

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences agronomiques



Mémoire de fin de cycle d'étude

En vue de l'obtention de Diplôme de Master

Filière : science agronomique

Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydrique

Thème

**Programme de calcul d'une conduite d'assainissement en
Visuel Basic Application : VBA
(Cas d'un réseau séparatif)**

Etudié par : M^{elle} : REMITA Lynda

M^{elle} : CHAIB Hayat

Membres du jury:

Président : M^r MEROUKI Kamel

chargé de cours UMMTO

Promoteur : M^r SI SMAÏL Ali

chargé de cours UMMTO

Examineur : M^r ALLILI Nacer

chargé de cours UMMTO

Examineur : M^r AMINE Larbi

chargé de cours UMMTO

Promotion 2016/2017

Remerciement

Au terme de ce modeste travail, nous remercions avant tout DIEU de nous avoir donnée le courage et la forces nécessaire pour mener à terme ce projet.

Nous tenon à témoigner nos profonds remerciements et profonde considération à notre promoteur M^f: Si Smail pour ses encouragements et surtout sa disponibilité qui a été pour nous, une source constante de motivation, pour achever ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres du jury qui nos feront l'honneur de juger notre travail ainsi qu'aux enseignants qui ont contribué à notre formation et tout le personnel du département d'agronomie.

Notre profonde gratitude et nos plus vifs remerciements vont à nos familles pour leur aide, leur patience, leur encouragement est pour tous les sacrifices qu'elles ont faites pour nous avoir réussir.

Que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire retrouve ici l'expression de nos plus profonds remerciements.

Dédicace

A l'aide de notre dieu le tout puissant on a pu faire ce modeste travail que je dédie a :

A celle qui m'a comblé d'amour, de soutien et de tendresse. A vous mon signe de joie et de bonheur, ma fierté et mon honneur : Ma Mère

A celui qui a sacrifié sa vie pour me guider et m'encourager avec ces précieux conseils et son soutien tout au long de mes études : Mon Père

A mon âme sœur, l'homme de ma vie, la lumière de mon chemin ; tes sacrifices, ton soutien moral, ta gentillesse sans égal, ton encouragement m'ont permis de réussir mes études : Mon fiancé Mounir

A mon chère frère ; Hakim

A mes adorables sœurs ; Souhila , Tinhinane et celle que je considère autant Lilia

A mes deux poussins ; Ilyana et Anes

A toutes mes copines avec qui j'ai passé les meilleurs moments les loulou

A toute ma grande famille ; tantes, oncles, cousins, cousines et ma grand-mère, ainsi que toute ma belle famille

A ma très chère collègue Hayat et toute sa famille

A toute la promotion TVRH

A toute personne chère

Lynda

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

➤ *Mes très chers parents :*

Qui ont tous donné pour me voire réussir, et qui ont été toujours présent pour moi, m'ont encouragé et soutenu. Que Dieu les protèges et m'aide à les honorer

➤ *Mes très chers frères Mohamed, Malek et Abdelatif et leurs familles :*

Qui m'ont toujours poussé à donner le meilleur de moi-même

➤ *Mes chères sœurs et leurs familles :*

Fatima, Munira, Naïma, Fatma, Kahina et Karima, leurs conseils et soutien m'ont était toujours d'une aide précieuse

➤ *A mon meilleur ami Younes et sa famille :*

Pour son soutien et son encouragement et à qui je souhaite le succès et la réussite

➤ *A mes amis :*

Kenza, Samir et Sonia, Pour leur aide et tous les meilleurs moments qu'on a passés ensemble

➤ *A ma binôme et sa famille :*

Pour les bons et les mauvais moments que nous avons passé ensemble

A toutes les personnes qui m'ont soutenue et crus en moi lors de mon parcours et à tout ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, je leur dédie ce travail espérant avoir répondu à leurs souhait de me voir réussir.

HAYAT

Liste des abréviations

AEP : assainissement d'eau potable

C : constante de CHEZY

C_m : consommation moyenne journalière

C_p : coefficient de pointe

D : diamètre

d_{35} : diamètre(m) au quel correspond 35%(en poids) de matériaux de diamètre supérieure

DBO₅ : la demande biochimique en oxygène à cinq jours

DCO : la demande chimique en oxygène

D_{th} : diamètre théorique

G : coefficient de gravité

h : potentiel hydrique

HAP: hydrocarbures aromatiques polycyclique

I : pente hydraulique

Idl et dhl : la pente hydraulique(I)

K : coefficient de Manning-strickler

L : longueur caractéristique de l'environnement de l'écoulement

L_h : distance horizontale

MS : Microsoft

n : rugosité

N₂: azote à ca forme gazeuse

NGL: azote global

NH₄⁺: ammonium

N_{hab} : nombre d'habitant

NO₂: nitrite

NO₃⁻: nitrate

PCB: les polychlorobiphényles

PDAU : plan d'occupation d'aménagement et d'urbanisme

PEHD : polyéthylène haute densité

P_m : périmètre mouillé

POS ; plan d'occupation des sols

PP : polypropylène

Q : débit

Q_m : débit moyen

R_h : rayon hydraulique

S : section pleine

S_{th} : section théorique

ν : viscosité cinématique du fluide (l'eau en hydraulique)

VBA : système Visuel Basic disponibles dans le logiciel Excel

V_{max} : vitesse maximum

V_{th} : vitesse section pleine

Z_e : la cote à l'entrée

Z_s : la cote à la sortie

γ : Coefficient de rugosité de Bazin

Δh : perte de charge

Liste des tableaux

Tableau (I.1) : Ordre de grandeur des coefficients de Manning et de Strickler selon le type de conduite

Tableau (III.1) : comparaison entre un système collectif et un système individuel

Tableau (III.2) : comparaison entre un système séparatif et unitaire

Liste des figures

Figure (I.1) : Surface libre des différents types d'écoulement

Figure (I.2) : Ecoulement uniforme à surface libre (équation de Bernoulli)

Figure (I.3) : Caractéristique d'une conduite à surface libre

Figure (III.1) : Schéma de principe d'un assainissement individuel

Figure (III.2) : Schéma de raccordement en système séparatif

Figure (III.3) : Schéma d'un réseau d'assainissement unitaire

Figure (III.4) : Schéma d'un déversoir d'orage

Figure (IV.1) : Photo d'une conduite d'assainissement avec regard en béton

Figure (IV.2) : Photo d'un réseau d'assainissement en PVC

Figure (IV.3) : Photo d'une conduite d'assainissement en PEHD

Figure (IV.4) : Photo d'une conduite d'assainissement en PP (réseau séparatif)

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale et problématique.....	1

Chapitre I : Ecoulement a surface libre

I-1- Introduction	3
I-2- les différents types d'écoulement à surface libre	3
I-3- Equation de Bernoulli.....	4
I-4-La formule de Chézy.....	7
I-5-La formule de Manning.....	8
I-6-La formule de Manning Strickler.....	8
I-7-la formule de Bazin	9

Chapitre II : Nature et source de la pollution des eaux

II-1-Introduction.....	10
II-2-Les différents types de pollution	10
II-2-1- La pollution organique.....	10
II-2-2- La matière en suspension.....	11
II-2-3-La pollution azotée et phosphorée.....	11
II-2-4- La pollution microbiologique.....	12
II-3- Les sources de pollution d'eau.....	12
II-3-1- La pollution urbaine.....	12
II-3-2-La pollution domestique.....	12
II-3-3- La pollution industrielle.....	13
II-3-3-1- Les différents types des polluants industriels.....	14
II-3-4- -La pollution agricole.....	16
II-3-4-1-Les types de polluant agricole	16
II-4- Lutte contre les polluants de l'eau.....	18

Chapitre III : Les systèmes d'assainissement

III-1-Introduction.....	20
III-2-Classification des eaux.....	20
III-3- Définition d'objectif.....	20
III-4-les différents systèmes d'assainissement.....	21
III-4-1-Assainissement individuel.....	21
III-4-2-Assainissement collectif.....	22
III-4-2-1-Les systèmes fondamentaux.....	22
III-4-2-2-Les systèmes pseudo-séparatifs.....	25
III-4-2-3-Les systèmes composites.....	25
III-4-2-4-Les systèmes spéciaux.....	25
III-5-Comparaison entre les systèmes d'assainissement	26
III-5-1-comparaison entre le système collectif et le système individuel.....	26
III-5-2-comparaison entre le système séparatif et le système unitaire.....	27

Chapitre IV : Les conduites et collecteurs d'assainissement

IV-1-Introduction.....	28
IV-2-les conduites en béton.....	28
IV-3-les conduites en polychlorure de vinyle (PVC).....	29
IV-4-les conduites en polyéthylène de haute densité (PEHD).....	30
IV-5-les conduites en polypropylène (PP).....	30

Chapitre V : calcul et dimensionnement d'un réseau d'assainissement

V-1-Introduction.....	32
V-2- Les éléments et paramètres du programme	32
V-2-1-La consommation moyenne journalière par habitant (Cm).....	32
V-2-2-Estimation du débit moyen (Qm).....	33

V-2-3-Le débit de pointe ou de projet (Q_{sp}).....	
V-2-4- Calcul de diamètre théorique (D_{th}).....	33
V-2-5- Le rayon hydraulique (R_h).....	33
V-2-6- La pente de la conduite (pente du sol).....	34
V-2-7- Calcul de la vitesse a section pleine (V_{sp}).....	34
V-2-8- Calcul de la vitesse maximale (V_{max}).....	35
V-2-9- La condition d'aurocurge.....	36
V-2-10-calcul de débit maximal.....	36
V-3- le diagramme du programme de calcul	37
Conclusion générale	39
Les références bibliographiques	
Annexes.....	
Résumé.....	

Introduction générale

L'assainissement des eaux usées est devenu un impératif pour nos sociétés modernes. En effet, le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants. Les ressources en eau n'étant pas inépuisables, leur dégradation, sous l'effet des rejets d'eaux polluées peut non seulement détériorer l'environnement, mais aussi entraîner des risques de pénuries.

Ainsi donc un réseau d'assainissement a pour rôle principale l'acheminement des eaux usées et pluviales polluées, aux stations d'épuration, avant de les rejeter dans le milieu récepteur. Ce qui permet de préserver la santé publique d'une part et de protéger l'environnement d'autre part, en évitant de polluer les cours et les sources d'eau ainsi que les nappes souterraines.

Il existe dans la pratique plusieurs variantes de systèmes d'assainissement, parmi eux on note : les systèmes fondamentaux (séparatifs, unitaires et mixtes), les systèmes pseudo-séparatif, les systèmes composites et les systèmes spéciaux (systèmes sous pression ou dépression). Le choix parmi tout ces systèmes doit être justifié par une étude technique et économique, en tenant compte des exigences actuelles et futures, selon l'évolution démographique et les plans d'aménagement du territoire : le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) et le Plan d'Occupation des Sols (POS).

