



2009/2010

Rapport de stage

Elaboration d'une application de dimensionnement des réseaux d'eau pluviale



Réalisé par :

Faissal BOUFARSS
Hamza ELACHAB

Encadré par :

Mr Khalid MAKROUM
Mr Norredine KARKBA
ingénieurs hydraulicien

Remerciements

On tient à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont appuyés dans la réalisation de ce rapport de stage.

*D'abord, nous exprimons nos reconnaissances à Monsieur **Ahmed ILOU**, directeur De l'A.D.I puis à Monsieur **El Hassan ELMAHRAZ** chef du département hydraulique urbaine et environnement, de nous avoir accueillis au sein de cette unité.*

*On remercie Monsieur **Noureddine KARKBA**, ingénieur en hydraulique urbaine, et Monsieur **Khalid MAKROUM**, ingénieur hydraulicien, pour nous avoir encadrés tout au long de ce stage et pour leurs explications remarquables.*

*On remercie aussi toutes les personnes du bureau d'étude A.D.I et Mr **Mahfoud ASEMLAL** dont le cours nous était d'une grande utilité.*

Enfin, merci à nos amis, qui ont su nous procurer un support moral et intellectuel.

Sommaire

| | | |
|------|--|----|
| I. | Introduction | 3 |
| II. | Résumé..... | 4 |
| III. | Présentation du bureau d'étude..... | 5 |
| IV. | Travail réalisé (Application : assainissement des eaux pluviales) : | |
| | 1. Présentation de l'application..... | 8 |
| | 2. Vue d'ensemble sur l'interface | |
| | 1) Ecran de travail n°1..... | 8 |
| | 2) Ecran de travail n°2 | |
| | a) Ecran de travail..... | 11 |
| | b) Barre d'outils..... | 12 |
| | c) Barre des menus..... | 22 |
| V. | Annexes (notice technique) | |
| | 5.1 Annexe 1 : méthode de Caquot | 25 |
| | 5.2 Annexe 2 : Taux de remplissage théorique en fonction de la vitesse ou du débit relatif..... | 28 |
| | 5.3 Annexe 3 : Diamètres commerciaux des conduites circulaires..... | 30 |
| | 5.4 Annexe 4 : Groupement de bassin : parallèle, série..... | 31 |
| | 5.5 Annexe 5 : méthode rationnelle..... | 32 |
| | 5.6 Annexe 6 : temps de concentration..... | 39 |
| VI. | Bibliographie | 41 |

I. Introduction

On a choisi de passer notre stage ingénieur au sein d'un bureau d'étude pour voir comment se passe les études de projet et se familiariser un peu avec les logiciels utilisés.

Ce rapport de stage est composé de quatre parties ; la première partie est consacrée à la présentation de l'A.D.I comme étant l'entreprise d'accueil. Quant à la deuxième partie, elle traite tous ce qui concerne l'application sur l'assainissement des eaux pluviales. En effet, cette partie sera comme un manuel d'utilisateur, un guide qui va faciliter la tâche à l'utilisateur. Cette partie sera composée d'une présentation de l'application, puis une vue d'ensemble de l'interface avec des exemples de calcul.

II. RESUME

Durant notre période de stage, on était amené à réaliser une application, à l'aide du langage informatique visuel basic 6.

Cette application sert à numériser, automatiser et faciliter le procédé de dimensionnement des conduites d'assainissement d'eaux pluviales.

Tout d'abord avec l'aide de notre encadrant nous avons normalisé les inputs que doit entrer l'utilisateur de l'application (voir annexe ...), définit les résultats que doit fournir l'application, fixé l'interface la plus optimale qui va faciliter la tâche à son utilisateur.

Puis on est passé à l'établissement de l'algorithme :

Pour le dimensionnement on s'est basé sur deux formules de transformation pluie-débit (formule de CAQUOT ; formule RATIONNELLE), puis on est passé au calcul des bassins élémentaires, après on a procédé au rassemblement des bassins soit parallèle soit série, à la suite on a calculé les diamètres théoriques, enfin on a vérifié les conditions d'autocurage.

En fin la vérification de l'application réalisé en l'appliquant à une étude déjà faite par le bureau d'étude.



Compagnie d'Aménagement Agricole et de Développement Industriel

III. Présentation du bureau d'étude

1) Fiche d'identité :

Raison Sociale : Compagnie d'Aménagement Agricole et de Développement Industriel « a.d.i » Société du Holding NAREVA, Groupe ONA.

Président Directeur Général : Ahmed NAKKOUCH

Directeur : Ahmed ILOU

Siège Social : 4, Rue Ibn Abdoune (Orangers) – Rabat

Téléphone : (212) - 537.70.14.26 / 537.70.14.27 / 537.70.14.00

E:Mail : a.d.i@adi.ma

Date de création : 1976

2) Présentation de la société :

a.d.i est une société marocaine de droit commun qui exerce une activité d'Ingénieur Conseil.

a.d.i est détenu majoritairement par le Holding NAREVA en association avec le groupe français BRL, spécialisé dans l'aménagement du territoire. NAREVA est le nouveau Holding du groupe ONA spécialisé dans l'eau, l'environnement et l'énergie. A ce titre, a.d.i bénéficie de l'appui des deux groupes.

a.d.i participe aux opérations d'aménagement et de développement régional au Maroc depuis sa création en 1976.

3) domaines d'activité :

Les principaux domaines d'activité sont les suivants :

- Aménagement Hydro-Agricole et Développement Rural
 - ✓ Plans Directeurs et d'Aménagements intégrés
 - ✓ Grands périmètres d'irrigation
 - Equipements hydro-agricoles
 - Gestion des aménagements hydro-agricoles
 - ✓ Petite et Moyenne Hydraulique (P.M.H)
 - Aménagements hydro-agricoles de P.M.H.



Compagnie d'Aménagement Agricole et de Développement Industriel

- Gestion des Ressources en eau
 - ✓ Etude de protection contre les inondations
 - ✓ Etude d'Actualisation des Plans Directeurs d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau (PDAIRE)
- Hydraulique Urbaine
 - ✓ Alimentation en eau potable.
 - ✓ Assainissement.
- Infrastructures et Ouvrages Industriels
 - ✓ Barrages
 - ✓ Energie électrique et études industrielles
- Etudes des Ports de Pêche Maritime
- Etudes d'Aménagement Touristique
- Etudes des Ouvrages d'Art
- Etudes Bâtiments et VRD
- Etudes d'impact sur l'environnement

a.d.i réalise les différentes étapes de mise en œuvre des projets : Etudes préliminaires, schémas directeurs, études de factibilité, études d'impacts sur l'environnement, avant-projet, projet d'exécution, appel d'offres, supervision de travaux, assistance technique et formation.

4) Partenariat :

a.d.i dispose d'une convention-cadre avec :

- l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II,
- l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs « E.N.F.I »,
- l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès « E.N.A., »
- Faculté des Sciences et Techniques de Mohammadia,

Ce qui lui permet, à la demande, de faire appel aux compétences des experts de ces organismes dans des domaines divers tels que : machinisme agricole, pédologie, zootechnie, foresterie, sociologie, aspects institutionnels et organisationnels, épuration des eaux, environnement, etc.....

a.d.i, société du holding NAREVA, Groupe ONA, bénéficie, du fait de l'actionnariat de groupe BRL, d'un transfert technologique continu de celui-ci (logiciels, know-how.....).



Compagnie d'Aménagement Agricole et de Développement Industriel

5) Clients :

Les clients habituels de l' a.d.i au Maroc sont :

- ◆ MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE MARITIME
- ◆ PRIMATURE
- ◆ MINISTERE DELEGUE CHARGE DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME ET DE L'AMENAGEMENT DE L'ESPACE
- ◆ MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DU TRANSPORT
- ◆ MINISTERE DU TOURISME ET DE L'ARTISANAT
- ◆ MINISTERE DE L'INTERIEUR
- ◆ MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES MINES, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
- ◆ CLIENTS PRIVES :

REDAL, CIOR, ONA, Les Celliers de Meknès, Domaines Agricoles, OLEA

Capital

6) Moyens humains :

Personnel ADI :

- ✓ Cadres administratifs : 02
- ✓ Cadres techniques (experts + ingénieurs) : 24
- ✓ Techniciens : 35
- ✓ Personnel d'exécution : 19
- ✓ Experts extérieurs : 16

L'effectif a.d.i est constitué de 78 agents. Des experts extérieurs sont souvent associés dans la réalisation des projets.

IV. Présentation du logiciel

5.1.1 Objet

Ce logiciel est une application d'assainissement urbain conçu pour le dimensionnement des réseaux unitaires d'assainissement.

Logiciel de dimensionnement des réseaux d'assainissement, adapté à tous les types de canalisations en PVC, béton non armé, PEHD, ou béton armé.

Calcul d'après une bibliothèque de modèles aux matériaux et paramètres préenregistrés et personnalisables.

Module de dimensionnement mécanique à partir des caractéristiques du tuyau, de la tranchée et du sol, de la pose et des charges d'exploitation.

Module de dimensionnement hydraulique permettant de définir le débit, le diamètre et la pente de la canalisation.

Enregistrement des résultats sous forme de fichier Excel prévisualisables et imprimables.

5.2 Vue d'ensemble sur l'interface

1) écran de travail n°1 (saisie des paramètres de Montana et données sur les conduites)

L'écran de travail se présente comme indiqué figure 1. Il se compose de :

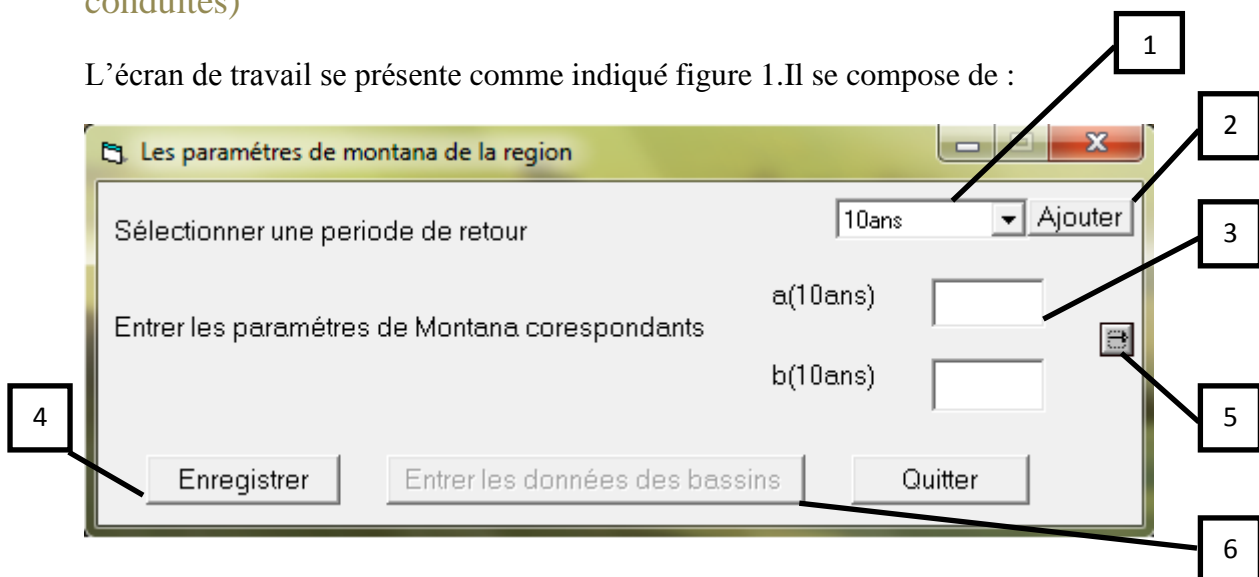


Figure1 : saisie des paramètres de Montana.

1 : une liste pour le choix du temps de retour, la liste contient par défaut ces temps de retour (10 ans, 5 ans ,2 ans)

2 : le bouton ajouter permet à l'utilisateur d'ajouter de nouveaux temps de retour si nécessaire. On cliquant sur ce bouton une nouvelle page apparait voir (figure 3).

3 : deux zone texte pour entrer les paramètres de Montana a et b qui change selon le temps de retour choisi. (Voir annexe 1 formule (2.1))

4 : ce bouton sert à enregistrer les valeurs déjà saisi. Après avoir cliqué sur ce bouton le bouton n°6 devient actif et une flèche apparait (figure 2 n°7).

5 : ce bouton sert à afficher la zone de saisie des données relatives aux conduites (figure 4).

6 : ce bouton permet le passage à la page principale de calcul (figure 6).

