

## Les réseaux divers

Pr. EL ABBASSI

### Généralités


Trois grandes familles de réseaux existent : les réseaux secs, les réseaux humides et les réseaux gaz

- **Réseaux secs** : par ce vocabulaire on entend en général la réalisation et la pose de gaines pour acheminer l'électricité (basse et moyenne tension), le téléphone et ses dérivés et le câble optique .
- **Réseaux humides** : il s'agit essentiellement de la réalisation et la pose de canalisation d'eau potable sous pression ,canalisation d'eaux usées et canalisation d'eaux de pluies
- **Réseaux gaz** : distribution du gaz de ville L'air comprimé utilisé dans les entreprises ou certaine collectivité publique ,La distribution de la vapeur sous pression servant au chauffage urbain

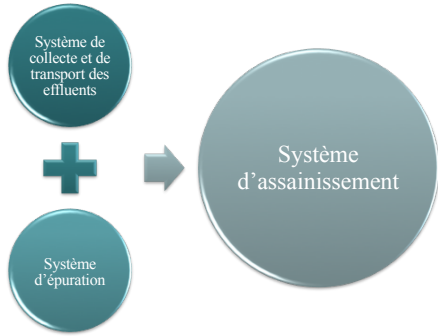
## l'assainissement

### Objectifs de l'assainissement

#### Objectifs

- ❖ Gestion des eaux usées
  - ❖ Gestion des eaux pluviales
- 
- Protection sanitaire
  - Protection contre les inondations
  - Protection de l'environnement

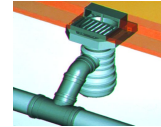
## Objectifs de l'assainissement



## Les ouvrages d'assainissement

### Ouvrage de la collecte

- **Les avaloirs**



- **Les regards**



- **Pour le transport :**

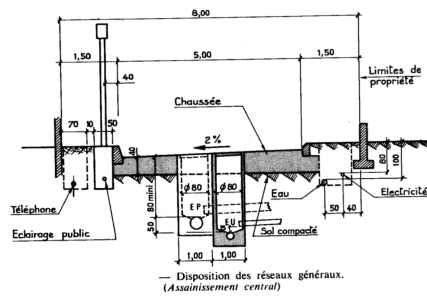
caniveaux, canalisations, Emissaire ...

- **Pour le traitement éventuel :**

station d'épuration, fosse septique...

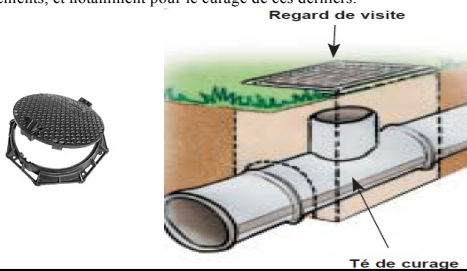
- **Pour la restitution dans le milieu naturel :**

exutoire, puits filtrant, plateau absorbant, drains, ....



## regards

ce sont des compartiments en maçonnerie ou préfabriqué munis d'un couvercle amovible ; ils permettent l'accès aux canalisations pour d'éventuels branchements, et notamment pour le curage de ces derniers.



## différents types de regards

### regard de visite

ils permettent la surveillance et le curage des égouts ainsi que leur aération qui est assurée grâce à une fonte sur le couvercle du regard, ce type de regard est prévu dans les cas suivants :

- au niveau de chaque branchement avec un autre collecteur
- a chaque changement de direction (horizontale ou verticale)
- entre 40 et 50 m d'alignement droit

### regard chute

ce sont des regards analogues aux regards de visite, seulement la chute est plus importante, ce type de regard est prévu lorsque les canalisations sont disposées en forte pente, ce qui entraîne des vitesses très importantes, la chute des effluents dans ces regards permet de briser la vitesse d'écoulement.

### regard avaloir

ils sont généralement placés aux points bas des caniveaux destinés à la collecte des eaux de ruissellement depuis le caniveau jusqu'à l'égout.



### regards à grille

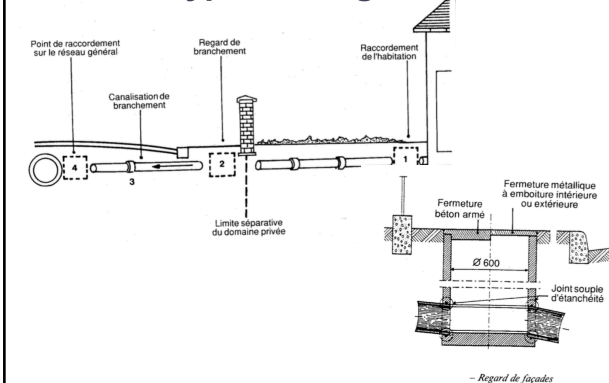
ce sont des regards de petites dimensions, couverts par une grille en fonte, il sert à évacuer les eaux de ruissellement des parcs, allées piétonnes et des pelouses.

### Regard borgne

non visible en surface, obturé par une dalle béton enterrée, il constitue un ouvrage de transition destiné à assurer le raccordement de la canalisation de branchement sur le collecteur principal.



## différents types de regards

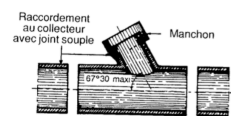


## Différents types de regards

### Regard borgne

#### Point de raccordement au réseau général

- les branchements directs
- les boîtes des raccordements
- les raccords par piquage direct.



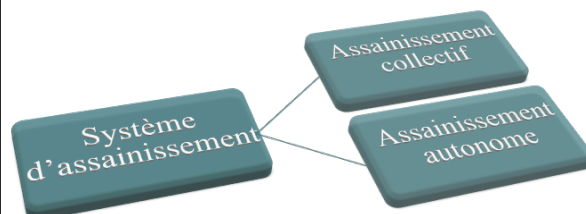
- Culotte de branchement

### Regards de branchement

servent au branchement du réseau sanitaire d'un immeuble au réseau d'assainissement, les regards siphoides sont conseillés pour éviter les relents des mauvaises odeurs.

### Déversoirs d'orage

c'est un ouvrage en béton armé de section rectangulaire, sa fonction est d'évacuer les pointes exceptionnelles de débit d'orage vers un milieu récepteur, en d'autres termes, il est prévu pour soulager le réseau sanitaire en période d'orage.