Un projet d'assainissement est relativement complexe, il doit prendre en considérations plusieurs facteurs et paramètres essentiels tels que : le nombre d'habitants actuels et futurs à raccorder aux réseaux, la topographie du site , sans oublier de tenir compte des fuites d'eau dans le réseau d'AEP et d'éventuels eaux parasites, qui peuvent s'introduire dans le réseau d'assainissement.

A cet effet, la présente étude a pour objectif la conception d'un outil de calcul, ou moyen d'un programme informatique, en langage VBA (Visuel Basic Application), accessible dans le logiciel Excel de Microsoft office qui équipe la plus part des ordinateurs actuels. (OTT L., 2016)

Ce programme se limite à l'estimation du débit de projet et du débit maximal, ainsi que le dimensionnement d'une conduite d'assainissement d'un réseau séparatif, avec vérification de la condition d'autocurage, en tenant compte du nombre d'habitants raccordés, de la pente du site et du type de conduite envisagé (béton, PVC, PEHD.....).

L'étude est répartie en cinq chapitres suivants : les écoulements à surface libre, les sources de pollution des eaux, les réseaux d'assainissements, les conduites et collecteurs d'assainissement et finalement le calcul et dimensionnement d'un réseau d'assainissement.

Chapitre I Les écoulements à surface libre

I.1 Introduction

Un écoulement à surface libre représente un écoulement avec une interface libre entre l'air et l'eau, Cette interface est soumise à la pression atmosphérique, comme dans le cas d'une rivière, d'un canal d'irrigation ou d'une conduite d'assainissement.

La force motrice de ces écoulements est la pesanteur (écoulement gravitaire). Selon leurs caractéristiques, on distingue les écoulements uniformes, graduellement variés et rapidement variés. Dans cette étude on s'intéresse particulièrement à l'écoulement uniforme.

Pour transporter un débit Q sur une certaine distance, il faut déterminer les caractéristiques de la conduite par un calcul économique (diamètre efficace) en tenant compte de sa résistance mécanique, de la pression du fluide et des pertes de charge linéairement réparties ou localisées. (CARLIER M., 1986)

I.2 Les différents types d'écoulement à surface libre

Selon les variations de la section d'écoulement on distingue dans la pratique :

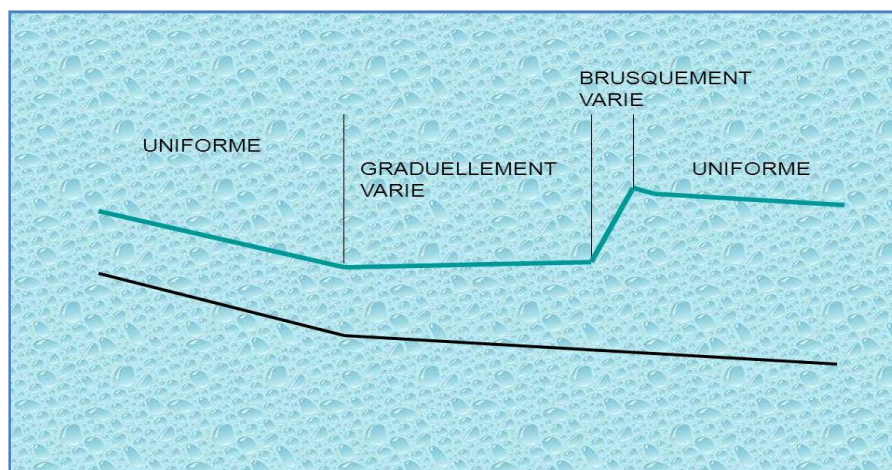


Figure (I.1) : Surface libre des différents types d'écoulement

L'écoulement uniforme : un écoulement dans un canal est dit uniforme lorsque le tirant d'eau (profondeur), la section mouillée et le périmètre mouillé. Ne varient pas d'une section à l'autre. La surface libre est presque parallèle à la pente du fond du canal. (CARLIER M., 1986)

- **L'écoulement graduellement varié** dans ce type d'écoulement la section d'écoulement varié mais progressivement d'une manière graduelle.
- **L'écoulement rapidement varié** dans ce cas la section d'écoulement varié brusquement avec une pente de la surface libre élevée.

I.3 Equation de Bernoulli

La théorie de Bernoulli traduit la conservation d'énergie totale (énergie cinétique plus énergie potentielle) le long d'un écoulement dans un canal.

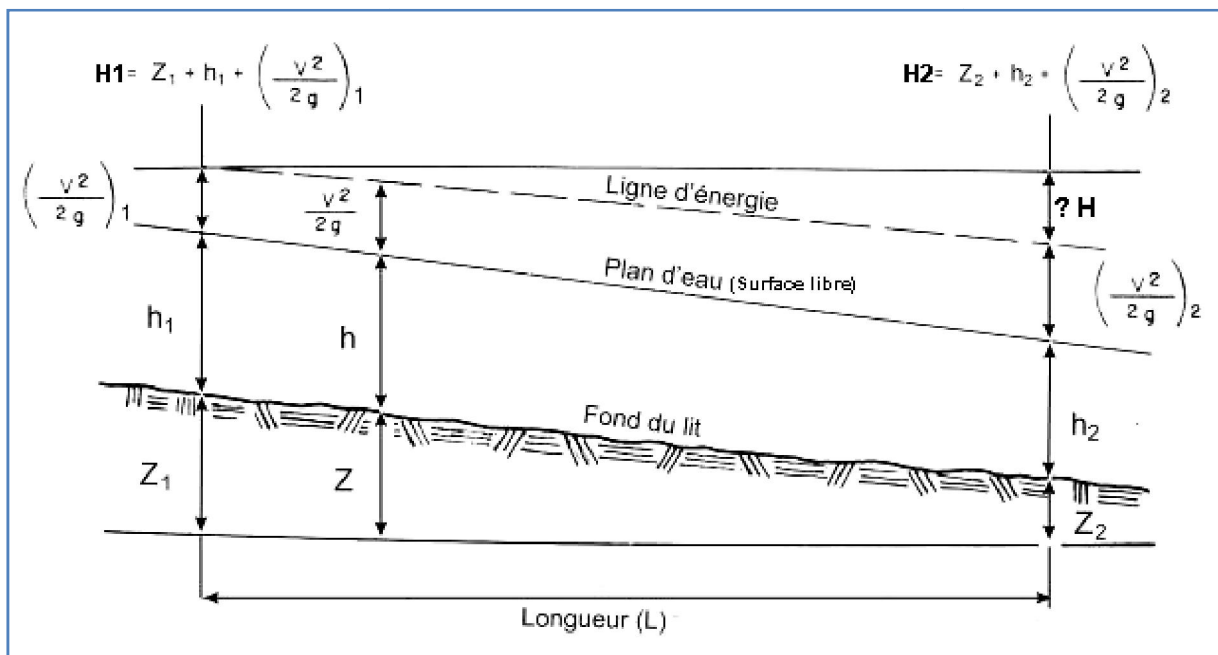


Figure (I.2) : Ecoulement uniforme à surface libre (Equation de Bernoulli)

Ainsi entre les sections S1 et S2 d'un écoulement à surface libre Figure (1.1) on peut écrire :

$$H_1 = H_2 + \Delta H \quad (1)$$

Ou bien sous la forme :

$$z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H \quad (m) \quad (2)$$

Avec :

- $H_1 = z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g}$ est l'énergie totale par unité de poids du fluide à la section S₁ (m)
- $H_2 = z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g}$ est l'énergie totale par unité de poids à la section S₂ (m.)
- ΔH Perte de charge (perte d'énergie par unité de poids) entre S1 et S2
- z est la cote de la section (m)
- h est le potentiel hydraulique (m)
- $z+h$ représente l'énergie potentielle par unité de poids (m)
- $\frac{V^2}{2g}$ est hauteur cinétique (énergie cinétique par unité de poids) (m)

Dans le cas d'un écoulement uniforme la profondeur de l'eau est identique :

$h_1 = h_2$ et la vitesse est constante : $V_1 = V_2$. Dans ces conditions la surface libre, la ligne de charge et le fond du canal sont parallèles entre eux

Ainsi l'équation de Bernoulli (2) peut être représentée par la relation :

$$z_1 = z_2 + \Delta H \quad (m)$$

La pente de la surface libre = pente de la conduite (du sol), Elle donnée par la relation :

$$i = \frac{z_1 - z_2}{L} = \frac{\Delta H}{L}$$

En effet, si l'on appelle "d" la distance qui sépare S1 et S2 dans le sens de l'écoulement, alors la perte de charge unitaire (par mètre linéaire) s'exprime par :

$$J = \frac{\Delta H}{d}$$

Les pentes des écoulements sont en général comprises en 5‰ et 5%. Même dans le cas où la pente serait de l'ordre de 10% la différence entre L et d est très faible. Voyons ça en posant :

$$\cos \alpha = L / d$$

avec :

$\alpha = \arctan (i)$ (arc-tangente de l'angle de la canalisation avec l'horizontale)

si $i = 0,1$ (pente de 10%) alors $\alpha = 5,71^\circ$, et $\cos (5,71) = 0,995$.

Donc $L = 0,995.d$ si la pente est égale à 10%.

On peut donc poser $d = L$

D'où :

$$i = J = \frac{\Delta H}{L}$$

Ce qui traduit que pour de faibles pentes, d'un écoulement gravitaire uniforme, la perte de charge unitaire est égale à la pente de la canalisation (CAUVIN A., GUERREE H. 1986)

Notion de rayon hydraulique (R_h)

Le débit d'un liquide dans une canalisation pleine dépend de sa section (ou du diamètre) et de la vitesse moyenne du fluide, laquelle est en relation avec la surface de frottement, autrement dit son périmètre mouillé P_m .

Les calculs hydrauliques des écoulements à surface libre utilisent le rayon hydraulique et non le rayon géométrique du conduit. Ils sont établis à partir d'une section circulaire théorique. Ce qui permet de calculer un débit avec les dimensions de cette même section quand elle est incomplètement remplie

Le diamètre de ce cercle est appelé *diamètre hydraulique* D_h . Par définition, le rayon hydraulique R_h est le rapport entre la surface mouillée S_m et le périmètre mouillé P_m :

$$R_h = \frac{S_m}{P_m}$$

Le taux de remplissage est pris en compte avec l'angle θ (thêta), exprimé en radian, formé par la hauteur h . La figure (I.3) donne toutes les formules nécessaires.

