

# **Chapitre V : Avant-métré en travaux hydrauliques**

## **V.1. Exécution des fouilles**

### **V.1.1. Généralités**

L'entrepreneur prend toutes les dispositions utiles pour éviter les éboulements et assurer la sécurité du personnel et des biens, conformément aux règlements.

### **V.1.2. Travaux en zone rurale**

Lorsqu'une tranchée est ouverte dans un terrain de culture ou une prairie, la terre végétale est déposée à part en vue de son réemploi.

Lorsqu'une tranchée est ouverte en terrain boisé, il est procédé au débroussaillage et si nécessaire à l'abattage des arbres avec ou sans dessouchage, et sauf demande contraire des propriétaires, au rangement des produits ou à leur évacuation.

### **V.1.3. Travaux en milieu urbain ou agglomération rurale**

Lorsqu'une tranchée est ouverte sous une voie de circulation, trottoir ou chemin, il est procédé au découpage soigné des matériaux qui constituent le revêtement ainsi que ceux de la fondation, par une scie à sol ou un marteau-piqueur, sans ébranler ni dégrader les parties voisines.



**Fig.5. 1. Découpage soigné du revêtement par une scie**

### **Proximité entre réseaux enterrés et arbres**

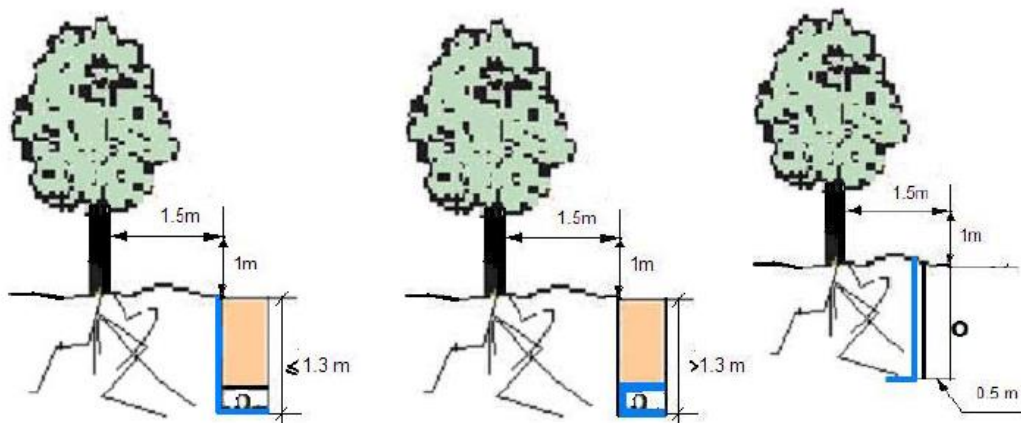
L'entrepreneur le bénéficiaire de la servitude a le droit d'essarter les arbres susceptibles de nuire à l'établissement et à l'entretien de la canalisation, dans une bande de terrain dont la largeur est définie par arrêté préfectoral.

Aucune implantation de réseau, à moins de 2m de distance des arbres et à moins de 1m de distance des végétaux tels qu'arbustes en massif ou en haie, ne sera réalisée sans protection particulière.

Si en milieu urbain, les réseaux doivent être posés à une distance minimale de 1.5m, il est interdit de couper des racines de diamètre supérieur à 5cm. En plus il est nécessaire de prévoir

un système pour dévier et réorienter les racines, tel qu'un film plastique ou demi coquilles ou fourreau :

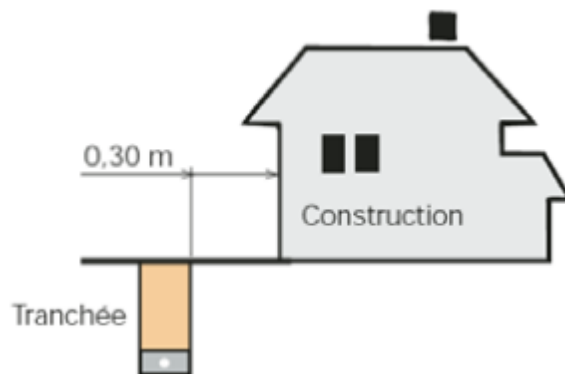
Pour protéger la mise en place d'un arbre à proximité d'un réseau existant, mettre un film 100% polypropylène de grammage  $> 300\text{g/m}^2$  et laisser une distance minimale pour préserver la zone de remblayage de la tranchée



**Fig.5. 2. Protection du réseau existant du racines d'arbre**

#### **V.1.3.1. Proximité des constructions**

La tranchée longitudinale doit être située à une distance minimale de 0,30 m est à respecter, sauf en cas d'impossibilité technique et après accord du gestionnaire du domaine public ou privé.



**Fig.5. 3. La tranchée longitudinale à proximité des constructions**

### **V.2. Dimensionnement des tranchées**

#### **V.2.1. Structure générale des tranchées**

En général on essaie de terrasser des tranchées avec un talus stable de manière naturelle.