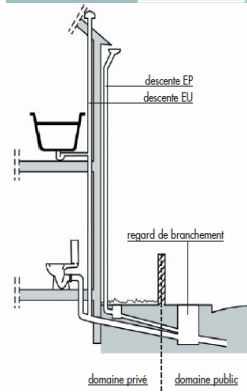




## Systeme collectif

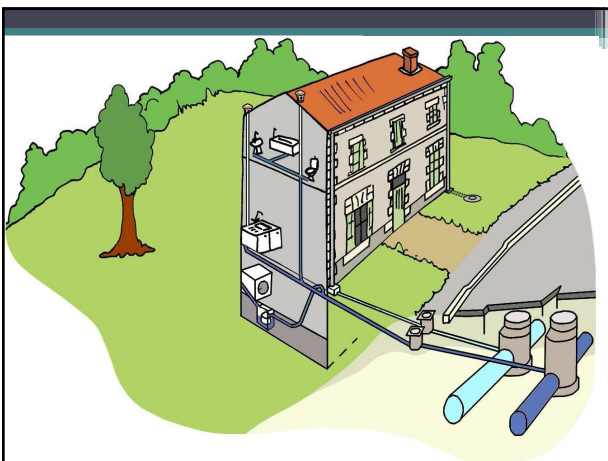
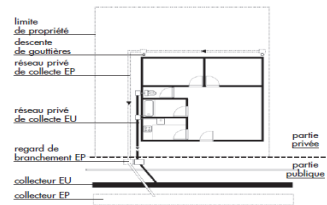
### Partie privée

Il s'agit des canalisations verticales et horizontales qui permettent de collecter les eaux usées ou pluviales d'une maison individuelle ou des logements d'un même immeuble pour les amener à la partie publique du réseau de collecte. La réalisation et l'entretien de cette partie de réseau sont à la charge du propriétaire de l'immeuble.



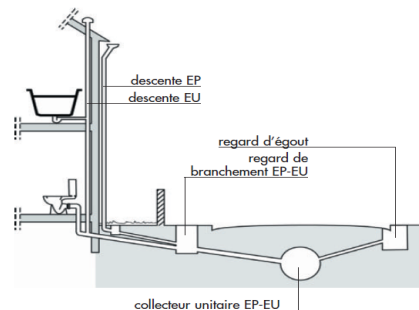
### Partie publique

La partie publique comprend un collecteur principal auquel sont reliés, par l'intermédiaire de branchements individuels, les réseaux privés des bâtiments situés dans la zone concernée. La limite entre la partie privée et la partie publique est généralement marquée par un regard de branchement situé en limite de propriété, le plus souvent à l'extérieur.



## Les différents types de réseaux

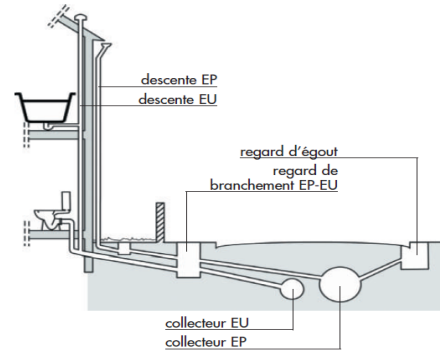
### Réseaux unitaire



### Les inconvénients:

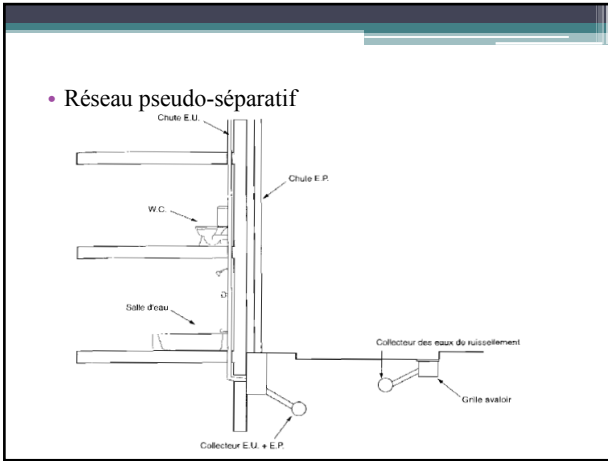
- ✓ L'eau de pluie peut augmenter de manière très importante, notamment en cas d'orage, les débits parvenant aux stations d'épuration vont perturber son fonctionnement.
- ✓ Le dimensionnement de ces réseaux doit être fait pour accepter à la fois un débit de base des eaux usées et des débits de pointe en cas de fortes précipitations ce qui augmente le coût de ces ouvrages

### Réseau séparatif



### Les avantages

- Les canalisations ont des sections correspondant aux débits qu'elles sont amenées à recevoir, sans être surdimensionnées
- Les équipements complémentaires tels que stations de relevage des eaux usées sont dimensionnés en conséquence
- Les eaux pluviales peuvent être rejetées directement et gravitairement dans le milieu naturel
- La station d'épuration est déterminée en fonction du débit des eaux usées, plus facilement quantifiable



### structure-réservoirs

Cette structure réservoirs du point de vue hydraulique doit assurer trois fonctions :

- l'introduction de l'eau de pluie dans les pores du réservoir ; soit par infiltration soit par injection ;
- le stockage temporaire de l'eau ;
- l'évacuation de l'eau ; soit par des drains soit par les couches inférieures, comme sur la figure suivante :

### Assainissement autonome

Compte tenu de l'étendue du territoire et de la dispersion des habitations, la réalisation d'un assainissement collectif serait onéreuse dans les Communes de faible densité.

