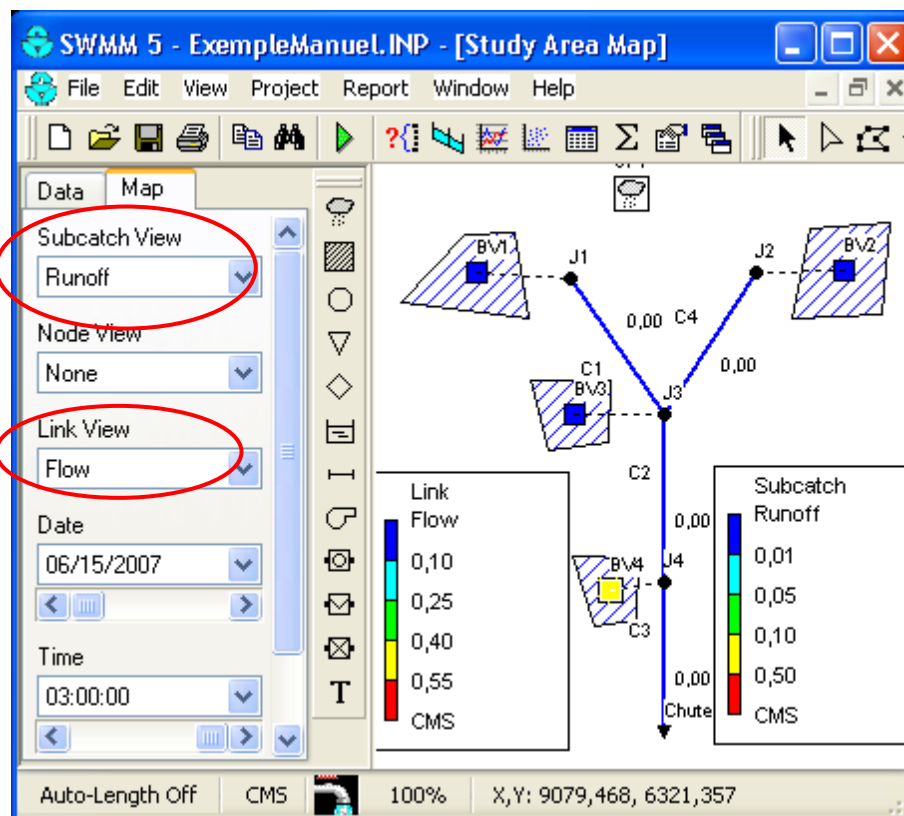


Figure 30 Choix des variables à visualiser

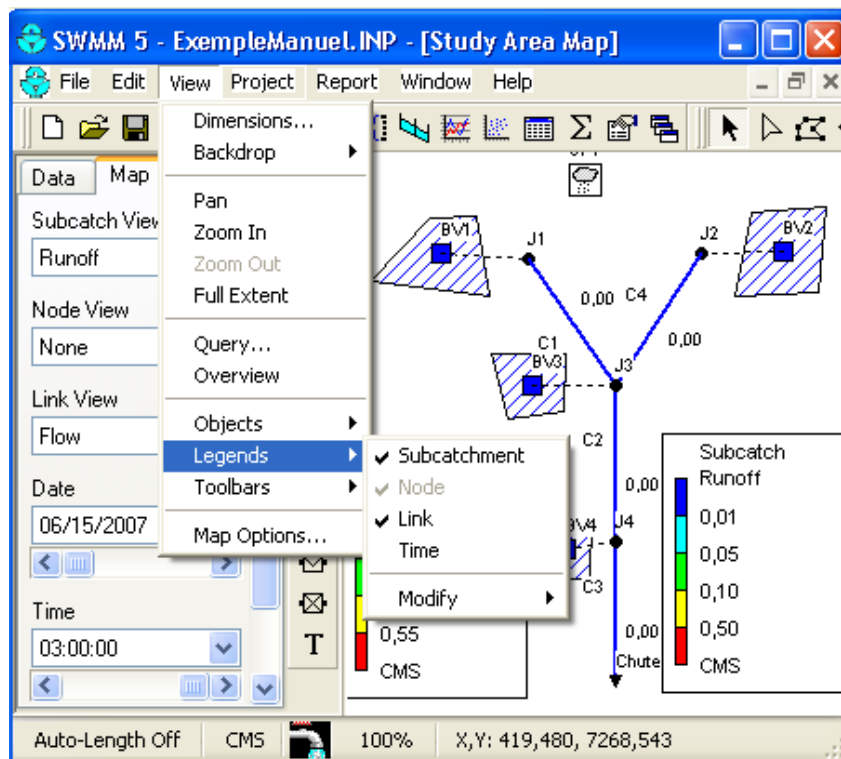


Figure 31 Visualisation des légendes

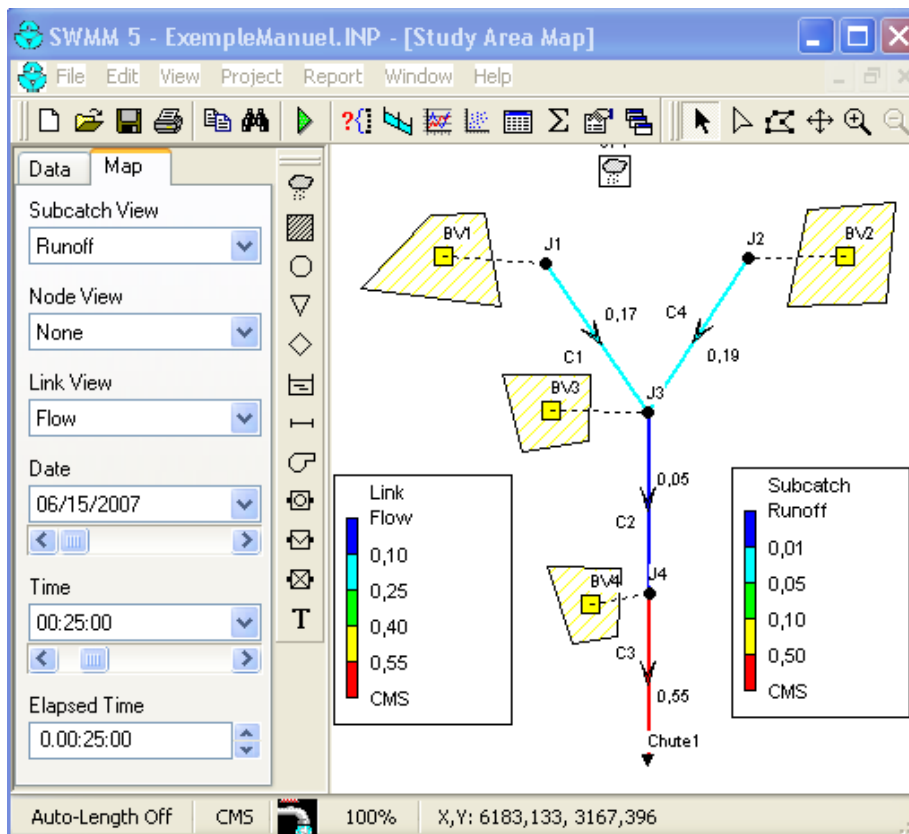


Figure 32 Visualisation des résultats sur le schéma

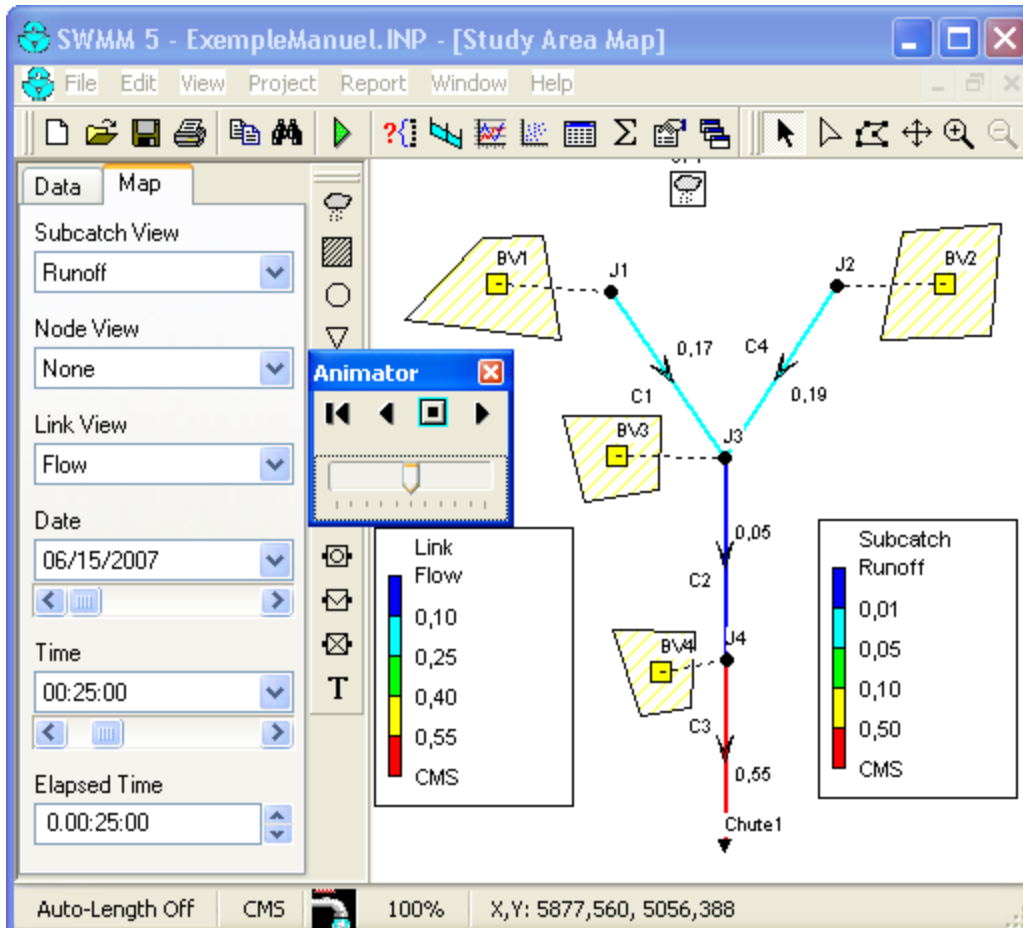



Figure 33 Outil d'animation pour la visualisation des résultats

3.7.3. Visualisation des résultats sur des séries temporelles

Afin de générer des séries temporelles des résultats de la simulation, il faut :

- 1- sélectionner **Report >> Graph >> Time Series** ou bien simplement cliquer sur le bouton  du « Standard Toolbar ».
- 2- une boîte de dialogue apparaît et permet de choisir les objets et les variables à tracer.

On peut par exemple tracer le débit dans les conduites en fonction du temps en faisant les choix tels que montré sur la figure 34. Les débits dans les quatre conduites résultants de la simulation sont présentés sur la figure 35.

N.B : lors de la visualisation des séries de débit ou de niveau dans une conduite on peut observer des fluctuations rapides et prononcées dans les courbes. Ces fluctuations peuvent ne pas être représentatives de phénomènes hydrauliques mais dues simplement à des instabilités numériques. Ces fluctuations qui accompagnent surtout la méthode de l'onde dynamique peuvent être éliminées par un des moyens suivants :

1) la réduction du pas de temps de calcul (moins de 60 Sec);

2) l'élimination des termes d'inertie (**Options>>Dynamic Wave>>Inertial term>>Ignore**)

3) le choix d'un pas de temps variable (**Options>>Dynamic Wave>>Variable Time Step>>Use>>Adjustment Factors %(75)**)

4) l'allongement artificiel des conduites courtes ((**Options>>Dynamic Wave>>Conduit Lengthening**)