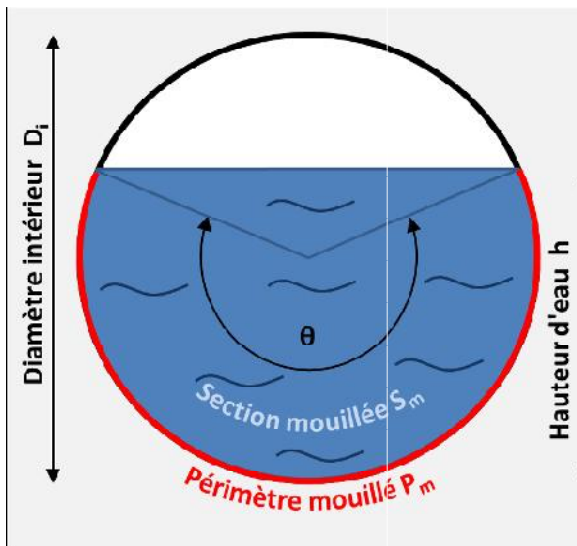


Figure (I.3) : Caractéristiques d'une conduite à surface libre

I.4 Formule de Chézy

Antoine Chézy a établi en 1775 la première équation de l'écoulement uniforme dite équation de Chézy (ou formule de Chézy) :

$$V = C \sqrt{R_h I}$$

où :

V est la vitesse moyenne (m/s) ;

R_h est le rayon hydraulique (m) ;

I est la pente de la ligne d'eau (m/m) ;

C est le coefficient de Chézy, il dépend de la rugosité du canal ($m^{0.5}/s$). (CAUVIN A., GUERREE H. 1986)

I.5 Formule de Manning

La relation de Manning qui date de A la fin du 19ème siècle Manning a proposé la relation suivante pour déterminer le coefficient de Chézy :

$$C = \frac{1}{n} R_h^{1/6}$$

D'où la relation dite de Manning :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Avec n est la constante de Manning

I.6 Formule de Manning-Strickler

Il est analogue à la formule de Manning dans la quelle le coefficient de Manning n est remplacé par le coefficient de Strickler ($K_s = 1 / n$) :

$$V = K_s \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Il est à noter qu' au États-Unis, n est désigné sous le nom de constante de Manning alors qu'en Europe on emploie plus couramment le nombre de Strickler K_s qui est l'inverse de la constante de Manning n . (CARLIER M., 1986)

Tableau (I.1) Ordre de grandeur des coefficients de Manning et de Strickler selon le type de conduite

Matières	Coefficient de Manning (n)	Coefficient de Strickler (K _s)
PE-PP-PVC	0,008 – 0,011	90 - 120
Béton	0,013 - 0,016	60 - 80
Béton armé	0,011 - 0,016	60 - 90
Grés	0,008 - 0,011	90 - 120
Fonte	0,011 - 0,014	70 - 90
Amiante-ciment	0,009 - 0,012	80 - 110

I.7 Formule de Bazin

Au début du 20^{ème} siècle Henry Bazin a proposé la relation suivante pour le coefficient de Chézy :

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_h}}}$$

Ainsi la relation de Chézy devient :

$$V = \left(\frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_h}}} \right) \sqrt{R_h I}$$

Où γ est le coefficient de rugosité de Bazin :

- $\gamma = 0,46$, pour les eaux pluviales avec sable et MES.
- $\gamma = 0,3$, pour les eaux pluviales avec zone de décantation et matériaux lisses
- $\gamma = 0,16$, pour les eaux pluviales et eaux usées en bâtiment. (CAUVIN A., GUERREE H. 1986)

Chapitre II Nature et sources de la pollution des eaux

II.1. Introduction

Le développement des tissus urbains et des agglomérations, l'extension et la modernisation de l'agriculture, l'amélioration du niveau de vie, le développement rapide des activités industrielles et touristiques ont accentués considérablement la demande en eau.

Ce développement n'est pas sans conséquences sur l'environnement et les ressources hydriques (nappes, sources et cours d'eau), étant donné qu'il génère des volumes d'eaux usées considérables, rejeté parfois dans le milieu récepteur, sans traitement préalable.

Cette pollution dues aux eaux usées a un impact considérable sur la santé humaine et animale ; notamment lorsque la toxicité de polluants, déversés dans l'eau potable et les eaux de baignade, est élevée, cas des métaux lourds (mercure, chrome, plomb, cadmium, nickel) et des pesticides et insecticides. (EMILIAN K., avril 2004)

II.2 Les différents types de pollution

II.2 .1 La pollution organique

Les rejets contenant des substances organiques sont à l'origine d'une consommation de l'oxygène présent dans le milieu récepteur et peuvent, s'ils sont trop abondants, entraîner la mortalité des poissons par asphyxie. La pollution organique présente également un impact sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Cette pollution est analysée par la:

- La demande chimique en oxygène (DCO) qui représente la quantité d'oxygène consommée par une substance chimique oxydante, dans des conditions normalisées. Ce paramètre est facile et rapide à obtenir, même si certains composés peuvent ne pas être oxydés ou perturber la mesure.
- La demande biochimique en oxygène à 5 jours (DBO5) qui est la quantité d'oxygène dissous consommée en 5 jours par les micro-organismes présents dans le milieu pour

réaliser une autoépuration, simulés par des bactéries. Contrairement à la DCO, la DBO5 ne mesure que les composés biodégradables. (OLIVIER A., janvier 2015)

II.2 .2 Les matières en suspension

Par leur effet obscurcissant, les matières en suspension présentes dans les eaux diminuent la photosynthèse qui contribue à l'aération de l'eau. Les organismes vivants peuvent alors manquer d'oxygène. Par ailleurs, les matières en suspension donnent aux rivières un aspect sale et trouble et peuvent gêner les poissons ou entraîner leur mortalité par bouchage des branchies.

Enfin, elles sont à l'origine d'envasements posant ainsi un problème d'entretien des cours d'eau et le colmatage des frayères, ce qui perturbe la reproduction des poissons. (OLIVIER A., janvier 2015)

II.2 .3 La pollution azotée et phosphorée

Une augmentation de la pollution azotée entraîne, d'une manière générale, une croissance excessive des algues et plantes dans le milieu récepteur et une consommation supplémentaire de l'oxygène dissous, d'où une dégradation du milieu aquatique (phénomène d'eutrophisation). Elle a également un impact sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Elle provient presque exclusivement du secteur agricole. Le phosphore est lui aussi l'un des facteurs de la prolifération d'algues.

L'azote peut se trouver dans les eaux rejetées par les industriels sous 4 formes dont la somme constitue l'azote global (NGL) :

L'azote organique, qui peut avoir comme origine la décomposition des déchets organiques ou les déchets de l'industrie des engrais azotés ; L'azote ammoniacal, qui se trouve généralement sous forme ionisée, issue d'une mauvaise station d'épuration, et dont la dégradation consomme l'oxygène de l'eau pour former des nitrates ; les nitrites, qui peuvent être présents sous forme ionisée ou non, la deuxième étant la plus toxique ; les nitrates, qui sont peu toxiques intrinsèquement mais facteur d'eutrophisation. (OLIVIER A., janvier 2015)

II.2 .4 La pollution microbiologique

La contamination microbiologique de l'eau a des conséquences importantes sur la santé humaine.

Elle est due aux bactéries d'origine fécale et provient principalement des eaux usées et des élevages agricoles.

Elle entraîne des conséquences pour la qualité des eaux de baignade, et la qualité microbiologique des zones de pêche et de culture de coquillages, huîtres, moules. (OLIVIER A., janvier 2015)

II.3. Les Sources de pollution de l'eau

II.3.1 La pollution urbaine

On désigne par le concept Tout- à l'égout le procédé consistant à évacuer par la même canalisation les eaux usées de toute nature, vannes, ménagères, industrielle et en partie ou en totalité des eaux pluviales.

Ce sont les eaux usées des habitations, utilisés en cuisines, douches (eaux ménagères) et toilettes (eaux –vannes), associés à des eaux provenant des commerces et des différentes activités qui entraînent la pollution de l'eau.

Le flot déversé est très variable en fonction de l'importance de l'agglomération et de son activité. Il peut contenir des matières fécales, de l'urine, les restes d'aliments, les déversements d'abattoirs, les déversements hospitaliers, les lessives, les détergents, insecticides, les hydrocarbures, les déchets de la petite industrie et divers produits toxiques. (BERTRAND-KRAJEWSKI J et al, 2008)

II.3.2 La pollution domestique

On distingue deux types d'eaux usées domestiques :

- les eaux de lavage ou eaux ménagères (les eaux grises), qui proviennent des salles de bain et des cuisines et qui sont généralement chargées de graisses, de débris organiques, de détergents, de solvants ;
- les eaux vannes ou les eaux noires, qui viennent des toilettes et sont chargées de diverses matières organiques matières fécales, de l'urine qui sont généralement très pathogènes.

Les principaux polluants ainsi générés sont :

- les composés azoté, phosphore, ammoniac ainsi que les germes qui proviennent des eaux noires (WC) ;
- les métaux lourds qui proviennent des eaux ménagères : cosmétiques, produits d'entretien, médicaments, lavage des vêtements. (BERTRAND-KRAJEWSKI J et al, 2008)

II.3.3. La Pollution industrielle

Les industries rejettent différents types d'eaux usées en fonction de leur secteur d'activité. On peut y retrouver des matières organiques, des graisses, des hydrocarbures, des métaux, des produits chimiques, des métaux lourds et des matières radioactives. Tout ces éléments si ils ne sont pas traités correctement peuvent engendrés des pollutions des eaux souterraines et des milieux dans lesquelles ils sont rejetés.

Toutes les industries ne génèrent pas une pollution de même type ni de même importance.

- Les industries agro-alimentaires (conserveries de légumes, caves coopératives, laiteries...) rejettent principalement des matières organiques ou azotées.
- Les industries lourdes, les industries chimiques et certaines industries de transformation des métaux peuvent être la source d'une pollution toxique et persistante.
- Les effluents provenant d'une tannerie par exemple, sont chargées de chrome et d'acides, produits toxiques utilisés pour le tannage des peaux. C'est une pollution chimique.