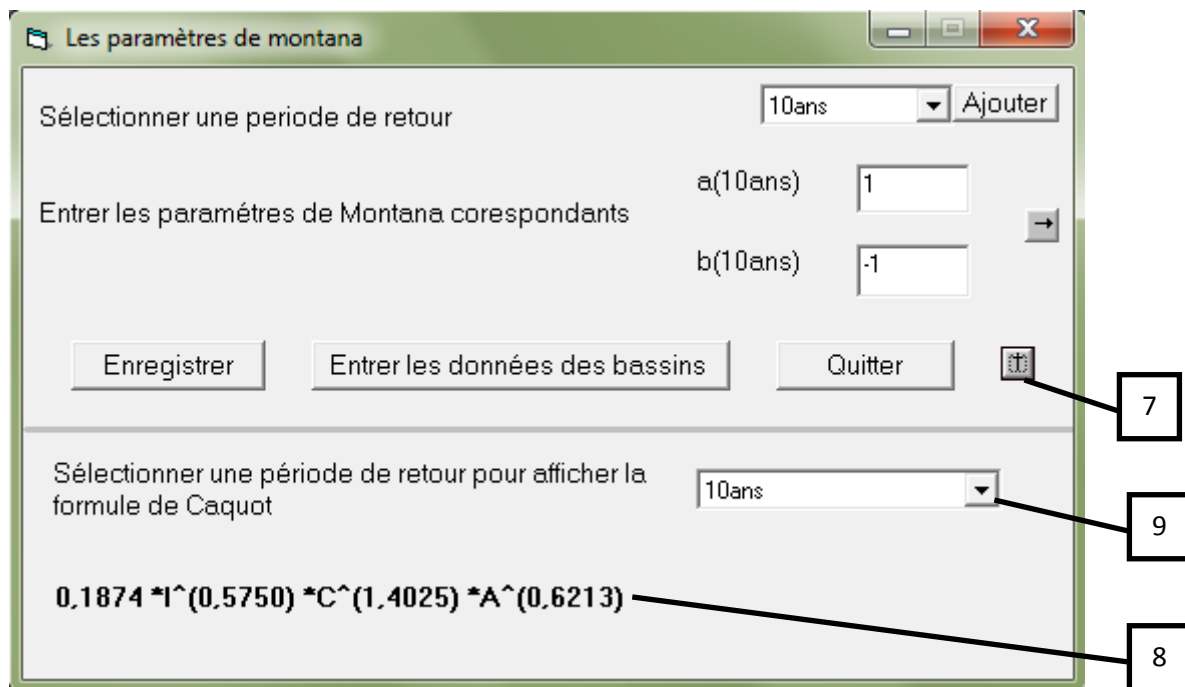


Figure 2 : affichage des paramètres calculés de la formule de Caquot.

7 : cette flèche sert à rendre visible la partie inférieur à la ligne grise.

8 : c'est une zone texte ou s'affiche la formule de Caquot (voir annexe 1 formule (1.1)) .La formule change selon le temps de retour choisi sur la liste 9.

9 : liste des périodes de retour.

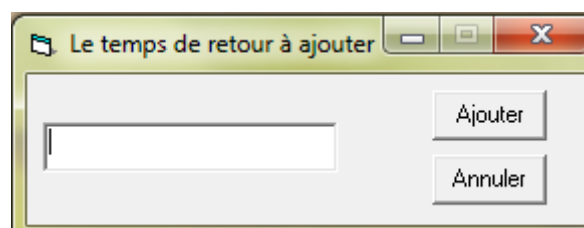


Figure 3 : ajout d'un temps de retour.

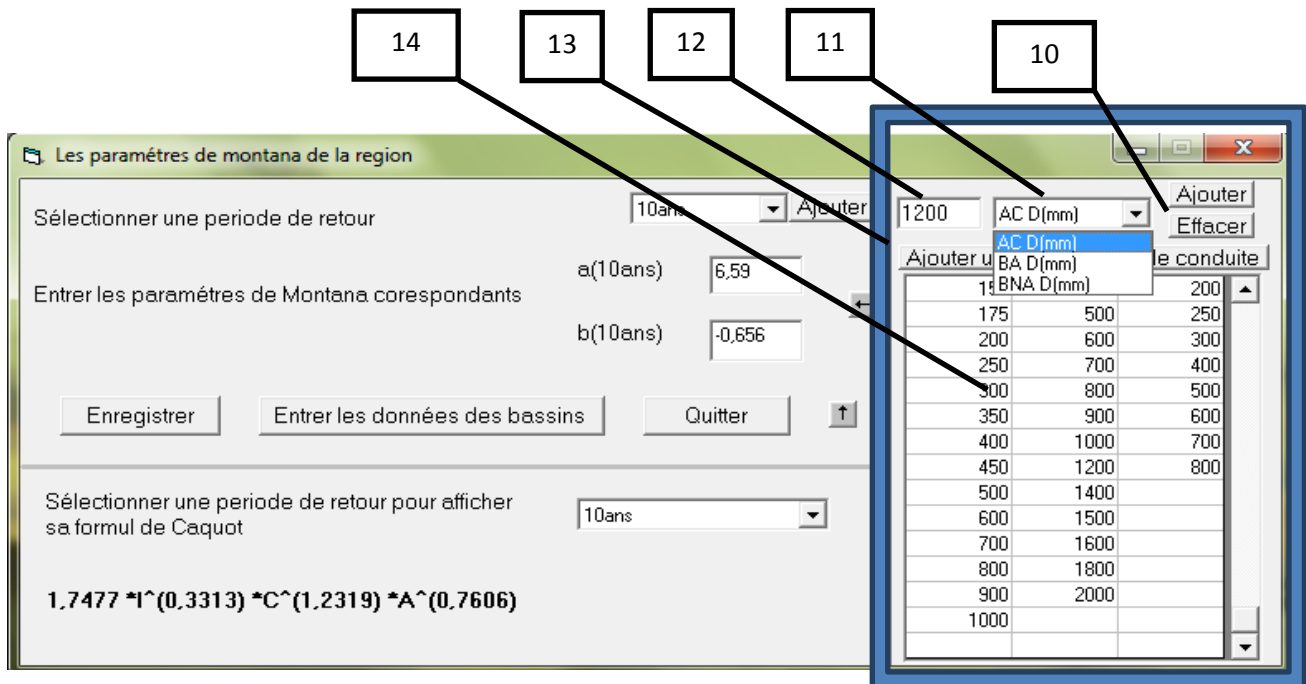


Figure 4 : données relatives aux conduites.

10 : Deux boutons ajouter et effacer qui servent à ajouter une nouvelle valeur de diamètre en (mm) pour une nature de conduite choisi dans la liste n°11 ou de l'effacer.

11 : liste de nature de conduite rempli par défaut par : amiante ciment(AC), béton armé(BA), béton non armé(BNA),

12 : zone texte pour la saisi de la nouvelle valeur de diamètre en (mm),

13 : bouton (ajouter une nouvelle nature de conduite) qui sert à ajouter une nouvelle nature qui sera affiché dans la liste n°11 (figure 5),

14 : tableau ou s'affiche toutes les diamètres commerciaux des conduites (voir annexe 3).

Ce tableau permet le choix après le calcul des diamètres théoriques des diamètres commerciaux. Ces diamètres permettent la vérification de l'auto curage (annexe 1 partie 4)

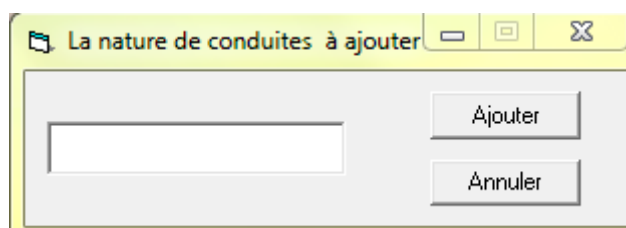


Figure 5 : ajout d'une nouvelle nature de conduite.

2) Ecran de travail n°2 (données relatives aux bassins et page de calcul principale)

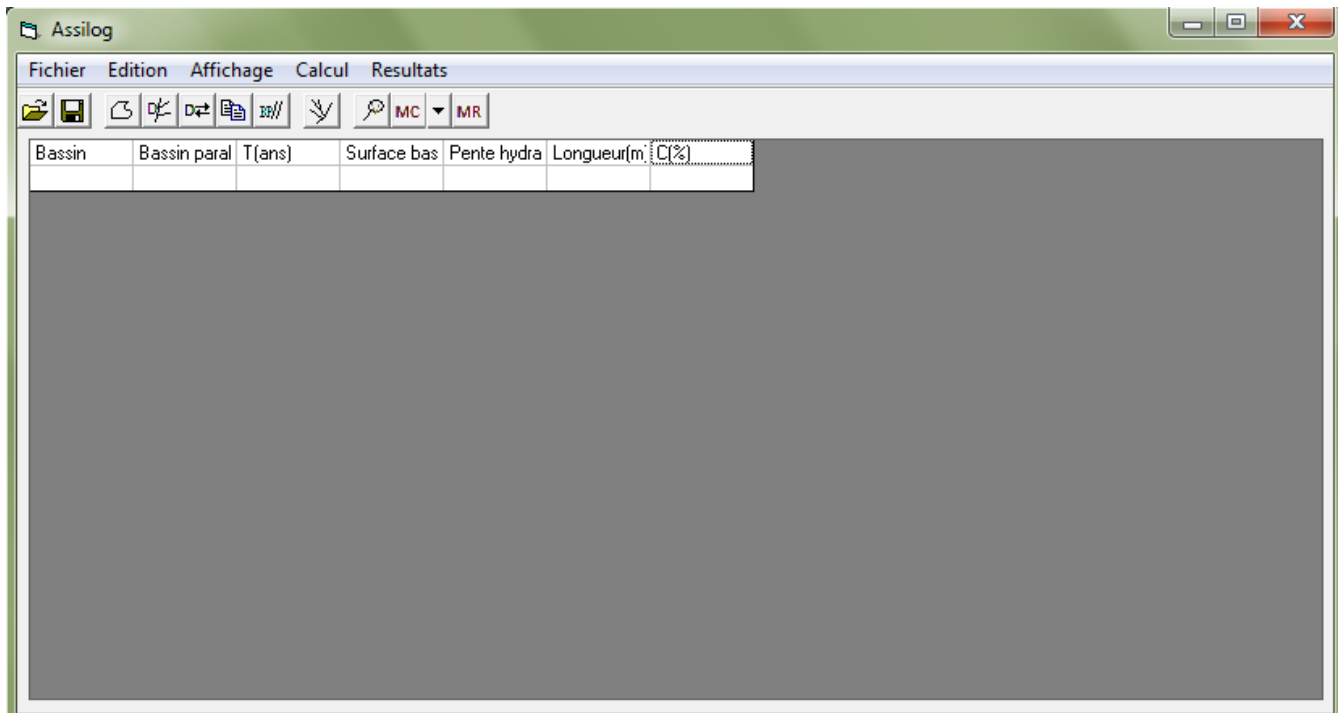


Figure 6 : page principale de calcul.

a) Ecran de travail

L'écran de travail se présente comme indiqué figure 6. Il se compose de :

- ✓ une barre de menus contenant toutes les fonctionnalités disponibles,
- ✓ une barre d'outils contenant des icônes pour l'activation de certaines tâches,
- ✓ l'espace de travail sous forme de tableau contenant les données sur les bassins et les résultats des calculs. Cet espace ne se limite pas aux dimensions physiques de l'écran, il est beaucoup plus vaste et peut être visualisé à l'aide des barres de défilement en bas et à droite de l'écran.

b) Barre d'outils

La barre d'outils est constituée de 12 icônes. Les fonctionnalités disponibles sont récapitulées sur le tableau 1 ci -dessous.













| | | |
|---|----|--|
|  | 1 | Charger un fichier de données sous forme EXCEL |
|  | 2 | Enregistrer les résultats sous forme EXCEL |
|  | 3 | Ajouter ou supprimer un bassin avec ses caractéristiques |
|  | 4 | Charger les bassins sous forme de réseau dessiné. Extension du fichier BMP Ou dessiner le bassin voir (figure 8) |
|  | 5 | Modifier les données, |
|  | 6 | Copier une cellule dans une autre, |
|  | 7 | Sélection des bassins parallèles, |
|  | 8 | Affichage du réseau tracé, |
|  | 9 | Vérification des données |
|  | 10 | Méthode de Caquot |
|  | 11 | Relatif à la méthode de Caquot pour le choix des calculs soit calcul élémentaire, ou calcul global |
|  | 12 | Calcul par la méthode rationnelle |

Tableau 1 : barre d'outils



1. Charger le fichier de données sous forme Excel. Le fichier de données doit être de cette forme tableau 2.

| Bassin | Bassin parallèle | T (ans) | Surface bassin (ha) | Pente hydraulique(%) | Longueur(m) | C(%) | Pente C | Nature C |
|--------|------------------|---------|---------------------|----------------------|-------------|------|---------|----------|
|--------|------------------|---------|---------------------|----------------------|-------------|------|---------|----------|

Tableau 2 : input pour la méthode de Caquot

Colonne n°1 : Le nom des bassins élémentaire.

