

**Université Chahid Mustapha Ben Boulaid Batna 2**

**Faculté de Technologie**

**Département d'Hydraulique**

**Module : Technologie des Conduites et Équipements des Réseaux**

**Chargé du Module : Mr KHELIF Abdelkrim**

**Cours Destiné**

**Aux Étudiants Licence 3 Option Hydraulique**

**Semestre 6**



**Chapitre I : Nature des Conduites**

---

**CHAPITRE I : NATURE DES CONDUITES****Introduction :**

La nécessité d'utiliser des matériaux plus résistants à la corrosion à entrainer le développement d'un très grand nombre de ces derniers qui n'existaient pas auparavant. Car le lien corrosion-matériaux est évident puisque la majorité des problèmes de corrosion sont liées à la nature des matériaux qui se différencient par leurs propriétés mécaniques, leurs propriétés de mise en œuvre, leurs prix ou leurs disponibilités sur le marché qui sont bien les paramètres déterminant dans le choix d'une conduite.

**1. Classification :**

Il existe au moins 06 types de matériaux pour les conduites utilisées dans le domaine hydraulique :

La fonte ductile, l'acier, le béton armé, le PVC, le PEHD et le PRV.

Les conduites sont classées de plusieurs manières :

**1.1. Par rapport à la souplesse (rigidité) :**

- Conduites rigides (Béton armé) ;
- Conduites souples (PVC, PRV, Fonte, Acier, PEHD).

**1.2. Par rapport à la mise en service :**

- Conduites enterrées ;
- Conduites superficielles.

**1.3. Par rapport au matériau :**

- Métalliques ;
- Non métalliques:
  - A base de ciment (béton armé) ;
  - Plastique (PVC, PRV, PEHD).

**2. Critères de choix :**

Le choix d'un type de matériau doit se faire en tenant compte des conditions suivantes :

- Les conditions topographiques du terrain (type de relief, instabilité du sol,...) ;
- Les propriétés mécaniques propres aux tuyaux et aux sols vis-à-vis de la stabilité de cet ensemble tuyau/ sol ;
- La capacité d'écoulement hydraulique (diamètre, pente, vitesse, coefficient de rugosité, qualités physico-chimiques du fluide transporté) ;
- L'érosion et la corrosion par suite d'attaque physico-chimique ;
- Les conditions d'installation et de raccordement sur chantier.

**3. Définitions :**

Les conduites sont des profilés de forme cylindrique qui peuvent avoir des dimensions et des caractéristiques différentes selon les fonctions qu'ils doivent remplir, le choix de celles-ci est déterminé par le diamètre (selon le débit du fluide transporté) et par l'épaisseur (en fonction de la pression hydraulique).

**4. Types de conduites :**

Il existe plusieurs types qui suivant leurs matériaux peuvent être réunis dans ce qui suit :

## 4.1. Matériaux métalliques :

### 4.1.1. Acier :

Un acier est un alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone. C'est essentiellement la teneur en carbone qui est entre (0,025 % à 2,1 %), qui confère à cet alliage les propriétés de l'acier pour résister à des sollicitations mécaniques ou chimiques ou une combinaison des deux et le rend beaucoup résistant et souple. Des éléments chimiques peuvent être ajoutés à sa composition en plus du carbone. Les principaux éléments sont le manganèse (Mn), le chrome (Cr), le nickel (Ni), le molybdène (Mo). On distingue trois familles principales d'acier selon le pourcentage massique de carbone qu'elles contiennent :

- Les aciers au carbone (généralement 0.15 à 0.5% C) ;
- L'acier faiblement allié hautement résistants dans lesquels la teneur de chaque élément d'alliage est inférieur à 5% (C, Mn, Cr, Ni, Mo, V et Si combinés) ;
- L'acier fortement allié dans lesquels la teneur d'au moins un élément d'alliage dépasse 5% (Cr, Ni, Mn).

