

Storm And Sanitary Analysis

Présentation générale :

Storm and Sanitary Analysis, Extension d'AutoCad Civil 3D 2013® permet de déterminer les débits et les volumes produits par des sous bassins versants urbains et ruraux pour une pluie donnée, et de visualiser leur propagation tout au long d'un système complexe.

Le modèle montre la superposition des ondes de crue de ruissellement rural, l'action des fossés et des ouvrages de rétention sur ces eaux, l'apport des eaux urbaines tout au long de leur progression vers les exutoires et les écoulements dans les réseaux d'eaux pluviales.

Le module s'organise autour de trois types d'entités : les pluies, les bassins versants et les ouvrages liés à la gestion des eaux. Le schéma ci-dessous précise les différentes entités possibles.

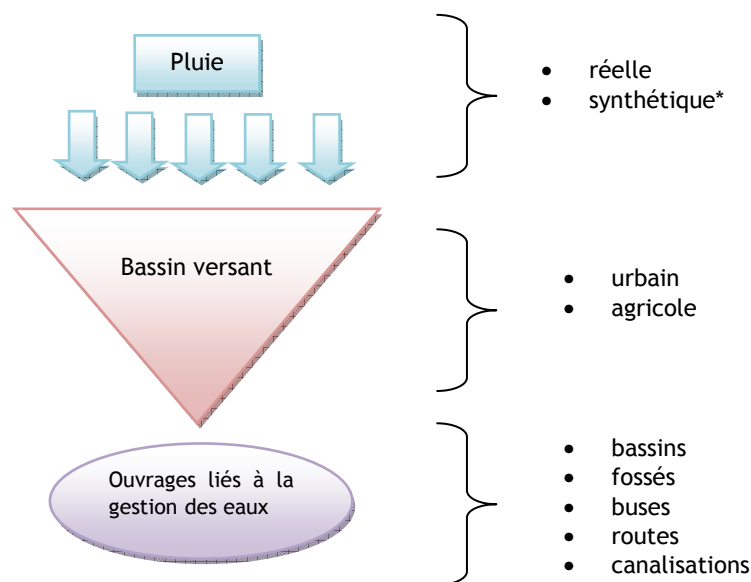


Figure 1 : Schéma de fonctionnement du modèle

(* pluie construite à partir de données statistiques d'une station météorologique de référence)

Description du logiciel

Storm and Sanitary Analysis Extension pour AutoCAD Civil 3D® propose une solution complète pour analyser des bassins versants et créer des ouvrages de rétention. Pour des bassins simples jusqu'aux bassins versants complexes avec des systèmes interconnectés, Storm and Sanitary Analysis Extension peut :

- Modéliser des bassins versants complexes
- Modéliser des écoulements à surface libre ou en charge dans les canalisations
- Modéliser des écoulements sur la voirie et leur rejet dans les réseaux
- Concevoir des études au stade avant-projet sommaire et projet
- Concevoir des ouvrages de rétention
- Modéliser des transferts de polluants
- Editer des rapports de modélisation (schéma, hydrogrammes, courbes etc.)

Modéliser des bassins versants du plus simple au plus complexe

Il est possible de créer tous les éléments d'un bassin versant complexe : les hydrogrammes de ruissellement, les combinaisons d'hydrogrammes, les liaisons linéaires entre sous-bassins (fossé, plein champs, canalisations etc.), les bassins de rétention, les liens entre ouvrages de rétention, et les diversions de flux.

Des méthodes reconnues

Cette extension utilise des méthodes reconnues en hydrologie, comme le SCS TR-20, **la méthode rationnelle** (classique, modifiée ou de Delkab), et le SBUH (Santa Barbara Unit Hydrographs), l'EPA SWMM (modèle prenant en compte l'infiltration) ainsi que des méthodes de remplissage d'ouvrages de rétention tels que l'indicateur de remplissage, comparable à celle de **la méthode des volumes de l'instruction technique de 1977**.

D'un point de vue hydraulique, cette extension propose trois méthodes permettant de modéliser les écoulements dans les canalisations, les fossés... : la méthode « **Hydrodynamic** », résolvant les équations de Barré-St Venant, la « Kinematic Wave Routing » qui résout les équations de continuité (méthode plus simple que la précédente et qui était utilisée dans Hydroflow-Hydrographs) et enfin la méthode de flux constant, « Steady Flow ».

