

Département de Génie Civil
Faculté de Technologie, Université de Bejaia

Réseaux d'assainissement

Dr. S Djadouf Arezki

1. Définition

L'assainissement des agglomérations a pour objet d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées ainsi que leur rejet dans les exutoires naturels. Il comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et à réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et souterraines. Ces dispositifs sont regroupés comme suit:

1. Assèchement de la surface de circulation par des pentes transversales et longitudinales, par des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, gondoles, etc.....
2. Les drainages : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainantes et canalisations drainantes)
3. Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sac,..)

2. Types d'installation

Il existe trois types d'installations d'assainissement:

1) Assainissement collectif

Constitué d'un réseau public destiné à collecter les eaux usées domestiques. Il est raccordé au réseau d'égout. Ces eaux sont acheminées vers une station d'épuration, en vue de leur traitement efficace.

2) Assainissement non collectif (autonome)

Dispositifs à mettre en place pour la collecte et le traitement des eaux usées domestiques en utilisant les caractéristiques épuratoires qu'offre le sol.

Le système autonome est proposé lorsque la faible densité de l'habitat rend trop coûteuse la mise en place de réseaux publics.

3) Assainissement semi collectif

Intermédiaire entre le collectif et l'autonome. On l'appelle aussi réseau de petit diamètre et il est constitué des parties suivantes:

- des fosses intermédiaires (ou fosses d'interception) qui éliminent les matières flottantes et en suspension.
- un réseau de canalisations de petit diamètre qui capte toutes les eaux décantées pour les acheminer vers l'exutoire.
- un exutoire final qui peut être un réseau conventionnel ou une station d'épuration.

3. Type de collecte

1) Système séparatif

Il consiste à réserver un réseau à l'évacuation des eaux usées domestiques et, sous certaines réserves, de certains effluents industriels alors que l'évacuation des eaux pluviales est assurée par un autre réseau.

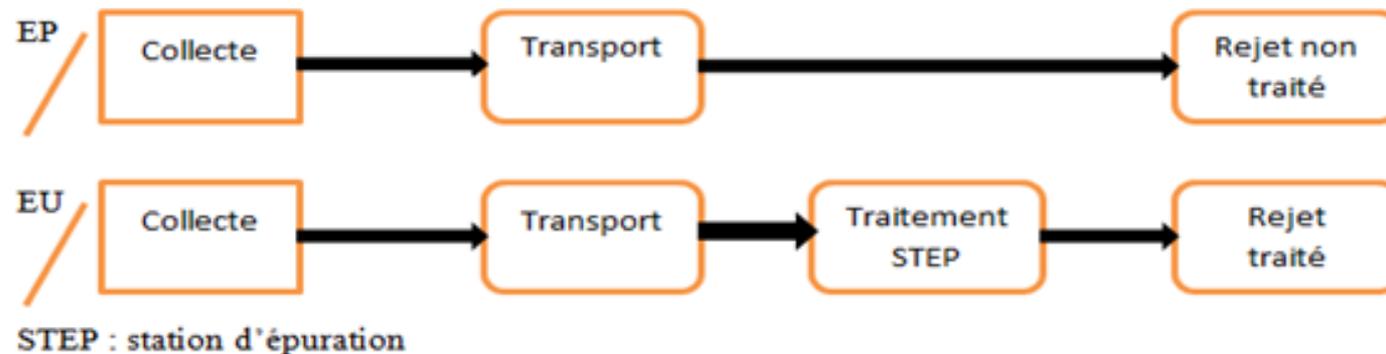


Figure 1. Système séparatif

Les avantages:

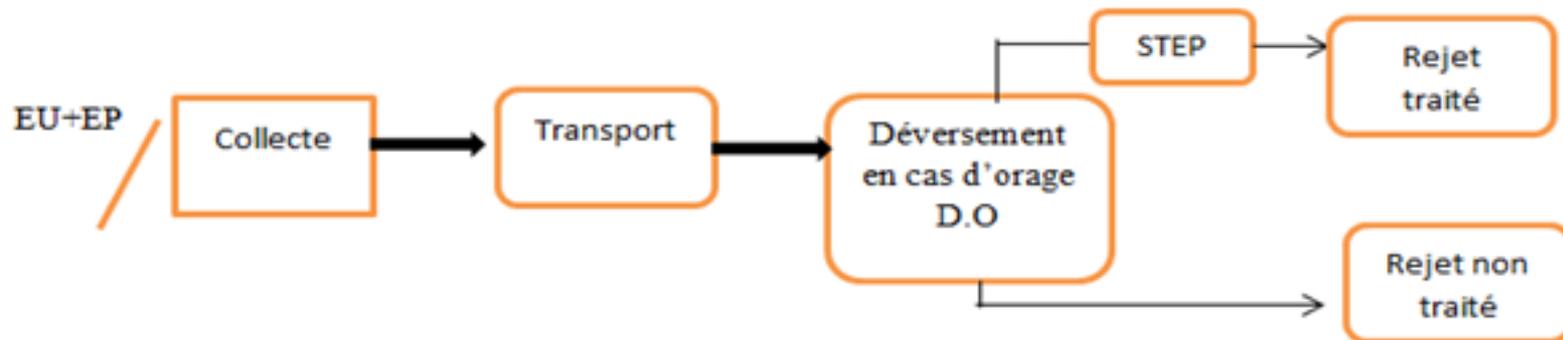
- STEP simplement dimensionnée pour le débit de pointe de temps sec, donc économique.
- Eau traitée de même origine ; fonctionnement plus sûr et plus efficace de la STEP
- Les eaux pluviales (EP) sont censées être plus propres que les eaux usées (EU) ; elles sont donc moins préjudiciables au milieu naturel

Les inconvénients :

- Double réseau impliquant une augmentation du coût
- Problème de raccordement des immeubles

2) Système unitaire

L'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales est assurée par un seul réseau généralement pourvu de déversoirs permettant en cas d'orage le rejet direct, d'une partie des eaux dans le milieu naturel.



Orage : débit supérieur à l'entrée de la STEP qui sera évacué par D.O.

Figure 2. Système unitaire

Les avantages :

- Coût plus faible
- Problèmes de mise en œuvre et de branchement simplifiés

Les inconvénients :

- Rejet par D.O des eaux usées (EU) et des eaux pluviales (EP) impliquant une pollution du milieu récepteur (MR)
- Mélange d'eaux d'origines différentes impliquant la perturbation du fonctionnement de la STEP.

3) Système pseudo-séparatif

Réseaux séparatifs où le réseau d'eaux usées peut recevoir certaines eaux pluviales provenant des propriétés riveraines (eaux de toiture) conçus pour limiter les problèmes de raccordement.