**NB : V :** Le vanadium est un métal rare, dur et ductile que l'on trouve dans certains minerais.

**Alliage :** Produit métallurgique résultant de l'incorporation à un métal d'un ou de plusieurs éléments (métalliques ou non), effectuée dans le but de modifier certaines de ses propriétés ou même de lui conférer des propriétés nouvelles.

#### 4.1.1.1. Caractéristiques :

Ils sont revêtus intérieurement en général en mortier de ciment, et extérieurement de divers revêtements. Les tubes en acier sont livrés en longueurs fixes comprises entre 6 et 14 m, leur épaisseur est de 3 à 9 mm, ils sont plus souples que ceux en fonte, ils s'adaptent bien aux irrégularités du lit des tranchées, de ce fait ils n'ont pas obligatoirement besoin de joints comme les tubes en fonte.

#### 4.1.1.2. Vulnérabilité :

Les conduites en acier sont plus sensibles à la corrosion de diverses sortes, car elles présentent souvent des fuites au niveau :

- Des raccords ;
- Des soudures mal faites.

Par contre la rupture est peu fréquente, donc un bon revêtement permet de protéger la conduite pendant un temps de service assez long.

#### 4.1.1.3. Caractéristiques hydrauliques :

Les caractéristiques hydrauliques du tube en acier sont celles de son revêtement intérieur, c'est-à-dire celles du mortier de ciment. Dans la pratique, on prend  $K = 0,1$  mm (**Fig 01**).



**Figure 1** : Conduites en acier.

#### 4.1.2. Fonte :

La fonte, en métallurgie, est un alliage de fer et de carbone dont la teneur est entre 2 à 4 % de carbone. Les conduites en fonte sont en général assez fragiles, peu ductiles et difficilement soudables.

##### 4.1.2.1. Fonte grise :

Nommée aussi fonte à graphite lamellaire (FGL), où le carbone se cristallise sous forme de lamelles longues et étroites. La fonte grise est le matériau le plus adopté pour les conduites enterrées, transportant tous types d'eau grâce à sa facilité d'usinage et son coût de production plus faible que les autres alliages de fonte. .

##### 4.1.2.1.1. Caractéristiques :

La fonte est le matériau le mieux adapté, semble-t-il, à l'établissement des conduites enterrées, à cause de sa longévité, résiste mieux à la corrosion donc les tuyaux en fonte sont très robustes, mais en raison de leur fragilités ils doivent être manutentionnés avec certaines précautions.

##### 4.1.2.1.2. Vulnérabilité :

Leur rigidité rend la résistance, aux grandes tensions, faible de ce fait elle est très sensible aux mouvements de terrain (la conduite travail en flexion.), et très sensible aux charges concentrées et aux appuis pointus.

Le principal désavantage de la fonte grise est son allongement avant la rupture. Sous l'effet d'un choc important, les lamelles peuvent être plus propices à la propagation de fissures.

##### 4.1.2.1.3. Caractéristiques hydrauliques :

Les qualités hydrauliques du tuyau en fonte sont celles de son revêtement intérieur au mortier de ciment. Les pertes de charge sont calculées en adoptant un coefficient  $K=0,1 \text{ mm}$  (Fig 02).



**Figure 2 :** Conduites en fonte grise.

#### 4.1.2.2. Fonte ductile :

On l'appelle aussi fonte à graphite sphéroïdal (FGS) elle vient juste après les FGL pour leur utilisation. L'introduction d'une faible quantité de magnésium dans la fonte grise avant le moulage permet d'éliminer tout risque de rupture. Ces matériaux présentent des propriétés mécaniques exceptionnelles supportant des déformations importantes sont dotés d'une aptitude à l'éirement avant rupture remarquable.

##### 4.1.2.2.1. Caractéristiques :

La fonte ductile a été confectionnée pour avoir une souplesse voisine à celle de l'acier, une robustesse et résistance aux surcharges et à la corrosion et aussi résiste mieux à la flexion, la résistance à la traction est de l'ordre de 4200 bars. En additionnant du magnésium au moment de la coulée, le graphite se cristallise sphériquement au lieu de l'aplatissement.

