

Département de l'Hérault



Communauté de Communes Les Avants Monts : Commune de Neffiès

Etude hydraulique des ruisseaux en zone urbaine, hors PPRI et concernés par les futures zones d'urbanisation



Modélisation des ruisseaux

Mars 2021

19_079



ENTECH Ingénieurs Conseils

Parc Scientifique et Environnemental
BP 118 - 34140 Mèze - France
e.mail : entech@entech.fr
Tél. : 33 (0)4 67 46 64 85
Fax : 33 (0)4 67 46 60 49



Département de l'Hérault

Communauté de Communes Les Avants Monts : Commune de Neffiès

Etude hydraulique des ruisseaux en zone urbaine, hors PPRI et concernés par les futurs zones d'urbanisation

Modélisation des ruisseaux

Référence	19.079		
Version	A		
Date	Mars 2021		
Auteur	Guillaume ROSAT		
Collaboration	Rachid OULADMIMOUN		
Visa	Rachid OULADMIMOUN		
Diffusion	Moa		

ENTECH Ingénieurs Conseils

Sommaire

1	Introduction	4
2	Présentation du logiciel PCSWMM	5
3	Construction et caractéristiques du modèle	6
3.1	Données pluviométriques.....	6
3.2	Bassins versants	8
3.3	Réseau	10
4	Calage et résultats de la modélisation	11
4.1.1	Limites du calage.....	11
4.1.2	Calage	12
4.1.3	Analyse de la sensibilité du calage	16
4.1.4	Conclusion sur le calage	18
	<u>Annexes</u>	19
	Annexe 1 : Configurations et options de modélisation.....	19
	Annexe 2 : Caractéristiques des bassins versants, des conduites et noeuds.....	20

1 INTRODUCTION

Dans le cadre de la procédure de révision générale du Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune de Neffiès, la Communauté de Communes Les Avants Monts a décidé d'engager une étude hydraulique spécifique sur les ruisseaux non cartographiés au PPRI en zone urbaine.

Une première étude hydraulique (2019_ENTECH) a permis de :

- Dresser un état des lieux et une collecte des données existantes
- Un repérage du terrain et des réseaux existants
- Une analyse hydrologique : délimitation et caractéristiques des bassins versants concernées, calcul des débits de référence pour différentes périodes de retour
- Une analyse hydraulique : Diagnostic de la situation actuelle, Analyse capacitaire des ruisseaux

Cette première étude a été transmise à la DDTM34 pour avis. Cette dernière a demandé un complément de cette étude par la réalisation d'une modélisation 1D sur les cours d'eaux concernés.

Ce complément d'étude permettra alors de :

- Confirmer ou infirmer les résultats de l'étude hydraulique initial par application d'une méthode de calcul plus fine.
- Lever l'application de la bande non-aedificandi de 20 m au niveau des parcelles prévues à l'urbanisation où les résultats du modèle montreront une capacité hydraulique suffisante du cours d'eau à l'occurrence centennale

La présente note complémentaire sera ainsi décomposée de la façon suivante :

- Construction et caractéristiques du modèle (Bassins Versants, Nœuds, Jonctions)
- Construction et caractéristiques de la pluie de projet
- Calage du modèle et résultats de la modélisation

La modélisation a été réalisée sur le logiciel PCSWMM.

2 PRESENTATION DU LOGICIEL PCSWMM

Le logiciel retenu pour cette modélisation est le logiciel PCSWMM.

PCSWMM s'appuie sur un modèle de simulation hydraulique particulièrement complet (résolution totale des équations de Barré de Saint-Venant).

Il permet donc de simuler des pluies synthétiques ou observées (événements ponctuels ou chroniques) et de propager les débits générés sur les bassins versants étudiés.

Ce logiciel est particulièrement adapté à l'analyse des problématiques d'assainissement pluvial puisqu'il regroupe à la fois un module hydrologique (transformation de la pluie en débit), un module hydraulique (« transformation » du débit en hauteur et vitesse) 1D et 2D ainsi qu'une module qualité.

Il permet donc de simuler des pluies synthétiques ou observées (événements ponctuels ou chroniques) et de propager les débits et pollutions générés sur les bassins versants étudiés.

Il permettra donc de répondre parfaitement aux objectifs :

- Evaluer les débits et flux de pollution transités dans les branches principales des réseaux, notamment les réseaux urbains et ceux déversés au milieu naturel, pour différentes pluies de projet ou chroniques plus longues.
- Simuler le fonctionnement des structures complexes de réseaux enterrés et/ou à ciel ouvert et diagnostiquer les dysfonctionnements prévisibles (débordements trop fréquents pour de petites pluies ou trop importants pour des pluies plus rares)
- Tester des aménagements d'amélioration (volets protection des milieux et volet protection des usagers) permettant de renforcer la capacité du réseau ou augmenter les possibilités de stockage (dans les collecteurs ou dans des bassins spécifiques à ciel ouvert ou enterrés)
- Intégrer les évolutions du réseau ou de l'urbanisme (densification du tissu urbain ou extensions de l'urbanisation).

Le programme de calcul prévoit les fonctions suivantes pour la prise en compte de la pluviométrie :

- Pluies de projet ou pluies réelles (lames d'eau calculées par sous-bassins versant ou par zone homogène),
- Pour les pluies de projet, abattement spatial uniforme sur l'ensemble du bassin versant ou radial par rapport à l'épicentre de la pluie, déplacement de l'averse au cours du temps,
- Pluies différentes sur les différentes zones du bassin.
- Par ailleurs, la qualité de sortie des résultats permet un rendu aisément exploitable.

Il est en particulier envisageable de présenter les résultats du déroulement d'un épisode de temps sec ou d'un épisode pluvieux simulé de manière dynamique directement sur ordinateur : l'évolution des écoulements dans le réseau est représentée sur une vue en plan et/ou sur un profil en long avec le fond de plan cadastral.

Les éventuelles insuffisances du réseau apparaissent alors de manière très concrète.

3 CONSTRUCTION ET CARACTERISTIQUES DU MODELE

On trouvera ci-après les éléments qui ont été rassemblés pour construire le modèle et ensuite le caler :

- Données pluviométriques,
- Caractéristiques des infrastructures modélisées,
- Caractéristiques des bassins versants modélisées,
- Procédure de calage du modèle mise en œuvre.

Au total, le modèle comprend :

- 28 bassins versants (BV), s'étendant sur 136,6 hectares dont 60,8 ha imperméabilisés (44%)
- 2,77 km de fossés

Les caractéristiques des bassins-versants, des principaux nœuds et fossés sont synthétisées à l'aide de tableaux en annexe, dans leur version "calée".

3.1 DONNEES PLUVIOMETRIQUES

Météo France ne gère pas de station pluviométrique (à enregistrement continu ou avec un pas de temps de 6 minutes) sur Neffiès ni à proximité. En pratique, on ne dispose de valeurs statistiques de pluies fortes à rares sur de courtes durées (c'est-à-dire des mesures d'intensités d'orage) et sur une longue période d'observation qu'à la **station de Montpellier** (aéroport de Fréjorgues).