- La pollution physique peut être due au réchauffement de l'eau par les centrales thermiques, aux matières en suspension des mines, des carrières ou de la sidérurgie. (EMILIAN K., avril 2004)

II.3.3.1 Les différents types des polluants industriels

Parmi les polluants industriels on distingue :

- **Les Polychlorobiphényles (PCB)**

Sont des dérivés chimique chlorés .Ils sont aussi connus sous le nom de pyralènes. Apprécies pour leurs propriétés isolantes et pour leurs stabilité chimique et physique, les PCB ont été massivement utilisés par l'industrie en tant que liquide de refroidissement ou isolants dans toutes sortes d'appareils électrique, dans les lubrifiants , les liquides hydraulique, les plastique, le bitume, les encres et les peintures. Peu biodégradables, les PCB se sont accumulés dans l'environnement et dans les chaines alimentaires ou ils persistent encore aujourd'hui. Or il est montré que les PCB posent désormais de réels problèmes de toxicité (essentiellement chronique, neurologique et hépatique) et l'impact sur la santé publique est à prendre en considération. (EMILIAN K., avril 2004)

- **Les hydrocarbures**

La demande en oxygène des hydrocarbures est très importante et le problème posé par ce type polluant est lié à sa grande stabilité. Les hydrocarbures se dissolvent peu et se présentent généralement sous forme d'émulsion ou de surnageant, contribuant ainsi à la modification des échanges gazeux avec l'atmosphère : ce phénomène prend une importance particulier dans les zone calme, ou le film peut s'étendre sur une grande surface et modifier notablement la tension superficielle de l'eau ; parallèlement, ce film influe directement sur les réactions photosynthétiques, ce qui a pour conséquence de freiner une source importante de production d'oxygène au milieu . (EMILIAN.K., avril 2004)

- **Les cyanures**

Les cyanures sont analytiquement absents dans les eaux naturelles. Leur présence est liée aux rejets d'activités industrielles spécifiques (pétrochimie, extraction de l'or et d'argent en remplaceant du mercure,...). (EMILIAN.K., avril 2004)

- **Les fluorures**

Comme la plupart des métalloïdes, le fluor n'est jamais rencontré sous sa forme il apparaît comme constituant du spath-fluor, de fluorure de calcium, de la cryolite, des fluorure de sodium et d'aluminium et de diverses roches sédimentaires. Les fluorures ne se trouvent généralement pas d'une façon naturelle en quantité dangereuse dans les eaux superficielles ; certaines eaux naturelles présentant des teneurs en fluor atteignant jusqu'à 10mg/l. Les sources industrielles de pollution par le fluor comprennent les activités de fabrication de fluor et de sels fluor, de cryolite artificielle, d'aluminium ; et les activités de traitement de surfaces. (EMILIAN.K., avril 2004)

La présence de fluorure en quantité notable dans l'eau est susceptible de provoquer des effets toxiques importants sur les organismes aquatiques.

- **Les organohalogénés**

Les organohalogénés sont des substances chimiques organiques qui contiennent une ou plusieurs liaisons carbone-chlore. Ils sont fabriqués industriellement. Des composés organochlorés sont également formés non pas à partir d'un processus volontaire de fabrication mais en tant que sous-produits. Les secteurs industriels susceptibles d'être concernés sont divers et les substances en cause parfois mal identifiées.

A partir d'études diverses et concordantes, il est largement établi que certaines d'entre eux constituent une menace pour les grands équilibres atmosphériques et/ou présentent une toxicité, une persistance et une bioaccumulation pour l'environnement aquatique et ses interfaces végétales, animales et humaine. (EMILIAN.K., avril 2004)

- **L'azote**

L'élément azote existe principalement sous formes ioniques (ammonium NH_4^+ , Nitrite NO_2^- et nitrate NO_3^-) ainsi que sous formes gazeuses (N_2). Nos eaux usées contiennent de l'azote organique et de l'azote ammoniacales. L'azote organique est un élément constituant des cellules vivantes : végétales ou animales. Les ions NH_4^+ et NO_2^- sont très toxiques pour la faune aquatique et posent des problèmes pour la santé publique. Ils induisent une prolifération

bactérienne dans les eaux. Par contre les nitrates NO_3^- sont la principale source d'inquiétude. Ces ions se transforment en milieu acide faible en ions nitrites qui sont toxiques pour l'organisme humain. Les nitrates constituant aussi un agent fertilisant susceptibles de favoriser le développement excessif des algues dans le milieu aquatique. (EMILIAN.K., avril 2004)

- **Les métaux lourds**

Les plus fréquemment rencontrés mais qui sont aussi les plus dangereux sont le mercure, le cuivre, le zinc, le plomb, le chrome, le cadmium. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivant ainsi dans la chaîne trophique. La pollution radioactive peut avoir des effets cancérogènes et mutagènes sur les peuplements aquatiques. (EMILIAN K., avril 2004).

II.3.4. La pollution agricole

L'activité agricole modifie fortement la qualité et la dynamique de l'eau dans le milieu. Par la transformation du couvert végétal, le travail du sol, l'apport de fertilisants et de pesticides, l'agriculture altère le cycle de l'eau comme de ses composés. La croissance de la production agricole au moyen de l'agrochimie et de la mécanisation durant ces dernières décennies a entraîné des dégradations des sols et des eaux dans de nombreuses régions du monde.

La pollution agricole touche à la fois les eaux superficielles et les eaux souterraines. Le lessivage des engrais et des produits phytosanitaires utilisés en agriculture entraîne la contamination des ressources en eau par les pesticides et leur enrichissement en matière nutritive induisant le phénomène d'eutrophisation.

Cette pollution est due par de fortes concentrations en azote, phosphore, pesticides et microorganismes. (OLIVIER.A., janvier 2015)

II.3.4.1. Les types des polluants agricole

- **Les pesticides**

Les pesticides d'origine agricole les plus souvent quantifiés sont les herbicides. Bien que moins fréquente que celle des herbicides, une présence significative d'insecticides et de

fongicides utilisés en traitement de grandes cultures est mise en évidence dans l'eau des rivières. (OLIVIER.A., janvier 2015)

- **Les matières organiques**

Les déjections animales, issues de l'élevage, contiennent des matières organiques, matières azotées et phosphore pouvant poser des problèmes de pollution des eaux superficielles et souterraines dans les zones d'élevage intensif. Les rejets de bactéries dans l'environnement sont limités par les pratiques agricoles qui consistent à stocker le lisier dans des fosses. Lorsque les conditions d'épandage sont respectées, ces rejets sont bien absorbés par l'environnement. Toutefois, certains peuvent perdurer des semaines, voire des mois dans l'environnement et en zone d'élevage intensif. Le risque de détecter des microorganismes pathogènes dans les rivières peut alors être important. (OLIVIER.A., janvier 2015)

- **Le phosphore**

Élément limitant de la croissance des plantes, il est le principal facteur de l'eutrophisation et de la détérioration de la qualité des eaux. De très faibles teneurs en phosphore (quelques dizaines de mg/l) peuvent constituer un polluant dangereux. Le phosphore est apporté par l'agriculture sous forme d'effluents d'élevage et d'engrais minéraux. L'usage de phosphore dans l'agriculture, lié à l'utilisation d'engrais, contribue ainsi à la pollution des eaux superficielles. Pourtant, la principale source de phosphore en Europe n'est pas l'agriculture, mais les eaux usées domestiques et l'industrie. En France, par exemple, l'apport de phosphore par l'agriculture ne représente que 23% du total. (OLIVIER.A., janvier 2015)

- **Les nitrates**

La contamination de l'eau par les nitrates est un des principaux problèmes liés aux activités agricoles. 66% de la pollution aux nitrates est d'origine agricole, et seulement 12% est d'origine industrielle. (OLIVIER.A., janvier 2015)

- **Les compléments alimentaires et les antibiotiques**

Il y a, dans les sols, accumulation de métaux (cuivre, zinc) en provenance de l'alimentation des animaux d'élevage et des résidus d'antibiotiques utilisés contre les infections ou pour favoriser leur croissance.

II.4. Lutte contre les polluants de l'eau

Les pollutions de l'eau, de l'air et du sol, la production de déchets, les bruits, les odeurs ont été longtemps considérées comme des conséquences inévitables de l'activité humaine de production et de consommation. La nécessité d'action d'épuration et d'économie s'est cependant progressivement imposée. La gestion rationnelle des matières premières, économie d'énergie, protection de l'environnement est devenu l'une des priorités des nations industrialisées et, en même temps la règle de base de tout nouveau développement.

La lutte pour sauvegarde de l'environnement implique des mesures à deux niveaux, juridique (prévention) et technique (assainissement), ainsi que la poursuite d'un programme international de recherches et de développement.

Dans les secteurs industriels dans lesquels des métaux toxiques sont susceptibles d'être présents sont essentiellement les traitements de surface et, dans une moindre mesure, la mécanique. Le plus souvent, les établissements de traitements de surface traitent leurs effluents en interne dans des stations spécifiques, avant le rejet au milieu naturel ou dans un réseau collectif.

Ils recourent également à des techniques de recyclage, de récupération ou de régénération de métaux, limitant les rejets d'eau.

Dans tous les cas, il y a production de déchets industriels spéciaux qui peuvent être éliminés dans des centres spécialisés.

En ce qui concerne l'agriculture, une gestion rationnelle des irrigations (pilotage des irrigations) et des intrants est indispensable pour la préservation des sols et de la ressource hydrique.

les pesticides utilisés dans l'agriculture pour traiter les champs entrent dans le sol. L'eau de pluie les entraîne dans les rivières par le ruissellement ou dans les nappes phréatiques par l'infiltration. L'eau ainsi polluée intoxique les plantes et les animaux.

Les plantes fixent parfois certains pesticides. Planter une bande d'herbe au bord des rivières permet de réduire en partie les risques de pollution de l'eau. (EMILIAN.K., avril 2004)

Toute ces eaux usées doivent être acheminées, à la fin, vers la station d'épuration où elles vont subir les différents traitements tels que :

- Le prétraitement et le traitement primaire qui consiste à l'élimination des particules grossiers.
- Le traitement secondaire est composé de traitement biologique et du décanteur secondaire.
- Le traitement tertiaire comporte la désinfection et à la fin l'élimination des boues.

Chapitres III Les systèmes d'assainissement

III.1.Introduction

L'assainissement a pour objectif d'assurer la collecte et l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et domestique et de les évacuer dans les exutoires naturels, après un traitement préalable ; en respectant les exigences de la santé publique et la protection de du milieu récepteur (l'environnement).

Les eaux pluviales doivent être évacuées pour limiter la submersion des zones urbaines ; les eaux usées domestiques ; nécessitent d'être évacuées sans stagnation loin des habitations car les déchets qu'elles contiennent sont susceptibles d'engendrer des nuisances et des épidémies. (VALIRON.F., 1989)

III.2. Classification des eaux

Les eaux évacués par les réseaux d'assainissement peuvent être des :

- eaux usées domestiques comprenant les eaux ménagères (salle de bains, cuisine,) et les eaux vannes (toilettes),
- eaux pluviales qui proviennent des précipitations atmosphériques qui peuvent être utilisées comme eaux d'arrosage des jardins et de lavage des voies publique et privées et des cours d'immeuble,
- eaux industrielles dont les caractéristiques qualitatives ou quantitatives ne proviennent d'une activité industrielle, artisanale ou commerciale de fabrication ou de transformation,
- eaux de drainage des sous-sols. (VALIRON.F., 1989)

III.3. Définition d'objectifs

Les objectifs qui peuvent être fixés pour l'assainissement d'un milieu urbain sont :

- L'évacuation rapide sans stagnation et sans risque pour le personnel chargé de l'exploitation des ouvrages, loin des habitations, des tous les déchets d'origine humain ou animal et susceptible de donner naissance à des odeurs ou à des putréfactions nuisibles pour la santé des habitants,
- La protection des milieux naturels récepteurs en évitant de souiller les sols, les cours d'eau, les sources et les nappes
- L'évacuation vers le milieu naturel des eaux de ruissellement, avec ou sans stockage provisoire, pour éviter la submersion des voies publiques et des sous-sols (VALIRON.F., 1989).