##### 4.1.2.2.2. Vulnérabilité :

La surpression telle que le coup de bélier peut provoquer des cassures longitudinales et des déboîtements, aspiration des joints en cas de dépression (**Fig 03**).



**Figure 3 :** Conduites en fonte ductile.

## 4.2. Matériaux à base de ciment :

### 4.2.1. Béton :

Les tuyaux en béton précontraint avec ou sans âme en tôle ils se sont répartis en trois catégories comme suit :

- Tuyau en âme à tôle avec ou sans précontrainte circonférentielle ;

- Tuyau en béton précontraint Frette Béton (FB) ;
- Tuyau en béton monolithique.

#### 4.2.1.1. Caractéristiques :

Les tuyaux en béton armé sont fabriqués en faisant couler du béton dans un moule centrifugé ou vibré. Ils sont soit sans armatures soit armé en acier rond ou en arme de tôle. Ils sont utilisés surtout pour l'adduction ; souvent à faibles pressions elles résistent bien aux surcharges et aux attaques corrosives.

#### 4.2.1.2. Vulnérabilité :

Les tuyaux en béton présentent souvent des fissures au niveau des joints. Ils sont très sensibles aux mouvements de terrain et aux charges concentrées. Possédant sensibilité aux chocs brutaux.

En général les tuyaux rigides (béton, acier, fonte) présentent les mêmes aspects de vulnérabilité.

#### 4.2.1.3. Caractéristiques hydrauliques :

Les qualités d'écoulements des tuyaux en béton sont bonnes et analogues à celles du revêtement en ciment des tuyaux en fonte et en acier, on adopte un coefficient K de 0,1mm (Fig04).

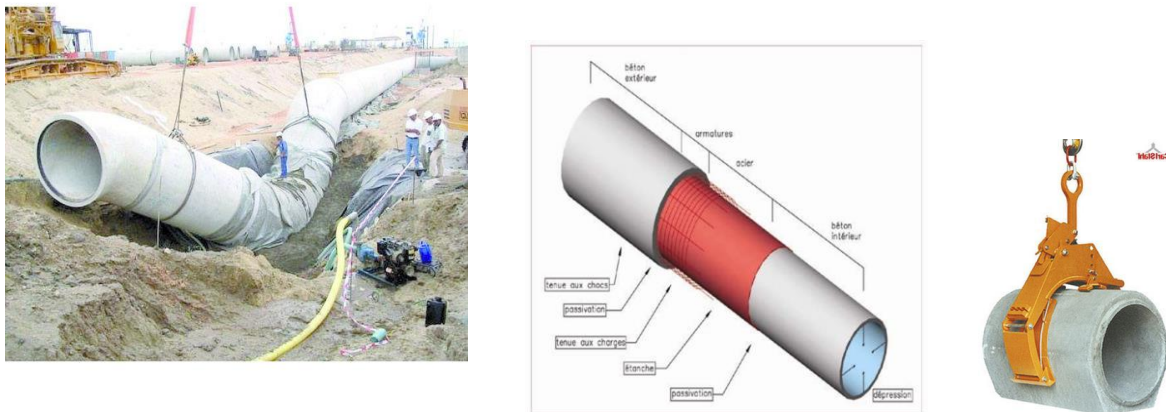


Figure 4 : Conduites en Béton.

### 4.3. Matériaux organiques :

#### 4.3.1. Le PVC :

##### 4.3.1.1 Caractéristiques :

Le polychlorure de vinyle ou chlorure de polyvinyle est un polymère thermoplastique. La matière de base pour la fabrication des tubes doit être de la résine en polychlorure de vinyle non plastifiée à laquelle s'ajoutent les additifs. Aucun de ces additifs ne doit constituer un risque toxique, organoleptique ou microbiologique ni affecter la résistance mécanique à long terme.