Cependant dans les réseaux urbains, par manque d'espace, on projette souvent celles-ci avec des talus verticaux, adoptant les mesures de sécurité nécessaires.

La largeur de la tranchée doit permettre l'assemblage des tuyaux et le compactage du remblai dans l'espace latéral.

Une banquette de 0,40m minimum est aménagée en surface le long de la fouille pour assurer la circulation du personnel et éviter la chute de matériaux dans la tranchée.

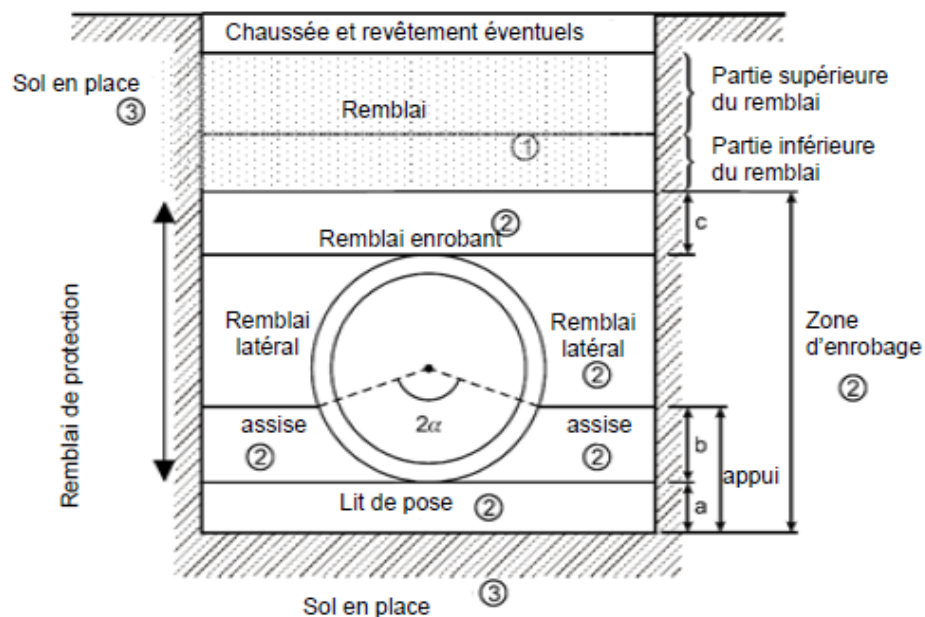
En cas d'affouillement latéral accidentel, une nouvelle découpe du revêtement et une reprise des terrassements à bord vertical seront réalisées afin de faciliter le compactage des matériaux de remblai.

La structure idéale d'une tranchée comporte les éléments suivants :

La zone de remblai proprement dite (1), composée des parties inférieure et supérieure du remblai.

La zone d'enrobage (2) constituée par :

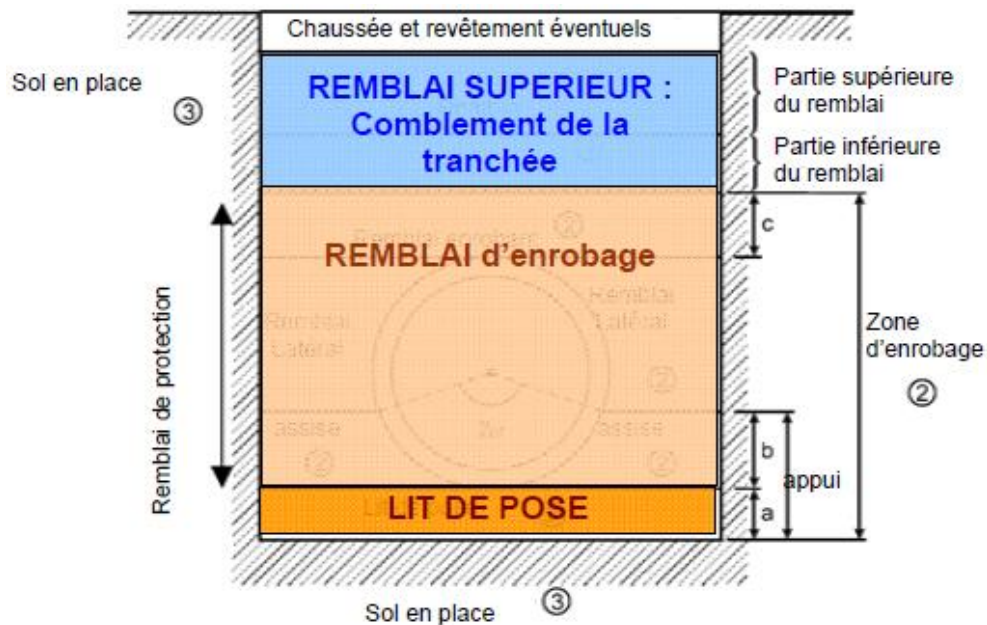
- le lit de pose ;
- l'assise ;
- le remblai latéral ;
- le remblai initial enrobant.
- Le sol en place (3)



**Fig.5. 4. Composition complexe d'une tranchée**

D'une manière générale on décomposera de façon simplifiée la tranchée par les zones suivantes :

:



**Fig.5. 5. Structure simplifiée d'une tranchée**

### **V.2.2. Prescriptions générales obligatoires**

La tranchée ne doit pas être creusée en dessous de la côte théorique du projet, pour éviter toute évolution ou variation du fond pouvant affecter la rectitude et la pente (flache, contre pente) des canalisations (spécialement dans le cas des réseaux gravitaires).