Un grand degré de précision

L'intervalle de temps utilisé pour les calculs peut aller de la minute à l'heure pour une plus grande finesse. La création d'orages à partir d'équations polynomiales permet d'éliminer les transferts pour les hydrogrammes les plus précis.

Concernant les canalisations, le logiciel permet l'analyse de fonctionnements en charge et à surface libre.

Calcul intégré du temps de concentration (Tc)

Le temps de concentration pour les bassins versants peut être calculé à partir des méthodes comme Kirpich, SCS Lag, FAA et SCS TR-55. Il est aussi possible d'entrer manuellement une valeur.

Création de pluies d'orage synthétiques

Il est possible de créer des orages synthétiques à partir des courbes IDF pour tout intervalle de temps et toute durée afin de correspondre au terrain.. Ces courbes sont établies à partir des coefficients de Montana issus des stations météorologiques de référence.

Création d'orages personnalisés

Il est possible d'importer des distributions de précipitations pour toute durée et tout intervalle de temps.

Modélisation de réseaux précise

Storm and Sanitary Analysis ne permet pas seulement de modéliser les écoulements dans les canalisations des réseaux d'eau pluviales. Il permet aussi de prendre en compte de nombreux éléments ponctuels influant sur l'écoulement, tels que des pompes, des déversoirs d'orage, des bassins de rétention enterrés, des avaloirs, des limiteurs de débits...

Modélisation de bassins de rétention

La représentation des ouvrages de rétention se fait par l'intermédiaire de trois éléments : le bassin en lui-même, son organe de vidange et son déversoir. Cela permet de renseigner plus simplement les données et d'être plus précis sur chacun des ces éléments. Il est possible d'injecter en entrée de bassin tout type d'hydrogramme, que le bassin soit sec ou rempli en partie. Les volumes peuvent être calculés à partir de surfaces, de données précises (levés topographiques) ou simplifiées. Plusieurs modes de stockage peuvent même être combinés.

Calculs des débits sortant des organes de vidange des ouvrages de rétention

Les dalots et orifices sont calculés pour contrôler les entrées et les sorties du bassin, comme les déversoirs. Ces derniers peuvent être de type rectangulaire, Cipoletti, lame déversante, large, en V. Les déversoirs de type perforés peuvent aussi être intégrés. Les structures peuvent être simples et indépendantes ou se combiner de manière dynamique.

Modélisation de transferts de polluants vers l'aval du système

Un module « Quality » est présent dans Storm and Sanitary Analysis afin de modéliser si besoin les transferts de polluants dans les écoulements à surface libre ou dans les canalisations en charge.

Animations visuelles des résultats

En plus de fournir les hydrogrammes issus des modélisations, Storm and Sanitary Analysis donne d'autres variables de sortie telles que les hauteurs d'eau dans les canalisations, dans les ouvrages de rétention, les débits débordés...De plus, il est possible, pour une meilleure compréhension du fonctionnement hydraulique du système, de visualiser les écoulements dans les tronçons au fil du temps. Les variables représentées sont la hauteur d'eau et la charge.

Importation et exportation des résultats

Grâce à Storm and Sanitary Analysis, il est désormais possible d'importer des fonds de cartes ou des Shape files depuis un logiciel de SIG. L'inverse est aussi possible, à savoir l'exportation des réseaux dans un logiciel de SIG. Ces opérations sont possibles car Storm And Sanitary Analysis permet de renseigner les coordonnées réelles des éléments modélisés. Cela permet aussi un calcul de distances et d'aires pour chaque élément.

Interface des hypothèses de calcul

Toutes les hypothèses concernant la méthode de calcul sont regroupées dans l'interface suivante :