##### 4.3.1.2. Vulnérabilité :

Les conduites en PVC présentent la plupart du temps des ruptures longitudinales ou des écrasements localisés.

- Elles sont sensibles aux surpressions (coups de bélier) ;
- Sensibilité aux surcharges surtout à vide ;
- Possibilité d'agression chimique par la colle utilisée pour le raccordement.

#### 4.3.1.3. Caractéristiques hydrauliques :

La légèreté de la conduite permet une manipulation simple. La rugosité est faible, de l'ordre de 0,01 mm pour les tuyaux neufs (Fig 05).



**Figure 5 :** Conduites en PVC.

#### 4.3.2. Polyéthylène : PE

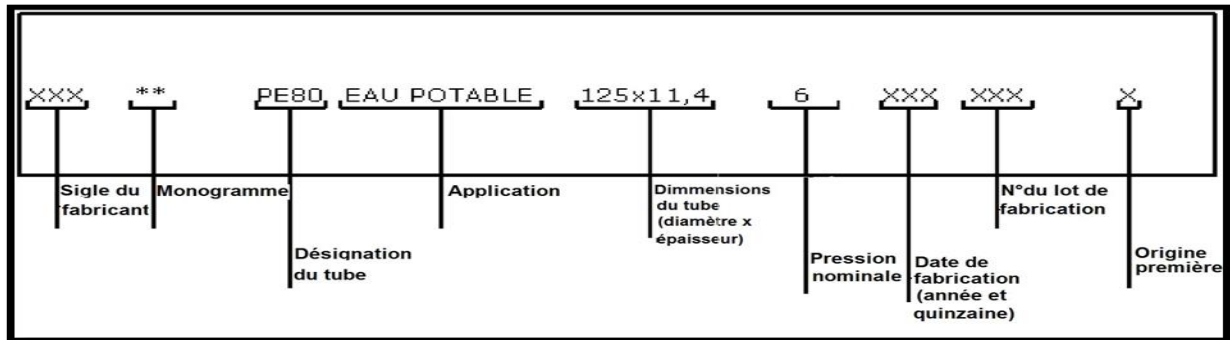
##### 4.3.2.1. Caractéristiques :

Les conduits en PE se subdivisent en :

- PEHD : Pour la haute densité ;
- PEBD : Pour la basse densité.

Les tubes doivent avoir des surfaces extérieures et intérieures propres et lisses et sont exempts de défauts nuisibles à sa qualité: rayures, marques, piqûres en formes de bulles, grains, et soufflures. Les tubes seront de couleur noire et comportant des filets de repérage longitudinaux bleus extrudés sur les parois externes. Les tubes doivent porter, au minimum tous les mètres, un marquage indélébile (**Figure 6**) constitué par :

- La norme et l'application ;
- Le sigle du fabricant ou une marque permettant de l'identifier ;
- La classification du PE : l'indication PE 80 ou PE100 ;
- Dimensions nominales : diamètre extérieur et épaisseur (en mm) séparés par le signe x ;
- La pression nominale ;
- La date de fabrication (année et mois) ;
- Le numéro du lot de fabrication.



**Figure 6:** Marquage de conduites.

#### 4.3.2.2. Vulnérabilité :

- Les conduites en PE sont sensibles aux surcharges et aux appuis pointus ;
- Les lubrifiants, les détergents, les agents de rinçage, les huiles – silicones et autres substances, semblables peuvent causer des dégâts par corrosion ;
- Les huiles et graisses peuvent gonfler la conduite ;
- Les petites fissures et trous ont une tendance à se propager rapidement ;
- Les conduites en PE sont perméables aux essences benzènes, les dissolvants, les hydrocarbures, chlorés et autres substances similaires ce qui peut altérer la qualité de l'eau.

#### 4.3.2.3. Caractéristiques hydrauliques et physiques :

Dans la pratique, les pertes de charge sont calculées en adoptant un coefficient K de 0,01 mm pour les tuyaux en PEHD neufs.