Le fond de fouille doit être débarrassé de tout point dur (roches de grosse granulométrie, vestiges de maçonnerie, etc...). Si des bancs rocheux ou des maçonneries sont rencontrés, le fond de fouille est approfondi afin de créer un lit de pose compacté en substitution des terres manquantes, et ce avant la pose.

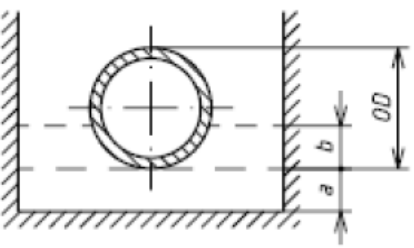
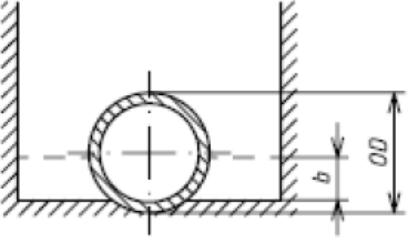
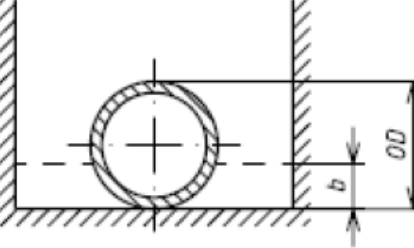
La zone d'appui dans tous les cas ne peut contenir de gros éléments de sol, on imposera généralement les diamètres de rochers maximum suivants en fonction des diamètres nominaux (DN) des canalisations :

- |                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| $D_{max} < 22 \text{ mm}$    | si $DN < 200$ ,        |
| $D_{max} 40 \text{ mm}$      | si $200 < DN \leq 600$ |
| $D_{max} \leq 60 \text{ mm}$ | si $DN > 600$          |
- et sous chaussée :  $D_{max} \leq 40 \text{ mm}$  si  $DN > 200$

### **V.2.3. Prescriptions minimales à appliquer sur les appuis des canalisations et sur le fond de la tranchée**

L'absence ou la présence de ce lit de pose définit trois types d'appui des collecteurs et canalisations

**Tableau V. 1. Type d'appui des collecteurs et canalisations**

|                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p><b>Appui type 1</b></p>   | <p>Le type d'appui n° 1 peut être utilisé dans tous les cas d'enrobage, soutenant les tuyaux sur toute la longueur.</p> <p>Sauf spécification contraire, l'épaisseur minimale du lit de pose mesurée sous la conduite ne doit pas être inférieure à 100 mm en conditions de sol normales et 150 mm en cas de sol dur ou rocheux. L'épaisseur, b, sera évaluée à 1/3 du diamètre.</p> |
|  <p><b>Appui type 2</b></p>  | <p>Le type d'appui n° 2 peut être utilisé dans un sol homogène, suffisamment meuble, à granularité fine, soutenant les tuyaux sur toute la longueur du fût. On peut poser les tuyaux directement sur le fond de tranchée égalisé et mis en forme.</p> <p>L'épaisseur de l'assise, b, sera évaluée à 1/2 du diamètre.</p>                                                             |
|  <p><b>Appui type 3</b></p> | <p>Le type d'appui n° 3 peut être utilisé dans un sol homogène, à granularité assez fine, soutenant les tuyaux sur toute la longueur du fût. On peut poser les tuyaux directement sur le fond de tranchée égalisé. L'épaisseur de l'assise, b, sera évaluée à 1/3 du diamètre</p>                                                                                                    |

#### **V.2.4. Profondeur des tranchées simples**

Dans le cas du transport de liquides sous pression (distribution d'eau potable entre autres), la profondeur de la canalisation doit permettre une protection minimale des contraintes *supérieures et limiter l'accès à la canalisation* :

On préconisera 0,5 m de profondeur minimum au-dessus de la canalisation.

Dans les canalisations d'assainissement, plusieurs paramètres sont donc à prendre en compte :

- la nature du sol et du remblai,
- la qualité du compactage recherché,
- la présence éventuelle d'une nappe phréatique.

La tranchée ne doit pas être creusée en dessous de la cote théorique de la canalisation fixée.

On préconisera néanmoins de façon non normative une profondeur minimum de 0,6 m à 0,8 m selon le positionnement sous une route à circulation lourde ou non.

La prise en compte d'un lit de pose doit être pratiquement systématique sauf dans le cas de matériaux sablonneux limoneux, de granulométrie homogène, permettant une assise correcte des canalisations. On compactera le fond de tranchée dans ce cas en ménageant des surprofondeurs au niveau des colliers des canalisations afin de faire reposer l'ensemble du linéaire de la canalisation sur le fond de fouille. Cette méthode est certes autorisée, mais la réalisation d'un lit de pose est toujours préférable et conseillée.