Le traitement des valeurs statistiques enregistrées sur cette station a permis au L.H.M. d'établir des relations exprimant l'intensité de pluie en fonction de la durée sous la forme suivante :

- $I \text{ (mm/h)} = 52,6 \times T^{-0,63}$ en fréquence décennale
- $I \text{ (mm/h)} = 86,7 \times T^{-0,58}$ en fréquence centennale

I est l'intensité de pluie, exprimée en mm/h, durant la durée T exprimée en heures.

Ce sont ces pluies statistiques qui sont utilisées dans la suite de ce rapport. On peut noter que l'application des coefficients proposés par l'Instruction Technique de juin 1977, généralement utilisés en études de dimensionnement des réseaux d'assainissement pluvial, conduit à des valeurs proches en cas d'orage de fréquence centennale d'une durée de 15 à 30 minutes. Pour des pluies d'une heure, un écart significatif apparaît entre les deux approches.

Les cumuls de pluie donnés par ces relations sont alors de 53 mm en fréquence décennale et de 87 mm en fréquence centennale pour une averse d'une durée d'une heure. Un ajustement par loi de Gumbel sur les enregistrements effectués par Météo France à Montpellier conduit à retenir des valeurs de hauteur de précipitation en une heure de 55 et 85 mm en fréquences décennale et centennale respectivement, ce qui est cohérent avec les valeurs données par ces formules.

Un traitement statistique des pluies de courtes durées à la station de Montpellier, mais sur une durée d'observation plus courte, a conduit le Ministère de l'Équipement à proposer des formules un peu différentes pour des pluies de fréquence décennale et d'une durée comprise entre 6 et 30 minutes (formule de Montana exprimant l'intensité I sous la forme $I = a \times T^{-b}$ pour I en mm/h et la durée de pluie T en minutes, avec $a = 310$ et $b = 0,362$) : cette formulation est utilisée ici pour des pluies de moins de 30 minutes, les formules indiquées plus haut servant à déterminer les pluies plus longues, d'une durée comprise entre 30 minutes et 6 heures.

ENTECH Ingénieurs Conseils

Nous rappelons dans le tableau suivant les valeurs de hauteurs de pluies pour différentes périodes de retour et pour quelques durées d'événement telles qu'elles résultent d'un traitement par ajustement statistique par Loi de Gumbel.

Ce sont ces éléments de pluviométrie statistique, établis au niveau de Montpellier, qui sont appliqués au cas de Neffîès :

**Coefficients de Montana pour des pluies
de durée de 6 minutes à 1 heure**

Durée de retour	a	b
5 ans	4.547	0.41
10 ans	5.248	0.403
20 ans	5.888	0.394
30 ans	6.234	0.388
50 ans	6.66	0.38
100 ans	7.279	0.373

Coefficients de Montana - Pluies courtes

La pluie de projet utilisé dans cette étude a été construite selon le modèle de Chicago, dans lequel :

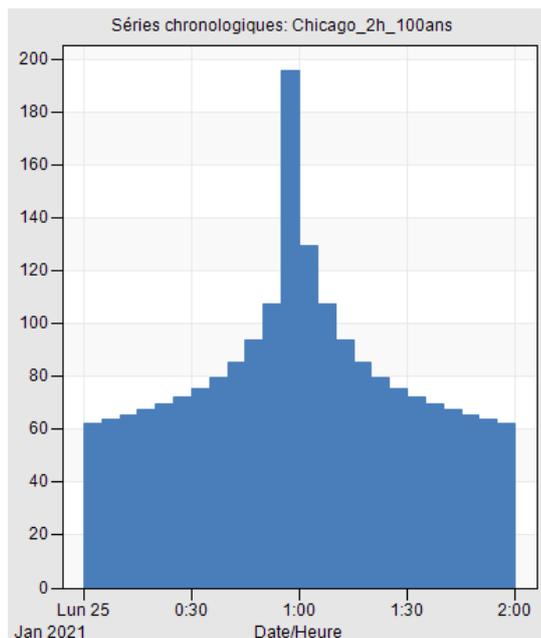
- Les épisodes pluvieux se caractérisent par une période de pluie intense relativement courte
- Les épisodes pluvieux ne durent que quelques heures

La pluie de projet est générée à partir de la courbe IDF conçue à l'aide des données historiques couvrant la période de 1969 à 1990.

$$i = \frac{a}{(t + b)^c}$$

Avec : i = intensité de la pluie en mm/h ; t = durée de la pluie en h, a et b correspondant à des équivalents des coefficients de Montana (A et B) ; b= 0 dans ce cas précis.

La pluie de projet générée est la suivante pour une période d'occurrence centennale :



ENTECH Ingénieurs Conseils

3.2 BASSINS VERSANTS

Le ruissellement est quantifié par le logiciel PCSWMM à partir de différents paramètres, calculés ou estimés. Ces paramètres ont pour la plupart été ajustés lors du calage du modèle. Ensuite, les valeurs attribuées ont fait l'objet de tests de sensibilité.

Les principaux paramètres sont les suivants :

- **Coefficients d'imperméabilisation** : repris d'après ceux déterminés dans l'étude hydraulique initial (en prenant en compte, dans un premier temps, coefficient d'imperméabilisation = coefficient de ruissellement, ce qui sera ajusté au calage).
- **Pente des bassins-versants** : Estimé dans un premier temps via Google Earth Pro puis réajusté en fonction du calcul automatique du logiciel PCSWMM sur la base du MTN 5 m RGE Alti
- **Rugosité du sol** : Coefficients n de Manning (l'inverse du coefficient de Strickler K) : valeur initiale avant calage $n = 0,015$ pour les surfaces imperméables et $n = 0,1$ pour les surfaces perméables.
- **Capacité d'infiltration des sols non imperméabilisés** :

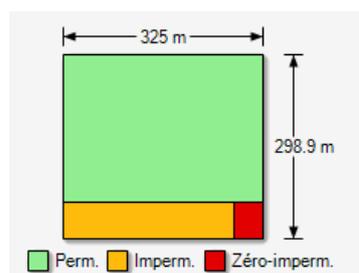
Les paramètres de la formule de Horton retenus **avant calage** ont été les suivants :

Constante de décroissance k (h^{-1})	Taux d'infiltration maximal F_0 (mm/h)	Taux d'infiltration minimal F_c (mm/h)
1	0.4	0.04

Les valeurs sont déterminées d'après l'expérience du modélisateur. Ces valeurs seront ajustées lors du calage.

- **Stockage en surface** : Le logiciel permet de différencier deux types de surfaces imperméables : Celles sur lesquelles une lame d'eau est retenue (type voirie) et celles sur lesquelles la totalité de l'eau ruisselle (type toitures).

Exemple : sur la schématisation d'un bassin-versant ci-dessous, est représentée en vert la surface perméable, en jaune la surface imperméable sur laquelle une lame d'eau est retenue (type voirie) et en rouge une surface imperméable type toiture sur laquelle aucune lame d'eau n'est retenue.