**Figure 7 :** Conduites en PEHD.

#### 4.3.3. Plastique renforcé de fibre de verre PRV :

##### 4.3.3.1. Caractéristique :

C'est les conduites plastiques renforcées de fibres de verre pour améliorer leur résistance afin de, supporter des pressions plus importantes, elles ont une structure en sandwich: c'est des couches superposées se composant de (**Fig 08**):

- Résine polyester : liant ;
- Fibres de verre : renforcement, ou armatures ;

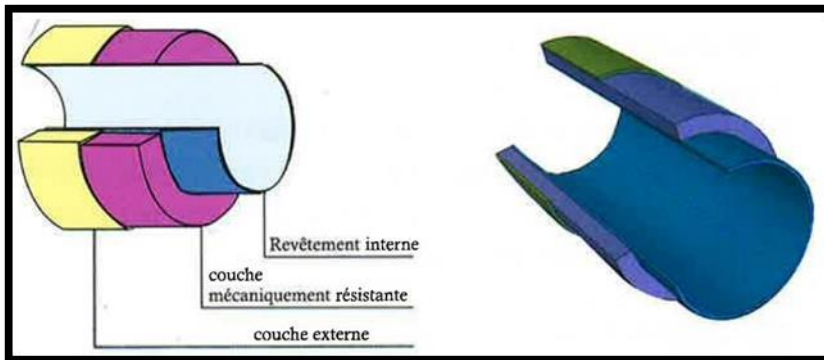


- Sable siliceux: le remplissage.

Les diamètres nominaux sont de: DN 200 à DN 2400 utilisée pour le transport sur des longues distances de l'eau brute et potable.

La paroi du tuyau PRV se compose de trois couches qui doivent être parfaitement adhérentes l'une à l'autre, chacune ayant différentes caractéristiques et propriétés en rapport à sa fonction :

- Revêtement interne ;
- Couche mécaniquement résistante ;
- Couche externe.



**Figure 8:** Les composants d'une conduite en PRV.

#### 4.3.3.2. Vulnérabilité :

Sensibles aux surcharges et à la sollicitation concentrée, contrairement aux autres conduites, les conduites renforcées de fibres ne sont pas attaquées par la corrosion.

#### 4.3.3.3. Caractéristiques hydrauliques :

Le faible poids de la conduite permet une manipulation simple. La longueur des éléments de tuyaux peut être élevée, ce qui réduit, le cas échéant, le nombre de raccords. La rugosité est faible, de l'ordre de 0,01 mm pour les tuyaux neufs (**Fig 09**).



**Figure 9 :** Conduites en PRV.

## 5. Recommandations :

### 5.1. Manutention :

Au cours des manutentions, les chocs préjudiciables au revêtement sont à éviter, en outre, on ne doit pas faire rouler les tubes revêtus sur des cailloux ou des aires sans chemins

de roulement convenablement préparés.

Pour le chargement et le déchargement, il convient toujours d'utiliser des engins de levage, de puissance suffisante.

- Le chargement et le déchargement doivent se faire avec prudence ;
- Éviter les chocs brutaux surtout pour les canalisations rigides (fonte, acier, béton) ;
- Veiller à ne pas endommager les revêtements ;
- Il est interdit de soulever ou de déplacer des tuyaux ou des tronçons à l'aide de câbles, de chaînes ou tout moyen susceptible de l'endommager (**Fig 10**).