#### V.2.5. Largeur des tranchées

Pour les canalisations de petit diamètre (jusqu'à 102mm), **la largeur de la tranchée sera au minimum de 30 cm** pour permettre la mise en place et le compactage des matériaux. Entre 102 et 204mm, la largeur de la tranchée sera au minimum de 60 cm.

On préconisera les largeurs suivantes pour les canalisations de diamètre supérieur à 204mm.

**Tableau V. 2. Largeur minimale en fonction des diamètres nominaux (extérieurs)**

| DN                        | Largeur minimale de tranchée (OD + X) m |
|---------------------------|-----------------------------------------|
| <b>DN ≤ 225</b>           | <b>0.60</b>                             |
| <b>225 &lt; DN ≤ 350</b>  | <b>OD + 0.50</b>                        |
| <b>350 &lt; DN ≤ 700</b>  | <b>OD + 0.70</b>                        |
| <b>700 &lt; DN ≤ 1200</b> | <b>OD + 0.85</b>                        |
| <b>1200 &lt; DN</b>       | <b>OD + 1.00</b>                        |

En fonction de la profondeur, la largeur minimale est au moins égale :

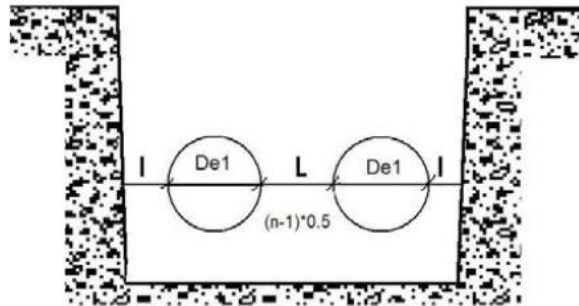
**Tableau V. 3. Profondeur de tranchée en fonction de la largeur minimale**

| Profondeur de tranchée (m) | Largeur minimales de tranchée (m) |
|----------------------------|-----------------------------------|
| <b>&lt;1.00</b>            | <b>0.60</b>                       |
| <b>≥ 1.00 à ≤ 1.75</b>     | <b>0.80</b>                       |
| <b>&gt; 1.75 à ≤ 4.00</b>  | <b>0.90</b>                       |
| <b>&gt; 4.00</b>           | <b>1.00</b>                       |

Si la tranchée est prévue pour recevoir plusieurs conduites d'eau potable, la largeur au fond entre blindages, s'ils existent, est:

$$\sum De_i + (n - 1) \cdot 0.5 + l_n + l_1 \quad ] \quad De_i + (n-1) \cdot 0.5 + l_n + l_1 ] .$$

où  $l_n$  et  $l_1$  sont les valeurs des espaces latéraux .



**Fig.5. 6. Plusieurs conduites dans un tranchée**

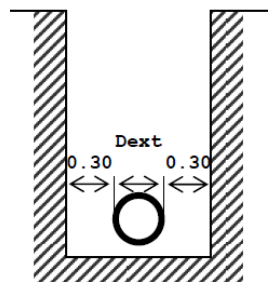
Les tranchées doivent respecter les hauteurs de recouvrement minimales (hors branchements) :

- 0.8 m sous le niveau supérieur de la chaussée ou des zones de stationnement existantes (la couverture doit être au moins égale à l'épaisseur de la structure de chaussée à remettre en place, majorée de 0.10 m ; elle doit également permettre la mise en place du dispositif avertisseur) ;
- 0.60m sous trottoir ou accotement.

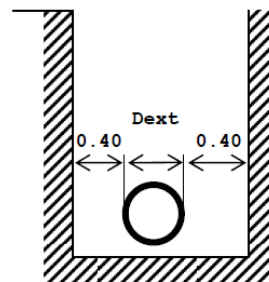
**Exemple :**

**Cas d'eau potable :** on respectera les largeurs minimales suivantes pour les canalisations principales de diamètre > 200 mm :