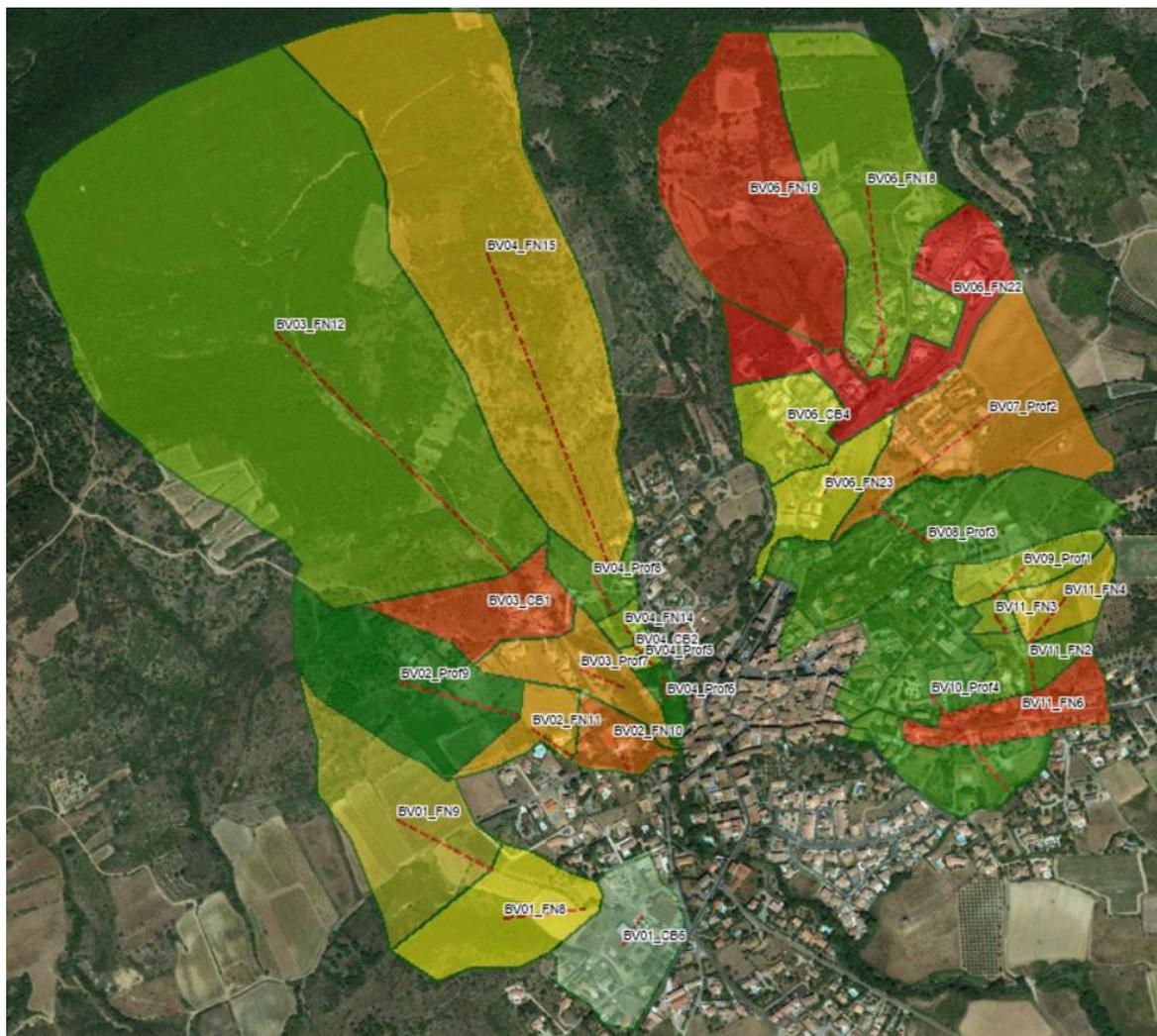
La répartition des surfaces imperméables entre celles de type toiture et celles de type voirie ainsi que le pouvoir de stockage de toutes les surfaces sont résumés dans le tableau suivant :

% de surface imperméable totale sur laquelle une lame d'eau est retenue (type voirie) (appelé "zéro imperm" dans le logiciel)	Capacité de stockage en surface pour les surfaces imperméables type voirie (mm)	Capacité de stockage en surface pour les surfaces perméables (mm)
15 %	4	De 40 à 70

- **Forme du bassin-versant** : elle est restituée à travers les paramètres « longueur » et « largeur » du bassin-versant dont le produit équivaut à la surface de ce celui-ci. La largeur de drainage représente la surface divisée par la distance la plus longue à l'intérieur du bassin-versant que les eaux de ruissellement auront à parcourir sous forme de nappe. Autrement dit, plus la « largeur » du bassin-versant est petite, plus le temps d'écoulement est long et plus les débits et volumes de ruissellement seront affectés à la baisse.

On remarquera que ce qui correspond au « cheminement de plus long temps de parcours » dans les approches françaises est, dans PCSWMM, appelé « largeur »...

Les bassin versants modélisés sont basés sur les bassins versants définis initialement dans l'étude hydraulique initial. Afin que les résultats du modèle apportent des précisions au droit de chacune des profils en travers relevés, ces bassins versants ont fait l'objet d'un redécoupage :



ENTECH Ingénieurs Conseils

3.3 RESEAU

Le réseau modélisé correspond aux différents lits mineurs des cours d'eaux non cartographiés au PPRI. Chaque cours d'eau est ainsi modélisé selon les caractéristiques suivantes :

- Création de nœuds correspondant aux points de relevés des profils en travers dans le cadre de l'étude hydraulique initial avec cote radier et tampon associés (MNT + Profil en travers)
- Création de conduites disposant d'une section correspondant au profil en travers relevé en amont et aval
- Caractéristiques des conduites associés afin de créer artificiellement des lits mineurs de cours d'eaux :
 - √ Rugosité de 1/35 ($K = 35$ pour les fossés enherbés, 50 pour les ouvrages en pierre, 75 pour les réseaux enterrés)
 - √ Pente et linéaire associé basé sur les données existantes (Google Earth Pro, MNT)
- Création d'un exutoire sur chacun des cours d'eaux modélisés (7 au total) avec aucune condition en aval



4 CALAGE ET RESULTATS DE LA MODELISATION

Un modèle ne peut être considéré comme valide que s'il représente au mieux la réalité des écoulements. L'étape de calage consiste donc à comparer les valeurs calculées par le modèle avec les valeurs mesurées sur les points de mesures. Les paramètres du modèle sont ensuite ajustés afin que les valeurs calculées soient les plus proches possibles des mesures.

En préalable à cette démarche, il convient de rappeler les objectifs, en termes d'incertitudes, qui peuvent lui être raisonnablement affectés.