III.4. Les différents systèmes d'assainissement

On distingue deux catégories de systèmes d'assainissement :

- L'assainissement autonome ou individuel
- L'assainissement collectif

III.4.1. Assainissement individuel

L'installation type d'assainissement individuelle (fig III.1) est composée essentiellement :

- D'un regard pour la collecte de toutes les eaux usées de la maison ;
- D'un dispositif de prétraitement grâce à :
 - ✓ une fosse toutes eaux pour retenir les graisses et les matières flottantes en surface et la décantation des matières solides dans le fond d'où la nécessité d'une vidange tous les 4 ans, bien qu'une partie de ces matières solides sont dissoute par les micro-organismes ;
 - ✓ un pré filtre incorporé pour retenir les matières en suspension.
- Un système de traitement pour la dépollution des eaux sortantes du système de prétraitement, il peut être constitué :
 - D'une tranchée d'infiltration ;
 - D'un filtre à sable ;

- D'un terre d'infiltration : l'épandage doit être réalisé dans un terre d'infiltration composé de sable siliceux réalisé en partie enterré ou au-dessus du sol en place. Ce sable fera office d'épurateur. Le sol en place sera le milieu dispersant. (Ce dispositif est envisageable lorsque la présence d'une nappe phréatique trop proche a été constatée). (REGIS B. 2008)

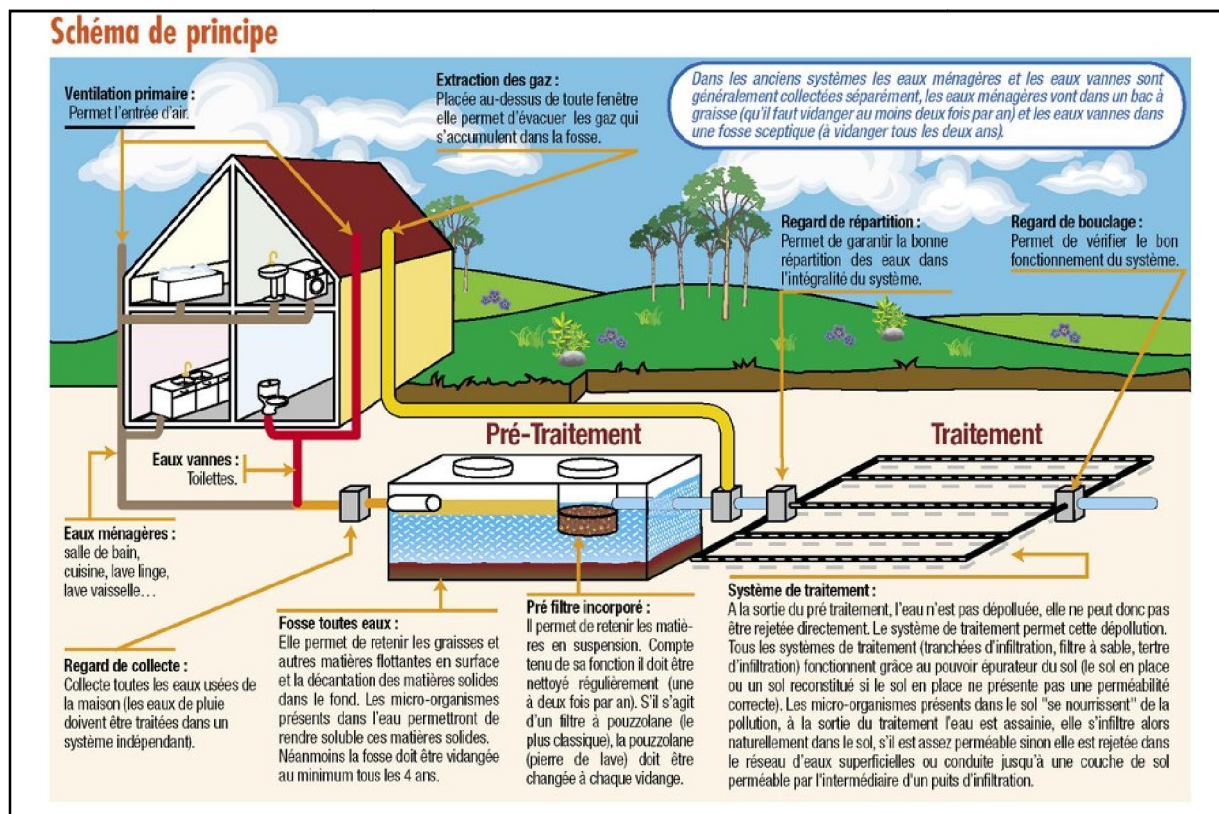


Figure (III.1) : Schéma de principe d'un assainissement individuel

III.4.2. Assainissement collectif

- Les différentes systèmes d'évacuation des eaux usées et/ou pluviales, utilisés dans la pratique, sont les systèmes fondamentaux (unitaires, séparatifs et mixte), les Systems pseudo-séparatif, le système composite et les Systems spéciaux. (SI SMAIL.A., 2015)

b) Les systèmes unitaires

L'évacuation des eaux usées et pluviales est effectuée par un seul réseau, généralement équipé d'un déversoir, pour rejeter dans le milieu naturel l'excès d'eau issu d'éventuels orages. (SI SMAIL.A., 2015) (fig3.3)

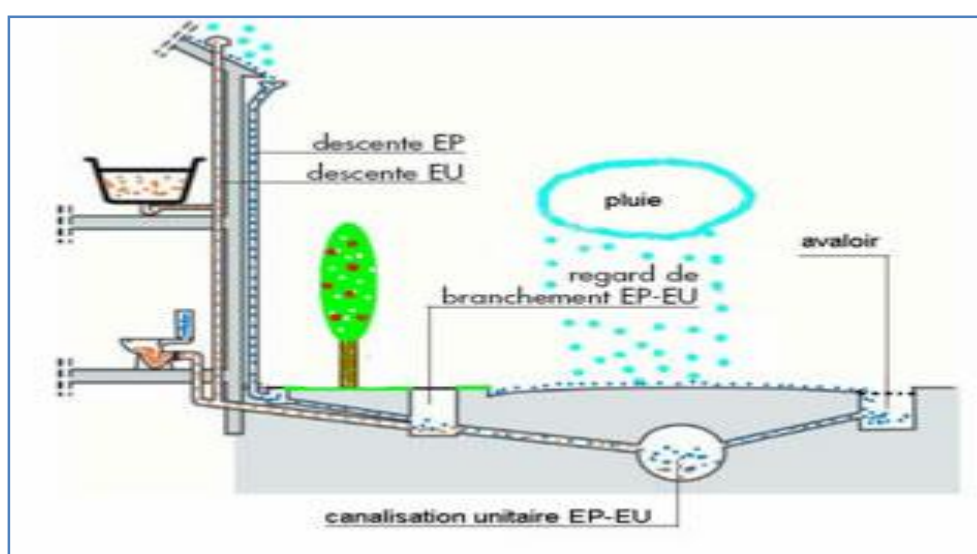


Figure (III. 3) : Schéma d'un réseau d'assainissement unitaire

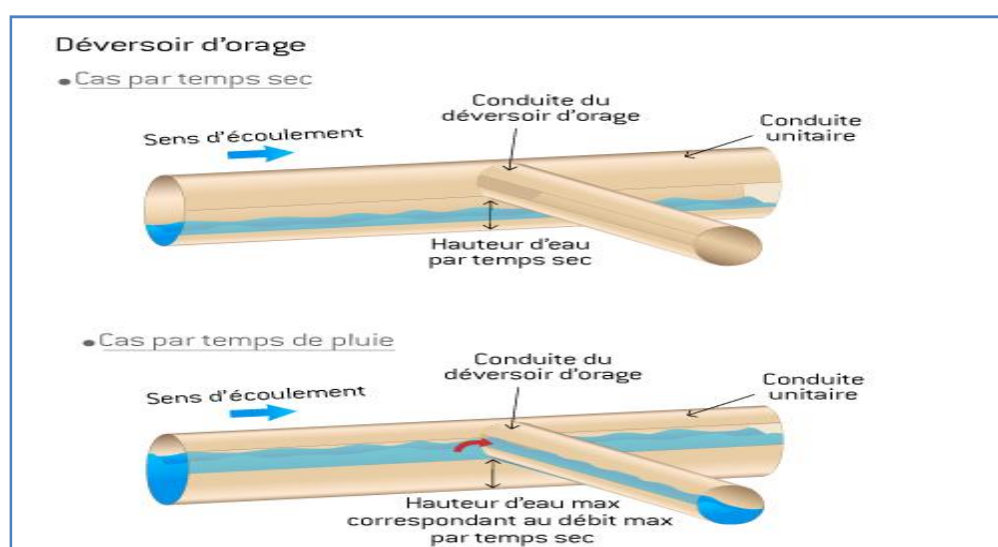


Figure (III.4) : Schéma d'un déversoir d'orage

c) Les systèmes mixtes

C'est un système composé à la fois d'un système séparatif et d'un système unitaire selon les caractéristiques des zones concerné par le réseau d'assainissement. (SI SMAIL.A., 2015).

III.4.2.2. Systèmes pseudo-séparatif

Pour permettre l'évacuation des éléments solides, en amont des réseaux, ne pouvant être chassés, faute d'un effluent en quantité suffisantes et/ou d'une pente faible, on peut accepter dans cette situation, le raccordement des eaux pluviales de quelques toitures d'habitations, à l'amont du réseau d'eaux usées.

Ce système ne peut présenter un intérêt que si le débit des eaux pluviales claires, ne dépasse pas la capacité de traitement de la station d'épuration (un faible apport). Dans le cas contraire, on est amené à réaliser un réseau unitaire. (VALIRON.F., 1989).

III.4.2.3. Systèmes composites

Ils consistent à une variante de systèmes séparatif, il a pour rôle de transférer au moyen d'aménagement particulier les eaux pluviales, les plus pollués, vers le réseau d'eaux usées et ce dans l'objectif de les acheminer vers la station d'épuration. (SI SMAIL.A., 2015)

III.4.2.4. Systèmes spéciaux

Ce type de système est à envisager dans des situations particulière, en distingué des systèmes sous pression (en charge) et des systèmes sous dépression (par aspiration).

a) Systèmes sous pression (refoulement)

Dans ce système le réseau fonction en charge, de façon permanente sur la totalité son parcourt. Avec la nécessité d'usage de pompes spéciales, pour le refoulement des débits d'eau chargé. (SI SMAIL.A., 2015)

b) Systèmes sous dépression (aspiration)

Il consiste à séparer les rejets en moyen d'une conduite d'aspiration, on utilisant des pompes spécifiques pour l'aspiration des eaux chargés.