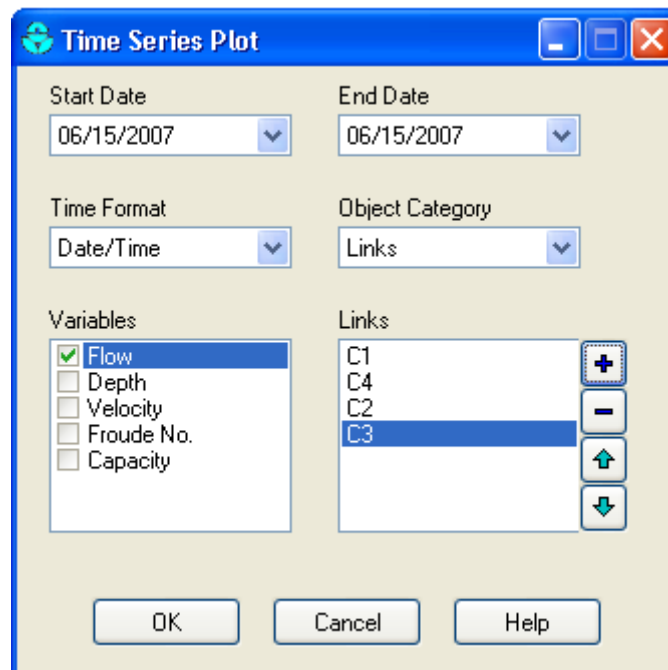


Figure 34 Boite de dialogue pour tracer les séries temporelles

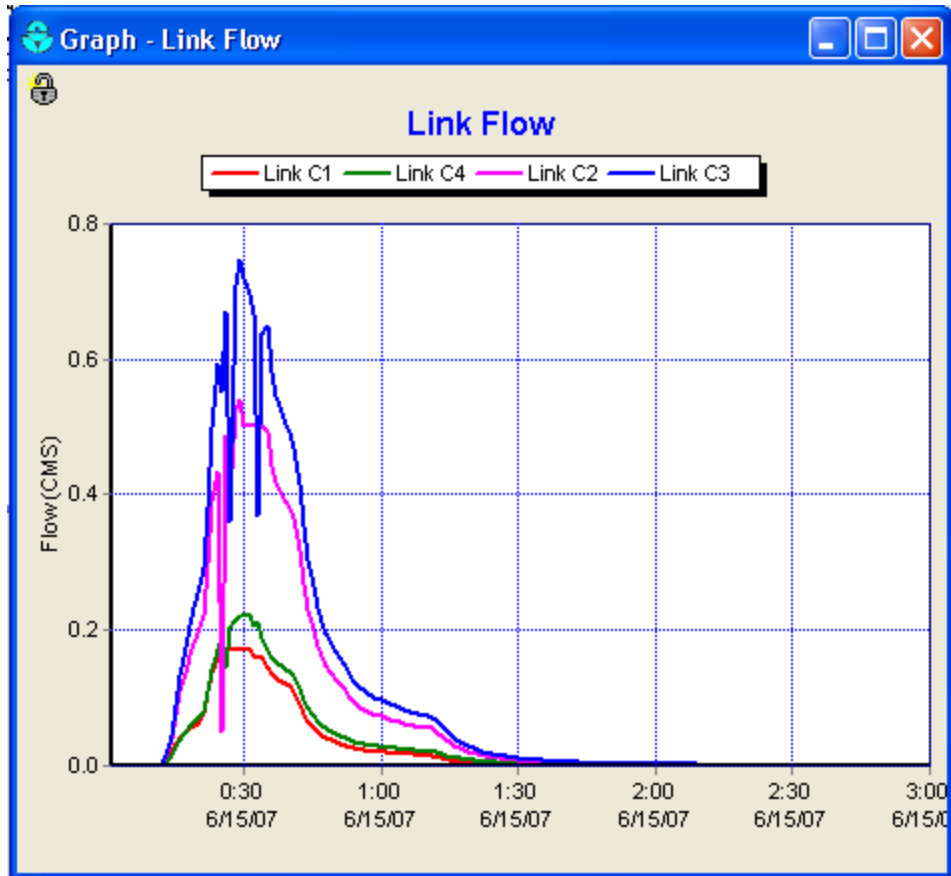



Figure 35 Graphique des débits des conduites en fonction du temps

3.7.4. Visualisation des résultats sur un profil en long

La présentation du profil en long permet de montrer la variation du niveau d'eau à travers une série de nœuds et de conduites connectées. Afin de créer un tel graphique :

- 1- sélectionner **Report >> Graph >> Profile** ou simplement cliquer sur le bouton  du « Standard Toolbar ».
- 2- entrer le nœud du début et le nœud de la fin du profil comme indiqué sur la figure 36.