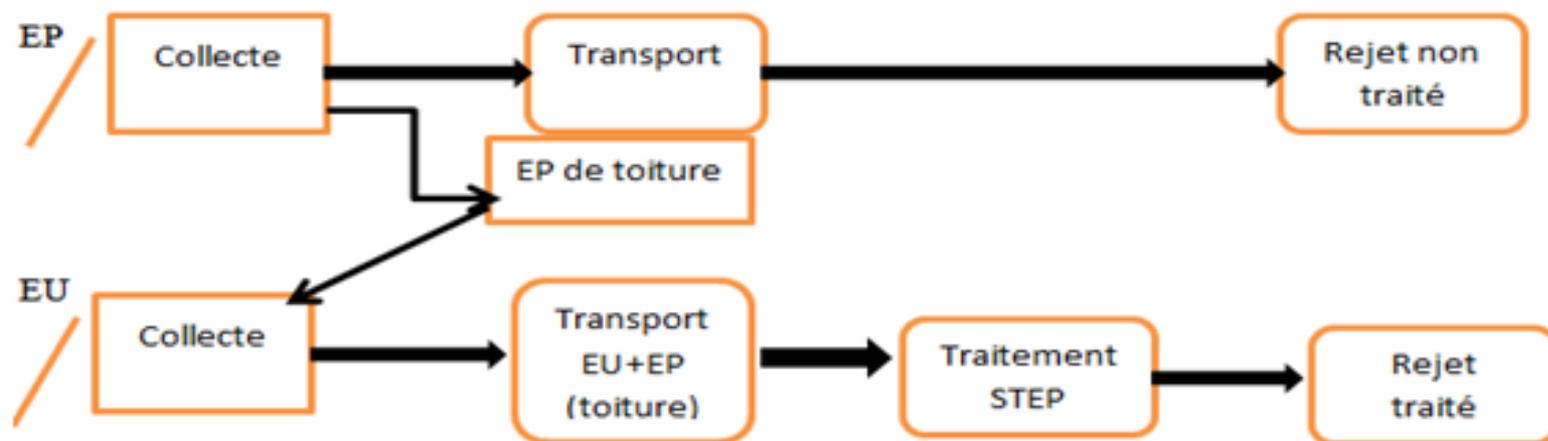


Figure 3. Système pseudo-séparatif

Ce type de réseau est comparable au système séparatif avec un inconvénient de moins ; celui du problème de branchement particulier et un problème de plus ; celui du risque de perturbation du fonctionnement de la STEP qui est dû au mélange de l'EU avec l'EP de toiture.

4. Eléments constitutifs des réseaux

Un réseau d'assainissement est composé de deux types d'ouvrages ; les ouvrages de transport : sous terrain (conduites) ou à ciel ouvert (caniveaux ; rigoles) et les ouvrages annexes (systématiques ou particuliers).

4.1. Eaux pluviales (EP)

1) Réseaux de surface (à ciel ouvert)

- Les caniveaux sont bien adaptés aux éléments de desserte et aux aires de stationnement dans la mesure où le débit à évacuer reste faible.
- Les fossés ou canaux peuvent évacuer des débits plus importants que les caniveaux

2) Réseaux enterrés (sous terrain)

Ensemble ramifié de canalisations ; le plus souvent à écoulement gravitaire et en général de section circulaire. Par rapport aux réseaux de surfaces, ils présentent certains avantages

3) Bassins de retenue

Eléments interposés sur un réseau de surface ou enterré ; ils permettent d'écarter les débits de pointe des EP. Le volume ainsi écarté étant stocké afin d'être rejeté ultérieurement dans le réseau aval.

4) Bassins d'infiltration

Double fonction de stockage (analogue au bassin de retenue) et d'infiltration dans le sol ; de l'eau qu'ils contiennent. Ce type d'ouvrage peut être utilisé :

4) Bassins d'infiltration

Double fonction de stockage (analogue au bassin de retenue) et d'infiltration dans le sol; de l'eau qu'ils contiennent. Ce type d'ouvrage peut être utilisé :

- en cas d'impossibilité technique ou économique de rejet dans un réseau existant ou dans le milieu naturel
- en cas de volonté de réalimenter la nappe souterraine

Il faut un terrain à coefficient de perméabilité verticale suffisant et un entretien périodique afin d'éviter le colmatage.

4.2. Eaux usées (EU)

L'assainissement des eaux usées comprend trois phases :

1) Collecte et le transport

Réseau étanche de canalisations enterrées ; l'écoulement gravitaire est la règle générale

2) Epuration

- des systèmes individuels : fosse septique pour toutes les eaux, suivie d'un épandage souterrain auquel on associe un préfiltre entre fosse et épandage pour le protéger contre le colmatage.
- des systèmes collectifs : pour plusieurs logements, en reliant par exemple les fosses septiques au même épandage.

3) Evacuation et le rejet des eaux traitées

- Evacuation et rejet dans le réseau hydrographique de surface : c'est la majorité des cas; on rejette dans un cours d'eau, un lac ou la mer.
- Rejet dans le sol : puits d'infiltration, bassin d'infiltration

5. Evaluation des débits d'eau usée et d'eau pluviale

5.1. Evaluation des débits d'eaux usées (EU)

L'évaluation quantitative des rejets peut se caractériser en fonction de type d'agglomération et des diverses catégories d'occupation des sols.