➤ **DN ≤ 600**



➤ **DN > 600**



**Fig.5. 7. Distance minimale en fonction des diamètres d'une canalisation eau potable**

### V.2.6. Remblayage de la tranchée

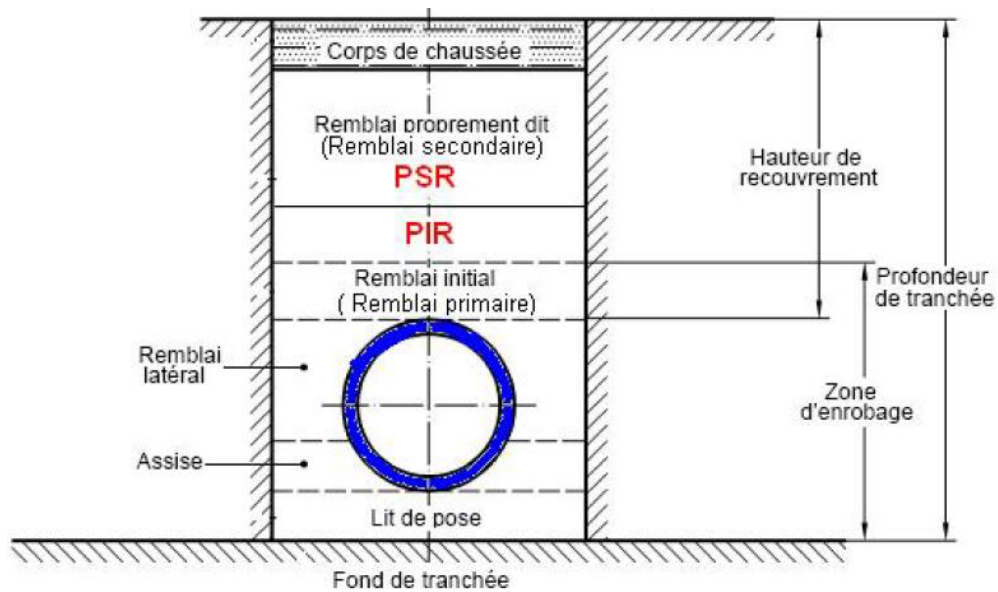


Fig.5. 8. Remblayage de la tranchée

#### Exemple Terrain ordinaire

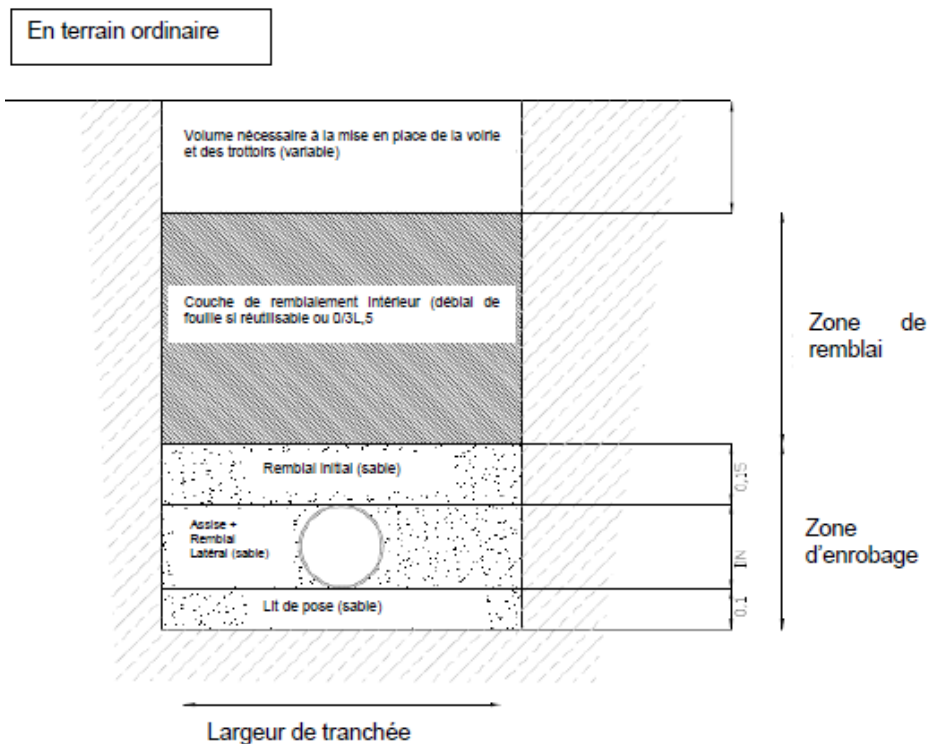


Fig.5. 9. Coupe type en terrain ordinaire

Les déblais utilisés en remblais ne doivent contenir ni racines d'arbres, ni terre végétale ou matières organiques ; dans le cas de remblais de canalisation, ces déblais doivent également ne pas contenir de cailloux ou tout élément supérieur à une granulométrie de 50 mm.

L'Entrepreneur doit assurer par ailleurs la fourniture de matériaux d'apport éventuellement nécessaires. Ils doivent répondre aux spécifications suivantes :

- Matériaux sableux ne contenant ni sulfates, ni matières organiques, argileuses, gypseuses ou schisteuses ;
- Equivalent de sable supérieur à 25 ;
- Densité sèche correspondant à l'Optimum Proctor Modifié supérieur à 1,90 t/m<sup>3</sup>.

De façon classique le remblayage est effectué par mise en place de couches successives, régulières et compactées dans la zone comprise entre le fond de fouille et la structure de chaussée :

- **sol** en place,
- **zone d'enrobage** constituée du lit de pose, de l'assise, du remblai latéral et du remblai initial,
- **zone de remblai** proprement dit composée des parties inférieures et supérieures du remblai.
- **Chaussée** : corps de chaussée.
- **Surface** : revêtement.