4.1.1 Limites du calage

Les simulations effectuées dans le cadre de la présente étude sont basées sur toute une série d'hypothèses qui peuvent être soumises à des erreurs ou incertitudes dont l'ampleur est, par nature, difficile à évaluer. Il en est ainsi par exemple :

- De la façon de modéliser le début du ruissellement sur les surfaces imperméabilisées ou partiellement imperméabilisées. Sur ces dernières, l'antécédent pluviométrique a une forte influence sur la valeur de la lame d'eau initialement interceptée (par les dépressions dues à l'état de surface du sol, par infiltration avant saturation du terrain, tout ceci étant aussi lié à la pente du terrain, à son éventuelle végétalisation et à l'état saisonnier de cette dernière) avant que n'apparaisse un début de ruissellement. Une incertitude pouvant atteindre 1 à 2 mm peut ainsi affecter la valeur de la lame d'eau qui va effectivement ruisseler, ce qui peut contribuer à une erreur significative lors de petites pluies de quelques mm.
- De la modélisation des réseaux de collecte et des ouvrages singuliers qui s'y trouvent (fossés, cadres...). La qualité des données altimétriques, dimensionnelles et d'état de surface des canalisations n'est jamais parfaite, et la configuration des ouvrages de régulation rend très souvent leur modélisation approximative.
- De la qualité des mesures qui servent au calage des simulations. En matière de débits, des erreurs de 5% relèvent d'une très bonne qualité de mesure, et des erreurs de 5 à 15%, voire davantage, sont fréquentes, en fonction de la manière dont les débits sont calculés
- Dans l'espace, plus est important le nombre de points pour lesquels des données de calage sont disponibles pour les comparer aux résultats du modèle, plus on réduit les erreurs qui vont affecter les parties les plus en aval du modèle. Si le bassin-versant à l'aval duquel on tente de faire correspondre les résultats estimés et les résultats simulés est de grande taille, le calage demeurera toujours grossier, tellement le nombre de paramètres et de valeurs descriptives du bassin-versant et des infrastructures devient élevé.
- Dans le temps, il est évident qu'il est plus facile de caler un modèle pour un événement pluviométrique unique que pour plusieurs événements dont les durées, les périodes de retour, ou les antériorités pluviométriques sont différentes.

Au regard de ces incertitudes, et d'une manière plus générale et commune à de nombreuses études réalisant des modèles de ce type, beaucoup de bureaux d'études jugent un calage par temps de pluie acceptable s'il parvient à représenter "la réalité" avec moins de 20 à 30 % d'erreur, et bon en deçà de 15 à 20%. Il est difficile d'avancer a priori quels sont les écarts entre valeurs mesurées et valeurs simulées qui sont corrects, mais l'ordre de grandeur de 20% est probablement dans bien des cas raisonnables.

4.1.2 Calage

Principe du calage :

L'objectif est d'ajuster les paramètres sensibles et mal connus du modèle afin de reproduire une réponse au niveau des points de calage qui soit les plus proche possible de ceux estimées ou mesurées.

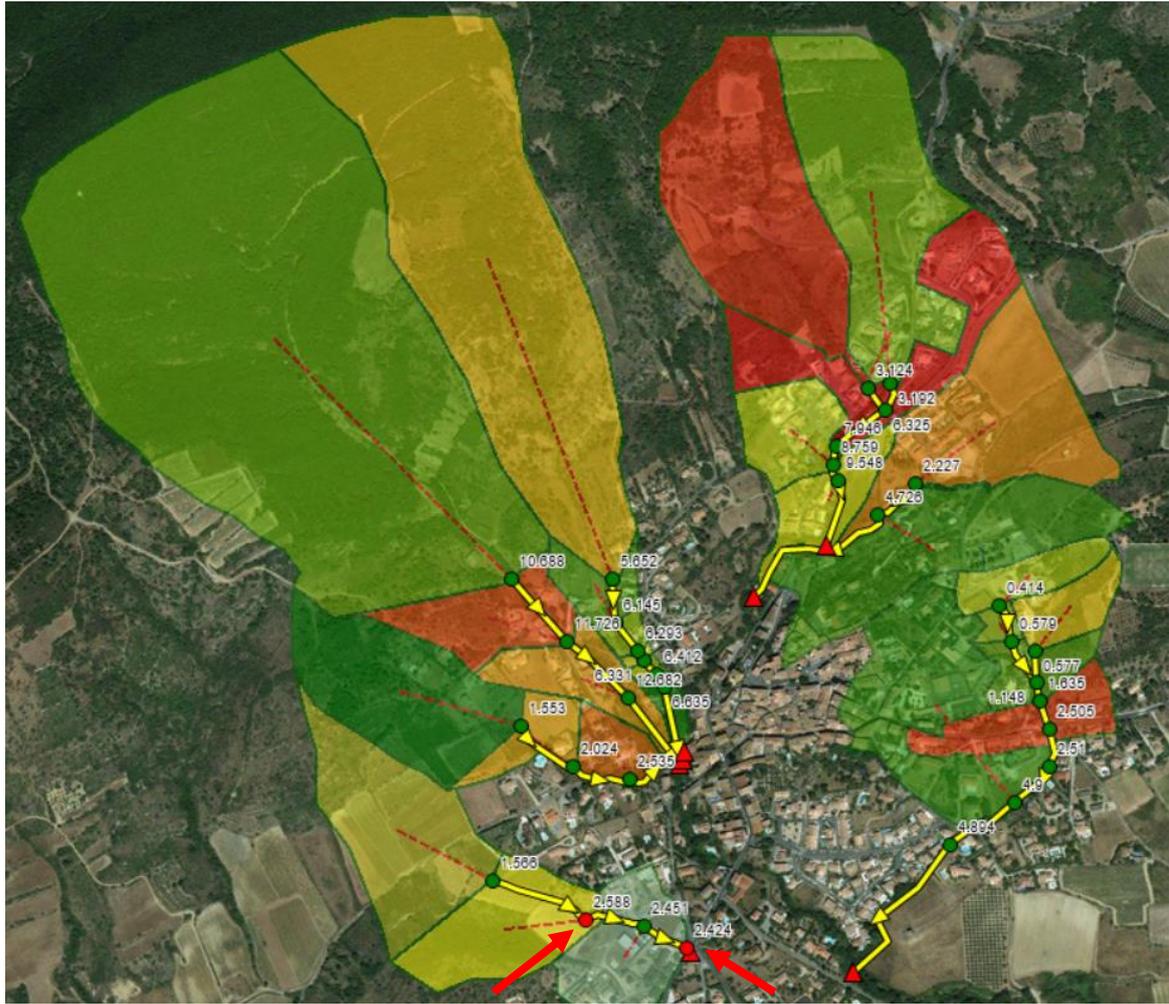
- Paramètres de calage
 - √ Pour les bassins versants : imperméabilisation, longueur, état de surface, paramètres d'infiltration...
 - √ Pour les collecteurs et fossés : coefficient de rugosité
- Validation du calage
 - √ Les paramètres ajustés peuvent être les hauteurs d'eau en certains points, les débits écoulés ou les volumes déversés.