L'origine des eaux usées est donnée comme suit :

a. Eaux domestiques :

- Eaux ménagères (eaux grises) : ce sont les eaux de cuisine, de lessive, de nettoyage, d'hygiène personnelle, etc. Leur composition est assez constante, leur débit dépend fortement des habitudes de la population.
- Eaux de vanne (eaux fécales, eaux noires) : Eaux usées provenant des W-C, des vidoirs d'hôpital et des lave-pannes.

b. Eaux industrielles

1) Evaluation des débits d'eaux usées domestiques

Le débit maximum appelé débit de pointe est donné par la relation suivante :

$$Q_p = P Q_m$$

Avec :

P : coefficient de pointe

Q_m : débit moyen journalier

Le coefficient de pointe est déterminé par la relation suivante :

$$P = a + \frac{b}{\sqrt{Q_m}}$$

a : paramètre exprimant la limite inférieure à ne pas dépasser lorsque *Q_m* est très grand (a=1.5).

b : paramètre exprimant l'augmentation de *Q_p* lorsque *Q_m* est très petit (b = 2.5)

$$P = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_m}} \quad (1.5 \leq P \leq 4 ; \text{ Si } p > 4, \text{ on prend } p = 4)$$

Le débit moyen journalier Q_m (en l/s) peut être déterminé à l'aide de la relation suivante :

$$Q_m = \frac{\text{Cons} (1 - p) N_{hab}}{86400}$$

Q_m : débit moyen journalier d'EU rejeté (en l/s)

Cons : consommation d'eau potable (en l/j/hab)

P : perte en eau (l'eau distribuée pour les différents besoins est rejetée pratiquement en quantité égale avec une perte estimée de 20 % à 30%)

N_{hab} : nombre d'habitants

2) Evaluation des débits d'eaux usées des établissements publics

Pour estimer le débit moyen journalier rejeté des établissements publics, on utilise généralement la notion d'équivalence à un habitant et on note (eqh)

$$Q_{m_i} = n_i Q_i$$

Q_{m_i} : débit moyen journalier rejeté de catégorie i

n_i : nombre d'habitants ou d'eqh de la catégorie i

Q_i : débit moyen journalier par habitant ou équivalent à un habitant (eqh)

3) Evaluation des débits d'eaux usées industrielles

Il faut recourir à des données empiriques pour situer les débits des rejets. L'instruction technique préconise la prise en compte d'un débit de 30 à 60 m³/jour/hectare suivant le caractère de la zone industrielle concernée.

5.2. Evaluation des débits d'eaux pluviales (EP)

Le nombre considérable de facteurs intervenant dans le calcul des débits de pointe d'eaux pluviales en différents points d'un réseau d'assainissement a conduit les chercheurs et les ingénieurs à la mise au point de méthodes donnant une représentation globale et simplifiée des phénomènes de pluie, de ruissellement, et de transfert en collecteurs.

1) La méthode rationnelle

La méthode rationnelle fut découverte en 1889, mais ce n'est qu'en 1906 qu'elle a été généralisée. C'est une méthode qui est utilisée surtout pour les bassins urbains à faibles surfaces.

A l'exutoire d'un bassin versant de surface A, le débit de ruissellement maximal attribuable à une pluie d'intensité moyenne i_m est calculé à l'aide de l'équation suivante:

$$Q_{\max} = A * C * i_m$$

Avec :

Q_{\max} : Débit maximal [m³/s].

A : Surface du bassin versant [m²].

i_m : Intensité moyenne maximale de pluie de période de retour T, sur une durée égale au temps de concentration du bassin versant BV ($t=t_c$) [m/s].

C : Coefficient de ruissellement $0 < C < 1$.

L'intensité d'une pluie (i) est le rapport du volume d'eau tombé pendant une durée sur une surface donnée (unité usuelle : mm/h).

L'intensité peut être obtenue à partir des enregistrements des mesures à l'aide d'un pluviomètre ou bien calculée par *la loi de MONTANA* :

$$i = a \cdot t^b$$
$$h = i \cdot t = a \cdot t^{1+b}$$

Avec : i : intensité (mm/min).

t : durée de la pluie (min).

h : hauteur total (mm).

a et b : coefficient dépendant de la région géographique et la période de retour.

Le temps de concentration (t_c) d'un bassin versant urbain est le temps le plus long que peut mettre l'eau qui ruisselle sur ce bassin versant à atteindre l'exutoire.

Le temps de concentration est donné par *la loi de KIRPICH*.

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0.77}$$

$$t_c = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot I^{0,385} \quad (\text{Loi de KIRPICH})$$

Avec :

t_c : temps de concentration en minute

L : longueur du parcours de l'eau en m

I : pente selon le parcours de l'eau en mètre par mètre.