Colonne n°2 : les bassins parallèles en amont d'un bassin.

Colonne n°3 : temps de retour pour chaque bassin.

Colonne n°4 : surface des bassins en hectare.

Colonne n°5 : La pente hydraulique du bassin (voir annexe 1 formule (11.1))

Colonne n°6 : longueur du bassin en mètre.

Colonne n°7 : coefficient de ruissellement en %.(voir annexe 1 formule (12.1))

Colonne n° 8 : pente de pose de conduite.

Colonne n°9 : nature de la conduite.

Pour les colonnes 8 et 9 elles ne s'affichent qu'à la dernière étape de calcul (calcul des diamètres)



2. Enregistrer les données sous forme Excel. L'enregistrement peut se faire après chaque étape de calcul.



3. Ajouter ou supprimer un bassin avec ses caractéristiques sans passer par le fichier Excel de données voir figure 7.

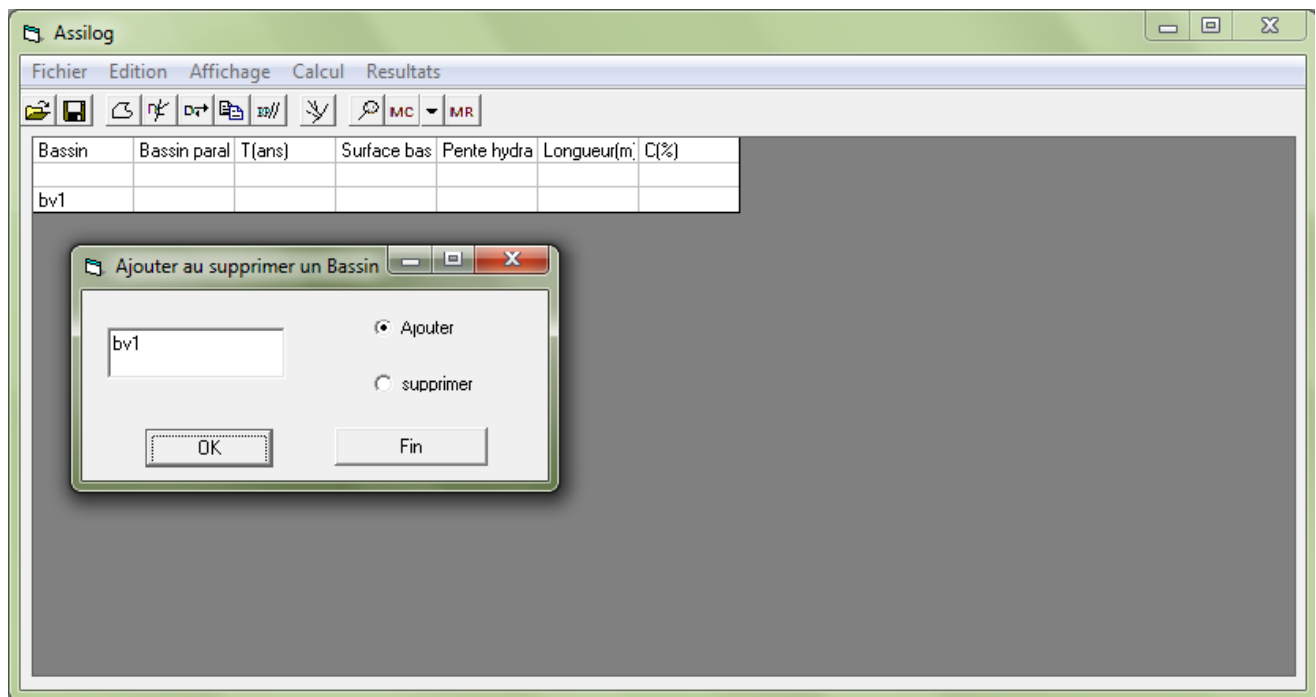


Figure 7 : ajouter ou supprimer un bassin.



4. - dessiner un réseau dans la page de dessin figure 8.

- Charger un réseau sous forme Bmp.
- Enregistrer le réseau dessiné sous forme Bmp.

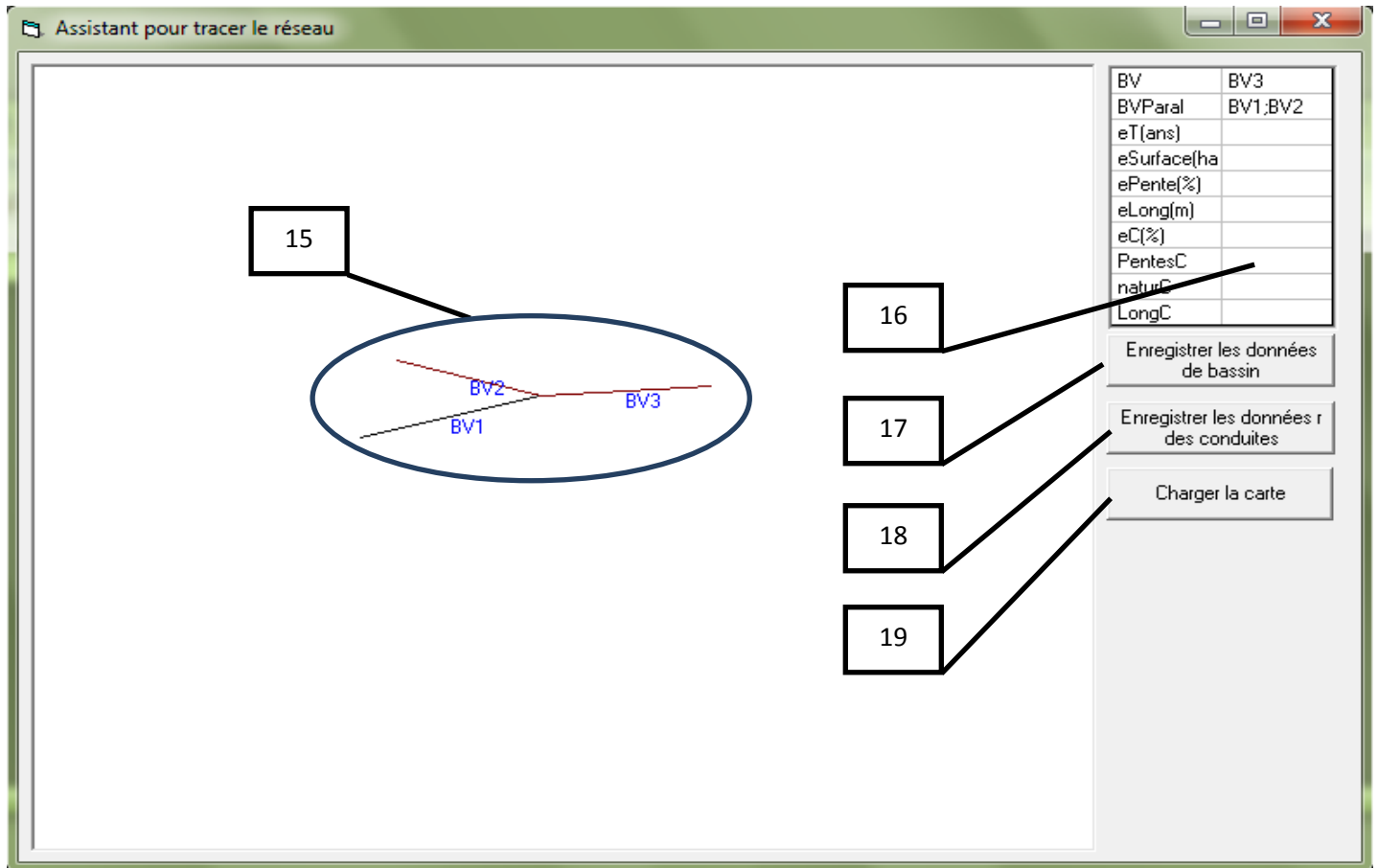


Figure 8 : assistant pour le tracer du réseau.

15 : dessin du réseau. Le dessin se fait à l'aide du bouton gauche de la souris.

On voit dans cette exemple que bv2 est parallèle à bv3 tous les deux en série avec bv3.

16 : un tableau pour le remplissage des caractéristiques de chaque bassin et de chaque conduite qui va drainer ce bassin.

BV : nom du bassin versant

BV Paral : les bassins parallèles amant au bassin actuel. Dans cette exemple on voit que cette colonne est rempli par bv2 ;bv1 ce qui veut dire que bv1 est parallèle à bv2 tous les deux en séries avec bv3.

eT(ans) : temps de retour en ans.

eSurface (hectare) : surface du bassin élémentaire en hectare.

ePente (%) : pente du bassin élémentaire en %.

eLong (m) : longueur du bassin élémentaire en (m).

eC(%) : coefficient de ruissellement du bassin élémentaire en %.

penteC : pente de pose de la conduite.



natureC : nature de la conduite.

longC : longueur de la conduite.

17 : Enregistrement des données du réseau relatives aux bassins versant élémentaires.

18 : Enregistrement des données du réseau relatives aux conduites.

19 : charger la carte sous forme d'image Bmp.



5. Modifier les données du tableau 1. Il suffit de poser le curseur sur la case dont vous voulez changer de valeur et entrer la valeur modifiée.



6. copier une cellule dans une autre. La procédure est la même que sur Excel.



7. La sélection des bassins parallèles en amont d'un bassin. Il faut premièrement poser le curseur dans la colonne n°2 du bassin aval puis cliquer sur les bassins parallèles en amont de ce bassin. Après avoir choisi les bassins vous voyez que les noms des bassins s'affichent de cette manière BVx ;BVy ;BVz.



8. Affichage du dessin du réseau entré sous forme de tableau Excel voir figure 9.



9. Vérification des données. Par exemple vérifier s'il y a des valeurs négatives de surfaces.

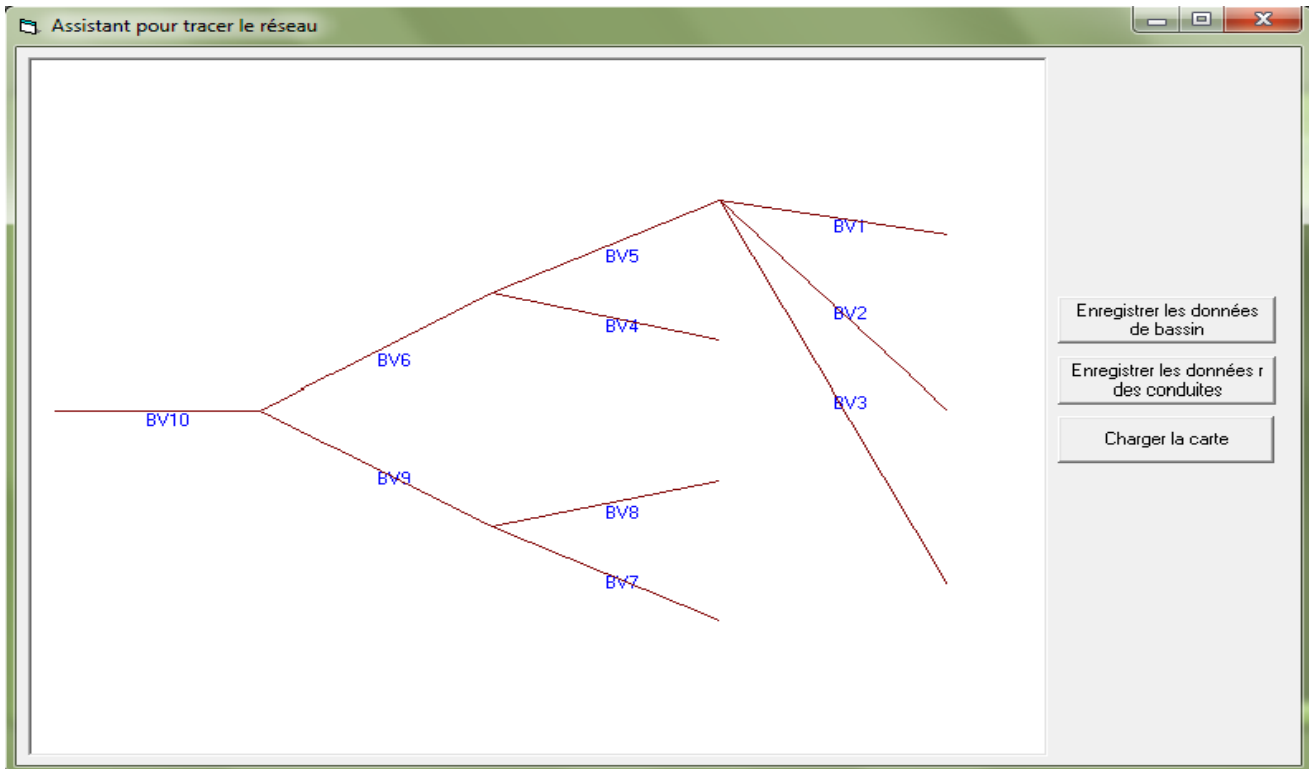


Figure 9 : tracer du réseau



10. Calcul à l'aide de la méthode de Caquot figure 10.

| Bassin | Bassin paral | T(ans) | Surfac | | | | |
|--------|--------------|--------|--------|-------|-----|----|--|
| BV1 | | 10 | | | | | |
| BV2 | | 10 | | | | | |
| BV3 | | 10 | | | | | |
| BV4 | | 10 | 6,73 | 10,49 | 366 | 30 | |
| BV5 | BV1,BV2,BV | 10 | 17,16 | 7,76 | 564 | 28 | |
| BV6 | BV5,BV4 | 10 | 14,09 | 11,22 | 410 | 28 | |
| BV7 | | 10 | 6,29 | 4,9 | 490 | 40 | |
| BV8 | | 10 | 3,2 | 6,67 | 450 | 70 | |
| BV9 | BV8,BV7 | 10 | 3,56 | 2,86 | 420 | 60 | |
| BV10 | BV6,BV9 | 10 | 1,27 | 6,27 | 144 | 65 | |

Figure 10 : méthode de Caquot.