**Figure 10 :** Matériels de levages autorisés pour les conduites.

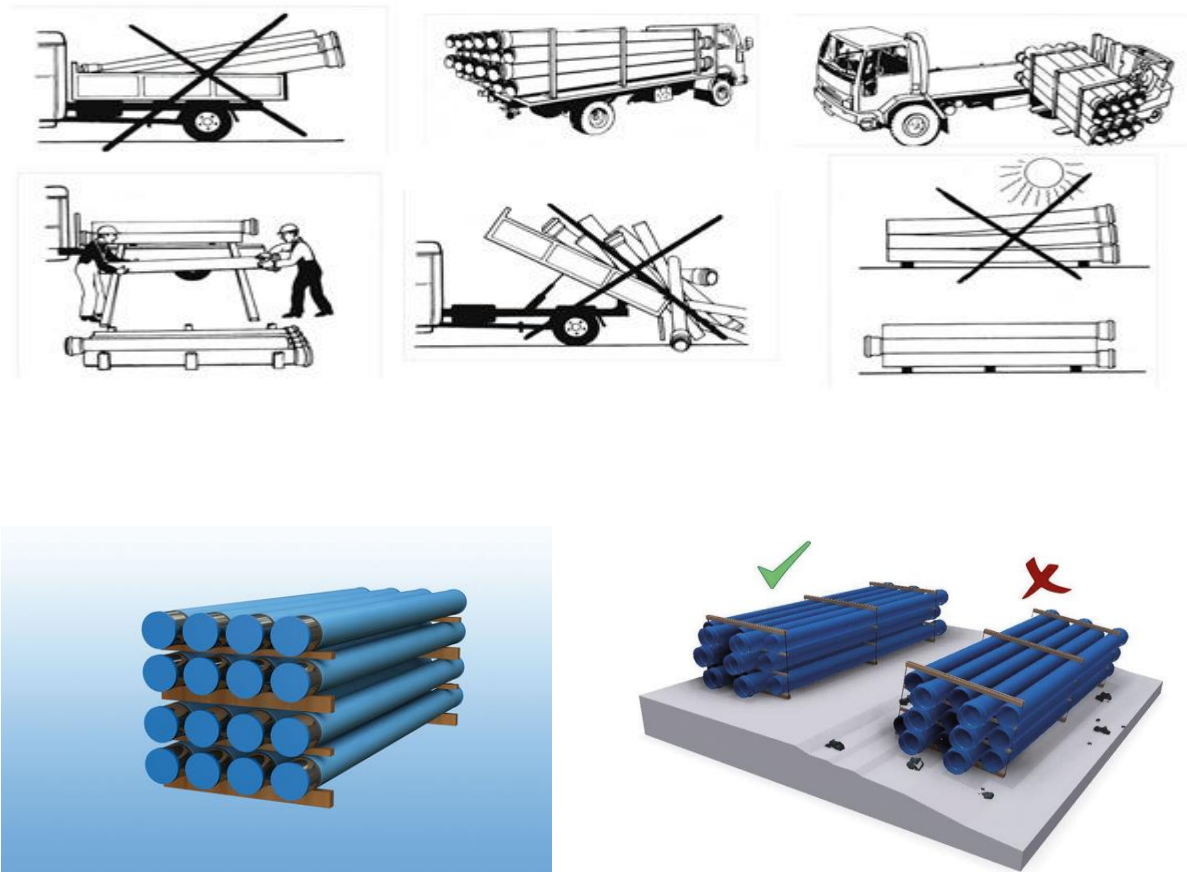
### 5.2. Transport :

Pendant leur transport et leur stockage, les composants des canalisations doivent être séparés par des couches intermédiaires appropriées et suffisamment bien fixés pour leur éviter de rouler, de se déplacer, de fléchir et de vibrer. Leur empilage doit être conforme à leur longueur et s'effectuer par exemple sur des bois équarris. Les surfaces de chargement doivent être ébavurées et dépourvues d'arêtes vives et, si nécessaire, doivent être rembourrées pour éviter toute détérioration.

### 5.3. Stockage :

Pour un bon stockage, il convient de respecter les dispositions suivantes :

- Les composants des canalisations doivent rester bouchés par des capuchons d'extrémité, afin d'éviter leur contamination par la terre, la boue, les eaux souillées, etc. ;
- La portance et la nature du sol sont à prendre en compte, la hauteur d'empilage indicative est de 2,0 à 3,5 mètres;
- Les composants des canalisations revêtus d'un enrobage en polyéthylène sans autre protection extérieure, doivent être protégés contre l'ensoleillement.