- Les systèmes spéciaux sont limités pour les petites collectivités dont le relief est particulièrement plat. Ils nécessitent de l'énergie (thermique, électrique) pour le fonctionnement des pompes.
- leur exploitation est parfois complexe, il nécessite une main d'œuvre spécialisée. (SI SMAIL.A., 2015) .

III.5.comparaison entre les systèmes d'assainissement

III.5.1.comparaison entre un système collectif et individuel

L'assainissement collectif : dans les zones agglomérées (raccordé au réseau d'égouts publics ; avec traitement des eaux usées dans une station d'épuration).

L'assainissement non collectif : appelé aussi assainissement individuel ou autonome pour toutes les maisons non rattachées. (BISEAU M., BOURGES F., RUPERD Y. 1991)

Les avantages et l'inconvénient de chacun de ces deux systèmes est donnée dans le tableau (III.1) ci-dessous.

Tableau (III.1) : Comparaison entre un système collectif et un system individuel

	AVANTAGE	INCONVINIENT
RESEAU COLLECTIF	<ul style="list-style-type: none"> • La durée de vie(dizaine d'année) : si le raccordement est bien fait ; l'obstruction est très rare • L'absence d'entretien si il est bien fait. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le raccordement n'est pas toujours possible • L'investissement de départ est élevé puis son entretien nécessite des ressources matérielles et humaines importantes • Une grande consommation d'eau est nécessaire • D'inévitables fuites contribuent à polluer le sous sol.
RESEAU NON COLLECTIF	<ul style="list-style-type: none"> • Fait appel au pouvoir épurateur du sol. • Un procédé idéal pour les maisons secondaire. • Traitement biologique • Coût raisonnable • Fiabilité du système • Entretien facile 	<ul style="list-style-type: none"> _ Il y'a des entretient réguliers quelque soit les systèmes. _ Dans de nombreux cas aux vues de la ruralité de certain régions, il peut être à l'origine de pollution grave s'il n'est pas correctement conçu ou entretenu.

III.5.2. Comparaison entre système séparatif et système unitaire

Pour faire un choix entre ces systèmes d'assainissement il faut tenir compte d'un certain nombre de considération (Tableau III.2) tel que :

- La nature du réseau d'assainissement : réseau public ou réseau d'une habitation ou d'un immeuble.
- La considération économique de réalisation du réseau.
- Le choix d'un système facilitant l'évacuation rapide des eaux. (BISEAU M., BOURGES F., RUPERD Y., 1991)

Tableau (III. 2) : comparaison entre un système séparatif et unitaire

	Avantages	Inconvénients
Système séparatif	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement des eaux usées devient plus rapide • Pas de problèmes d'auto curage • Les eaux pluviales sont rejetées directement dans la nature. • Ce système demande une pente moins importante 	<ul style="list-style-type: none"> • Investissement plus important que d'autres systèmes • Risques d'erreurs dans la mise en œuvre lors des branchements des usagers.
Système unitaire	<ul style="list-style-type: none"> • Moins chère sur d'autres systèmes • Economique à la construction et à l'entretien • erreurs de branchement et de mise en œuvre minimales. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'autocurage n'est pas généralement réalisé • Traitement des eaux usées est rendu très difficile • Bouchage du réseau au temps sec.

Chapitre IV Les conduites et collecteurs d'assainissement

IV.1 Introduction

Les conduites d'assainissement se distinguent par leur matériaux de fabrication et leurs caractéristiques, notamment par leurs résistances mécaniques, leurs modes de mise en œuvre, leurs poids, leurs durées de vie et notamment leurs couts. Ainsi on distingue les conduites en béton, en polychlorure de vinyle (PVC), en polyéthylène haute densité (PEHD) et en polypropylène (PP). Le choix parmi ces conduites doit être justifié par une étude technique et économique. (GOMELLA C., GUERREE H., 1986)

IV.2 Les conduites en béton

Malgré l'arrivée de nouveaux matériaux, le béton continue à faire valoir ses qualités en termes de durabilité, de résistance, de stabilité et de respect de l'environnement. Les tuyaux en béton naturel sont utilisés dans tous les types de réseaux d'assainissement, collecteurs et en drainages. Ils permettent une grande variété de système d'installation (terre pleine, tranchée, fonçage). Il existe plusieurs variantes de tuyau en béton : armé et non armé, avec ou sans joint et de différents diamètres : 300 à 1600 mm. (FRANÇOIS G., BRIERE 1997)



Figure (IV.1) : photo d'une conduite d'assainissement avec regard en béton

IV.3 Les Conduites en Polychlorure de vinyle (PVC)

Elles sont sous forme de tube en PVC à paroi structurée lisse, destinées pour les réseaux d'assainissement enterré sans pression pour les eaux usées et pluviales.

De diamètres : 110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630 et 710 mm

et de longueurs : 3 et 6 m

Elles présentent les avantages suivants :

- Légèreté, facilité de mise en œuvre ;
- Repère d'emboîtement sur bout mâle ;
- Capacité hydraulique maximale ;
- Résistance mécanique aux chocs, à l'abrasion et à la corrosion ;
- Fiabilité et étanchéité des réseaux ;
- Longévité du réseau ;
- Totalement recyclable. (FRANÇOIS G., BRIERE 1997)



Figure (IV.2) : photo d'un réseau d'assainissement PVC

IV.4 Les conduites en polyéthylène de haute densité (PEHD)

Sous forme de tubes double paroi annelé ou lisse avec joint pour assainissement enterré sans pression des eaux pluviales

Gamme de diamètres : 200, 300, 400, 500, 600, 800 et 1015mm

Longueur 6 et 12 m

Leur Avantages sont :

- Légèreté, facilité et rapidité de mise en œuvre ;
- Résistance mécanique aux chocs, à l'abrasion et à la corrosion ;
- Grande capacité hydraulique ;
- Economique ;
- Totalement recyclable. (REMY N., 2015)



Figure (IV.3) : photo d'une conduite d'assainissement en PEHD

IV.5 Les conduites en Polypropylène (PP)

Elles sont des tubes lisse faits de trois couches compactes destinés pour les réseaux d'assainissement enterrés sans pression pour eaux usées et pluviales.

De gamme de diamètres : 110,125, 160, 200, 250, 315, 400 et 500 mm

De longueur de 3 m (REMY N., 2015)

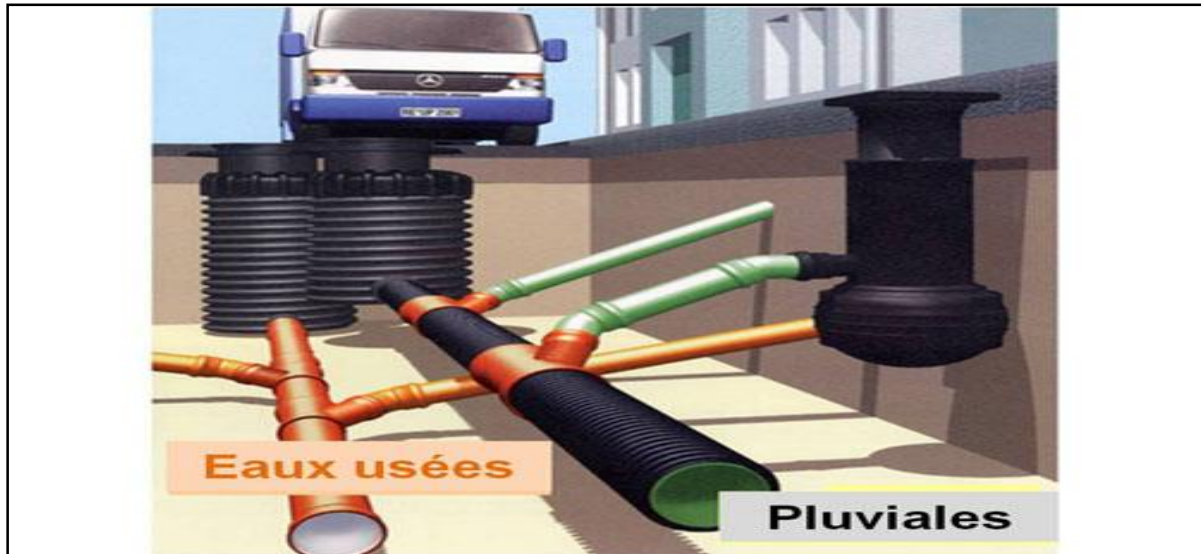


Figure (IV.4) : photo d'une conduite d'assainissement Polypropylène (PP) (réseau séparatif)

Leurs Avantages sont :

- Légèreté, facilité de mise en œuvre ;
- Capacité hydraulique maximale ;
- Fiabilité et étanchéité des réseaux ;
- Résistance mécanique aux chocs, à l'abrasion et à la corrosion ;
- Résistance aux températures hautes et basses ;
- Résistance chimique ;
- Inspection facilitée (intérieur blanc) ;
- Marquage des données de traçabilité à l'intérieur du tube ;
- Compatibilité dimensionnelle avec toutes canalisations lisses et raccords ; thermoplastiques ;
- Gamme de raccords et accessoires de rigidité et couleur adaptées ;
- Longévité du réseau ;
- Totalement recyclable ; (SATIN M., et al, 1999)

Chapitre V Calcul et dimensionnement d'un réseau d'assainissement

V.1 .Introduction

Un projet d'assainissement est établi dans le but d'évacuer les eaux usées et pluviales et de les acheminer vers les stations de traitement, avant de les rejeter dans le milieu naturel. Il doit répondre aux exigences actuelles et futures, selon l'évolution démographique et les plans d'aménagement du territoire : le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) et le Plan d'occupation des sols (POS).

Cette étude a pour objectif l'élaboration d'un programme informatique (un outil de calcul), permettant d'estimer le débit de projet et le débit maximal ainsi que le dimensionnement d'une conduite d'assainissement, en tenant compte du nombre d'habitants raccordés, de la topographie du site (pente) et du type de conduite envisagé (béton, PVC, PEHD.....).

V.2. Les éléments et paramètres du programme

V.2.1. la consommation moyenne journalière (C_m)

La consommation moyenne journalière (C_m) dépend de la dotation en eau potable. Cette dernière diffère d'un pays à l'autre et d'une région à une autre, selon la disponibilité de la ressource hydrique et le niveau de développement.