Des systèmes d'assainissement autonome adaptés à ces situations ont été définis réglementairement. La conception de ces systèmes a constamment évolué de manière à maîtriser de mieux en mieux les rejets dans l'environnement

Une filière d'assainissement comprend généralement :

- des canalisations pour collecter les eaux usées provenant des équipements sanitaires de l'habitation ;
- une fosse septique toutes eaux qui reçoit l'ensemble des eaux usées de l'habitation (eaux vannes et eaux ménagères) et assure le prétraitement ;
- un épandage souterrain qui réalise l'épuration des effluents prétraités lors de leur passage dans la fosse septique

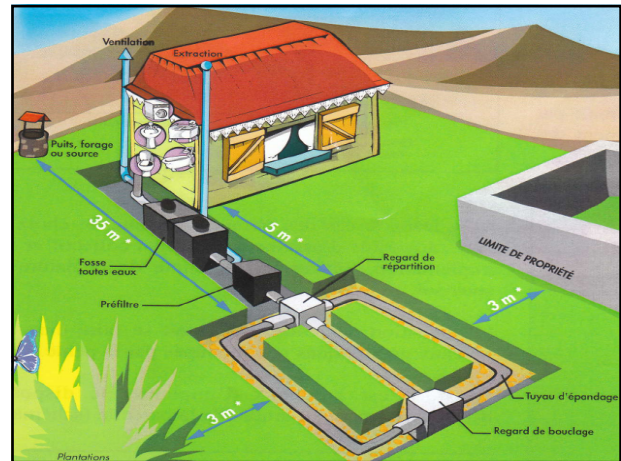
## Implantation de l'installation

L'assainissement autonome exige une surface minimale de terrain perméable et des distances à respecter vis-à-vis de la maison, des voisins, des arbres, etc

Distances :

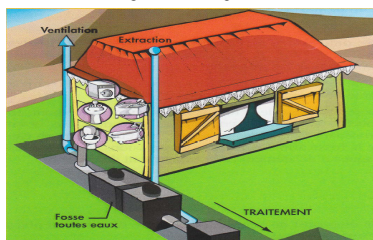
- Moins de 10 m entre maison et fosse (distance conseillée).
- Implantation du dispositif de traitement à une distance minimale de 35 m par rapport à un puits ou tout captage d'eau potable et d'environ 5 m par rapport à l'habitation.
- Dispositif de traitement à plus de 3 m de toute clôture de voisinage et de tout arbre.

Ces distances peuvent être augmentées en cas de terrain en pente.



## la fosse septique

Une fosse septique est un ouvrage parfaitement étanche, destiné à la collecte des eaux provenant de l'habitation et assurant un prétraitement de ces eaux avant de les diriger vers le dispositif de traitement.



## la fosse septique

Elle joue le rôle de :

- Rétention des matières solides et des déchets flottants, qui sont accumulés sous forme de boues au fond de la fosse
- De liquéfaction partielle des matières polluantes avant leur acheminement vers le système de traitement.

En aucun cas elle ne recueillera les eaux pluviales

## Le dimensionnement de la fosse septique

Le dimensionnement de la fosse septique se fait en fonction du nombre de pièces principales pour les maisons d'habitation individuelle

Le nombre de pièce principale (PP) correspond à toutes les pièces de l'habitation exceptées les pièces de service

Nombre de PP= Nombre de chambre +1

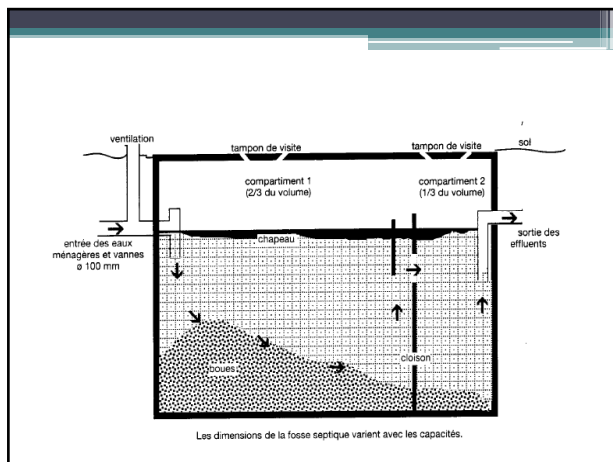
Dimensionnement de la fosse toutes eaux Jusqu'à 5 pièces principales (PP)	Volume à rajouter par pièce principale au delà de 5
3 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>

## Principes généraux de réalisation

- La fosse toutes eaux devra être implantée le plus près possible de l'habitation (à moins de 10m) .
- La conduite d'amenée des eaux usées aura une pente comprise entre 2% et 4%
- Le niveau de l'entrée de la fosse sera plus haut que celui de la sortie
- Les dimensions de la fouille doivent être suffisantes pour permettre la mise en place de la fosse sans contact avec les parois de la fouille

## Principes généraux de réalisation

- La fosse reposera généralement sur un lit de 10 cm de sable horizontal et compacté
- Le remblayage de la fouille sera symétriquement , en couches successives compactées avec du sable , et en procédant dans le même temps , au remplissage en eau de la fosse afin d'équilibrer les pression et éviter les risques d'éclatement ou d'écrasement de celle-ci.

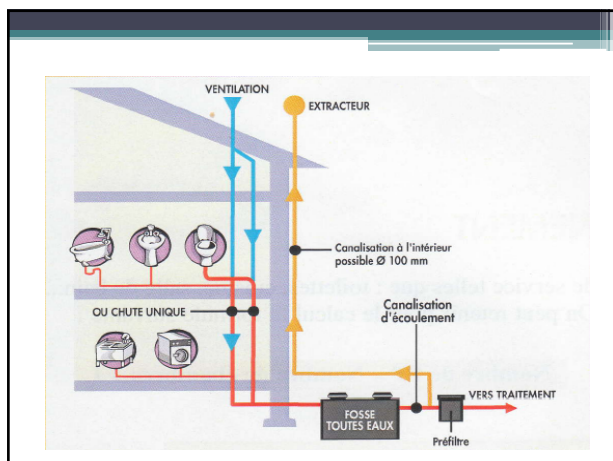


## La ventilation

Un dispositif de ventilation efficace sera mis en place et sera composé :

- D'un tuyau d'aération du dispositif (entrée d'air) placé au dessus de la toiture, en général confondu avec le tuyau d'amenée des eaux usées
- Un tuyau d'extraction des gaz, placé en sortie de fosse et servant à évacuer les gaz générés par le système de prétraitement (fosse toutes eaux) cette canalisation sera prolongée au dessus de la toiture

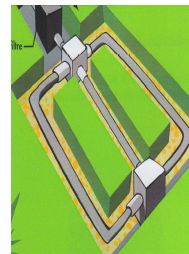
Les tuyaux d'aération et d'extraction ont un diamètre de 100 mm minimum.