Dans le cas présent, les données de calage correspondent aux débits de pointe estimés générés sur chacun des bassins versants définis dans l'étude hydraulique initial soit les éléments du tableau suivants :

BV	Résultats étude hydraulique
	Débit de pointe (m ³ /s)
	T = 100 ans
BV Ruisseau des Claux (BV Jaune)	2,98
BV Ruisseau des Coudérous (BV Vert)	2,27
BV Ruisseau des Combes (BV Mauve)	13,21
BV Ruisseau de la Moliné (BV Rouge)	5,60
BV Ruisseau de Pioch Clergue (BV Orange)	7,90
BV Allée du Théron (BV Vert Clair)	1,91
BV Secteur de Buffe - Vents (BV Rose)	2,10
BV Secteur du Cimetière (BV Violet)	0,35
BV Ruisseau de l'Enseignarié (BV Turquoise)	1,90
BV Secteur Mairie (BV Jaune)	2,30
BV Rue des Aires - Chemin de Caux Vieux (BV Gris)	

ENTECH Ingénieurs Conseils

Les résultats du calage sont les suivants :



Les points en rouge sur l'image ci-dessus correspondent à des points de débordements dans le cas d'un évènement pluvieux d'occurrence centennale.

ENTECH Ingénieurs Conseils

BV	Résultats étude hydraulique	Résultats Modélisation	Marge d'erreur
	Débit de pointe (m³/s)		
	T = 100 ans		
BV Ruisseau des Claux (BV Jaune)	2,98	2,42	-23%
BV Ruisseau des Coudérous (BV Vert)	2,27	2,54	10%
BV Ruisseau des Combes (BV Mauve)	13,21	12,62	-5%
BV Ruisseau de la Moliné (BV Rouge)	5,60	6,64	16%
BV Ruisseau de Pioch Clergue (BV Orange)	7,90	9,55	17%
BV Allée du Théron (BV Vert Clair)	1,91	2,23	14%
BV Secteur de Buffe - Vents (BV Rose)	2,10	2,50	16%
BV Secteur du Cimetière (BV Violet)	0,35	0,41	15%
BV Ruisseau de l'Enseignarié (BV Turquoise)	1,90	2,09	9%
BV Secteur Mairie (BV Jaune)	2,30	2,43	5%
BV Rue des Aires - Chemin de Caux Vieux (BV Gris)			

Débordements :

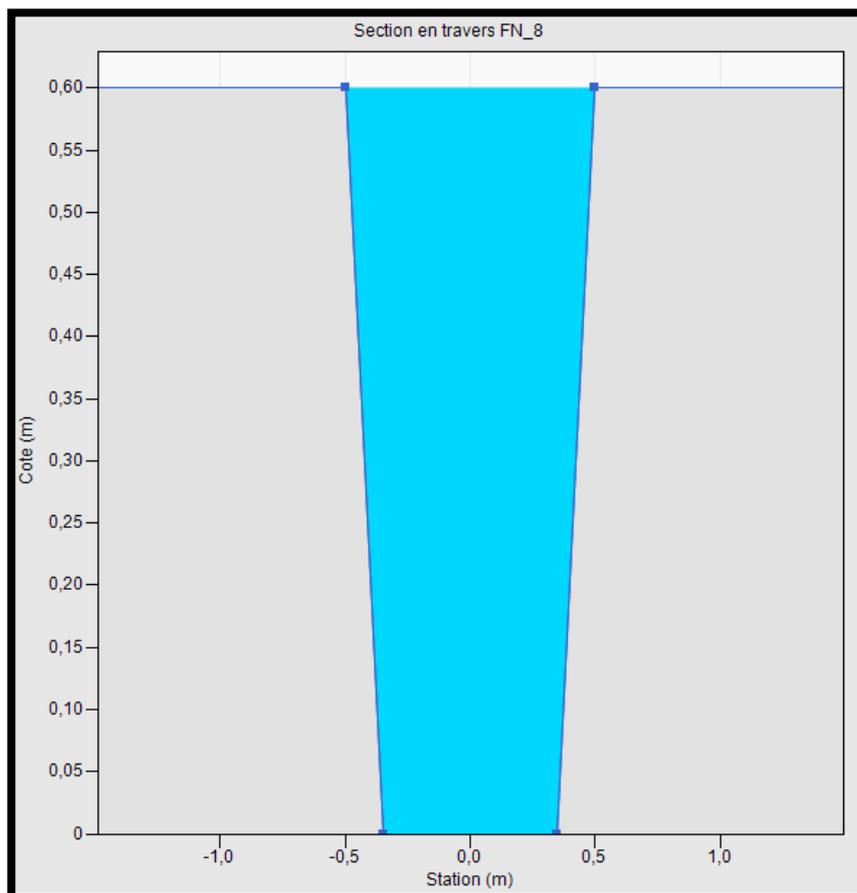
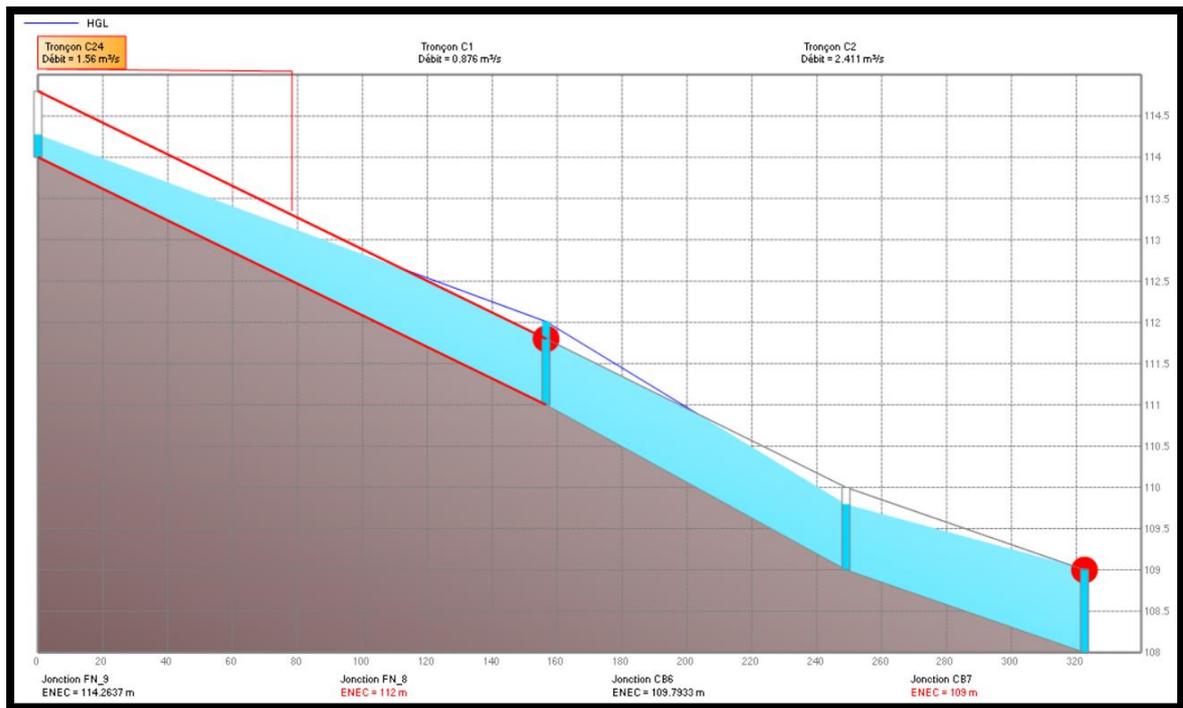
Le modèle calé indique des débordements au niveau de deux nœuds spécifiques :