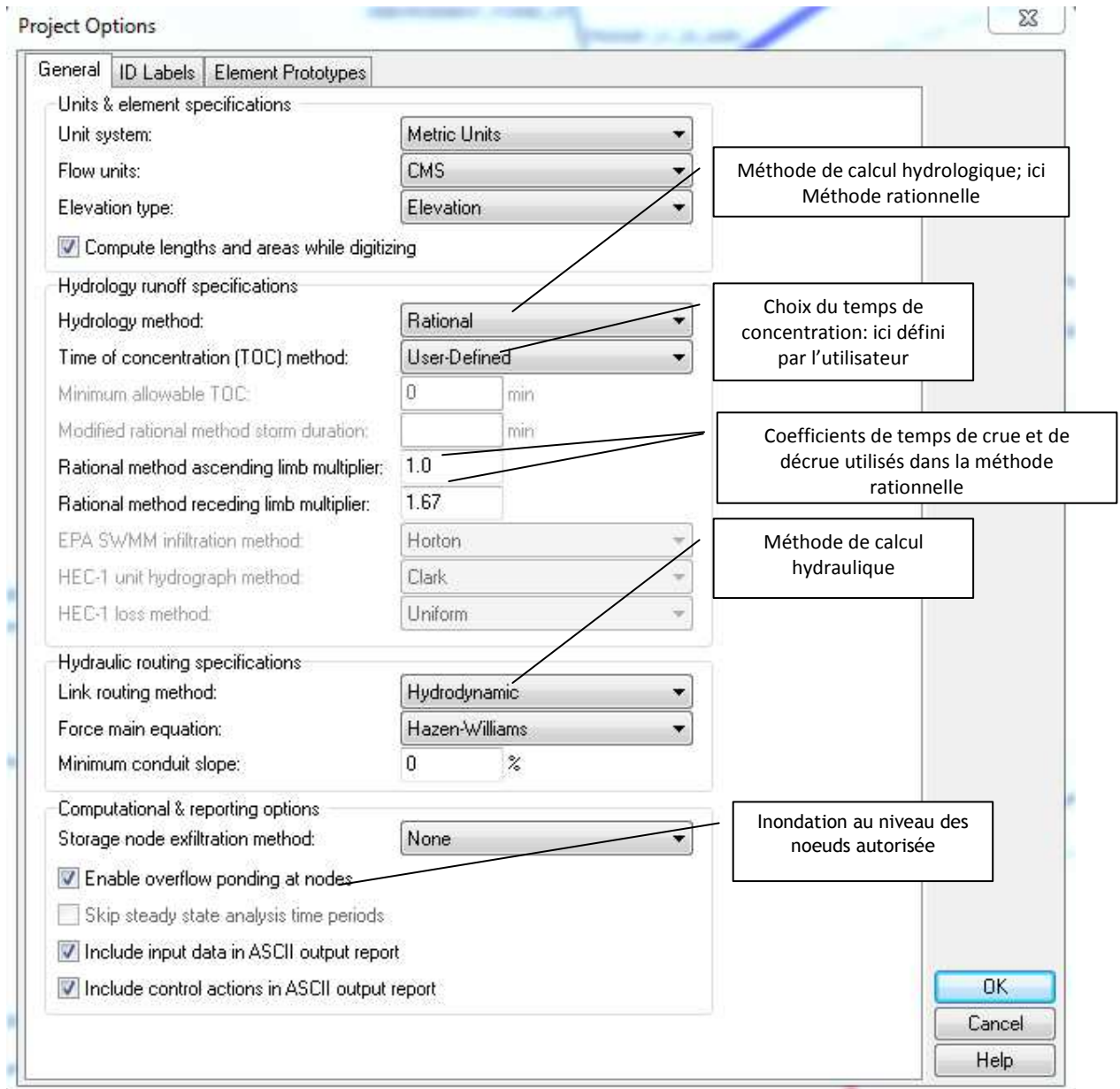


Figure 2: Interface des hypothèses de calcul

Pluies du projet

La base de la modélisation correspond aux pluies de projet. Les courbes Intensité-Durée-Fréquence construites à partir des coefficients de Montana permettent d'avoir des pluies de fréquences de retour comprises entre 1 an et 100 ans pour des durées de 5 min à 24h.