En cliquant sur la flèche il y a le menu suivant qui s'affiche :

- Calcul des bassins élémentaires (voir première partie de l'annexe 1).

Lors du choix de cette case il y a des résultats qui s'affichent voir tableau 3, figure 11.

| M | m | Débit brute(m ³ /s) | Débit corrigé(m ³ /s) |
|---|---|--------------------------------|----------------------------------|
|---|---|--------------------------------|----------------------------------|

Tableau 3 : bassins élémentaires.

Colonne 8 : M coefficient d'allongement voir annexe 1 formule (7,1)

Colonne 9 : mparamètre de correction du débit voir annexe1 formule (8,1)

Colonne 10 : débit brute élémentaire en m³/s voir annexe 1 formule (1,1)

Colonne 11 : débit corrigé élémentaire en m³/s voir annexe 1

| Bassin | Bassin paral | T(ans) | Surface bas | Pente hydra | Longueur(m) | C(%) | M | m | Débit brut(r) | Débit corrigé |
|--------|--------------|--------|-------------|-------------|-------------|------|--------|--------|---------------|---------------|
| BV1 | | 10 | 7,27 | 21,21 | 660 | 50 | 2,4478 | 0,9235 | 2,1774 | 2,0108 |
| BV2 | | 10 | 1,26 | 4,55 | 220 | 60 | 1,9599 | 1,0079 | 0,4416 | 0,4450 |
| BV3 | | 10 | 2,3 | 10 | 250 | 60 | 1,6484 | 1,0790 | 0,8837 | 0,9535 |
| BV4 | | 10 | 6,73 | 10,49 | 366 | 30 | 1,4108 | 1,1471 | 0,9180 | 1,0530 |
| BV5 | BV1,BV2,Bv | 10 | 17,16 | 7,76 | 504 | 28 | 1,2166 | 1,2159 | 1,6349 | 1,9878 |
| BV6 | BV5,BV4 | 10 | 14,09 | 11,22 | 410 | 28 | 1,0922 | 1,2686 | 1,5474 | 1,9630 |
| BV7 | | 10 | 6,29 | 4,9 | 490 | 40 | 1,9537 | 1,0092 | 0,9947 | 1,0038 |
| BV8 | | 10 | 3,2 | 6,67 | 450 | 70 | 2,5155 | 0,9137 | 1,2346 | 1,1280 |
| BV9 | BV8,BV7 | 10 | 3,56 | 2,86 | 420 | 60 | 2,2259 | 0,9587 | 0,8859 | 0,8493 |
| BV10 | BV6,BV9 | 10 | 1,27 | 6,27 | 144 | 65 | 1,2777 | 1,1927 | 0,5339 | 0,6367 |

Figure 11 : calcul des bassins élémentaires.

- Calcul des bassins globaux

L'application du modèle à un groupement de sous-bassins hétérogènes de paramètres individuels A_j , C_j , I_j , L_j (longueur du drain principal), Q_{pj} (débit de pointe du bassin considéré seul), nécessite l'emploi de formules d'équivalence pour les paramètres « A, C, I et M » du groupement (voir annexe 4).

Lors du choix de cette case il y a des résultats qui s'affichent voir tableau 4, figure 12.

| T global(ans) | Surface équivalente(ha) | Pente équivalente(%) | Longueur équivalente(m) | C équivalent(%) |
|---------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------|
|---------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------|

| M équivalent | m équivalent | Debit brute equivalent(m ³ /s) | Débit de dimensionnement (m ³ /s) |
|--------------|--------------|---|--|
|--------------|--------------|---|--|

Tableau 4 : tableaux de calcul des bassins globaux.



Colonne 12 : T global (ans)= max des temps de retour des bassins élémentaires qui entrent dans la composition du bassin global.

Colonne 13 : surface équivalente en (ha) voir annexe 4.

Colonne 14 : pentes équivalente (%) voir annexe 4.

Colonne 15 : longueur équivalente en (m) voir annexe 4.

Colonne 16 : C coefficient de ruissellement équivalent (%) voir annexe 4.

Colonne 17 : M coefficient d'allongement équivalent voir annexe 4.

Colonne 18 : m paramètre de correction du débit équivalent voir annexe 4.

Colonne 19 : débit brut équivalent en m³/s voir annexe 4.

Colonne 20 : débit de dimensionnement en m³/s voir annexe 4.

| T global(ans) | Surface equ | Pente equiv | Longueur ec | C equivalent | M equivalent | m equivalent | Débit brute | Débit de dirr |
|---------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------|
| 10 | 7,27 | 21,21 | 660 | 50 | 2,4478 | 0,9235 | 2,1774 | 2,0110 |
| 10 | 1,26 | 4,55 | 220 | 60 | 1,9599 | 1,0079 | 0,4416 | 0,4451 |
| 10 | 2,3 | 10 | 250 | 60 | 1,6484 | 1,0790 | 0,8837 | 0,9535 |
| 10 | 6,73 | 10,49 | 366 | 30 | 1,4108 | 1,1471 | 0,9180 | 1,0530 |
| 10 | 27,99 | 11,288 | 1164 | 37,784 | 2,2001 | 0,9631 | 3,8185 | 3,6778 |
| 10 | 48,81 | 11,138 | 1574 | 33,886 | 2,2529 | 0,9542 | 5,1931 | 4,9554 |
| 10 | 6,29 | 4,9 | 490 | 40 | 1,9537 | 1,0092 | 0,9947 | 1,0038 |
| 10 | 3,2 | 6,67 | 450 | 70 | 2,5155 | 0,9137 | 1,2346 | 1,1280 |
| 10 | 13,05 | 4,0070 | 870 | 52,812 | 2,4083 | 0,9295 | 2,3384 | 2,1735 |
| 10 | 63,13 | 8,6768 | 1718 | 38,424 | 2,1622 | 0,9697 | 6,9072 | 6,6984 |

Figure 12 : calcul du débit de dimensionnement.

➤ Calcul des diamètres

Lors du choix de cette case il y a des résultats qui s'affichent voir tableau 5, figure 13.

| PenteC | Nature C | Diamètre théorique(mm) | Diamètre commercial(mm) | Qps | Vps |
|--------|----------|------------------------|-------------------------|-----|-----|
|--------|----------|------------------------|-------------------------|-----|-----|

Tableau 5 : diamètres des conduites.

Colonne 21 : pente de pose de la conduite en % .Cette colonne est une donnée entrée par l'utilisateur.



Colonne 22 : nature de la conduite. Cette colonne est une donnée entrée par l'utilisateur.

Colonne 23 : diamètre théorique en mm voir annexe 1 formule (10.1)

Colonne 24 : diamètre commercial en mm, il est choisi à partir du tableau n°16 figure 8. voir annexe 3.

Colonne 25 : Qps débit en plein section en m³/s.

Colonne 26 : Vps vitesse en plein section en m/s. Si la vitesse est admissible elle s'affiche en noir si non elle s'affiche en rouge (voir annexe 1 partie 4).

| Longueur ec | C equivalent | M equivalent | m equivalent | Débit brute r | Débit de dir | PenteC | NaturC | Diamètre thé | Diamètre co | Qps | Vps |
|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------|--------|--------------|-------------|--------|--------|
| 660 | 50 | 2.4478 | 0.9317 | 2.0670 | 1.9258 | 3 | AC | 863,24 | 900 | 2,1597 | 3,3941 |
| 220 | 60 | 1.9599 | 1,0071 | 0,4254 | 0,4284 | 3 | AC | 499,76 | 500 | 0,4289 | 2,1839 |
| 250 | 60 | 1,6484 | 1,0700 | 0,8379 | 0,8965 | 3 | AC | 653,71 | 700 | 1,0820 | 2,8109 |
| 366 | 30 | 1,4108 | 1,1299 | 0,9034 | 1,0207 | 3 | AC | 685,29 | 700 | 1,0820 | 2,8109 |
| 1164 | 37,784 | 2,2001 | 0,9671 | 3,8363 | 3,7103 | 5 | AC | 998,53 | 1000 | 3,7252 | 4,7421 |
| 1574 | 33,886 | 2,2529 | 0,9591 | 5,2932 | 5,0771 | 5 | AC | 1119,1 | | | |
| 490 | 40 | 1,9537 | 1,0082 | 0,9971 | 1,0052 | 5 | AC | | | | |
| 450 | 70 | 2,5155 | 0,9228 | 1,1909 | 1,0990 | 5 | AC | | | | |
| 870 | 52,812 | 2,4083 | 0,9370 | 2,3789 | 2,2291 | 5 | AC | | | | |
| 1718 | 38,424 | 2,1622 | 0,9730 | 7,1169 | 6,9252 | 5 | AC | | | | |

Figure 13 : diamètres des conduites.



11. Calcul à l'aide de la Méthode rationnelle.

Le calcul des diamètres par la méthode rationnelle se fait d'une seule étape (voir annexe 5).

Les données que doit entrer l'utilisateur sont de la forme suivante :

| Bassin | Bassin parallèle | T(ans) | Surface bassin (ha) | Pente hydraulique(%) | Longueur(m) | C(%) | Pente conduite | Nature conduite | Longueur conduite |
|--------|------------------|--------|---------------------|----------------------|-------------|------|----------------|-----------------|-------------------|
|--------|------------------|--------|---------------------|----------------------|-------------|------|----------------|-----------------|-------------------|

Du colonne 1 jusqu'au colonne 9 c'est les mêmes données de la méthode de Caquot.

Colonne 9 : longueur de la conduite elle entre dans le calcul du diamètre voir annexe 5 formule (9.5).



Les colonnes 7,8 et 9 ne s'affiche pas en premier lieux jusqu'à ce qu'un message apparait et vous demande de charger les valeurs de la pente de pose et la nature de conduite.

Les résultats sont de la forme suivante tableau 6 figure 14.

| T bassin (ans) | Tc(s) | Tr(s) | Tc global(s) | Surface (ha) | I (mm/hr) | C global (%) | Débit de dimensionnement (m ³ /s) | Diamètre théorique (mm) | diamètre commercial (mm) | Vps |
|----------------|-------|-------|--------------|--------------|-----------|--------------|--|-------------------------|--------------------------|-----|
|----------------|-------|-------|--------------|--------------|-----------|--------------|--|-------------------------|--------------------------|-----|

Colonne 10 : temps de concentration global.

Colonne 11 : temps de concentration une fenêtre s'affiche pour le choix de la méthode du calcul du temps de concentration (voir annexe 6).

Colonne 12 : temps de rétention voir annexe 5 formule (9.5).

Colonne 13 : temps de concentration global voir annexe 5 formule (2.5)

Colonne 14 : surface de calcul voir annexe 5 formule (3.5)

Colonne 15 : intensité de pluie en mm/heure voir annexe 1 formule (2 .1)

Colonne 16 : coefficient de ruissellement global voir annexe 5 formule (4.5)

Colonne 17 : débit de dimensionnement en m³/s voir annexe 5 formule (1.5)

Colonne 18 : diamètre théorique en mm voir annexe 5 formule (5.5)

Colonne 19 : diamètre commercial en mm tiré de l'abaque des diamètres commerciaux voir annexe 3.