- CB7
- FN_8

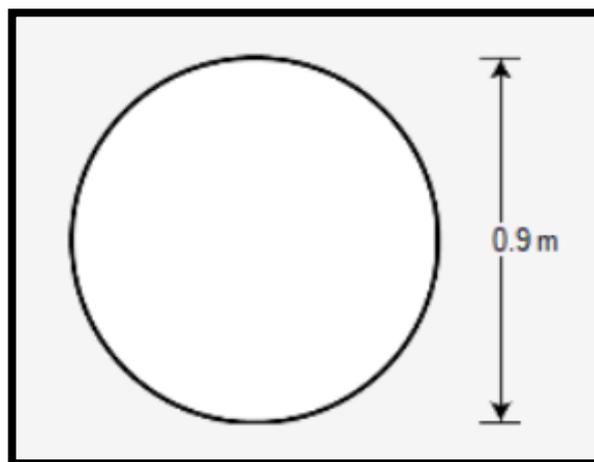
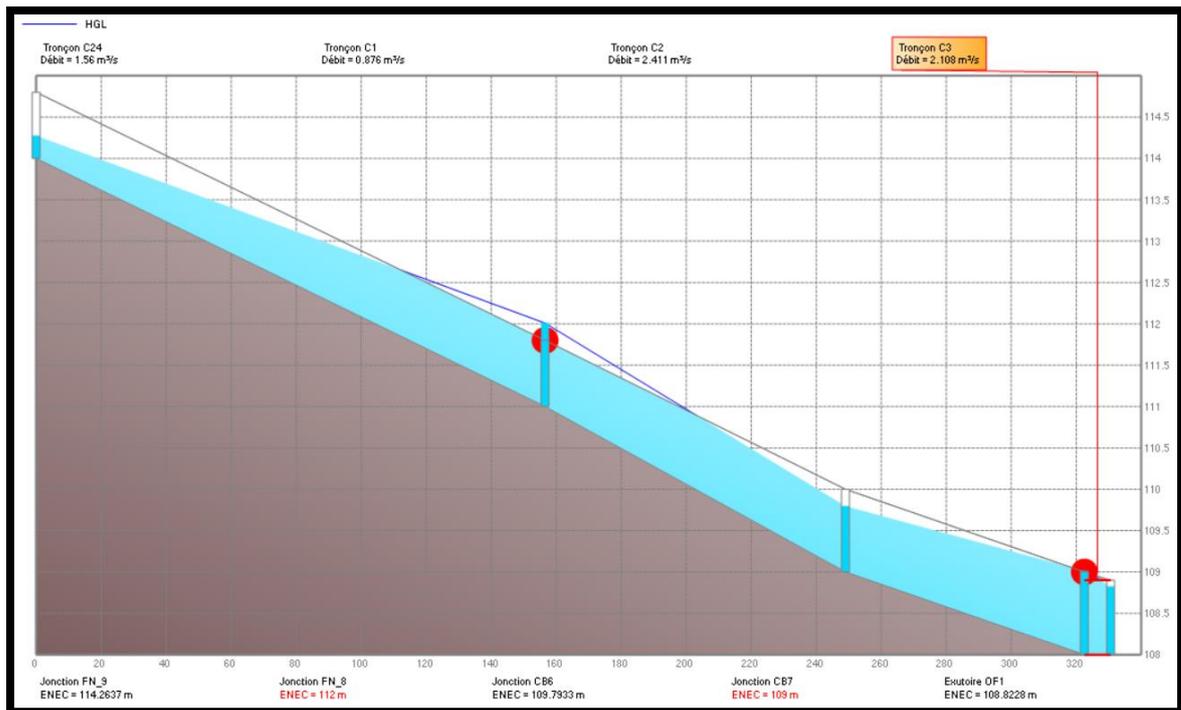
Flooding refers to all water that overflows a node, whether it ponds or not.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Time of Max Occurrence days hr:min	Total Flood Volume 10 ⁶ ltr	Maximum Poned Depth Meters
CB7	0.11	0.316	0 01:00	0.070	0.000
FN_8	1.49	1.712	0 01:00	5.003	0.000

ENTECH Ingénieurs Conseils



ENTECH Ingénieurs Conseils



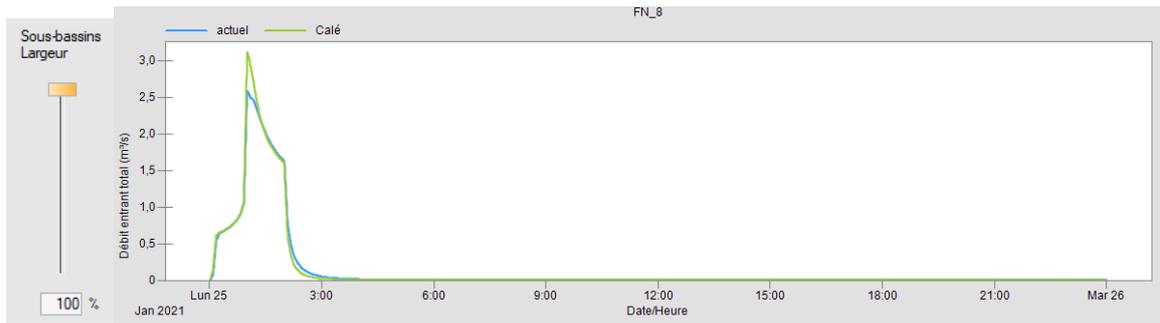
4.1.3 Analyse de la sensibilité du calage

Afin d'estimer la robustesse du modèle à des variations raisonnables de l'état estimé des bassins-versants et des conduites, PCSWMM dispose d'un module de test de sensibilité.

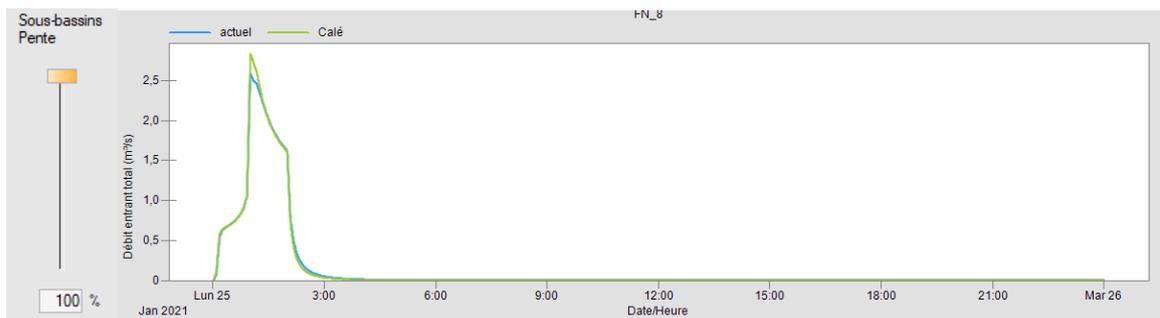
Plusieurs paramètres sont définis, auxquels une amplitude de variation est fixée par l'utilisateur. Le modèle recalcule autant de scénarios que nécessaire et présente un outil qui permet de faire varier les paramètres les uns indépendamment des autres ou simultanément, et d'examiner l'impact de ces variations en tout point de contrôle souhaité. Cet outil permet donc de savoir si les grandeurs calculées sont sensibles aux caractéristiques des bassins versants et des conduites à l'amont.