Selon l'ADE, la dotation en eau potable des populations de la wilaya de Tizi-Ouzou est actuellement de l'ordre de 200 l/j/h (litre par jour par habitant), alors qu'elle n'était que de 130 l/j/h en 2006. Cependant cette quantité d'eau n'est pas déversée intégralement dans le réseau d'assainissement, puisque une bonne partie (environ 50%) est perdue sous forme de fuites dans le réseau. (JOANNIS C., 1993)

V.2.2. Estimation du débit moyen

$$Q_m = \frac{N_{hab} \times C_m}{86400} \quad (l/s)$$

Où:

N_{hab} : le nombre d'habitant raccordé à la conduite d'assainissement

C_m : la consommation moyenne journalière (l/j/h) (JOANNIS C. 1993)

V.2.3. Le débit de pointe ou de projet (Q_{sp})

Il est relatif à la section pleine :

$$Q_{sp} = C_p \times Q_m \quad (l/s)$$

Avec :

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}}$$

Où :

C_p : est le coefficient de pointe

$$1,5 \leq C_p \leq 4$$

$C_p = 1,5$ à l'extrémité du de réseau et $C_p = 4$ à la tête de réseau

D'où :

$$Q_{sp} = \left(1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \right) \times Q_m \quad (l/s) \quad (\text{COLLECTIF CATED. 2011})$$

V.2.4 Calcul du diamètre théorique

Il représente le diamètre de référence qui permet de déterminer le diamètre nominal qui correspond au diamètre commercialisé, selon le type la matière de fabrication ; Béton, PVC, PEHD, BETON ... etc. (voir chapitre IV précédent).

On sait que le débit est la vitesse multiplié par la section

$$Q_{sp} = V \cdot S \cdot 10^{+3} \quad (l/s)$$

La vitesse V est estimée à partir de la formule de Manning-Strickler

$$V = K \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (m/s)$$

Valeurs recommandées pour le coefficient de Manning Strickler :

- $K = 100$ pour la conduite en PVC et en PEHD,
- $K = 70$ pour les conduites en béton

V.2.5 Le rayon hydraulique

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = D/4 \quad (m)$$

V.2.6 La pente de la conduite (pente du sol)

$$I = Z_e - Z_s / L_h = \tan \theta$$

Z_e : la cote à l'entrée

Z_s : la cote à la sortie

L_h : distance horizontale

Valeurs recommandées de la pente (m/m):

$$(0,06 \% < i < 1 \%) = (0,0006 < i < 0,01)$$

La section pleine circulaire : $S = \frac{\pi D^2}{4} \quad (m^2)$

On remplace dans la relation du débit : $Q_{sp} = V \cdot S \cdot 10^{+3} \quad (l/s)$

On obtient :

$$Q_{sp} = (K \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}) \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot 10^{+3}$$

$$Q_{sp} = K \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot 10^{+3}$$

$$Q_{sp} = (\pi/4^{5/3}) \cdot K \cdot D^{8/3} \cdot I^{1/2} \cdot 10^{+3}$$

$$Q_{sp} = 0,311 \cdot 10^{+3} \cdot K \cdot D^{8/3} \cdot I^{1/2}$$

D'où le diamètre théorique :

$$D_{th} = (Q_{sp}/(0,311 \cdot 10^{+3} \cdot K \cdot I^{1/2}))^{3/8}$$

$$D_{th} = (3,2 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{sp}/KI^{1/2})^{0,375}$$

Les diamètres nominaux (commerciales) sont donnés dans le chapitre IV pour les différents types de tuyaux.

V.2.7 Calcul de la vitesse section pleine :

$$V_{sp} = Q_{sp} \cdot 10^{-3}/S_{th} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{sp}}{\pi \cdot D_{th}^2}$$

Remarque

Puisque $D_{th} < D_{nominal}$, alors la vitesse section pleine V_{sp} est largement supérieure à la vitesse réelle :

$$V_{réelle} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{sp}}{\pi \cdot D_{nominal}^2} \quad (m/s) \quad (\text{COLLECTIF CATED. 2011})$$

V.2.8 Calcul de la vitesse max

Sur l'abaque (donné en annexe) la vitesse maximale ne correspond pas à la section pleine mais à un taux de $\rho = 0,85 = 85\%$:

$$\varepsilon = \frac{V_H}{V_h} = \frac{V_{max}}{V_{sp}} = 1,139$$

$$V_{max} = 1,139 \times V_{sp}$$

$$V_{max} = 1,139 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{sp}}{\pi \cdot D_{th}^2}$$

$$V_{max} = 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{sp} / D_{th}^2$$

V.2.9 La condition d'autocurage

Pour une conduite circulaire pleine la condition d'autocurage est vérifiée la vitesse section pleine est supérieure à 1 m/s :

$$V_{sp} \geq 1 \text{ m/s}$$

Dans le cas où la condition d'autocurage n'est pas vérifiée lorsque c'est-à-dire lorsque :

$$V_{sp} < 1 \text{ m/s}$$

Et puisque :

$$V_{sp} = K \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} = K \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Alors pour augmenter cette vitesse on peut soit :

- augmenter le diamètre (solution peu économique) ;
- augmenter la pente de la conduite (la solution la plus pratique) ;
- choisir une conduite dont le coefficient K plus élevé. (SI SMAIL A. 2015)

V.2.10 Calcul du débit maximal

Selon l'abaque donné en annexe le débit maximal ne correspond pas également à la conduite pleine mais à un taux de remplissage :

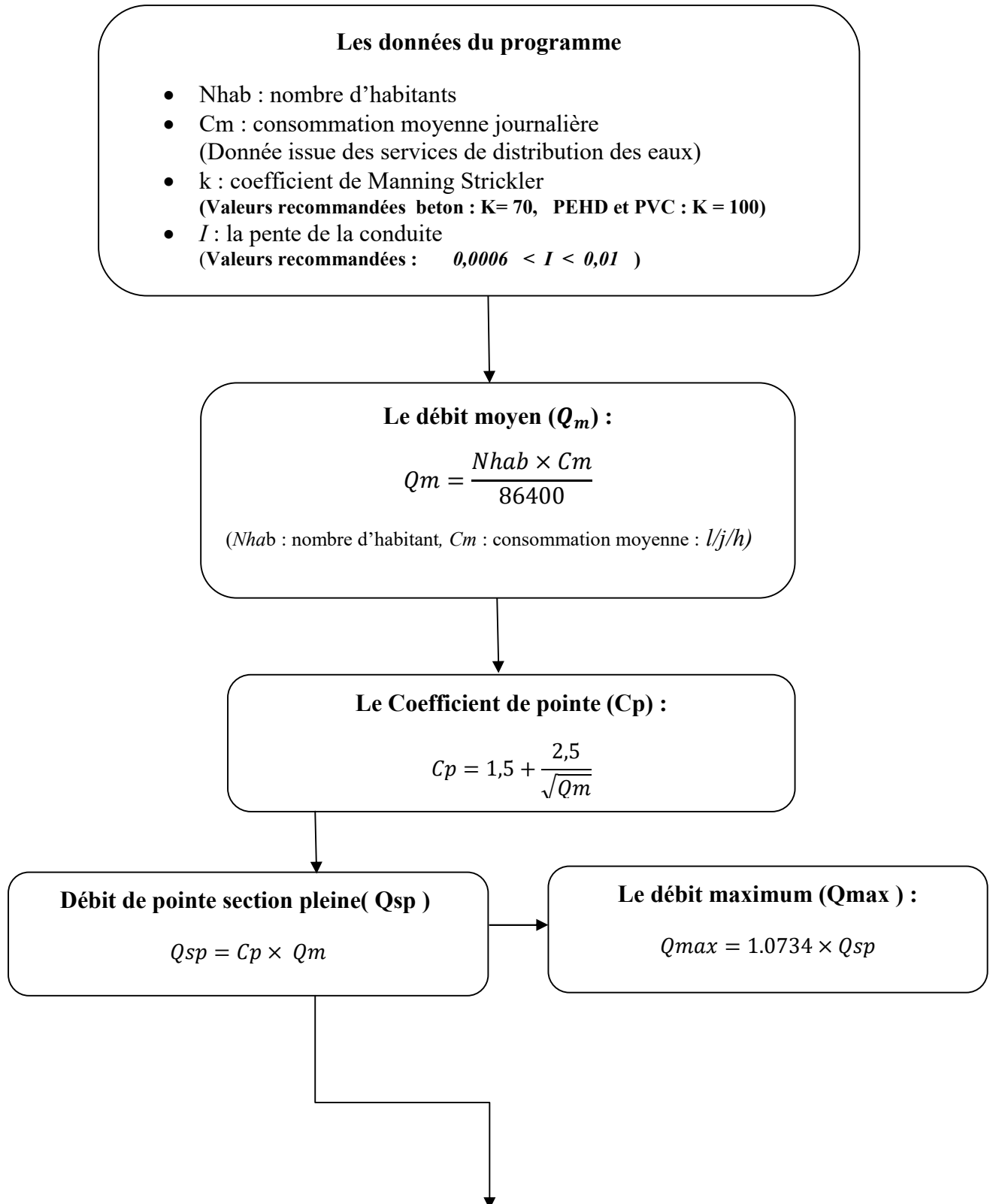
$\rho = 95\%$, pour lequel le rapport des débits :

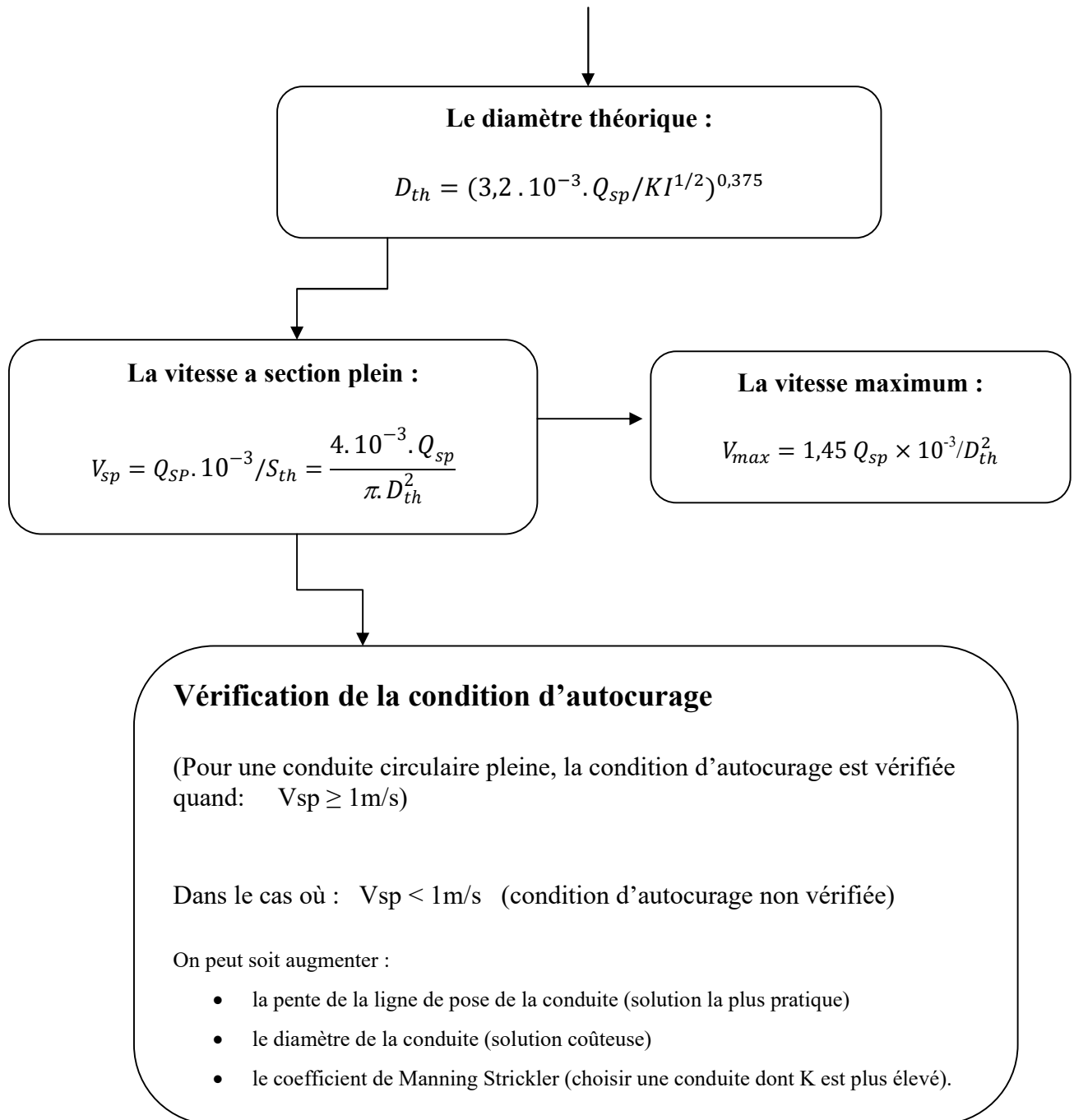
$$\delta = \frac{Q_h}{Q_H} = \frac{Q_{max}}{Q_{sp}} = 1,0734$$