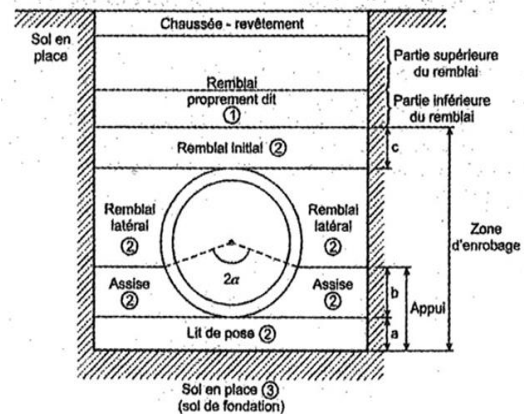
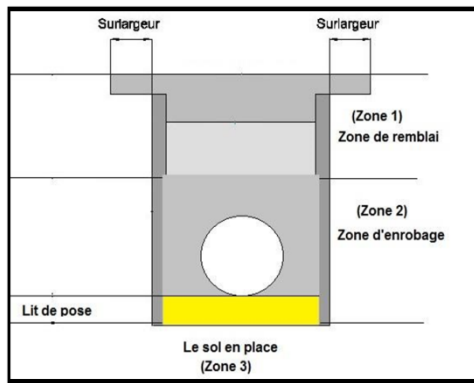
**Figure 11 :** Transport et stockage des conduites.

#### 5.4. Pose :

Avant de poser la conduite, il faut suivre les directives suivantes :

- Il convient de vérifier le bon état des revêtements intérieur et extérieur ;
- Utiliser un engin de levage de puissance et dimensions suffisantes ;
- Bien préparer le lit de pose en évitant les cailloux et les appuis, pointus, et les irrégularités du lit ;
- Prévoir des lits de sable de 10 cm d'épaisseur ;
- Ne pas laisser chuter la conduite dans la tranchée ;
- Pour les conduites en PVC et PEHD, la pose doit prévoir des sinuosités pour absorber toute dilatation ou rétrécissement de la conduite ;
- Remblayer jusqu'à 15cm au-dessus de la conduite avec de la terre fine ;
- Pour les conduites en PVC et PEHD il faut éviter les zones à fort trafic et prévoir des tranchées qui ne doivent pas dépasser les 2m de profondeur ;
- Éviter de poser les conduites en terrain pollué surtout pour celles en PE.

#### 6. Technique de pose des conduites :



**Figure 12 :** Techniques de pose des conduites.

On distingue dans le remblai trois différentes zones :

- 1) La zone de remblai proprement dite (zone 1) ;
- 2) La zone d'enrobage (zone 2) constituée par :
  - Le lit de pose ;
  - L'assise ;
  - Le remblai latéral.

Le remblai initial d'une hauteur minimale de 0,10 m au-dessus du collet et de 0,15m au-dessus de la génératrice supérieure.

### 6.1. Exécution de la zone d'enrobage (zone2) :

L'exécution de l'assise et des remblais de protection est effectuée avec tous matériaux (sable, gravier, tout venant, etc.), agréés par le maître d'œuvre, compatibles avec les caractéristiques des tuyaux. L'étude géotechnique précisera si les matériaux extraits peuvent être réutilisés. L'entrepreneur applique les conditions de retrait du blindage fixées dans le cahier de charge.

### 6.2. Exécution du lit de pose :

Le lit de pose des conduites sera constitué, selon le cas par :

- Terrain sans eau : Une couche de sable de concassage, à titre exceptionnel, et en fonction des disponibilités locales d'approvisionnement, le maître d'ouvrage pourra autoriser que le sable de concassage soit remplacé par du sable de mer.
- Terrain avec eau : Une couche de gravillon ;
- Terrain rocheux à forte pente, avec ou sans eau : Une couche de gravillon ;
- Dans le cas de terrain sablonneux, aucun lit de pose ne sera mis en œuvre.