Colonne 20 : vitesse en m/s si la vitesse est admissible elle s'affiche en noir si non elle s'affiche en rouge (voir annexe 1 partie 4).

| T(ans) | Surface bas | Pente hydra | Longueur(m) | C(%) | PenteC | NaturC | longC | T bassin(ans) | Tc(s) | Tr(s) | Tc global(s) | Surface(ha) | i(mm/hr) | C global(%) | Débit de dim | Diamètre thé | diamètre cor | Vps |
|--------|-------------|-------------|-------------|------|--------|--------|-------|---------------|--------|--------|--------------|-------------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| 10 | 7,27 | 21,21 | 660 | 50 | 1 | AC | 660 | 10 | 18,153 | 295,42 | 18,153 | 7,27 | 198,31 | 50 | 1,8133 | 1031,2 | 900 | 1,9696 |
| 10 | 1,26 | 4,55 | 220 | 60 | 1 | AC | 660 | 10 | 4,2661 | | 4,2661 | 1,26 | 843,86 | 60 | 1,7517 | 1018,4 | | |
| 10 | 2,3 | 10 | 250 | 60 | 1 | AC | 660 | | | | | | | | | | | |
| 10 | 6,73 | 10,49 | 366 | 30 | 1 | AC | 660 | | | | | | | | | | | |
| 10 | 17,16 | 7,76 | 504 | 28 | 1 | AC | 660 | | | | | | | | | | | |
| 10 | 14,09 | 11,22 | 410 | 28 | 1 | AC | 660 | | | | | | | | | | | |
| 10 | 6,29 | 4,9 | 490 | 40 | 1 | AC | 660 | | | | | | | | | | | |
| 10 | 3,2 | 6,67 | 450 | 70 | 1 | AC | 660 | | | | | | | | | | | |
| 10 | 3,56 | 2,86 | 420 | 60 | 1 | AC | 660 | | | | | | | | | | | |
| 10 | 1,27 | 6,27 | 144 | 65 | 1 | AC | 660 | | | | | | | | | | | |

Figure 14 : méthode rationnelle.

c) Principaux menu disponible.

Le menu **Fichier** pour l'ouverture et la sauvegarde des fichiers et l'importation et l'exportation de fichiers Excel.

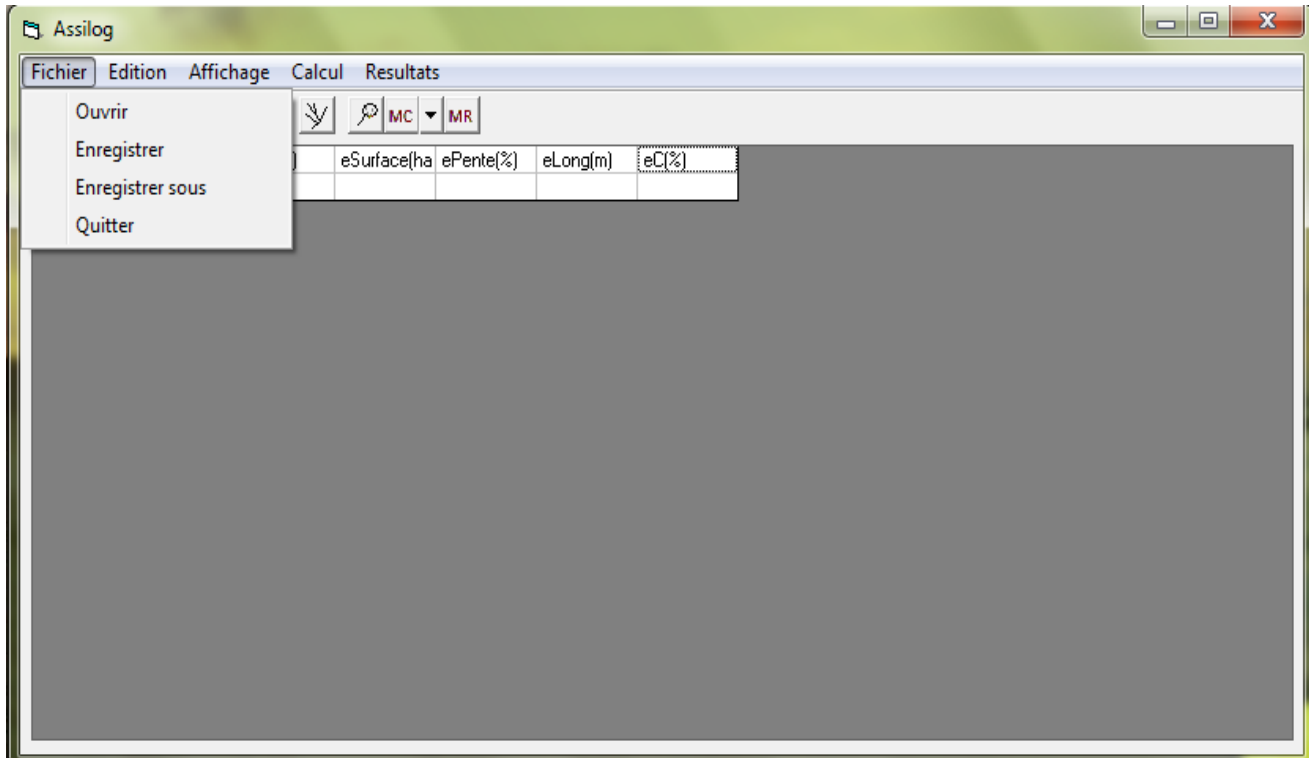


Figure 15 : menu fichier

Le menu **Edition**, contenant les outils pour modifier et éditer toutes les entités hydrauliques nécessaires à la schématisation du réseau.

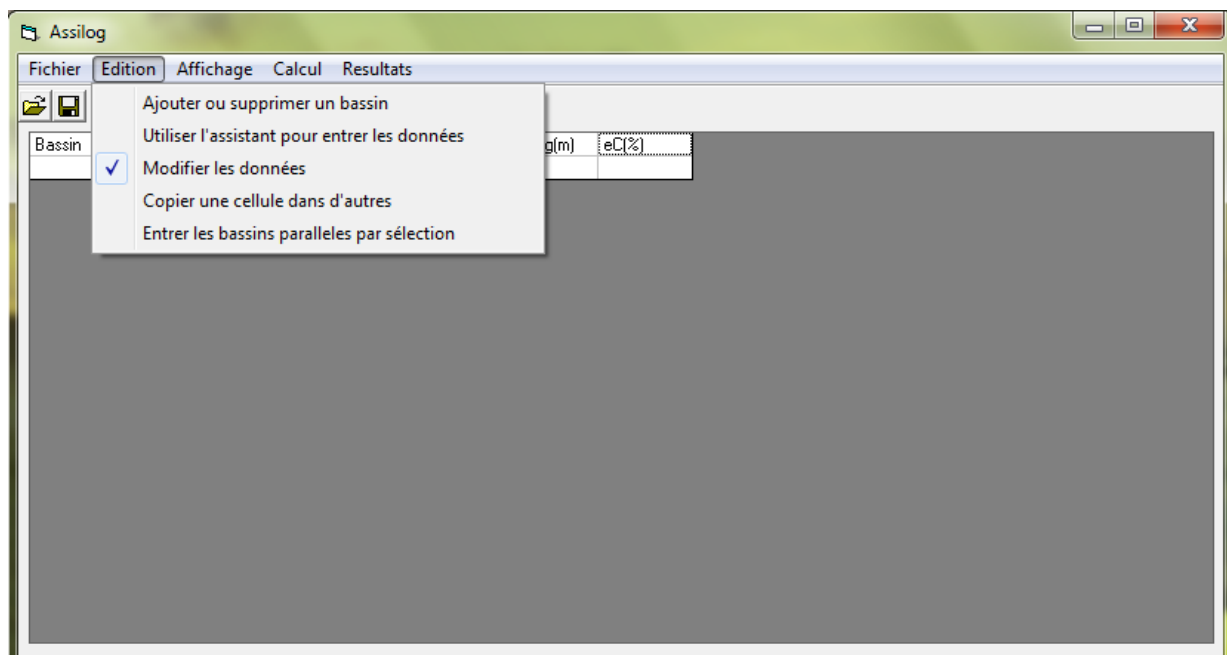


Figure 16 : menu Edition.

Le menu **Affichage**, contenant l'option pour afficher le réseau tracé.

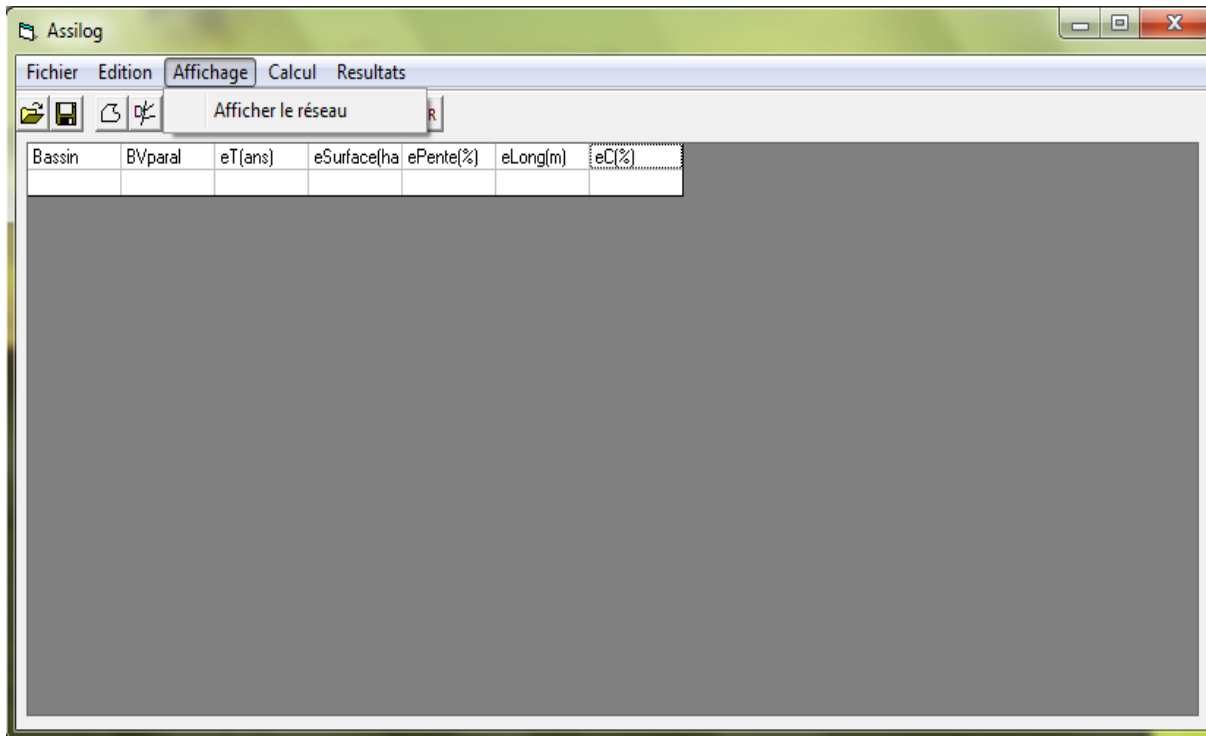


Figure 17 : menu Affichage.

Le menu **Calcul**, contient tous les commandes pour effectuer les calculs soit par la méthode de Caquot soit par la méthode rationnelle.