La figure 37 montre un exemple de profil en long au temps 25 minutes après le début de la simulation.

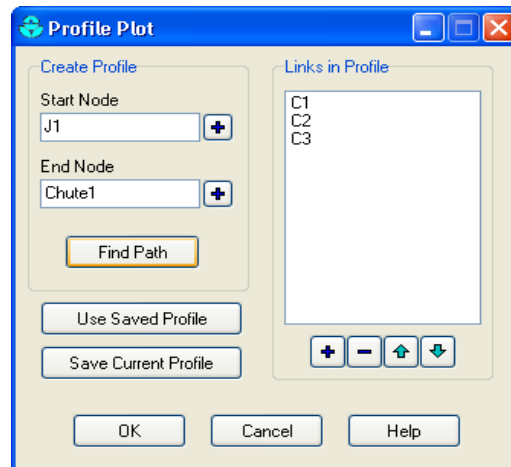


Figure 36 Boite de dialogue pour le tracé du profil en long

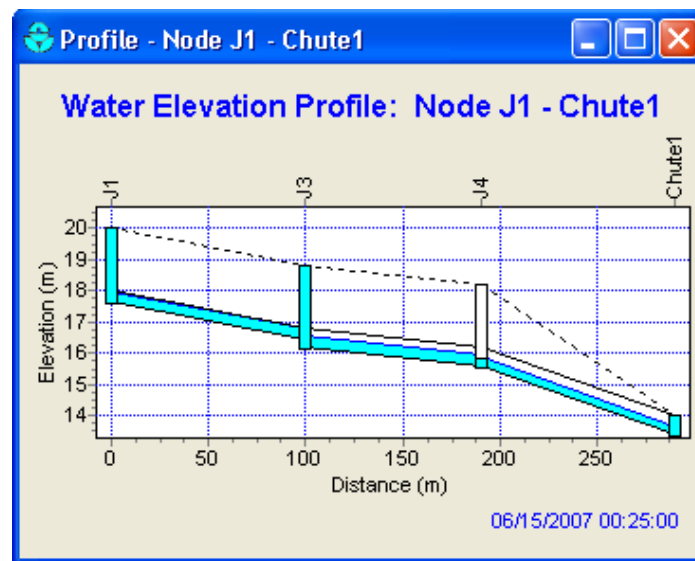


Figure 37 Exemple de profil en long

3.7.5. Impression et exportation des résultats

L'option « Page Setup » permet de personnaliser l'impression et « Print Preview » de la visualiser avant d'imprimer (figure 38).