**Tableau V. 4. Le remblayage des tranchées effectué par mise en place de couches successives, régulières et compactées.**

| Zone                               | Définition                                                                  | Propriétés d'usage                                                                                                                                                 |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fond, de tranchée                  | Fond de tranchée                                                            | Plate-forme ayant une planéité et une portance naturelle ou renforcée, adaptée au réseau supporté                                                                  |
| Zone d'enrobage                    | Comprend le lit de pose, le remblai initial, le remblai latéral et l'assise | Le lit de pose assure un appui continu pour le réseau protection du réseau posé stabilité apte à garantir la bonne tenue de la tranchée et du réseau dans le temps |
| Partie inférieure de Remblai (PIR) | Partie du remblai proprement dit ne jouant pas le rôle de couche de forme   | Stabilité apte à garantir la bonne tenue de la tranchée dans le temps                                                                                              |

|                                    |                                                                                                                                       |                                                                                                                           |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Partie supérieure de Remblai (PSR) | Partie haute du remblai proprement dit jouant le rôle de couche de forme, sous la base du corps de chaussée ou la surface supérieure. | Stabilité apte à garantir la bonne tenue de la tranchée dans le temps. Aptitude à supporter des sollicitations dynamiques |
| Chaussée                           | Corps de chaussée                                                                                                                     | Aptitude à supporter les sollicitations du trafic                                                                         |
| Surface                            | Revêtement, couche de surface, enduit superficiel,                                                                                    | Adhérence routière, Environnement visuel                                                                                  |

### **V.2.7. Fond de fouille**

On recommande une pente longitudinale de la tranchée de 0.2% au moins.

En général, on terrasse dans le sens ascendant de la pente, pour laisser écouler les eaux vers le point bas.

Toutes les précautions sont prises pour éviter l'inondation des tranchées ouvertes par le ruissellement superficiel.

Les travaux d'épuisement et évacuation des eaux doivent être effectués si nécessaire pour assurer l'installation satisfaisante de la conduite et le compactage des lits de pose.

Lorsque des bancs rocheux ou des maçonneries sont rencontrés, le fond de fouille est approfondi d'au moins 0,10 m. Le volume ainsi enlevé est remplacé par un matériau de granularité appropriée mis en place et compacté.

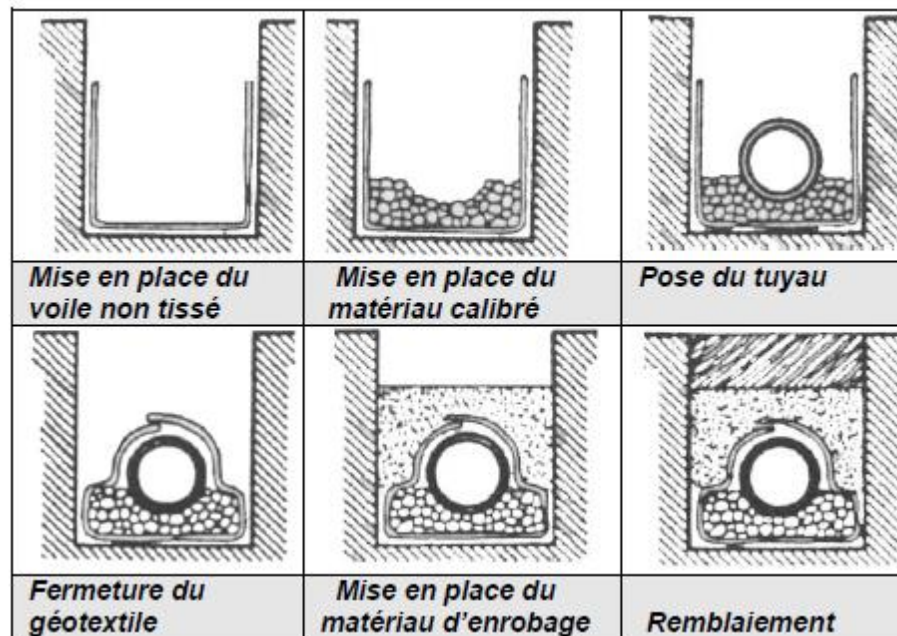
Les conduites sont posées de sorte qu'il n'y ait ni appui ponctuel ni appui linéaire. Le lit de pose a pour mission d'assurer une distribution uniforme des charges sur la zone d'appui. Des niches sont creusées pour le logement des abouts et la confection des joints si leur nature le nécessite.

### **V.2.8. Drainage du fond de fouille**

Dans le cas où un drainage temporaire, sous l'appui des tuyaux, est nécessaire, il est réalisé à l'aide de drains entourés d'une épaisseur suffisante de matériaux drainants.

Dans tous les cas, le drainage est obturé à intervalles appropriés avant remblai. Il est préférable que le drain ne soit pas placé dans l'axe de la conduite, mais latéralement pour ne pas risquer de l'endommager lors de la pose des tuyaux et pour ne pas nuire à la stabilité de celle-ci.

En présence de sols fins et d'eau et comme il ne s'agit que d'un drainage temporaire, il est recommandé d'enrober les drains ou la couche de matériaux drainants d'une nappe géotextile pour éviter les entraînements de fines et la déconsolidation du lit de pose par la migration des éléments fins du sol ou de couche de matériaux drainants.