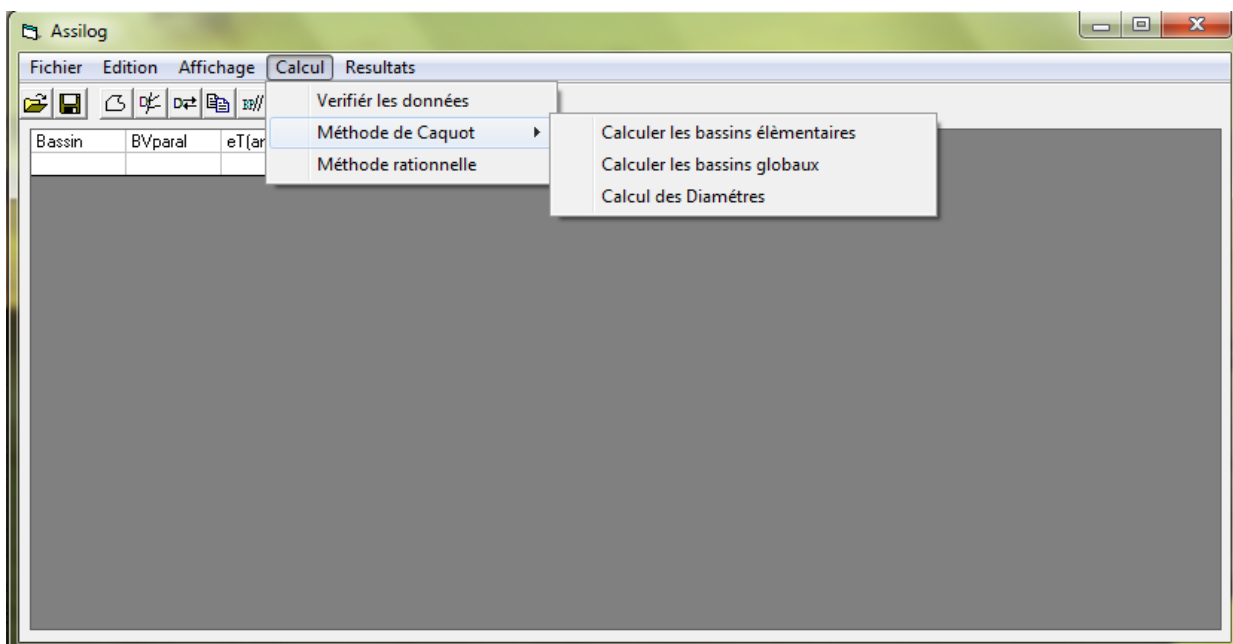


Figure 18 : menu Calcul.



Le menu résultat ce menu se compose de trois choix :

Choix des colonnes à afficher : pour choisir une colonne il faut cliquer sur le haut de cette dernière une fenêtre va s'afficher pour valider le choix en cliquant sur OK ou en annulant le choix en cliquant sur Annuler.

Afficher les colonnes sélectionnées : après le choix des colonnes voulues il faut cliquer sur cette case pour afficher les colonnes dans une page appart voir figure 19.

Afficher les plus importantes colonnes : ce sont des colonnes jugées importante comme le diamètre le débit corrigé ...etc.

| Débit de dirr | Diamètre thé | Diamètre co | Vps |
|---------------|--------------|-------------|--------|
| 8,6530 | 1820,4 | 2000 | 3,5666 |
| 1,8132 | 1031,2 | 2000 | 3,5666 |
| 4,6784 | 1455,6 | 2000 | 3,5666 |
| 3,9525 | 1369,1 | 2000 | 3,5666 |
| 0,1009 | 360,71 | 400 | 1,0661 |
| 0,1938 | 457,34 | 500 | 1,2607 |
| 2,9159 | 1225,7 | 2000 | 3,5666 |
| 4,2021 | 1399,9 | 2000 | 3,5666 |
| 5,2372 | 1516,6 | 2000 | 3,5666 |
| 0,1481 | 414,73 | 450 | 1,1648 |

Figure 19 : colonnes sélectionnées.

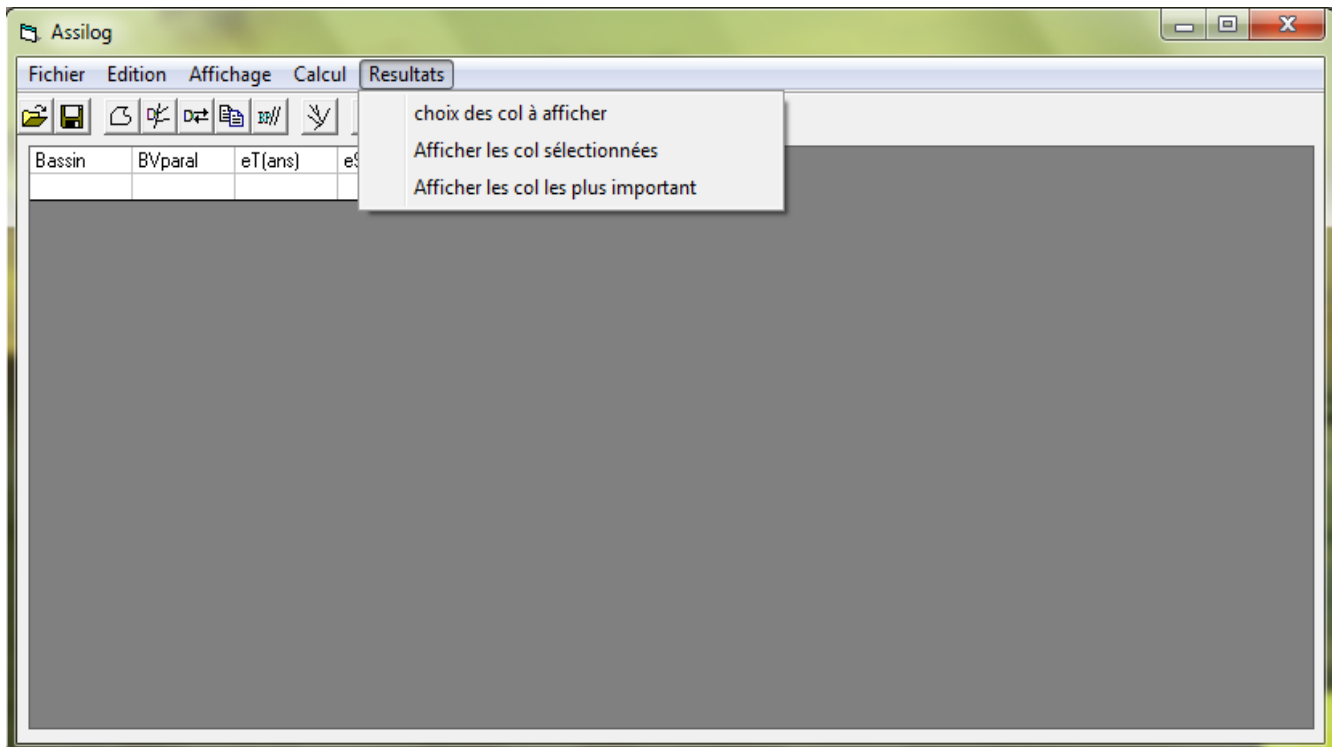


Figure 20 : menu Affichage.



V. Annexes

Annexe 1 :

Formule de Caquot [1]

L'expression littérale du débit provenant d'un bassin versant urbanisé pour une fréquence « F » donnée a été établie à partir des travaux de M. Caquot.

La formule superficielle du débit de fréquence de dépassement « F » prend l'aspect suivant

$$Q(F) = K^{1/U} I^{V/U} C^{1/U} A^{w/U} \quad (1.1)$$

Dans laquelle les divers paramètres sont des fonctions de a (F) et (ou) de b (F) qui sont eux-mêmes les paramètres de la relation suivantes (formule de Montana):

$$i(t, F) = a(F) * t^{b(F)} \quad (2.1)$$

Où i(t, F) est l'intensité maximale de la pluie de durée t, de fréquence de dépassement F.

i : mm/min

t : min

Q : m³/s

I : pente en m/m

C : coefficient de ruissellement.

A : superficie du bassin en hectare

$$K \text{ est un coefficient d'expression } \frac{0.5^{b(F)} * a(F)}{6.6} \quad (3.1)$$

$$U \text{ est un coefficient d'expression } 1 + 0,287 b(F), \quad (4.1)$$

$$Y \text{ est un coefficient d'expression } - 0,41 b(F), \quad (5.1)$$

$$w \text{ est un coefficient d'expression } 0,95 + 0,507 b(F). \quad (6.1)$$

$$M \text{ allongement du bassin } \frac{L}{A^{0,5}} \quad (7.1)$$

Cette formule est valable pour des bassins versants d'allongement moyen « M= 2 ».

Si M≠2 il faut corriger la relation en multipliant Q par un paramètre m.



$$Q_p' = Q_p \times m \text{ avec } m = \left(\frac{M}{2}\right)^{0.7b(F)} \quad (8.1)$$

Calcul des diamètres théorique :

On a d'après l'instruction technique 77

$$Q_p = 16,66 * D^{11/4} * \sqrt{I} \quad (9.1)$$

$$D' \text{ où } D = \left(\frac{Q_p}{16,66 * \sqrt{I}}\right)^{\frac{4}{11}} \quad (10.1)$$

1) Evaluation de la pente

Pour un bassin urbanisé dont le plus long cheminement hydraulique « L » est constitué de tronçons successifs « L_k » de pente sensiblement constante « I_k », l'expression de la pente moyenne qui intègre le temps d'écoulement le long du cheminement le plus hydrauliquement éloigné de l'exutoire est la suivante :

$$I = \left(\frac{L}{\sum \frac{L_k}{\sqrt{I_k}}}\right)^2 \quad (11.1)$$

2) Evaluation du coefficient de ruissellement

$$C = A/A' \text{ avec } C \geq 0,2 \quad (12.1)$$

A : surface revêtue

A' : surface totale

3) Validité de la formule de Caquot

Dans le domaine actuel de vérification de l'ajustement du modèle de M. Caquot, les formules d'expression du débit, quelle que soit la période de retour d'insuffisance choisie, sont valables dans les conditions suivantes :



- ✓ en ce qui concerne la surface du bassin ou du groupement de bassins, la limite supérieure « Aj » est fixée impérativement à 200 hectares
- ✓ en ce qui concerne la pente, la valeur de « I » doit rester comprise entre 0,002 et 0,05. Dans le cas de groupement de bassins, le rapport entre les pentes extrêmes déterminées pour chaque bassin doit rester inférieur à 20;
- ✓ en ce qui concerne le coefficient de ruissellement, la valeur de « C » doit rester comprise entre 0,2 et 1.

4) Condition d'auto-curage

a) Vitesse maximale admissible:

Condition 1 : 4 m/s (éviter abrasion du tuyau)

b) Vitesses minimales d'auto-curage:

- ✓ si $V < 0.6$ m/s dépôt des sables
- ✓ si $V < 0.3$ m/s dépôt des vases organiques

Pour le calcul de V en calcul en premier le diamètre commercial puis on calcul

$$Q_{ps} = 16,66 * D^{11/4} * \sqrt{I} \quad (13.1),$$

après on calcul $V_{ps} = 4 * Q_{ps} / \pi D^2$. (14.1)

En calculant $r_q = Q_p / Q_{ps}$ (15.1)

on déduit r_v à partir du tableau 1 annexe 3, $r_v = V / V_{ps}$ (16.1)

Donc $V = r_v * V_{ps}$ (17.1)

Avec Q_{ps} : débit en pleine section en m^3/s

V_{ps} : vitesse en pleine section en m/s

V : vitesse réel en m/s

D : diamètre en m

I : pente de pose de la conduite en m/m.

- Réseau pluvial ou unitaire:

- ✓ Condition 2 : $V \geq 0.6$ m/s pour $Q = 0.1 Q_{ps}$
- ✓ Condition 3: $V \geq 0.3$ m/s pour $Q = 0.01 Q_{ps}$



- Réseau eaux usées

- ✓ Condition 4 : $V > 0.5$ à 0.7 m/s à pleine section ou demi section
- ✓ Condition 5 : $V \geq 0.3$ m/s pour $h = 2/10 \text{ } \emptyset$
- ✓ Condition 6 : $h \geq 2/10 \text{ } \emptyset$ pour débit moyen actuel

Avec : V vitesse de l'eau dans la conduite en m/s

Q débit de l'eau dans la conduite en m^3/s

Q_{ps} débit en pleine section en m^3/s

h : hauteur de la lame d'eau dans la conduite en (mm)