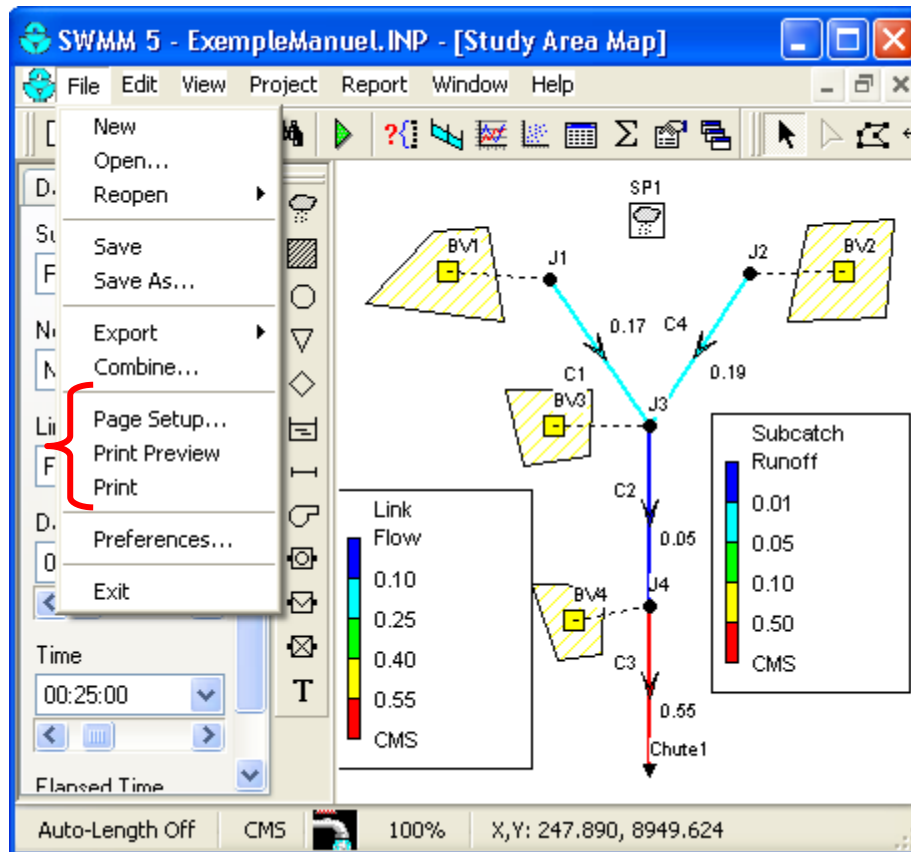


Figure 38 Les options d'impression

L'exportation des données se fait à l'aide de l'option « Copy to » Ce qui revient à mettre le fichier dans le presse-papiers ou «Enregistrer Sous» le fichier au format voulu (figure 39 et figure 40).