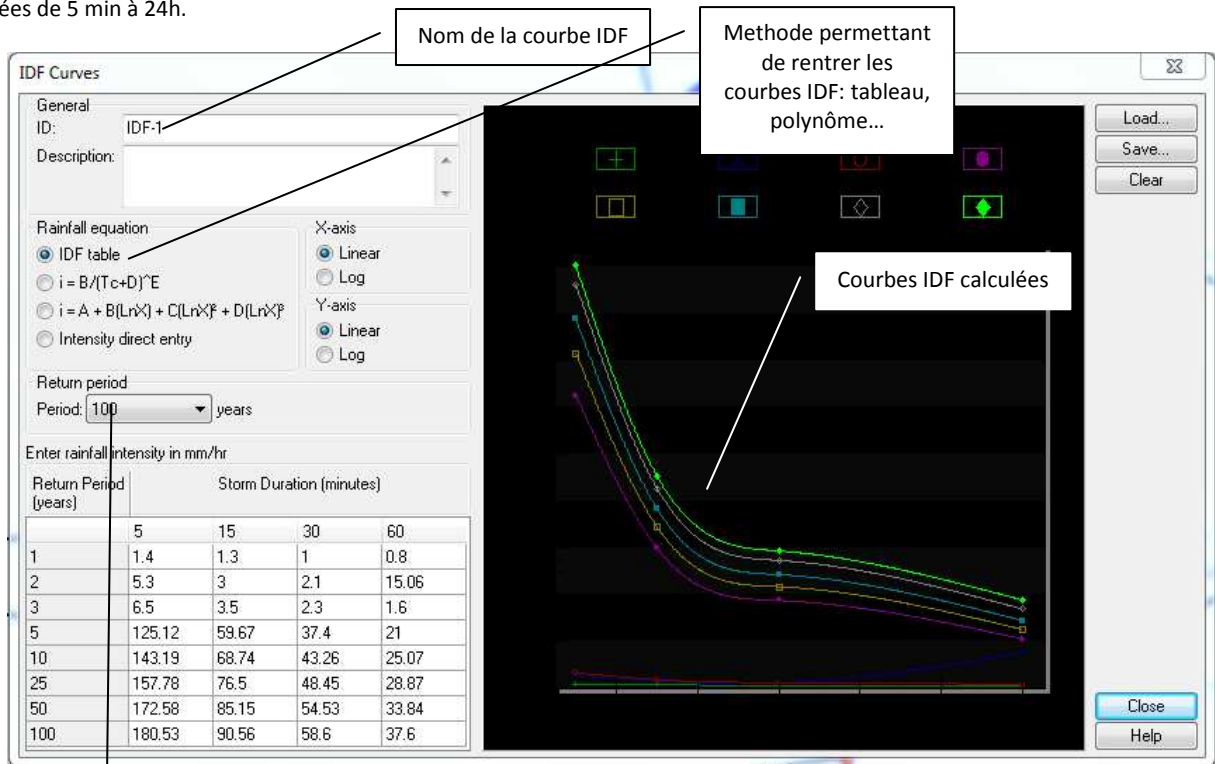


Figure 3 : Courbes IDF éditées par Storm and Sanitary Analysis

Les caractéristiques des pluies modélisées apparaissent dans le tableau suivant :

Pluies synthétiques	Valeur
Durée	1 heure
Station de référence pour les coefficients de Montana	Strasbourg
Pluie de projet	10 ans 1h ; 50ans 1h, 100 ans 1h
Pluie antécédente	0 mm
Pic d'intensité	27.23mm ; 34.92mm ; 37,92mm

Tableau 1: Caractéristiques des pluies modélisées

Éléments ponctuels du système

Bassins versants

Le bassin versant global a été découpé en sous-bassins. Les coefficients de ruissellement sont issus des fiches Méthode Rationnelle (cf. annexe méthode rationnelle) et sont basés sur les données de l'AREAS et de l'INRA.

The screenshot displays the configuration window for a sub-basin. Key parameters include:

- General:** Subbasin ID: B01_1, Outlet node: EX_01_1.
- Physical Properties:** Area: 6.450 ha, Time of concentration: 60.00 min, Weighted runoff coeff: 0.40.
- Impervious area:** Area: 25%, Manning's roughness: 0.015, Runoff coefficient: 2.00.
- Pervious area:** Runoff coefficient: 5.00, Manning's roughness: 0.1.
- Analysis summary:** Peak runoff: 0.267 cms, Total runoff: 15.040 mm, Rainfall intensity: 37.600 mm/hr, Accumulated precipitation: 37.600 mm.

	Subbasin ID /	Area	Wt. Runoff Coeff.	TOC
1	B01_1	6.450	0.40	60.00
2	B01_2	1.250	0.40	60.00
3	B02	61.600	0.16	60.00
4	B03	27.500	0.17	60.00
5	B04	10.900	0.15	60.00
6	B05	5.500	0.10	60.00

Figure 4: Caractéristiques des bassins versants

Les caractéristiques des bassins versant modélisés apparaissent dans le tableau suivant :

Bassins versants	Valeur
Bassin versant saturé	Non
Source coefficient de ruissellement	Méthode Rationnelle
Tc	60 min
Pentes de l'hydrogramme triangulaire	1/1,67

Tableau 2 : Caractéristiques des bassins versants modélisés

Ouvrages de rétention

Les ouvrages de rétentions se décomposent en trois éléments : le bassin en lui-même (1), l'organe de vidange (2) et le déversoir (3). Le volume d'eau à stocker est calculé à partir de la méthode des volumes de l'instruction technique de 1977. Les ouvrages peuvent être caractérisés par un débit maximum délivré en sorti et par un volume de stockage nécessaire à l'écrêtement de la crue pour une pluie donnée.