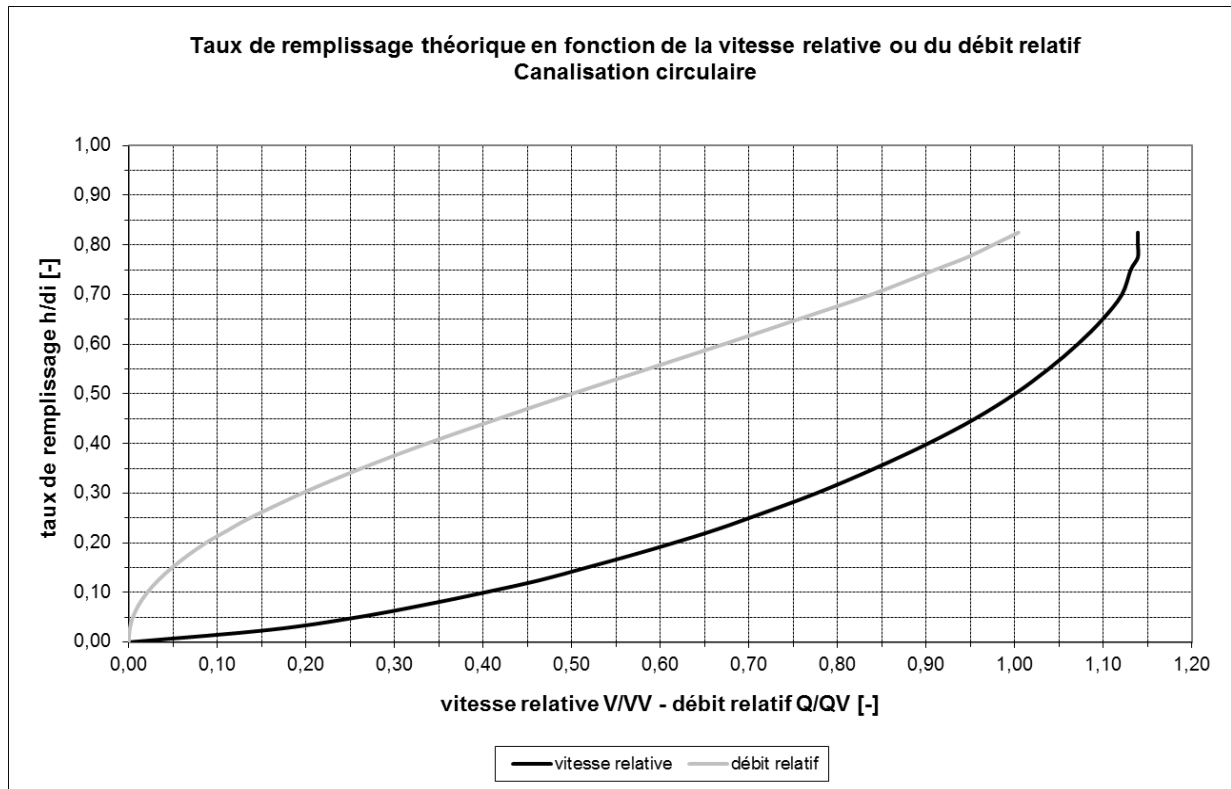
**Annexe 2 :**

Taux de remplissage théorique en fonction de la vitesse ou du débit relatif (canalisation circulaire)

| Q/Qps | H/D | V/vps |
|-------|------|-------|
| 0,001 | 0,02 | 0,14 |
| 0,003 | 0,04 | 0,22 |
| 0,007 | 0,06 | 0,29 |
| 0,013 | 0,08 | 0,35 |
| 0,021 | 0,1 | 0,4 |
| 0,031 | 0,12 | 0,45 |
| 0,042 | 0,14 | 0,5 |
| 0,056 | 0,16 | 0,54 |
| 0,071 | 0,18 | 0,58 |
| 0,088 | 0,2 | 0,62 |
| 0,106 | 0,22 | 0,65 |
| 0,126 | 0,24 | 0,68 |
| 0,148 | 0,26 | 0,72 |
| 0,171 | 0,28 | 0,75 |
| 0,196 | 0,3 | 0,78 |
| 0,222 | 0,32 | 0,8 |
| 0,249 | 0,34 | 0,83 |
| 0,277 | 0,36 | 0,86 |
| 0,307 | 0,38 | 0,88 |
| 0,337 | 0,4 | 0,9 |
| 0,368 | 0,42 | 0,92 |
| 0,4 | 0,44 | 0,94 |
| 0,433 | 0,46 | 0,96 |
| 0,466 | 0,48 | 0,98 |

| Q/Qps | H/D | V/vps |
|-------|------|-------|
| 0,5 | 0,5 | 1 |
| 0,534 | 0,52 | 1,02 |
| 0,568 | 0,54 | 1,03 |
| 0,603 | 0,56 | 1,05 |
| 0,637 | 0,58 | 1,06 |
| 0,672 | 0,6 | 1,07 |
| 0,706 | 0,62 | 1,08 |
| 0,74 | 0,64 | 1,09 |
| 0,773 | 0,66 | 1,1 |
| 0,806 | 0,68 | 1,11 |
| 0,837 | 0,7 | 1,12 |
| 0,868 | 0,72 | 1,13 |
| 0,898 | 0,74 | 1,13 |
| 0,926 | 0,76 | 1,14 |
| 0,953 | 0,78 | 1,14 |
| 0,977 | 0,8 | 1,14 |
| 1 | 0,82 | 1,14 |
| 1,021 | 0,84 | 1,14 |
| 1,039 | 0,86 | 1,14 |
| 1,054 | 0,88 | 1,13 |
| 1,066 | 0,9 | 1,12 |
| 1,073 | 0,92 | 1,12 |
| 1,076 | 0,94 | 1,1 |
| 1,071 | 0,96 | 1,09 |
| 1,057 | 0,98 | 1,06 |
| 1 | 1 | 1 |

Tableau(1.2) : Taux de remplissage d'une conduite en fonction des débits et vitesses relatifs



Figure(1.2) : taux de remplissage d'une conduite

**Annexe 3 :** Diamètres commerciaux des conduites circulaires.

| PVC série 1 d_{intérieur} (mm) | amiante ciment DN (mm) | tuyaux en béton armé DN (mm) | tuyaux en béton non armé DN (mm) | PEHD DN (mm) |
|---|-----------------------------------|---|---|---------------------|
| 104 | 100 | 250 | 120 | 200 |
| 119 | 125 | 300 | 150 | 300 |
| 153 | 150 | 400 | 200 | 400 |
| 190,6 | 175 | 500 | 250 | 500 |
| 237,8 | 200 | 600 | 300 | 600 |
| 299,6 | 250 | 700 | 400 | 800 |
| 380,4 | 300 | 800 | 500 | |
| 475,4 | 350 | 900 | 600 | |
| 599 | 400 | 1000 | 700 | |
| | 450 | 1200 | 800 | |
| | 500 | 1400 | | |
| | 600 | 1500 | | |
| | 700 | 1600 | | |
| | 800 | 1800 | | |
| | 900 | 2000 | | |
| | 1000 | | | |

Tableau (1.3) : diamètres commerciaux des conduites

- ✓ DN : diamètre nominale de la conduite,
- ✓ d_{intérieur} : diamètre intérieur de la conduite.

**Annexe 4 :****Groupement de bassin : parallèle, série. [1]**

| Paramètres Equivalents | Aeq | Ceq | Ieq | Meq |
|---------------------------|-------|--------------------------------------|---|---|
| Bassins En série | A_j | $\left(\frac{C_j A_j}{A_j} \right)$ | $\left(\frac{L_j}{\frac{L_j}{\sqrt{I_j}}} \right)^2$ | $\left(\frac{L_j}{\sqrt{A_j}} \right)$ |
| Bassins En parallèle | A_j | $\left(\frac{C_j A_j}{A_j} \right)$ | $\left(\frac{I_j Q_{pj}}{Q_{pj}} \right)$ | $\left(\frac{L(Q_{pj}^{MAX})}{\sqrt{A_j}} \right)$ |

Tableau (1.4) : paramètres équivalents des bassins versants composés

Pour le groupement parallèle des bassins le calcul de Meq nécessite la connaissance du débit maximum des bassins parallèles en amant.

La longueur équivalente des bassins parallèles est la longueur du bassin avec le débit maximum $Leq=L_{Q_{pj}^{MAX}}$.

C : coefficient de ruissellement.

A : superficie du bassin en hectare

Q : m³/s

I : pente en m/m

M allongement du bassin $\frac{L}{A^{0,5}}$

L : longueur du bassin en m



Annexe 5 :

La méthode rationnelle[2]

Rmq : La méthode qu'on va présenter dans cette annexe et la méthode qu'on trouve dans la littérature.

On a choisi de la présenter pour qu'elle soit comme une référence exacte, cependant ce qu'on a utilisé dans le calcul des diamètres dans cette méthode est outre que ce qu'on a présenté, on a utilisé la même formule que pour la méthode de Caquot déjà présentée sur l'annexe 1.

La méthode rationnelle sert à calculer les débits de ruissellement afin de calculer les diamètres des conduites. Cette technique est utilisée depuis la fin du siècle dernier (1889).

Ce n'est pas à proprement parler une méthode de simulation car elle est basée sur une approximation pondérée par les temps de parcours du débit de pointe de l'hydrogramme. Cette approximation nous donne donc l'ordre de grandeurs des débits à véhiculer mais ne peut prévoir toutes les situations critiques.

La méthode rationnelle permet de calculer chaque débit de dimensionnement du réseau de drainage en commençant en tête du bassin:

$$Q = \frac{1}{360} CiA \quad (1.5)$$

Où

Q = débit maximum de ruissellement en m³/s

A = aire du sous bassin en ha

C = coefficient de ruissellement

i = intensité de précipitation en mm/hr

- Les deux hypothèses de base sont :
 - L'intensité maximale du ruissellement à tout point du réseau est fonction du taux moyen de précipitation durant le temps de concentration
 - Le taux de précipitation maximum survient pendant le temps de concentration
- Conditions d'utilisation
 - Bassin versant de caractéristiques homogènes

L'intensité de précipitation doit donc être déterminée sur la courbe intensité-durée-fréquence pour le temps de concentration du bassin. Ce temps peut être déterminé par plusieurs formules voir annexe 6.



Le coefficient de ruissellement C doit être déterminé à partir de tables de valeurs calculées en fonction de la nature du sol; en voici quelques valeurs typiques :

| Surface | C |
|--------------------|-------------|
| Toits | 0,70 @ 0,95 |
| Asphalte | 0,85 @ 0,90 |
| Pavé | 0,75 @ 0,85 |
| Dalle | 0,40 @ 0,50 |
| Gravier | 0,15 @ 0,30 |
| Parc, gazon | 0,05 @ 0,25 |

Son application est relativement simple:

- Pour chaque sous bassin de tête de superficie A, on estime le temps Tc de concentration et le coefficient de ruissellement C. Pour une période de récurrence donnée, on choisit sur la courbe intensité-durée-fréquence un taux de précipitation I correspondant à une durée égale au temps de concentration. Ceci nous permet de calculer le débit, le diamètre de la conduite, la vitesse d'écoulement et le temps de parcours.
- Pour un sous bassin aval, on prend comme temps de concentration le maximum des temps de concentration et des temps de parcours des écoulements amont qui parviennent à son exutoire.

$$T_{c_{aval}} = \max (tc+tp)_{amant} \quad (2.5)$$

La superficie considérée sera la somme de toutes les superficies amont desservies par cet exutoire

$$A = \sum A_{i_{amant}} \quad (3.5)$$

Le coefficient de ruissellement sera la moyenne pondérée par les aires des sous-bassins amont des coefficients de ces sous-bassins

$$C = \frac{\sum C_i * A_i}{\sum A_i} \quad (4.5)$$



Le taux de précipitation est tiré de la courbe IDF.

On peut alors calculer le débit, le diamètre, la vitesse et le temps de parcours et passer au sous-bassin suivant.

Pour obtenir le bon diamètre, on procède comme suit :

- 1) Calcul du diamètre de la conduite circulaire pleine avec le débit de dimensionnement et la pente du sol par la formule de Manning :

$$D = \left(\frac{nQ}{\alpha} \right)^{\frac{3}{8}} \frac{1}{I^{\frac{3}{16}}} \quad (5.5)$$

Avec $\alpha = 0,3117$ en S.I. et $0,4632$ en S.A.

- 2) On arrondit à la valeur supérieure ce diamètre pour prendre une valeur commerciale D_c , et on calcule le débit plein:

$$Q_p = \frac{\alpha}{n} D_c^{\frac{8}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (6.5)$$

- 3) Calcul de la vitesse d'écoulement pour vérifier si elle comprise entre 0,6 et 4,5 m/s:

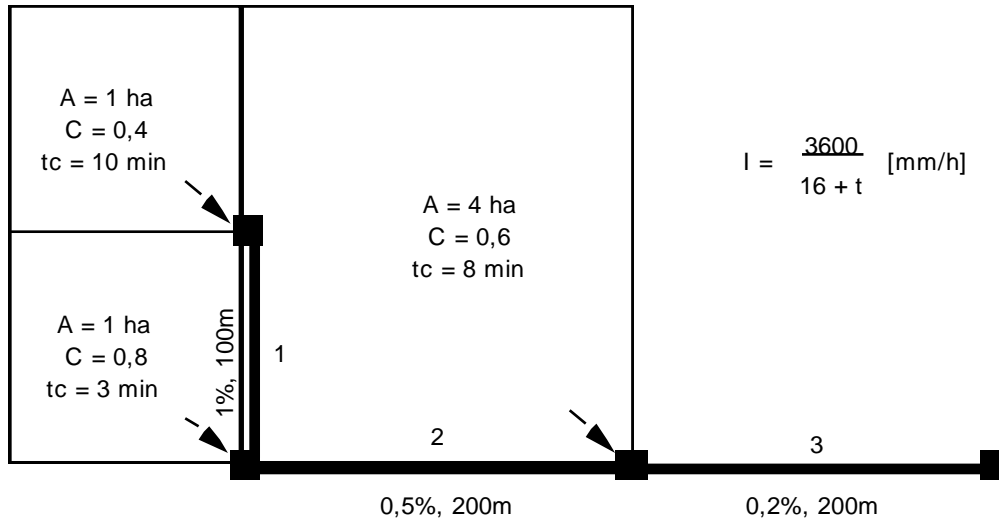
$$V_p = \frac{1}{n} \left(\frac{D_c}{4} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} = \frac{4Q}{\pi D_c^2} \quad (7.5)$$

- 4) Correction du diamètre ou de la pente pour obtenir un dimensionnement correct, le calcul de la pente en fonction des autres paramètres est donné par:

$$I = \left(\frac{nQ}{\alpha} \right)^2 \frac{1}{D_c^{\frac{16}{3}}} \quad (8.5)$$

- 5) Le temps de parcours (en minutes) est donné pour une conduite de longueur L par:

$$t_p = 60 \frac{L}{V} \quad (9.5)$$

Exemple :


Trois sous bassins sont drainés par les conduites 1, 2 et 3. On connaît leur superficie, leur coefficient de ruissellement ainsi que leur temps de concentration. La courbe IDF est donnée.