Les graphiques pages suivantes illustrent l'influence des paramètres testés sur les débits au nœud « FN_8 ». Les paramètres choisis, qui concernent tous les bassins versants, et leurs plages de variation sont indiqués à chaque fois.

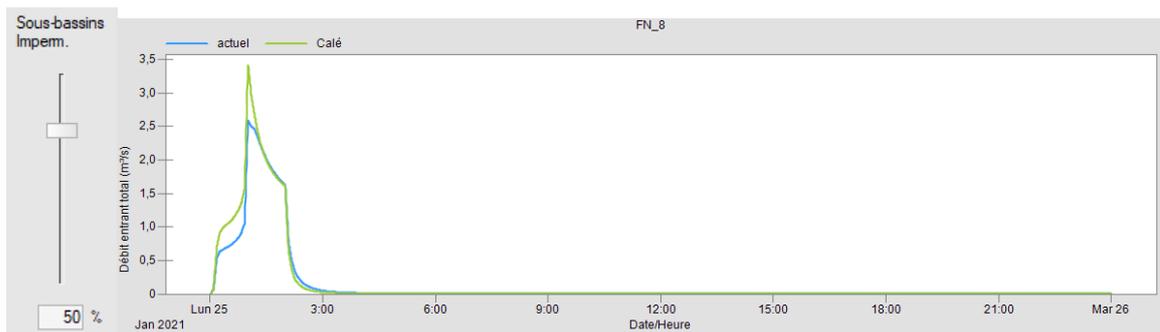
- Largeur des bassins versants / 100%



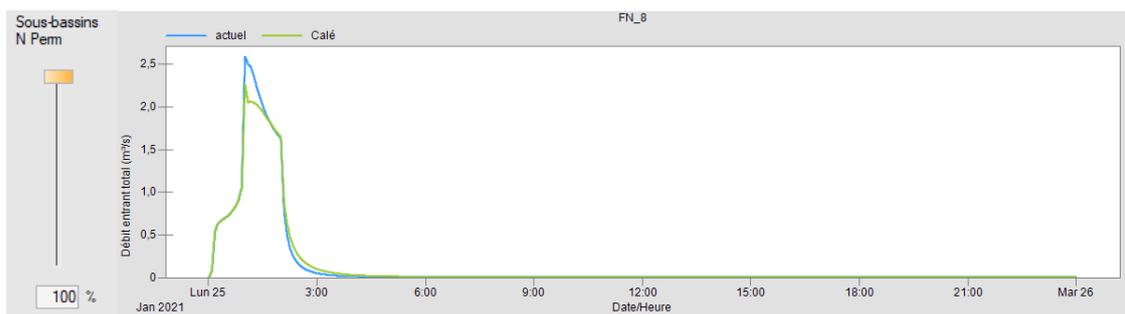
- Pente des bassins versants / 100%



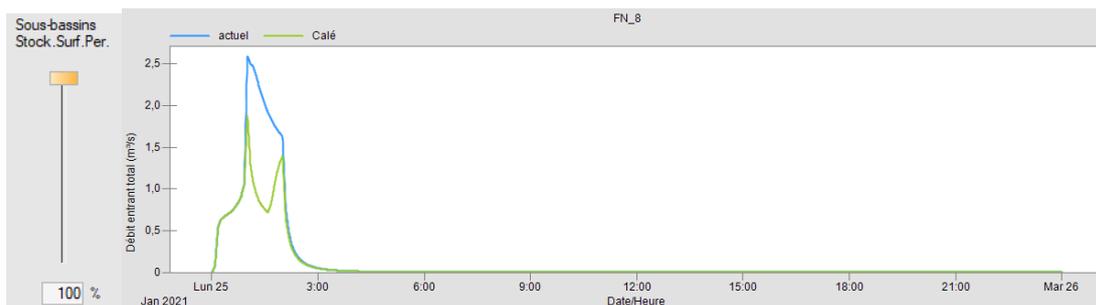
- % d'imperméabilisation des bassins versants / 50%



- Rugosité N des surfaces perméables/ 100%



- Stockage initial sur les surfaces perméables / 100%



Le modèle s'avère "robuste" face à des variations importantes des paramètres suivants : pente des bassins versants, rugosités N des surfaces perméables et largeur des bassins versants.

Le modèle est très sensible aux paramètres suivants : pourcentage d'imperméabilisation, stockage initial sur les surfaces perméables

Or, ces paramètres sont dans la réalité très variables selon les lieux, l'état du sol, et celui des cultures.

4.1.4 Conclusion sur le calage

Le calage est correct avec des marges d'erreur sur chacun des nœuds principaux n'excédant pas les 25 %.

Des principaux points de débordements repérés dans le cadre de l'étude hydraulique initial ont ainsi été retrouvés comme point de débordements à l'issue de cette modélisation., soit les nœuds « FN_8 » et « CB7 ».

Il est à souligner que les nœuds suivants :

- FN_9
- CB_6
- Profil_7
- FN_15
- FN_19

qui montraient des problématiques de débordements à l'occurrence centennale dans l'étude hydraulique initial n'en présente plus dans les résultats de cette modélisation.

Ces résultats s'expliquent par :

- Un redécoupage des bassins versant dans le cadre de la modélisation, ce qui a permis d'affiner les calculs sur chacun des cours d'eaux modélisés.
- Des capacités hydrauliques des cours d'eaux supérieures à celle déterminées initialement pour encaisser les débits générés, les capacités étant modélisés et calculés sur des tronçons entiers, en particulier pour le Profil_7 notamment

Il faut cependant rappeler que ces résultats sont calés sur des débits estimés à l'aval de bassins versants très étendu et de caractéristiques très diverses (parties urbanisées, forêts et champs..). Le calage n'est donc valable que d'un point de vue global.

Le calage du modèle est enfin très sensible aux paramètres suivants : pourcentage d'imperméabilisation, stockage initial sur les surfaces perméables. Or, ces paramètres sont dans la réalité très variables selon les lieux, l'état du sol, et celui des cultures.

Il conviendra donc de garder à l'esprit ces limites au calage et donc à la précision du modèle utilisé, qui ne peut être réputé fiable à 100%, mais est à considérer comme un outil dont l'efficacité sera suffisante au regard des objectifs assignés.

ANNEXES

ANNEXE 1 : CONFIGURATIONS ET OPTIONS DE MODELISATION

Méthode de calcul :

Le logiciel PCSWMM est basé sur le moteur de calcul hydraulique et hydrologique SWMM5 développé par l'EPA (Environmental Protection Agency, Etats Unis).