## Épandage par tranchée

### Condition de réalisation

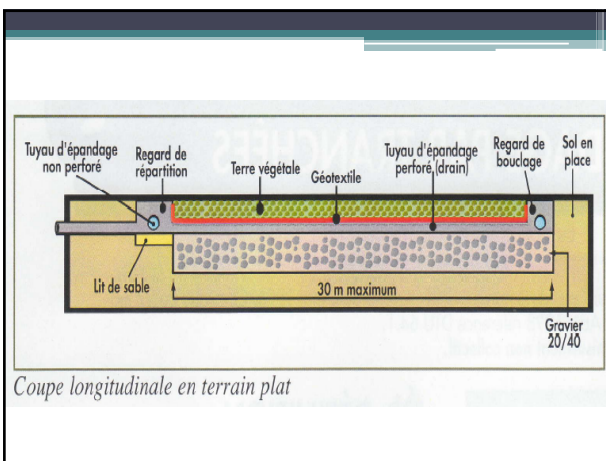
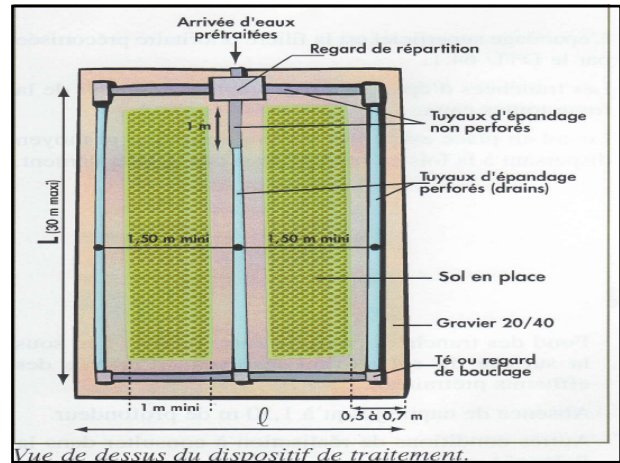
- Pente du terrain inférieure à 10%
- Sol sableux à limoneux. la capacité d'absorption du sol correspondante, illustrée par le coefficient de perméabilité  $K$ , est comprise entre 15 et 500 millimètres par heure
- Fond des tranchées compris entre 0.6et 1 m sous la surface du sol
- Absence de nappe jusqu'à 1.50 m de profondeur.



## Implantation et dimensionnement

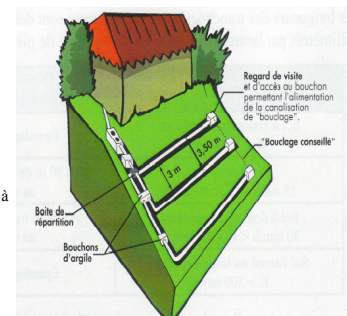
- Les longueurs des tranchées à mettre en œuvre sont définies en fonction de la perméabilité du sol (coefficient k en millimètres par heure) et en fonction du nombre de pièces principales pour les maisons d'habitation individuelle.

Nature du sol	Dimensionnement Jusqu'à 5 pièces principales (PP)	Mètres de tranchées à rajouter par PP au delà de 5
Sol à dominance argileuse $K < 15 \text{ mm/h}$	Épandage irréalisable	Épandage irréalisable
Sol limoneux $15 \text{ mm/h} < K < 30 \text{ mm/h}$	60 à 90 m de tranchées filtrantes au minimum	20 m à 30 m
Sol à dominance sableuse $30 \text{ mm/h} < K < 500 \text{ mm/h}$	45 m de tranchées filtrantes au minimum	15 m
Sol fissuré ou trop perméable $K > 500 \text{ mm/h}$	Épandage irréalisable	Épandage irréalisable



Dans le cas où la pente est entre 5 et 10% .

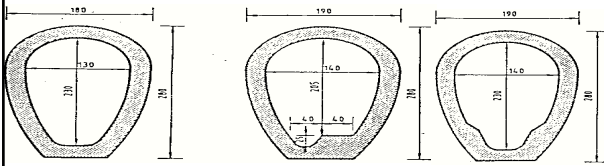
Dans le cas où la pente est supérieure à 5%, les tranchées d'infiltration doivent être horizontales et peu profondes et implantées perpendiculairement à la plus grande pente du terrain naturel.



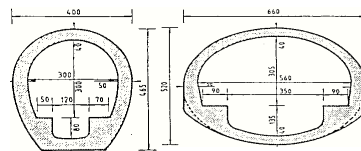


## Types et formes de canalisations

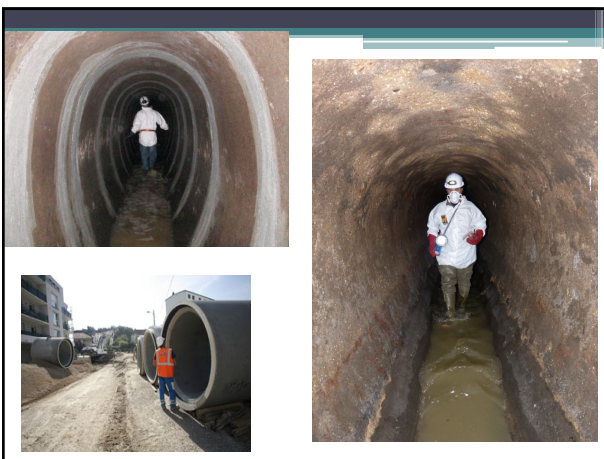
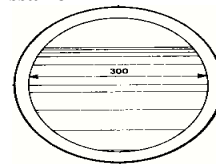
- circulaire
- ovoïde
- profils particuliers



### • Exemples: Collecteurs visitables



### • Exemples: Emissaire



## Caractéristiques nécessaires des canalisations

- Etanchéité;
- Inertie à l'action des polluants;
- Epaisseur suffisantes pour résister aux surcharges;
- Faible rugosité;



## Les matériaux de canalisation

- En béton non armé;
- En béton armé;
- de béton de fibres ;
- Tuyaux en grés ;
- Tuyaux et raccords en polychlorure et vinyle (PVC);
- Les tuyaux en fonte ductile;

Ces tuyaux sont classés en “séries” selon leur nature et leur résistance à l'écrasement on a ainsi :

- pour les tuyaux en béton armé (A) : séries 90 A, 135 A, 165 A, 200 A, etc. ;
- pour les tuyaux en béton non armé (B) : séries 60 B, 90 B, 135 B
- pour les tuyaux en béton fibré (F) : série 90 F, 135 F, 165 F, 200 F, etc.