**Fig.5. 10. Drainage du fond de fouille**

#### **V.2.9. Rabattement de nappe aquifère**

Lorsqu'il se trouve au-dessous du niveau de la nappe aquifère, le fond de fouille est mis hors d'eau en abaissant ce niveau par un rabattement de nappe.

Il est recommandé d'effectuer le rabattement du niveau de la nappe ainsi que sa remontée en fin de travaux de manière progressive pour éviter la déstabilisation du sol en place.

Lorsque le rabattement de nappe ne peut être utilisé parce que le terrain ne s'y prête pas ou qu'il risque d'occasionner des dommages à l'environnement, il est fait appel à des techniques spéciales, comme par exemple, la technique de rabattement de nappe par pointes filtrantes.

L'étude théorique et les essais préalables doivent permettre de déterminer le nombre et la longueur des cannes de rabattement.

A défaut d'une telle étude, on lance les allonges 1m en dessous du niveau inférieur de la tranchée, plus 1m de longueur de crépine, soit 2m au total.

Les cannes sont enfoncées à environs 0.5m du bord de la fouille, moyennant l'eau refoulée à l'intérieur de la crépine par une pompe de lançage, à une pression de 5 à 8 kf/cm<sup>2</sup>.

Toutes les cannes sont raccordées au collecteur par l'intermédiaire des flexibles.



Fig.5. 11. Rabattement des nappes au fond de fouille

#### V.2.10. Zone d'enrobage

Lorsque cela est techniquement possible les matériaux extraits du site avec ou sans traitement sont utilisés. Par exemple : les groupes de sol G1, G2, G3 et G4 définis dans la norme NF P11 -

300, sont utilisables en enrobage (lit de pose, assise, remblais latéraux et initiaux).

**Par contre, Le groupe de sol G5 n'est pas utilisable en enrobage**, car certaines argiles peuvent présenter des phénomènes de gonflement -retrait en fonction du degré d'humidification du sol.

Dans la **zone d'enrobage**, la dimension maximale D des matériaux doit respecter la condition suivante :

**D < 22 mm** pour le cas des réseaux de diamètre nominal **DN ≤ 200 mm**

**D ≤ 40 mm** pour le cas des réseaux de diamètre nominal **DN > 200 mm**

Les **matériaux élaborés** de granulométrie **d/D** discontinue, élaborés principalement en carrière par criblage. Le terme d/D désigne les dimensions minimales et maximales en mm des granulates qui composent le matériau (par exemple : 5/15).

Ces matériaux, ne comportant pas de fines, sont **uniquement utilisés en zone d'enrobage en cas de présence de nappe phréatique (permanente ou temporaire)**.

Ils s'écoulent facilement autour de la conduite. Ces matériaux sont très difficilement compactables. Leur mise en place est obtenue simplement par un serrage mécanique des grains, à l'aide par exemple de 2 passes de plaque vibrante légère.

**Tableau V. 5. Les matériaux extraits du site avec ou sans traitement utilisés dans la zone d'enrobage.**

| Groupe de Sol | Description                                                                                                            | Classification selon la norme                                |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| G1            | Sables et graves propres concassés (Dmax < 50 mm). Sables et graves peu silteuses.                                     | DI, D2, D3, DCI, DC2, DC3<br>B1, B3<br>C1B1 C1B3, C2B1, C2B3 |
| G2            | Sables ou graves peu argileux                                                                                          | B2, B4<br>C1B2, C2B2<br>C1B4 C2B4                            |
| G3            | Sables et graves très silteux, limons peu plastiques, sables fins peu pollués (IP < 12 %).                             | A1, B5, C1A1 C2A1, C1B5                                      |
| G4            | Sables et graves argileux à très argileux, sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques (IP < 25 %). | A2, B6, C1A2, C2A2<br>C1B6 C2B6                              |
| GS            | Argiles, marnes et limons très plastiques (IP > 25 %).                                                                 | A3, C1A3, C2A3, A4, C1A4, C2A4                               |

### V.3. Remblai

La dimension maximale D des matériaux utilisables en tranchées est définie dans la norme NF P 98-331<sup>1</sup>. Dans la zone de **remblai proprement dit**, comprenant la Partie Inférieure de Remblai (**PIR**) et la Partie Supérieure de Remblai (**PSR**) :

- **D** < **1/10** de la largeur de tranchée,
- **D** < **1/5** de l'épaisseur de couche compactée ;

<sup>1</sup> NF P 98-331 : Généré par i-Reef - Edition S155 - Mars 2009

Document : NF P98-331 (février 2005) : Chaussées et dépendances - Tranchées : ouverture, remblayage, réfection (Indice de classement : P98-331)

Tous les chantiers de longueur inférieure à 50 mètres, et pour les autres chantiers qui n'ont pas fait l'objet d'étude, le remblayage est obligatoirement réalisé en matériaux d'apport (en principe de classe D2) correctement mis en œuvre.