D'où

$$Q_{max} = 1.0734 \times Q_{sp}$$

V.3 Diagramme du programme de calcul





Conclusion générale

Le programme élaboré en Visual Basic Application (VBA), constitue un outil de calcul intéressant dans la pratique, car il permet d'estimer le débit de projet, de dimensionner une conduite d'un réseau d'assainissement séparatif et de vérifier la condition d'autocourage, et ce à partir d'un certain nombre de données, relatives au nombre d'habitants à raccorder et à la topographie du terrain.

Son avantage réside dans la rapidité d'exécution (de l'ordre de la seconde), ainsi les résultats sont obtenus dès que toutes les données sont introduites.

De plus l'utilisateur n'a pas besoin de connaître toute la théorie ainsi que les nombreuses formules et abaques de calcul d'un réseau d'assainissement. Il doit juste disposer de données précises qui s'affichent clairement sur l'écran Excel : logiciel MS Office, disponible sur la majorité des ordinateurs actuels. (OTT L., 2016)

Cependant ce programme peut être complété et amélioré et ce pour pouvoir calculer également une conduite d'un réseau unitaire, en tenant compte du débit des eaux pluviales.

Sa généralisation au calcul de tout un réseau d'assainissement est relativement complexe, étant donnée on doit effectuer les calculs par tronçons (conduite par conduite) jusqu'à au collecteur principale. Pour cela on doit disposer de suffisamment de données détaillées de la zone de projet d'assainissement, relatives : à sa topographie (pente de chacun des tronçons), à son aménagement et à la répartition des habitations et des différentes activités ainsi que leurs extensions futurs.

Références bibliographiques

- BERTRAND-KRAJEWSKI J., LAPLACE D., JOANNIS C., CHEBBO G. 2008. Mesures en hydrologie urbaine et assainissement ; Lavoisier Tec & Doc, 792p.
- BISEAU M., BOURGES F., RUPERD Y. 1991. Réhabilitation des réseaux d'assainissement : méthodes disponibles, critères de choix, exemples. Paris, L.C.P.C.
- CARLIER M. 1986. Hydraulique générale et appliquée. Eyrolles, 582p.
- CAUCHI A., VIGNOLES C. 2011. Petites installations d'assainissement 402p.
- CAUVIN A., GUERREE H. 1986. Elément d'hydraulique. 10e éd, Paris, Eyrolles. CENTRE D'ETUDES SUR LES RESEAUX, LES TRANSPORTS, L'URBANISME ET LES CONSTRUCTIONS PUBLIQUES : CERTU 2003. La ville et son assainissement : principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau.
- COLLECTIF CATED. 2011 : Réseaux d'assainissement - Eaux Pluviales, Eaux Usées.
- EMILIAN K. avril 2004 : Traitement des pollutions industrielles (eau.air.déchets.sols.boues).
- FRANÇOIS G, BRIERE 1997 : Distribution et collecte des eaux, édition de l'école polytechnique de Montréal.
- GOMELLA C., GUERREE H. 1986 : Guide de l'assainissement dans les agglomérations urbaines et rurales Paris, Eyrolles.
- JOANNIS C. 1993 : Les études diagnostic de réseaux d'assainissement: analyse rétrospective et propositions ; Paris, L.C.P.C.
- OLIVIER A. janvier 2015 : Chimie et pollution des eaux ST.
- OTT L. 2016 : Apprendre la programmation en VBA pour EXCEL par la pratique - Première partie, 99p.
- REMY N. 2015 : Cours Assainissement des bâtiments d'habitation ; Ecole supérieure d'Architecture de Grenoble ; ENSA de Grenoble.
- REGIS B. 2008 : Les réseaux d'assainissement, Lavoisier Tec & Doc, 1002p.
- SALAH, B. 1993 : Polycopie d'assainissement, école nationale supérieure de l'hydraulique ENSH, BLIDA.
- SATIN M., SELMI B., BOURRIER R. 1999. Guide technique de l'assainissement. Ed, Le Moniteur.

- SI SMAIL A. 2015. Cours de réseaux d'assainissement pour Master II. Département d'Agronomie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou :UMMTO.
- VALIRON F. 1989. Gestions des eaux - Alimentation en eau et assainissement. Presse de l'école nationale des ponts et chaussée, 506p.

Relations hydrauliques pour différentes hauteurs de remplissage dans le cas des canalisations à section circulaire

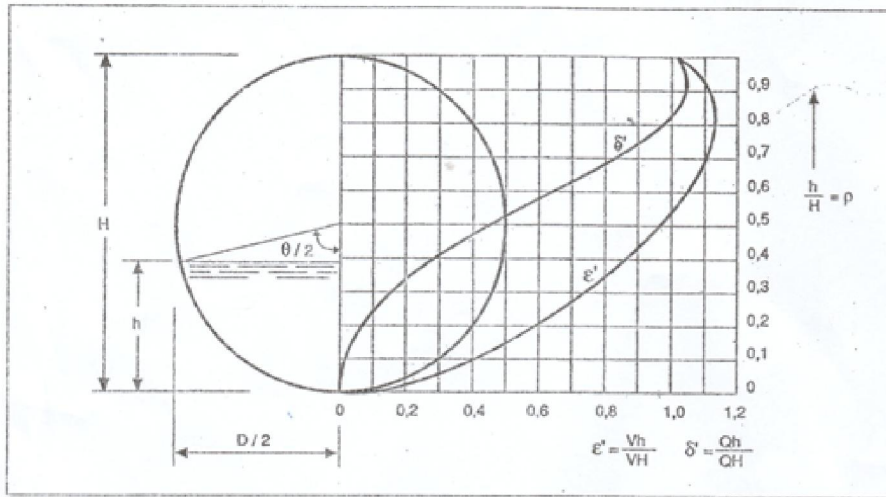


Figure 1 – Remplissage d'une canalisation circulaire.

Tableau – Relations hydrauliques pour différentes hauteurs de remplissage dans le cas des canalisations à section circulaire

$p = \frac{h}{H}$	$\beta' = \frac{S}{D^2}$	$\gamma' = \frac{R}{D}$	$\epsilon' = \frac{V_h}{VH}$	$\delta' = \frac{Q_h}{QH}$	θ
0,025	0,0052	0,016	0,159	0,0010	36° 23'
0,050	0,0148	0,033	0,257	0,0045	51° 41'
0,075	0,0268	0,048	0,333	0,0112	63° 35'
0,100	0,409	0,064	0,401	0,0208	73° 45'
0,125	0,567	0,079	0,464	0,0334	82° 49'
0,150	0,739	0,093	0,516	0,0487	91° 9'
0,175	0,925	0,108	0,567	0,067	98° 55'
0,200	1,118	0,121	0,615	0,0876	106° 15'
0,225	1,323	0,134	0,660	0,1113	113° 16'
0,250	1,535	0,147	0,700	0,1366	120°
0,300	0,1983	0,171	0,776	0,1956	132° 51'
0,350	2,450	0,194	0,842	0,2623	145° 5'
0,400	2,933	0,215	0,902	0,3364	156° 56'
0,450	3,428	0,234	0,955	0,4169	168° 32'
0,500	3,928	0,250	1,000	0,4997	180°
0,550	0,4428	0,265	1,038	0,5853	191° 29'
0,600	4,923	0,278	0,71	0,6713	203° 4'
0,650	5,405	0,288	0,99	0,7550	214° 55'
0,700	5,873	0,297	0,121	0,8380	227° 9'

$p = \frac{h}{H}$	$\beta' = \frac{S}{D^2}$	$\gamma' = \frac{R}{D}$	$\epsilon' = \frac{V_h}{VH}$	$\delta' = \frac{Q_h}{QH}$	θ
0,750	6,320	0,302	0,131	0,9099	240°
0,775	0,6533	0,304	1,139	0,9461	246° 44'
0,800	6,735	0,304	0,139	0,9753	253° 9'
0,825	6,933	0,304	0,139	1,0042	261° 5'
0,850	7,115	0,304	0,139	1,0305	268° 51'
0,875	7,288	0,301	0,131	1,0491	277° 11'
0,900	0,7445	0,299	1,124	1,0654	286° 16'
0,925	7,588	0,294	0,111	0,728	296° 25'
0,950	7,708	0,287	0,093	0,734	308° 19'
0,975	7,803	0,277	0,068	0,606	323° 37'
1,000	7,855	0,250	0,000	0,000	360°

Résumé

le calcul et le dimensionnement d'une conduite d'assainissement séparatif est basé sur un ensemble de données, tels que la pente de terrain, le nombre d'habitations raccordés, la consommation journalière en eau par habitant et par jour ainsi que le type de conduite envisagé (PVC, PEHD, Béton).

Il nécessite la connaissance de toute une théorie basée sur un ensemble de formules empiriques associées à des abaques spécifiques.

Le programme élaboré, dans le cadre de cette étude, en Visuel Basic Application (VBA), tient compte des éléments essentiels de cette théorie.

Il constitue un outil très accessible (Excel de Microsoft Office), permettant de calculer instantanément le débit section pleine, le débit moyen, le débit maximal et surtout le diamètre théorique, indispensable au dimensionnement d'une conduite d'assainissement.

En plus de sa rapidité d'exécution des calculs, il offre également la possibilité de traitement de plusieurs variantes de données simultanément.