**Exemple:** un tuyau Ø 1 200 de longueur 2,40 m et de série 200 A présente une résistance minimale à l'essai d'écrasement de :  
 $1,2 \times 2,40 \times 200 = 576 \text{ kN}$

## Conception d'un réseau d'assainissement

La conception hydraulique constitue une étape clé puisqu'elle conditionne le bon fonctionnement du réseau, de manière durable. Ses objectifs principaux sont :

- Anticiper au mieux les éventuelles extensions du réseau en amont ;
- Appliquer les conditions d'autocurage (vitesse minimale et donc pente minimale) permettant d'éviter les obstructions;
- Eviter les mises en charge et les débordements en assurant la protection du milieu contre la pollution selon sa sensibilité.

## Conception d'un réseau d'assainissement

1. Choix du mode d'assainissement
2. Choix du type de réseau
3. Localisation des points de rejets
4. Implantation des ouvrages de traitement
5. Tracé en plan du réseau
6. Dimensionnement

**Pas de solution unique – Analyser plusieurs variantes**

## Facteurs qui influent sur la conception du projet d'assainissement

### Données naturelles

- Pluviométrie
- Topographie
- Hydrographie
- Géologie

### Caractéristiques de l'agglomération

- Importance et nature
- Modes d'occupation du sol
- Assainissement déjà en place
- Développement futur de l'agglomération

### Contraintes liées à l'assainissement

- Conditions de transport des eaux usées
- Facilité d'exploitation
- Réduction des nuisances

## Facteurs qui influent sur la conception du projet d'assainissement

### La topographie.

Elle est imposée et son rôle est essentiel. En effet comme il s'agit d'évacuer des eaux aussi rapidement que possible pour éviter les dépôts, l'évacuation sera d'autant plus aisée que le terrain présentera des pentes plus importantes

## Facteurs qui influent sur la conception du projet d'assainissement

Si les relèvements sont acceptables pour les réseaux d'eaux usées, ils sont à éviter, dans toute la mesure du possible, pour les eaux pluviales ou les réseaux unitaires compte tenu de la discontinuité des pompages et de l'importance des flots en temps d'orage.

La création de bassins de retenue assurant le stockage des eaux d'orage peut permettre de diminuer la dimension des ouvrages de transport et de minorer le coût des relèvements qui s'avèreraient indispensables. La topographie est un important critère de choix du site de ces bassins

## Facteurs qui influent sur la conception du projet d'assainissement

### La géologie.

Pour les ouvrages importants et ceux qui doivent être exécutés en souterrain, une étude géotechnique de la structure des terrains doit être faite pour tout site susceptible de recevoir des ouvrages importants d'assainissement, D'importantes économies pourront résulter du choix d'un profil en long permettant d'éviter les terrains difficiles.

## Facteurs qui influent sur la conception du projet d'assainissement

### Hydrographie

Avant d'implanter les ouvrages du réseau, de fixer le point de rejet et la nature de l'épuration à faire, le concepteur doit procéder aux études nécessaires, comprenant notamment l'examen des nappes souterraines. Cette étude doit viser :

- A connaître les caractéristiques des nappes traversées où devra être particulièrement surveillée l'étanchéité des canalisations de transport;
- A analyser -le degré d'agressivité des eaux des nappes traversées pour procéder au choix du matériau de la canalisation;
- A choisir autant que possible, pour les ouvrages à créer, des sites ne nécessitant pas de coûteux rabattements de la nappe phréatique.

## Facteurs qui influent sur la conception du projet d'assainissement

### Nature des agglomérations.

*Les agglomérations touristiques* : dont la population à l'occasion de la « saison » augmente de façon considérable et dont les installations, réseaux et station d'épuration, doivent faire face à de très fortes pointes, sans pour autant présenter des inconvénients en morte saison.

*Les agglomérations à activités industrielles prépondérantes* : qui apportent une pollution telle qu'elle complique l'épuration du mélange avec les eaux d'origine domestique à un point tel qu'il s'avère alors nécessaire de prévoir une épuration séparée des effluents de certains établissements industriels et pas seulement un prétraitement.

## Facteurs qui influent sur la conception du projet d'assainissement

### Modes d'occupation du sol.

- Au sens de l'assainissement, ils déterminent la quantité d'eaux de ruissellement;
- La quantité et la nature des eaux usées produites par la population et ses activités;
- Le niveau acceptable des points de branchement des immeubles compte tenu de l'équipement des sous-sols.

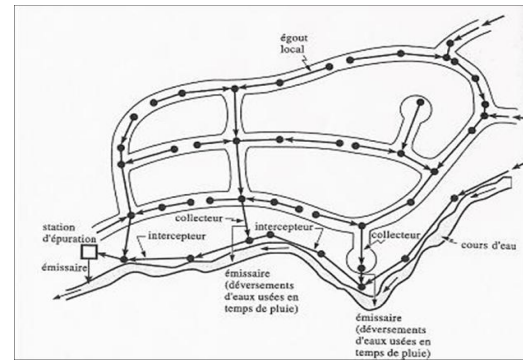
## *Les conditions de transport des eaux usées*

La qualité des effluents des eaux usées provoque des risques de formation de dépôt et de fermentation susceptibles de gêner le bon fonctionnement du réseau et de porter préjudice à l'épuration de l'effluent il convient donc d'empêcher ces risques en assurant des vitesses d'écoulement suffisantes et en assurant l'aération du réseau,

Les eaux industrielles dont la charge est souvent importante et qui peuvent être nocives ou corrosives sont à considérer à part, leur acceptation dans le réseau est subordonnée à leur respect des normes de qualité exigées. On est souvent amené à concevoir des unités de prétraitement

## Procédure :

1. Tracé du réseau en plan;
2. Découpage en tronçons de 300 m environ;
3. Délimitation du bassin versant drainé par chaque tronçon;
4. Calcul du débit de pointe généré par ce bassin;
  - débit pointe eaux usées
  - débit pointe eaux pluviales
5. Calcul des dimensions de la canalisation en fonction de sa pente;
6. Tracé du profil en long de la canalisation;
7. Vérification du bon fonctionnement.