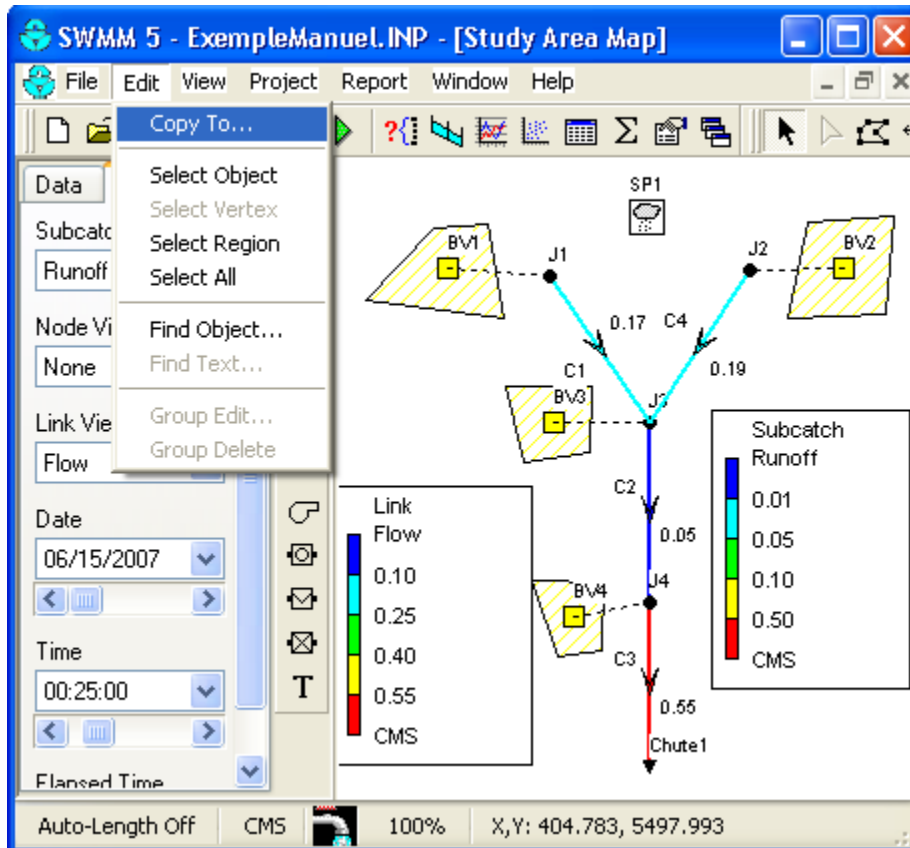


Figure 39 Exportation des résultats

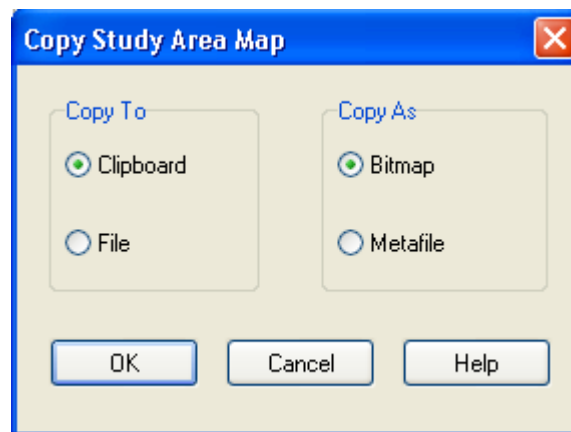


Figure 40 Choix de l'endroit et de format de l'exportation

Annexe 1 : Valeur des paramètres du modèle de Horton

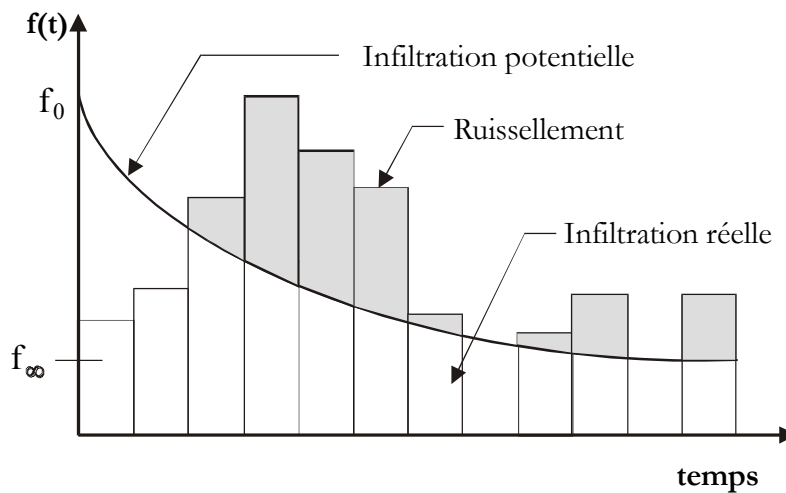
Méthode de Horton

La formule de Horton (1940) exprime l'intensité d'infiltration par :

$$f(t) = f_{\infty} + (f_0 - f_{\infty})e^{-kt}$$

- Où f_0 est l'infiltration maximum au temps $t = 0$,
 f_{∞} est l'infiltration asymptotique quand t devient grand,
 t est le temps écoulé depuis le début des précipitations,
 k est un paramètre en unités inverses du temps.

Les valeurs de l'intensité de l'infiltration s'expriment généralement en millimètres d'eau par heure ou pouces d'eau par heure.



Par l'intégration de l'équation $f(t) = f_{\infty} + (f_0 - f_{\infty})e^{-kt}$, on obtient l'infiltration cumulative (en millimètres d'eau) :

$$F(t) = f_{\infty}t + \frac{(f_0 - f_{\infty})}{k}(1 - e^{-kt})$$

Le tableau donne les paramètres de l'équation de Horton en fonction du type de sol.

Paramètres d'infiltration de Horton

Catégorie de sol	A	B	C	D
f_0 (mm/h)	250	200	125	75
f_{∞} (mm/h)	25	12	6	2,5
k (1/h)	2 à 5	2 à 5	2 à 5	2 à 5

A : faible possibilité de ruissellement (sable et gravier bien drainés)

B : taux d'infiltration moyen (texture moyennement fine à moyennement grosse : sable)

C : faible taux d'infiltration (texture assez fine, sols contenant de l'argile)

D : forte possibilité de ruissellement (argiles, nappes constamment hautes)