Options utilisées :

- Calcul hydraulique : onde dynamique,
- Infiltration : loi de Horton.

Propagation du ruissellement :

- En ce qui concerne la propagation du ruissellement, le logiciel permet de faire passer les débits issus des surfaces perméables sur les surfaces imperméables ou vice versa, ou de les ramener directement à l'exutoire du bassin-versant.

ANNEXE 2 : CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS, DES CONDUITES ET NOEUDS

Bassins versants :

BV Calage	Sortie	Surface (ha)	Largeur (m)	Pente (%)	Imperm. (%)	Surface Imperm (ha)	N Imperm	N Perm	Stock.Surf.Im p. (mm)	Stock.Surf.Per. (mm)	Taux infiltr. max. (mm/hr)	Taux infiltr. min. (mm/hr)
BV02_FN10	FN_10	1,2	277	4.1	43	0,5	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV09_Prof1	Profil_1	1,3	200	1	38	0,5	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV04_Prof6	Profil_6	0,5	152	3.3	36	0,2	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV03_Prof7	Profil_7	2,2	410	4.2	44	1,0	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV11_FN6	FN_6	2,2	248	4.2	51	1,1	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV08_Prof3	Profil_3	6,2	522	5.8	52	3,2	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV01_FN8	FN_8	3,6	378	1	39	1,4	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV01_FN9	FN_9	5,5	458	1.5	39	2,2	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV02_Prof9	Profil_9	5,6	480	0.7	43	2,4	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV02_FN11	FN_11	1,2	160	4	43	0,5	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV03_FN12	FN_12	39,0	1020	5.5	44	17,2	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV03_CB1	CB_1	2,6	401	3.9	44	1,2	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV04_FN15	FN_15	19,3	1060	6.5	36	6,9	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV04_Prof8	Profil_8	1,1	186	10.7	36	0,4	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV04_FN14	FN_14	0,3	104	4.8	36	0,1	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV04_CB2	CB_2	0,1	44.4	6.7	36	0,0	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV04_Prof5	Profil_5	0,1	57.5	5.2	36	0,0	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV06_FN19	FN_19	8,8	653	4	48	4,2	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV06_FN18	FN_18	8,7	643	5.4	48	4,2	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV06_FN23	FN_23	1,8	393	3.4	48	0,9	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV06_FN22	FN_22	4,7	382	2.2	48	2,3	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV06_CB4	CB_4	2,1	237	4.3	48	1,0	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV10_Prof4	Profil_4	6,1	500	3.5	57	3,5	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV11_FN3	FN_3	0,3	102	4.9	51	0,2	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV11_FN4	FN_4	1,3	223	4	51	0,7	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV11_FN2	FN_2	1,3	200	1.6	51	0,6	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV07_Prof2	Profil_2	6,3	547	3	47	3,0	0.015	0.12	4	70	0.4	0.04
BV01_CB6	CB6	3,2	500	1.5	47	1,5	0.015	0.12	4	40	0.4	0.04
Total		136,6				60,8						

Conduites :

Nom	Nœud d'entrée	Nœud de sortie	Longueur (m)	Rugosité	Section	Geom1 (m)	Geom2 (m)	Geom3	Geom4	Section en travers	Pente (m/m)
C15	Profil_7	OF3	129,535	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	Profil_7	3,9%
C24	FN_9	FN_8	156,558	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_9	1,9%
C26	Profil_9	FN_11	105,613	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	Profil_9	5,7%
C27	FN_11	FN_10	98,086	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_11	2,0%
C28	FN_10	OF2	88,959	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_10	7,9%
C30	FN_12	CB_1	126,26	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_12	4,0%
C31	CB_1	Profil_7	125,425	0.013	RECT_OPEN	1	1.6	0	0		8,0%
C33	FN_15	Profil_8	66,868	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_15	6,0%
C34	Profil_8	FN_14	54,837	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	Profil_8	11,0%
C35	FN_14	CB_2	16,82	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_14	12,0%
C36	CB_2	Profil_5	28,542	0.013	CIRCULAR	3	0	0	0		3,5%
C37	Profil_5	Profil_6	21,909	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	Profil_5	4,6%
C38	FN_22	CB_4	32,678	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_22	6,1%
C39	CB_4	FN_23	22,865	0.02	DBBASKETHAND	3.3	2	1.2	0		4,4%
C40	FN_23	OF5	105,174	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_23	1,9%
C41	Profil_2	Profil_3	83,404	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	Profil_2	1,2%
C42	Profil_3	OF6	259,155	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	Profil_3	3,9%
C43	Profil_1	FN_3	61,173	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	Profil_1	6,6%
C45	FN_2	FN_6	46,587	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_2	8,6%
C46	FN_6	FN_1	59,24	0.013	CIRCULAR	1.5	0	0	0		5,1%
C47	FN_1	Profil_4	79,107	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_1	3,8%
C48	Profil_4	FN_7	119,527	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	Profil_4	4,2%
C49	FN_7	OF7	267,881	0.02	RECT_OPEN	1.5	3.3	0	0		2,6%
C50	FN_18	J1	46,68	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_18	4,3%
C51	FN_19	J1	42,389	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_19	4,7%
C52	FN_3	J2	71,679	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_3	4,2%
C53	FN_4	J2	46,93	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_4	6,4%
C4	Profil_6	OF4	109,752	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	Profil_6	4,6%
C5	J1	FN_22	91,17	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_22	3,3%
C6	J2	FN_2	29,234	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_2	6,9%
C1	FN_8	CB6	92,449	0.028	IRREGULAR	0	0	0	0	FN_8	2,2%
C2	CB6	CB7	73,472	0.013	RECT_OPEN	1	0.85	0	0		1,4%
C3	CB7	OF1	8,118	0.016	CIRCULAR	0.9	0	0	0		0,0%

ENTECH Ingénieurs Conseils

Nœuds :

Nom	Cote Radier/Fond (m)	Cote Tampon/ TN (m)	Hauteur (m)
FN_8	111	111.6	0.6
FN_9	114	114.8	0.8
FN_10	114	118	4
FN_11	116	117	1
Profil_9	122	122.8	0.8
FN_12	127	128.7	1.7
CB_1	122	123	1
Profil_7	112	112.7	0.7
Profil_6	112	112.55	0.55
Profil_5	113	116	3
CB_2	114	117	3
FN_14	116	119	3
Profil_8	122	123.7	1.7
FN_15	126	126.9	0.9
FN_23	125	127.4	2.4
CB_4	126	129.3	3.3
FN_22	128	129.8	1.8
FN_19	133	134.1	1.1
FN_18	133	134.8	1.8
Profil_3	125	126	1
Profil_2	126	127.15	1.15
Profil_1	131	132.3	1.3
FN_3	127	128	1
FN_4	127	127.6	0.6
FN_2	122	123.2	1.2
FN_6	118	119.5	1.5
FN_1	115	115.8	0.8
Profil_4	112	112.9	0.9
FN_7	107	108.5	1.5
J1	131	132.8	1.8
J2	124	125.2	1.2
CB7	108	108.9	0.9
CB6	109	110	1