Conduite 1

L'intensité de précipitation est choisie à partir de la courbe IDF en fonction du temps de concentration :

$$I = \frac{3600}{16 + t_c} = \frac{3600}{16 + 10} = 138,5 \text{ mm/h}$$

Connaissant la superficie de l'aire drainée et le coefficient de ruissellement, on calcule le débit par la méthode rationnelle :

$$Q = \frac{1}{360} CiA = \frac{1}{360} \times 0,4 \times 138,5 \times 1,0 = 0,154 \text{ m}^3/\text{s}$$

On calcule alors le diamètre de la conduite coulant pleine qui peut passer ce débit avec une pente égale à celle de la rue sur une longueur donnée, avec un coefficient de Manning de 0,013 :

$$D = \left(\frac{nQ}{\alpha} \right)^{\frac{3}{8}} \frac{1}{I^{\frac{3}{16}}} = \left(\frac{0,013 \times 0,154}{0,3117} \right)^{\frac{3}{8}} \frac{1}{0,01^{\frac{3}{16}}} = 0,357 \text{ m}$$

On choisit un diamètre commercial (arrondi au 5 cm supérieur) :

$$D_c = 0,400 \text{ m}$$

On recalcule le débit plein que peut passer cette conduite :



$$Q_p = \frac{\alpha}{n} D_c^{8/3} I^{1/2} = \frac{0,3117}{0,013} \times 0,4^{8/3} \times 0,01^{1/2} = 0,208 \text{ m}^3/\text{s}$$

Puis la vitesse pleine :

$$V_p = \frac{4Q}{\pi D_c^2} = \frac{4 \times 0,208}{\pi \times 0,4^2} = 1,66 \text{ m/s}$$

Ce qui est une vitesse acceptable. Le temps de parcours dans cette conduite sera :

$$t_p = 60 \frac{L}{V} = 60 \times 100 \div 1,66 = 1,01 \text{ min}$$

Conduite 2

Cette conduite, qui le draine le deuxième sous-bassin, reçoit déjà un débit provenant de l'amont.

La superficie drainée est la somme des superficies drainées à l'entrée de cette conduite :

$$A = \sum_{i=1}^2 A_i = A_1 + A_2 = 1 + 1 = 2 \text{ ha}$$

Le coefficient de ruissellement est calculé comme la moyenne pondérée des coefficients des aires drainées à ce point :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^2 C_i A_i}{\sum_{i=1}^2 A_i} = \frac{0,4 \times 1 + 0,8 \times 1}{2} = 0,6$$

Le temps de concentration est égal au maximum des temps de concentration et de parcours :

$$t_c = \max \left\{ \begin{array}{l} t_{c1} \\ t_{c2} + t_{p1} \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 10 + 1,01 \end{array} \right. = 11,01 \text{ min}$$

Intensité de précipitation :

$$i = \frac{3600}{16 + t_c} = \frac{3600}{16 + 11,01} = 133,3 \text{ mm/h}$$

Débit de ruissellement :

$$Q = \frac{1}{360} C i A = \frac{1}{360} \times 0,6 \times 133,2 \times 2,0 = 0,444 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diamètre de la conduite coulant pleine :



$$D = \left(\frac{nQ}{\alpha} \right)^{\frac{3}{8}} \frac{1}{I^{\frac{3}{16}}} = \left(\frac{0,013 \times 0,444}{0,3117} \right)^{\frac{3}{8}} \frac{1}{0,005^{\frac{3}{16}}} = 0,605 \text{ m}$$

Diamètre commercial :

$$D_c = 0,650 \text{ m}$$

Débit plein :

$$Q_p = \frac{\alpha}{n} D_c^{\frac{8}{3}} I^{\frac{1}{2}} = \frac{0,3117}{0,013} \times 0,65^{\frac{8}{3}} \times 0,005^{\frac{1}{2}} = 0,537 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vitesse pleine :

$$V_p = \frac{4Q}{\pi D_c^2} = \frac{4 \times 0,537}{\pi \times 0,65^2} = 1,62 \text{ m/s, vitesse acceptable.}$$

Le temps de parcours :

$$t_p = 60 \frac{L}{V} = 60 \times 200 \div 1,62 = 2,06 \text{ min}$$

Conduite 3

Superficie drainée :

$$A = \sum_{i=1}^3 A_i = A_1 + A_2 + A_3 = 1 + 1 + 4 = 6 \text{ ha}$$

Le coefficient de ruissellement :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^3 C_i A_i}{\sum_{i=1}^3 A_i} = \frac{0,4 \times 1 + 0,8 \times 1 + 0,6 \times 4}{6} = 0,567$$

Le temps de concentration est égal au maximum des temps de concentration et de parcours :

$$t_c = \max \begin{cases} t_{c3} \\ t_{c2} + t_{p2} \\ t_{c1} + t_{p1} + t_{p2} \end{cases} = \max \begin{cases} 8 \\ 3 + 2,06 \\ 10 + 1,01 + 2,06 \end{cases} = 13,07 \text{ min}$$

Intensité de précipitation :

$$i = \frac{3600}{16 + t_c} = \frac{3600}{16 + 13,07} = 123,9 \text{ mm/h}$$

Débit de ruissellement :

$$Q = \frac{1}{360} CiA = \frac{1}{360} \times 0,567 \times 123,9 \times 6,0 = 1,170 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diamètre de la conduite coulant pleine avec une pente minimale de 0,25 % puisque la rue a une pente de 0,2 % :

$$D = \left(\frac{nQ}{\alpha} \right)^{\frac{3}{8}} \frac{1}{I^{\frac{3}{16}}} = \left(\frac{0,013 \times 1,17}{0,3117} \right)^{\frac{3}{8}} \frac{1}{0,0025^{\frac{3}{16}}} = 0,991 \text{ m}$$

Diamètre commercial :

$$D_c = 1,000 \text{ m}$$

Débit plein :

$$Q_p = \frac{\alpha}{n} D_c^{\frac{8}{3}} I^{\frac{1}{2}} = \frac{0,3117}{0,013} \times 1,0^{\frac{8}{3}} \times 0,0025^{\frac{1}{2}} = 1,199 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vitesse pleine :

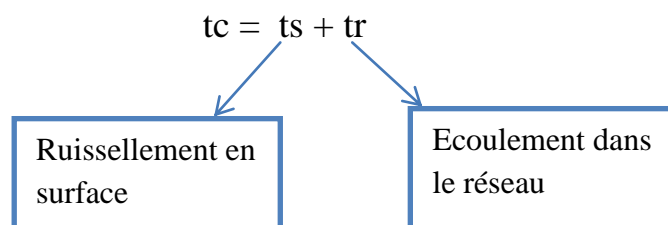
$$V_p = \frac{4Q}{\pi D_c^2} = \frac{4 \times 1,199}{\pi \times 1,0^2} = 1,53 \text{ m/s, vitesse acceptable.}$$

Le temps de parcours :

$$t_p = 60 \frac{L}{V} = 60 \times 200 \div 1,53 = 2,18 \text{ min}$$

- Inconvénients de la méthode

- Calcul malaisé de t_c :



- Ne tient pas compte de l'effet de stockage,
- Ne tient pas compte de la variabilité spatiale des pluies.



Annexe 6 :

Calcul du temps de concentration

Le temps de concentration est théoriquement le temps que prendra l'eau de ruissellement pour parcourir la distance entre le point le plus éloigné de l'exutoire et ce dernier. En d'autres mots, il s'agit du temps requis pour que l'écoulement d'équilibre soit atteint, c'est-à-dire que toute la superficie du territoire drainé participe à l'écoulement au site à l'étude.

Le temps de concentration varie en fonction de la distance à parcourir, de la pente du terrain, du type de sol, du type de la densité de la végétation, des caractéristiques de la surface et du taux de précipitation.

Il y a plusieurs formules pour le calcul du temps de concentration comme SCS, Giandotti, Kirpich, Caquot, Birdich etc ... Chaque formule a des conditions et critères d'utilisation spécifiques.

On va citer quelques formules

Formule de drainage des aéroports [3]

Dans le cas où le coefficient de ruissellement serait inférieur à 0,4, le temps de concentration est donné par l'équation suivante qui évalue le temps du ruissellement de surface sur le sol :

$$T_c = \frac{3,26(1,1 - C_p)L_c^{0,5}}{I^{0,33}} \quad (\text{formule de drainage des aéroports}) \quad (1.6)$$

Où T_c : temps de concentration (min)

C_p : coefficient de ruissellement

L_c : longueur du cours d'eau en (m)

I : pente du cours d'eau (%)

Cette équation est fortement recommandée et utilisée par plusieurs organismes travaillant dans le domaine routier en Amérique du Nord.

Certaines restrictions s'appliquent cependant :

- Si $C_p < 0,2$, la pente minimale du cours d'eau à retenir pour le calcul est $S_p = 0,1\%$, même si la pente réelle est $S_p < 0,1\%$,
- Si $0,2 < C_p < 0,4$, la pente minimale du cours d'eau à retenir pour le calcul est de $0,5\%$, même si la pente réelle est $S_p < 0,5\%$.

Méthode de Kirpich [4]



Cette méthode est adaptée aux bassins versants dont la superficie varie entre 0,4 ha et 81 ha, dont les sols sont argileux et dont la pente moyenne est comprise entre 3% et 10%. Le temps de concentration est alors calculé à partir de l'équation suivante :

$$T_c = \frac{(0,000325 * L^{0,77})}{I^{0,385}} \quad (2.6)$$

T_c : temps de concentration (h)

L : Longueur maximale du parcours de l'eau dans le bassin versant (en m).

I : Pente longitudinale moyenne du bassin versant, en suivant l'écoulement de l'eau. Cette pente est calculée entre les points qui se trouvent à 10 % et à 85 % de la distance totale entre le point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant (en termes de temps de parcours de l'eau) et l'exutoire du bassin versant. La pente doit être exprimée en mètres par mètre (une pente de 1% équivaut à 0,01 m/m).

La formule de CAQUOT[5]

Aucune information sur le domaine de validité de cette formule.

$$T_c = \left(\frac{L}{11}\right) \sqrt{I} \quad (3.6)$$

T_c : Temps de concentration en secondes ;

L : longueur du plus long parcours ;

I : pente sur le parcours L en m/m

Formule de PASSINI

$$T_c = 0,108 * \frac{(AL)^{1/3}}{I^{1/2}} \quad (4.6)$$

T_c : Temps de concentration en secondes ;

L : longueur du plus long parcours ;

I : pente sur le parcours L en m/m

A : surface en Km²



Formule SCS (1975)

$$T_c = 0,023 * L^{0,8} \frac{((1000/CN) - 9)^{0,7}}{I^{0,5}}$$

avec CN= 78, CN est le numéro de la courbe de ruissellement SCS correspondante

T_c : Temps de concentration en secondes ;

L : longueur du plus long parcours ;

I : pente sur le parcours L en m/m.

VI. Bibliographie

- Caquot, 1977, Instruction technique 1977 [1]
- ARTC (association des routes et du transport du CANADA), 1982, Drainage Manual-Volume1. [3]
- Montas H.J., P.G. Enright et C. Madramootoo. 1990. Évaluation des débits de pointe pour les petits bassins versants du Québec. Agdex 750, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, service du génie. [4]
- Manuel guide en assainissement urbain. [2]