### 6.3. Exécution de l'assise :

Sauf cas particuliers indiqués dans le cahier de charge, au-dessus du lit de pose et jusqu'à la hauteur, de l'axe de la canalisation, le matériau de remblai est tassé sous les flancs de la canalisation et compacté de façon à éviter tout mouvement de celle-ci et à lui constituer l'assise prévue.

### 6.4. Exécution du remblai :

En terrain libre ou culture, le remblai poursuivi à l'aide d'engins mécaniques avec les déblais. Cette terre est répandue par couches successives et régulières, et elle est légèrement damée.

Le sol du remblai peut provenir du matériau extrait des déblais, sélectionné et tamisé, arrosé et compacté par couche de hauteur maximale de 30 cm. De plus, un merlon de 15 cm sera mis au-dessus de la tranchée. Cette réutilisation sera soumise à l’approbation préalable du maître d’ouvrage.

Les matériaux extraits des déblais feront l’objet d’essais de laboratoire pour juger de leur aptitude à, servir comme matériaux de remblais.

**6.5. Remblais sous voirie et rétablissement provisoire des chaussées et trottoirs :**

Lorsque la canalisation est placée sous voirie, le remblai peut poursuivre avec les matériaux, de déblais si l’étude géotechnique le permet. Ces matériaux sont répandus par couches, successives, régulières et compactées.

**7. Conclusion :**

La détermination des caractéristiques mécaniques d’un tuyau est fonction des charges qu’il, doit supporter. Le comportement des canalisations sous l’effet des charges liées aux remblais ainsi qu’aux charges roulantes est différent selon le type de matériau de la canalisation.

Les canalisations rigides (béton,..) cassent en cas de contrainte excessive, d’où l’adoption des critères de charge à la rupture pour éviter la fissuration.

Les canalisations souples Thermoplastique et flexibles en PRV s’ovalisent en cas de sollicitations trop importantes vis-à-vis de l’ouvrage d’où l’adoption des critères de déformation admissible, faisant intervenir d’autres paramètres tels que le vieillissement, la fatigue, la nature des sols de remblai et leur niveau de compactage.

**Annexe I :** Tableau d’aide à la sélection des matériaux pour les conduites

				Résistance mécaniques		Effet de détimbrage (perte de résistance)		
	Diamètre (mm)	Pression (bars)	Epaisseurs (mm)	Rugosité	à la traction (Mpa)	à la rupture (Mpa)	par le coup de bélier	par la température du liquide transporté
Fonte	40-2000	10 à 40	6-135	Augmente avec le temps	> 270	>420	Non	Non
Acier	26-3000			Fixe (0,46 mm)	235 à 265	360 à 570	Non	Non
PVC	20-630	4 à 16		Fixe (0,0021mm)		25	Oui	Oui
PE	20-500	6 à 20		Fixe		30	Oui	Oui

PRV	100-4000	1 à 32		Fixe	60	80	Oui	Oui
Béton	100-3200		60-65	Ch-w = 139,3+2,028Dint [ft]			Non	Non
Béton Armé	300-3600	2 à 20	37-315	Ch-w = 139,3+2,028Dint [ft]	160		Non	Non

	Age (durabilité)	Chantier				Permutation	Résistance à l'UV	Ovalisation
		Transport	Ouvrabilité	Assemblage	Réparation			
Fonte	> 100 ans	Difficile	Difficile	Facile	Difficile	Non	Oui	Bonne résistance
Acier	70	Difficile	Facile	Facile	Facile	Non	Oui	Bonne //
PVC	50	Facile	Facile	Facile	Facile	Oui	Non	Mauvaise //
PE	100	Difficile	Facile	Difficile	Difficile	Oui	Oui	Mauvaise //
PRV	70	Difficile	Facile	Facile	Facile	Oui	Oui	Mauvaise //
Béton	100	Difficile	Difficile	Facile	Facile	Non	Oui	Bonne //
Béton Armé	100	Difficile	Difficile	Facile	Difficile	Non	Oui	Bonne //

1 ft = 30,48 cm