2) Méthode superficielle (méthode de CAQUOT)

La méthode de Caquot permet de calculer le débit de pointe. Elle représente une évolution de la méthode rationnelle en évitant d'être limité par l'estimation du temps de concentration d'une part, et en prenant en compte les possibilités de stockage des eaux sur le bassin versant d'autre part (contrairement à la méthode rationnelle).

Cette méthode appelée aussi méthode superficielle ne s'applique qu'au milieu urbain drainé par des réseaux.

CAQUOT établit le bilan hydraulique du volume d'eau ruisselé sur le bassin versant. Soit V ce volume :

$$V = \alpha H A C$$

α : coefficient d'abattement spatial de l'averse $0 < \alpha < 1$ (Ce coefficient tient compte de la distribution spatiale de l'averse, l'intensité de précipitation diminuant au fur et à mesure que l'on s'écarte de l'épicentre de l'orage).

H: hauteur de pluie à son épicentre (en mm)

A : surface du BV en ha

C : coefficient de ruissellement

$$\left. \begin{array}{l} V \text{ en m}^3 \\ A \text{ en hectare} = 10^4 \text{ m}^2 \\ H \text{ en mm d'eau} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} V = \alpha (H \cdot 10^{-3}) (A \cdot 10^4) C \\ V = 10 \alpha H A C \end{array}$$

Ce volume se répartit en :

1. *Volume qui s'est écoulé à l'exutoire pendant le temps t*

$$V_1 = Q_m t_1 = \beta Q_p t$$

Q_m : débit moyen entre les instants 0 et t_1

Q_p : débit de pointe à l'instant t

$$\left. \begin{array}{l} V_1 \text{ en m}^3 \\ Q_m \text{ en m}^3/\text{s} \\ t \text{ en mn (60s)} \end{array} \right\} V_1 = 60\beta Q_p t$$

2. Volume stocké en surface du BV pendant t_1 , et dans les caniveaux et collecteurs pendant t_2 .

Le stockage est exprimé sous la forme :

$$V_2 = 60 \delta Q_p (t_1 + t_2)$$

L'effet de capacité est traduit sous la forme d'un bilan volumétrique :

$$V=V_1 + V_2 \Rightarrow 10 \alpha H A C = 60\beta Q_p t + 60 \delta Q_p (t_1 + t_2) = 60Q_p [\beta.t + \delta (t_1 + t_2)]$$

$(t_1 + t_2)$ correspond par définition au temps de concentration t_c

Expérimentalement, t est légèrement supérieure à t_c . On obtiendra donc une valeur par excès de Q_p en assimilant t à t_c .

t_1 : temps d'écoulement dans le réseau

t_2 : temps d'écoulement sur le BV

$$1/6 \alpha H A C = Q_p (\beta + \delta) t_c \quad \text{avec: } \alpha = A^{-z} \quad (\alpha : \text{coefficient d'abattement spatial})$$

Sachant que $H = H_{\max} - H_{\min}$.

H_{\max} : l'altitude du sommet le plus haut de la plate forme considérée.

H_{\min} : l'altitude du sommet le plus bas de la plate forme considérée.

- Cas où le terrain est accidenté : Si le terrain est accidenté, les courbes de niveau sont trop serrées, on peut avoir plusieurs courbes de niveau traversant la plate forme, dans ce cas la CP est fixée de la manière suivante :

$$CP = (H_{\max} + H_{\min})/2$$

Remarque 3

Les CP calculées par les méthodes citées ci-dessus sont purement théorique, elles sont prises sous réserve, car ces méthodes de calcul ne prennent en considération que l'équilibre déblai – remblai, donc, il est recommandé de vérifier les côtes formées si elles conviennent à la réalité du projet, surtout si le terrain naturel présente une morphologie très accidentée.

7.1.1. Méthodes de calcul des surfaces en travers

- a) **Méthodes exactes** : il faut déterminer pour chaque profil en travers les côtes en coordonnées de chacun de ses points.