### Diamètres minimaux des conduites d'égout

- Égout sanitaire : 300 mm
- Égout pluvial ou unitaire : 400 mm

A un regard d'égout, le diamètre de la conduite en aval (celle qui évacue les eaux d'égout) ne doit jamais être inférieur au diamètre de la conduite ou des conduites en amont.

## Les différents types d'eaux usées à prendre en compte:

### eaux usées domestiques

- eaux vannes (WC)
- eaux ménagères (cuisine, lessive, toilette)

### eaux usées professionnelles

- eaux industrielles (raccordement au réseau public soumis à autorisation)
- eaux du secteur tertiaire

### eaux du service public

- grands équipements publics (écoles, hôpitaux, casernes...)
- nettoyage de voirie, arrosage, fontaines
- réservoirs de chasse

### eaux parasites

- infiltrations
- eaux de captage

## Calcul des débits d'eaux usées

### Volume des eaux usées domestiques:

$$Q_{eu} = Q_{cons} * Tr * P$$

- $Q_{eu}$  : Débit des eaux usées à évacuer en m<sup>3</sup>/s
- $Q_{cons}$  : Débit consommé par jour en m<sup>3</sup>/s
- $Tr$  : Taux de rejet il varie entre 0.7 et 0.9 (fuites, rejets directs, arrosage...)
- $P$  : Coefficient de pointe

## Calcul des débits d'eaux usées

### Consommation d'eau potable domestique

Variable dans l'espace et dans le temps

(niveau de vie, climat, coût de l'eau, type et âge de l'habitat)

**Actuellement, en France 100 à 150 l/hab/j**

dont: eaux vannes 30 l/hab/j

cuisine 15 l/hab/j

lessive 16 l/hab/j

douche, bain, lavabo 38 l/hab/j

## Calcul des débits d'eaux usées

Calculer les débits d'EU dans cette agglomération pour l'année 2030

Paramètres	Valeur
Population actuelle	50000
Taux d'accroissement population (%)	5
Dotation en eau potable l/hab/j	100
Taux d'accroissement dotation (%)	3
Taux de rejet	0,7
Coefficient de pointe journalière	1,2

## Calcul des débits d'eaux usées

### Difficultés dans l'estimation de la consommation:

- Prévoir la population futur;
- Prévoir l'évolution des consommations;
- Cas des agglomération à population variable suivant les saisons.

### Volume des eaux usées industrielles

- Très variable en fonction de l'activité;
- Certaines industries traitent et rejettent directement dans le milieu naturel;
- Certaines industries procèdent à un recyclage total ou partiel de l'eau;

### Méthode d'évaluation

- Industries existantes ou transférées: mesures « in situ »;
- Industries futures: évaluation délicate;
  - Evaluation à partir de données statistiques;
  - Valeurs moyennes associées à des probabilités de satisfaction.

Type d'établissement industriel	Débit moyen d'eaux usées [m <sup>3</sup> /(ha.j)]
Entreprise dont le procédé de fabrication ne requiert que peu d'eau (vêtement, matériel de transport)	10
Entreprise dont le procédé de fabrication requiert de faibles quantités d'eau (textile, bois)	25
Entreprise utilisant beaucoup d'eau (conserverie, pâtes et papier, aciérie)	>50
Les aires des infrastructures (routes, terrains de stationnement, etc.) sont incluses dans les superficies. Les eaux de refroidissement sont rejetées dans l'égout pluvial.	

En général, les eaux de refroidissement sont évacuées vers l'égout pluvial.

### Calcul des débits d'eaux usées

#### Eaux usées d'origine commerciale

- En milieu résidentiel  $\approx 75 \text{ m}^3/(\text{ha.j})$   
superficie desservie = la somme des diverses surfaces utilisées à des fins commerciales.
- A l'ordre de  $35 \text{ m}^3/(\text{ha.j})$  si on additionne les surfaces de stationnement etc.

Eaux usées d'origine institutionnelle  $\approx 25 \text{ m}^3/(\text{ha.j})$

### Calcul des débits d'eaux usées

#### Eaux parasites

autres que les eaux usées d'origine domestique, commerciale ou industrielle, qui pénètrent dans un réseau d'égouts

- Eaux d'infiltration
- Eaux de captage

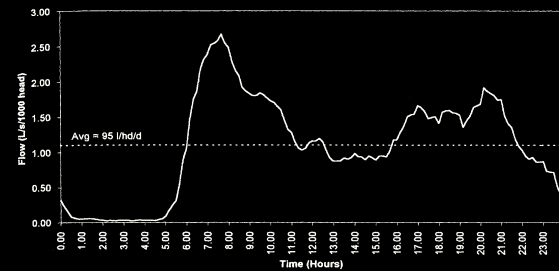
## Calcul des débits d'eaux usées

$$(Q_{san})_{max} = (Q_{dom})_{moy} \times FP + Q_{inf} + Q_{capt} + Q_{divers}$$

Où :

$(Q_{san})_{max}$	=	Débit sanitaire maximal
$(Q_{dom})_{moy}$	=	Débit domestique moyen
FP	=	Facteur de pointe
$Q_{inf}$	=	Débit d'infiltration
$Q_{capt}$	=	Débit de captage
$Q_{divers}$	=	Débit commercial, industriel, ...

## Cycle journalier des eaux domestiques



## Calcul du débit de pointe $Q_p$

Il convient aussi de tenir compte du fait qu'à certaines périodes de la journée, la consommation d'eau peut être beaucoup plus forte que celle correspondant au débit moyen. On applique alors un coefficient appelé coefficient de pointe.

La valeur de ce coefficient, qui peut atteindre 4 en partie amont du réseau, va en décroissant en aval. Sa valeur peut être calculée à partir de la formule suivante

## Calcul du débit de pointe $Q_p$

### Eaux domestiques:

- $p = 1.5 + 2.5 / \sqrt{Q_m(l/s)}$  et  $1.5 < p < 4$
- $p : 3$  en tête de réseau
- $p : 2$  près de l'exutoire

### Eaux industrielles:

- $p = 2$  à  $3$

$$Q_p = p \cdot Q_{moyen}$$

## CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

Le calcul le débit des eaux de ruissellement se fait en tenant compte :

- Des caractéristiques de la pluie (intensité, durée et répartition spatio-temporelle) ;
- Des caractéristiques de la surface du bassin versant (nature, degré de perméabilité, pente et aménagement) ;
- Des lois hydrauliques relatives aux écoulements à surface libre.

## CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

METHODE RATIONNELLE

$$Q = K * A * I * R$$

Variables de l'équation rationnelle et unités correspondantes

Variables	Unités	
Q = débit maximal de ruissellement	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
A = superficie du bassin versant	ha	km <sup>2</sup>
I = intensité de la pluie	mm/h	mm/h
R = coefficient de ruissellement	-	-
K = facteur de conversion	2,75x10 <sup>-3</sup>	0,275

## CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

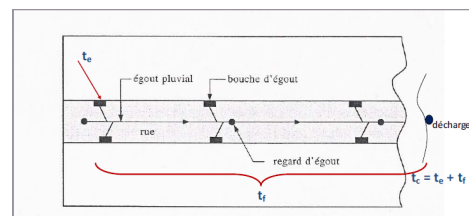
**Courbes intensité durée fréquence**

**Modèles mathématiques des courbes IDF**

- formule de Talbot:  $i_{\max}(T; dt) = \frac{a(T)}{b(T) + dt}$
- formule de Montana:  $i_{\max}(T; dt) = a(T) \times dt^{b(T)}$  a, b, c: paramètres à ajuster
- formule de Keiffer Chu:  $i_{\max}(T; dt) = \frac{a(T)}{dt^{b(T)} + c(T)}$

## Le temps de concentration

C'est le temps le plus long que peut mettre l'eau qui ruisselle sur un bassin versant à atteindre la décharge.





## Le temps de concentration

### Méthode de Kirpich

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 :

$$T_c = \frac{(0,000325 \times L^{0,77})}{50,385}$$

## Le temps de concentration

### Méthode de Mockus

Cette méthode est adaptée aux bassins versants de superficie variant entre 4 ha et 1000 et qui sont caractérisés par une pente longitudinale moyenne inférieure à 1% et par des sols limoneux ou argileux.

$$T_c = \frac{L^{0,8} \times \left[ \frac{1000 - 9}{NC} \right]^{1,67}}{2083 \times (100 \times S)^{0,5}}$$

## CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

### **La période de retour de l'événement pluvial**

Les ouvrages d'assainissement doivent assurer un degré de protection suffisant contre les inondations ou la mise en pression des réseaux. Le degré de protection à assurer est un compromis entre l'aspiration à une protection absolue qui est économiquement irréalisable compte tenu du caractère aléatoire des événements pluvieux, et le souci de limiter le coût de l'investissement.

## CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

On est ainsi amené à apprécier le caractère plus ou moins exceptionnel des orages par leur fréquence de dépassement F ou encore par leur période de retour  $T = 1 / F$ .

Le choix de la période de retour est effectué par l'autorité compétente (généralement le maître d'ouvrage) en fonction :

- Du risque pour les riverains ;
- Du risque pour l'environnement de l'ouvrage ;
- Du risque pour l'ouvrage ;

## Le coefficient de ruissellement

C'est le rapport du volume d'eau, qui ruisselle une surface, au volume d'eau tombée sur elle.

- La valeur de ce coefficient dépend :
- La nature de la surface du terrain ;
- La pente moyenne de la surface de ce terrain en direction de la décharge ;
- L'intensité de la pluie ;
- Des conditions atmosphériques antérieures à la pluie (période de sécheresse ou d'humidité);

## CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

Surface	Coefficient de ruissellement, $R$
Chaussée en béton, asphaltée	0,70 - 0,95
Chaussée en brique	0,70 - 0,85
Toiture	0,75 - 0,95
Terrain gazonné, sol sablonneux	
- plat (pente < 2 %)	0,05 - 0,10
- pente moyenne (2 à 7 %)	0,10 - 0,15
- pente abrupte (> 7 %)	0,15 - 0,20
Terrain gazonné, sol dense	
- plat (pente < 2 %)	0,13 - 0,17
- pente moyenne (2 à 7 %)	0,18 - 0,22
- pente abrupte (> 7 %)	0,25 - 0,35
Entrée de garage en gravier	0,15 - 0,30

Quartier	Coefficient de ruissellement, $R$
<b>Commercial</b>	
-centre-ville	0,70 - 0,95
-banlieue	0,50 - 0,70
<b>Résidentiel</b>	
-maisons unifamiliales	0,30 - 0,50
-maisons multifamiliales, détachées	0,40 - 0,60
-maisons multifamiliales, en rangées	0,60 - 0,75
-maisons de banlieue peu développée	0,10 - 0,25
-maisons de banlieue	0,25 - 0,40
-immeubles à usage locatif	0,50 - 0,70
<b>Industriel</b>	
-densité moyenne	0,50 - 0,80
-densité élevée	0,60 - 0,90
<b>Parcs, cimetières, prairies</b>	0,10 - 0,25
Terrains de jeux	0,25 - 0,35
<b>Terrains en friche</b>	0,10 - 0,30

## CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

- $A_i$  = surface de caractéristiques  $i$
- $R_i$  = coefficient de ruissellement relatif à la surface  $A_i$
- $\sum A_i = A$

## CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

### EXEMPLE 1 :

Calculer le coefficient de ruissellement relatif à un quartier résidentiel urbain de 1 420 000 m<sup>2</sup> (142 ha) dont les divers types de surface occupent les pourcentages suivants: toitures, 25 %; chaussées asphaltées, 14 %; trottoirs en béton, 5 %; entrées de garage en gravier, 7 %; terrains gazonnés de pente faible, 49 %.

## CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

Le calcul du débit des eaux pluviales sera effectué par la méthode de Caquot préconisée par l'instruction technique relative aux réseaux d'assainissement elle prend l'expression générale suivante :

Dans laquelle:  $Q(T) = K \times I^x \times C^y \times A^z$

Q(T) : débit de période de retour T en m<sup>3</sup>/s

I : pente moyenne du bassin versant élémentaire en m/m

A : superficie du bassin versant

C : coefficient de ruissellement .

## CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

### Conditions d'utilisation :

Il est à noter que la présente formule est valable dans les conditions suivantes :

- superficie de bassin < 200 HA
- $1 > \text{Coefficient de ruissellement} > 0.2$
- $5\% > \text{Pente du terrain naturel} > 0.2\%$
- $L'alongement \text{ du bassin } L/\sqrt{A} \geq 0,8$

## CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

### La pente moyenne du bassin versant

La pente moyenne est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin. Elle est considérée comme une variable indépendante. Elle donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct - donc sur le temps de concentration  $t_c$  - et influence directement le débit de pointe lors d'une averse.

### CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

Le débit  $Q(T)$  calculé par la formule précédente doit être corrigé par le facteur correcteur  $m$  donné par :

$$m = (M/2)^{-t}$$

Avec  $t = 0.385$

$M$  allongement moyen du bassin versant :  $M = L/\sqrt{A}$

$L$  : le plus long cheminement hydraulique de l'eau (en hm)

### CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

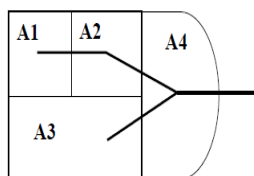
#### Cas de la ville de Marrakech

La formule de Caquot de la ville de Marrakech prend l'expression suivante pour une période de retour de 10 ans en l/s :

$$Q(10) = 855 \times I^{0.268} \times C^{1.187} \times A^{0.795}$$

### CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

#### • Assemblage des bassins versants



### CALCUL DU DEBIT D'EAUX PLUVIALES

Paramètres équivalents	$A_{eq}$	$C_{eq}$	$I_{eq}$	$L$
Bassins en série	$\sum A_i$	$\frac{\sum C_i \cdot A_i}{\sum A_i}$	$\left( \frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{I_i}}} \right)^2$	$\sum L_k$
Bassins en parallèle	$\sum A_i$	$\frac{\sum C_i \cdot A_i}{\sum A_i}$	$\frac{\sum I_i \cdot QP_i}{\sum QP_i}$	$L_{(Qmax)}$

**Exemple bassins en série :**

**Exemple bassins en parallèle :**

Soit les bassins versants suivants :

Les caractéristiques des bassins sont données dans le tableau suivant :

	Bassin B1	Bassin B2	Bassin B3
Superficie	A1=10ha	A2=6ha	A3=15ha
Longueur	L1=500m	L2=330m	L3=400m
Coefficient de ruissellement	C1=0.50	C2=0.70	C3=0.40
Pente	I1=0.04	I2=0.03	I3=0.02

### Dimensionnement des collecteurs

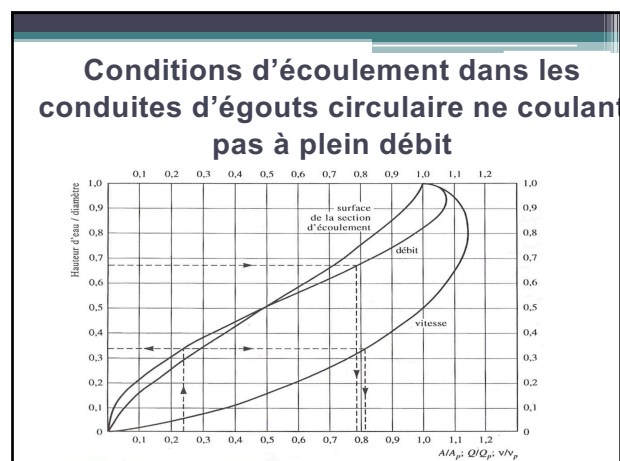
- La formule qu'on utilise pour déterminer la section des collecteurs est celle de STRICKLER :

$$Q = K_1 \times R^{K_2} \times I^{1/2} \times S$$

Dans laquelle :

- R: rayon hydraulique
- I: pente du collecteur
- S section mouillée
- Q débit à transiter

K1 = 70 ,K2 =2/3 pour les collecteur eaux usées  
 K1 = 60 ,K2 =3/4 pour les collecteur eaux pluviales



### Règle technique à respecter

Emprise	Type du réseau	Emplacement
E < 10m	EU	Axes des voies
	EP	
10m < E < 15m	EU	
	EP	
E > 20m	EU	Sous trottoir
	EP	

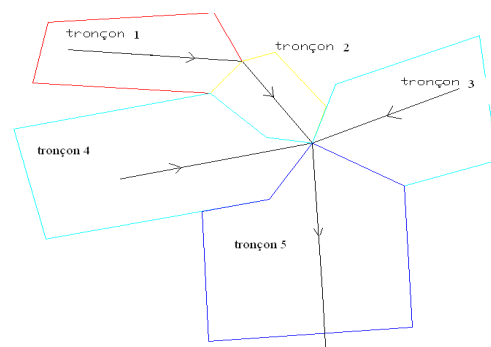
### Règle technique à respecter

- Les collecteurs de diamètre supérieur ou égal à 1 m doivent être implantés dans les axes des voies
- L'angle de raccordement de deux collecteurs doit être inférieure à 60 degré
- Si le diamètre de la conduite est inférieur à 0.60 m le raccordement à 90 degré est toléré
- La couverture minimale des conduites est de 1.45 m
- Les diamètres minimaux pour les collecteurs sont :
  - ✓ Ø300 pour les eaux usées
  - ✓ Ø400 pour les eaux pluviales

### Règle technique à respecter

- Dans la pratique, pour calculer les dimensions d'une conduite de réseau pluvial, on doit connaître :
  - détermination des différents paramètres du BV (surface, coefficient ruissellement, pente, longueur, pluie) ;
  - on calcule le débit (avec formule superficielle ou rationnelle) ;
  - on calcule le diamètre des canalisations en fonction du débit et de la pente (Manning-Strickler) ;
- pour l'autocurage, la vitesse doit être supérieure à 0,60 m/s (pour le 1/10 du débit à pleine section).

### Exercice



- Les données :

Tronçon	L	I par mille	A ha	Cr	population	Qepr l/(personne .j)
1	250	5	5	0.3	300	35
2	100	4	3	0.5	150	30
3	359	2	7	0.3	400	35
4	340	5	8	0.4	500	40
5	300	3	6	0.6	250	35

- Dotation en eau potable : 100 l/hab/j
- Coefficient de rejet 0,7
- Pente des collecteurs 5 pour mille