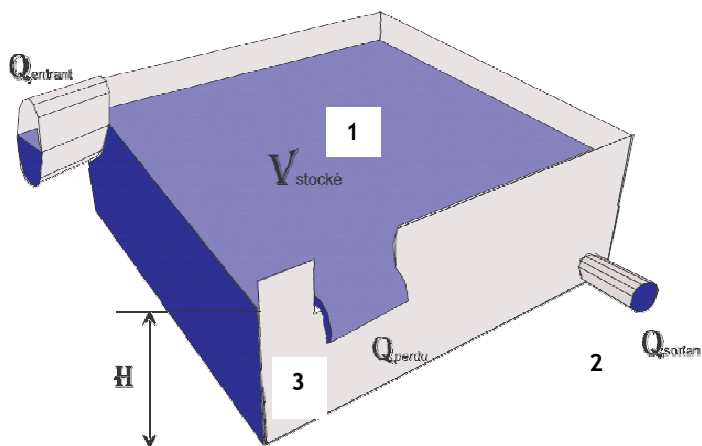


Figure 5: Ouvrages de rétention

Les caractéristiques des ouvrages de rétention modélisés apparaissent dans le tableau suivant :

Type de stockage	Caractéristiques
Bassins projets	Manuel
Vidange	
Caractéristiques	
Organe de vidange	Canalisation
Organe de surverse	Déversoir rectangulaire
Hauteur d'eau à l'aval	Aucune
Infiltration	Aucune

Tableau 3: Caractéristiques des bassins de rétention modélisés

Avaloirs

Storm and Sanitary Analysis permet de prendre en compte les apports des eaux ruisselant sur la voirie et s'ajoutant ensuite dans le réseau via des avaloirs, notés « Inlet ».

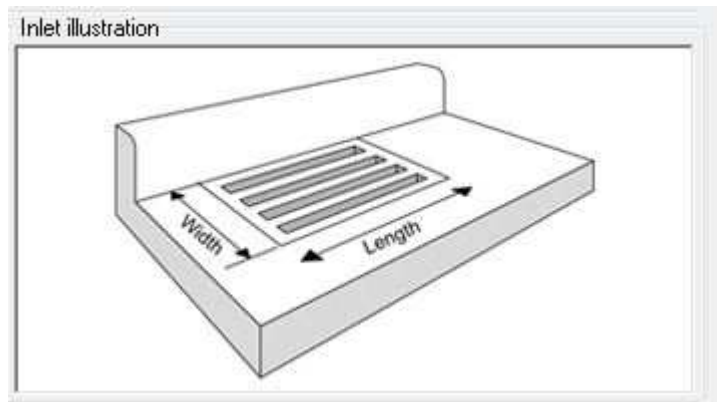


Figure 6: Schéma d'un avaloir

Les caractéristiques des avaloirs modélisés à renseigner dans le modèle sont les suivantes :

- Forme (circulaire, rectangulaire...)
- Dimensions
- Matériau
- Position par rapport à l'axe de la route (le long de l'axe d'écoulement ou situé au niveau d'un point bas)
- Capacité d'absorption maximale

Éléments linéaires du système

Ouvrages linéaires de transfert

Les ouvrages linéaires de transfert peuvent être de six types : fossé, route, noue, lit mineur, réseau et agricole. Les calculs hydrauliques caractérisant l'écoulement dans ces canalisations se base sur la méthode « Hydrodynamic », qui permet de simuler des écoulements en charge ou à surface libre.