$Q_p \beta t_c$: volume écoulé (en m^3) pendant t_c (temps de concentration où le réseau atteint sa capacité max)

$Q_p \delta t_c$: volume stocké dans le réseau et le BV pendant t_c

$\beta + \delta$: effet de capacité totale (β : écoulement et δ : stockage) = 1.1 (amortissement volumique de 10% pour les bassins urbains de petites tailles)

1/6 : coefficient d'homogénéité

H est donné par la formule de MONTANA :

$$H = i_m t_c \quad \text{avec : } i_m = a t_c^{-b} \Rightarrow \frac{H}{t_c} = a \cdot t_c^{-b}$$

Expression du temps de concentration proposée par CAQUOT

$$t_c = \mu I^c A^d Q_p^f$$

μ : coefficient d'ajustement fonction de la forme du bassin

I : pente moyenne calculée selon le plus long parcours de l'eau L.

Il en découle la formule de Caquot :

$$Q_p(T) = \left[\frac{a \mu^b}{6(\beta + \delta)} \right]^{\frac{1}{1-bf}} C^{\frac{1}{1-bf}} I^{\frac{bC}{1-bf}} A^{\frac{[bd]+1-\varepsilon}{1-bf}}$$

Avec :

L : longueur du réseau (en m)

A : surface du BV en ha

Q_p : débit de pointe (en m^3/s)

I : pente moyenne du bassin versant en m/m

C : coefficient de ruissellement

A : superficie du bassin versant en Hectares



5. Eléments constitutifs (ouvrages des réseaux d'assainissement)

Les ouvrages sont :

- Pour la collecte : avaloirs, regards de divers type, drains, ...
- Pour le transport : fossés, caniveaux, canalisations, ...
- Pour le traitement éventuel : station d'épuration, fosse septique, décanteur, désensableur, bac à graisse, ...
- Pour la restitution dans le milieu naturel : exutoire, puit filtrant, plateau absorbant, drains, ...

6. Différentes formes de conduites

- **Conduites circulaires**

- Utilisation systématique pour les petites sections
- Elles sont simples à fabriquer et à faibles coûts
- Problèmes pour les grosses sections
 - Largeurs importantes de la tranchée impliquant une perturbation en surface
 - Lorsque la vitesse d'écoulement diminue, le dépôt sera important impliquant un coût de l'expulsion

- **Conduites ovoïdes**

Conçues pour obtenir une vitesse d'écoulement aussi constante que possible :

- Eviter les dépôts fréquents lorsque la vitesse diminue
- Réduire la largeur de la fouille dans le cas de grandes sections
- Offrir un accès relativement facile au réseau (H=1.3m ; Φ 70cm)

- **Conduites à banquettes**

Leurs formes très variable dépend de :

- Débit de temps section sec (section de cunette)
- De pluie (l'orage) section totale
- Conditions de terrassement (largeur et la hauteur)

7. Matériaux constitutifs

Une conduite doit répondre à plusieurs caractéristiques :

- Résister aux sollicitations mécaniques
- Etre étanche pour ne pas polluer la nappe
- Etre inerte pour ne pas se corroder sous l'action des polluants
- Etre lisse pour faciliter l'écoulement

Pour cela cinq matériaux sont utilisés :

- **Le grès** : résiste bien à la corrosion ; bon tenu dans le temps ; assez bonne résistance mécanique pour les petites sections ; étanchéité correcte ; bon rapport qualité/prix

Le diamètre varie : 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000.

- **Le PVC (chlorure de polyvinyle)** : excellente étanchéité ; très grande facilité de pose ; très bonne caractéristique hydrologique ; bonne résistance mécanique mais coût élevé ; sensible à la température $T \leq 35^{\circ}\text{C}$, sinon déformation permanente ou vieillissement prématuré.

Longueur $L \geq 6\text{m}$

Diamètre : 110 ; 125 ; 160 ; 200 ; 250 ; 315 ; 500.

- **L'amiante – ciment** : sensiblement idem que les PVC.

Longueur $L \geq 3\text{m}$

Diamètre : 100 ; 110 ; 125 ; 200 ; 250 ; 300 ; 400 ; 500 ; 600 ; 800 ; 1000 ; 1200.

- **Béton armé** : indispensable pour les grandes sections mais l'étanchéité est faible (risque de fissuration due à la présence des armatures)
- **Béton non armé** : le plus employé pour les conduites préfabriquées en raison de son rapport qualité prix