Il est aussi possible de rentrer manuellement des profils de tronçons à ciel ouvert, en particulier lorsqu'il s'agit de fossés ou de lits mineurs. Pour cela, dans la fenêtre concernant la forme du tronçon, un onglet « User defined » est prévu à cet effet. Il se présente comme suit :

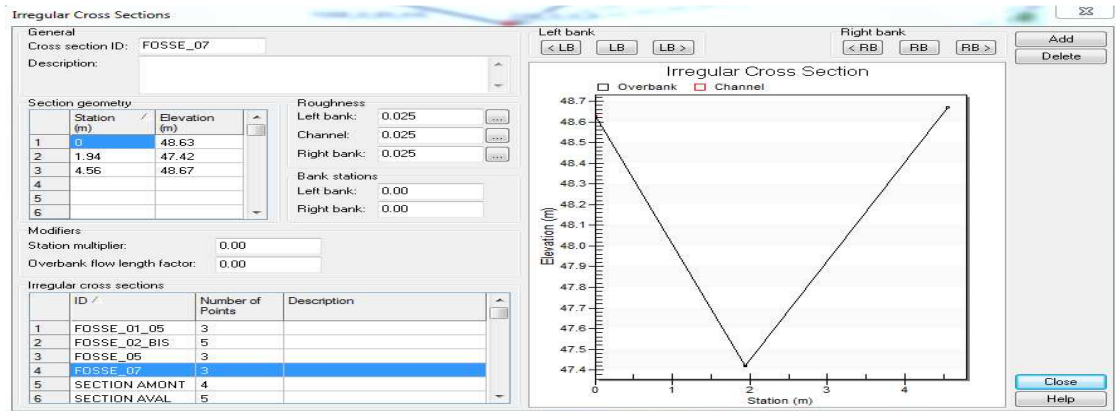


Figure 7: Interface permettant de rentrer manuellement des sections

Lorsque l'on ne dispose pas de levés topographiques suffisamment précis, les caractéristiques suivantes sont utilisées :

Coefficients de rugosité	n	Largeur	Profil	Pente	Profondeur
Fossé	0.025	1.5	Trapézoidal	1:1	1.5
Agricole	0.017	10	Trapézoidal	1:01	1
Urbain	0.011	5	Trapézoidal	1:01	1
Noue enherbée	0.015	6	Trapézoidal	1:01	1
Lit mineur	0.03	2	Trapézoidal	1:01	1

Tableau 4: Valeurs "par défaut" des paramètres des transferts

Les valeurs des coefficients de Manning de ce tableau se basent sur les tables de Chow (1959), dont un extrait est présenté par la suite :

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
Floodplains			
a. Pasture, no brush			
1. short grass	0.025	0.03	0.035
2. high grass	0.03	0.035	0.05
b. Cultivated areas			
1. no crop	0.02	0.03	0.04
2. mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. mature field crops	0.03	0.04	0.05
c. Brush			
1. scattered brush, heavy weeds	0.035	0.05	0.07
2. light brush and trees, in winter	0.035	0.05	0.06
3. light brush and trees, in summer	0.04	0.06	0.08
4. medium to dense brush, in winter	0.045	0.07	0.11
5. medium to dense brush, in summer	0.07	0.1	0.16
Lined or Constructed Channels			
a. Cement			
1. neat surface	0.01	0.011	0.013
2. mortar	0.011	0.013	0.015
b. Wood			
1. planed, untreated	0.01	0.012	0.014
2. planed, creosoted	0.011	0.012	0.015
3. unplaned	0.011	0.013	0.015
4. plank with battens	0.012	0.015	0.018
5. lined with roofing paper	0.01	0.014	0.017
c. Concrete			
1. trowel finish	0.011	0.013	0.015
2. float finish	0.013	0.015	0.016
3. finished, with gravel on bottom	0.015	0.017	0.02
4. unfinished	0.014	0.017	0.02
5. gunite, good section	0.016	0.019	0.023
6. gunite, wavy section	0.018	0.022	0.025
7. on good excavated rock	0.017	0.02	
8. on irregular excavated rock	0.022	0.027	
d. Concrete bottom float finish with sides of:			
1. dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.02
2. random stone in mortar	0.017	0.02	0.024
3. cement rubble masonry, plastered	0.016	0.02	0.024
4. cement rubble masonry	0.02	0.025	0.03
5. dry rubble or riprap	0.02	0.03	0.035
e. Gravel bottom with sides of:			
1. formed concrete	0.017	0.02	0.025
2. random stone mortar	0.02	0.023	0.026
3. dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036
f. Brick			
1. glazed	0.011	0.013	0.015
2. in cement mortar	0.012	0.015	0.018
g. Masonry			
1. cemented rubble	0.017	0.025	0.03
2. dry rubble	0.023	0.032	0.035
h. Dressed ashlar/stone paving	0.013	0.015	0.017
i. Asphalt			
1. smooth	0.013	0.013	
2. rough	0.016	0.016	
j. Vegetal lining	0.03		0.5

Tableau 5: Tables de coefficients de Manning de Chow