**Tableau V. 6. Matériaux utilisables en remblayage du partie inférieur de remblai et de la zone d'enrobage**

| Sols                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Symbole des classes de sols                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sols fins <sup>1)</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | A1 h ; A11m ; A1 s ; A2:h; A2m                                                                                                                                                                |
| <b>Sols sableux et graveleux avec fines</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 81 ; B217l ; B2m ; B2s ; 83 ; 84h ; B4m ; B4s ; B5h ; B5m ; B5sB6h ; B6m                                                                                                                      |
| <b>Sols comportant des fines et des gros éléments <sup>2)</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | C1A1hi; C1A1m; C1A21il; C1A2mC2A1h ; C2A1m ; C2A2hi; C2A2m; C1B211 ; C1B2m; C1B4h ; C1B4m, COE5h ; C1B5m; C1B6h ; C1B6m; C2B211 ; G2B2m ; C2B4h ; C2B4m; C2B5h ; C2B5m ; C2B6h ; <b>C2B6m</b> |
| <b>Sols insensibles à l'eau</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | C1B1 : C1B3 ; <b>G281</b> ; C2B3                                                                                                                                                              |
| <b>Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments <sup>2)</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | D1i ; D2; D3                                                                                                                                                                                  |
| <b>Autres matériaux</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Caractéristiques pour la mise en œuvre</b>                                                                                                                                                 |
| <b>Matériaux élaborés</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Difficulté de compactage : DC1 ; DC2 ; DC3 <sup>2)</sup></b>                                                                                                                               |
| <b>Matériaux auto~compactants excavables</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Se référer aux conditions d'utilisation spécifique <sup>3)</sup></b>                                                                                                                       |
| <p>1 ! L'emploi de matériaux fins de type A3 est possible sous réserve de l'avis d'un géotechnicien.</p> <p>2) Selon les critères dimensionnels du <math>D_{max}</math> , un criblage peut être nécessaire.</p> <p>3) Certaines formulations peuvent conduire à une augmentation de la résistance et à réduire l'excitabilité des matériaux.</p> <p>L'utilisation de ces matériaux, notamment en partie supérieure de remblai ou en corps de chaussée hors couches de surface est conditionnée à une étude spécifique (compatibilités chimiques, résistances mécaniques, excitabilité, etc.).</p> |                                                                                                                                                                                               |

En zone d'enrobage, si des risques existent pour la pérennité des réseaux, il convient de préférence de choisir des matériaux facilement compactables. Les matériaux recommandables dans ce contexte sont : B1, B3, D1, D2 ou DC1 et, si les dimensions le permettent C1B1, C1B3 ou D3.

Pour le remblayage de la zone constituant la partie supérieure de remblai n'ont été retenus que des matériaux ne présentant pas un comportement dit « sensible à l'eau ». Cette position se justifie pour garantir un support minimal pour la mise en œuvre de la couche de fondation dont la portance soit de 50 MPa, dans l'environnement hydrique.

Si l'épaisseur de remblai de la partie inférieure de remblai ne dépasse pas 0,15 m, le choix du matériau est obligatoirement celui utilisé en partie supérieure de remblai.

**Tableau V. 7. Matériaux utilisables en remblayage de la partie supérieure de remblai**

| Sols                                                            | Symbole des classes de sols                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sols sableux et graveleux avec fines (non argileuses)           | B1-B3                                                                                            |
| Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments | C1:B1 - C1B3-C2B1 -C283- C2B11 -C2B3<br>Ct84 - C2B4 après l'illimination de la fraction fine Old |
| Sols insensibles à l'eau                                        | D11-D2-D3                                                                                        |
| <b>Autres matériaux</b>                                         | <b>Caractéristiques pour la mise en œuvre</b>                                                    |
| Matériaux élaborés                                              | Difficulté de compactage : DC1 ; DC2; DC3                                                        |
| Matériaux a:ut0-compactants excavables                          | Se référer aux conditions spécifiques d'utilisation                                              |

**Exercice :**

Préparer le métré des travaux de terrassement du projet d'assainissement suivant :

Conduite en PVC PN6 diamètre 315mm d'une longueur de 200m et une fouille de profondeur de 1.40m et d'une largeur de 0.8m, sachant que :

1. le terrain meuble est estimé à 80% des quantités terrassées, le reste c'est un terrain rocheux
2. La pose de sable sous la génératrice inférieure de la conduite sur une épaisseur de 0.20m et 0,30 m au-dessus de la conduite
3. Remblais en terre tamisée, exécutés par couches successives de 0,20 m sur une épaisseur de 0.4m
4. Le reste de profondeur c'est un Remblai en tout venant.

**Solution :**

- a) Déblais des fouilles en tranchée d'une largeur de 0,80m et profondeur de 1,60m (02pts) :

1- Terrain rocheux :  $0.8 \times 1.40 \times 200 \times 0.20 = 44.800 \text{ m}^3$

2- Terrain meuble :  $0.8 \times 1.40 \times 200 \times 0.8 = 179.200 \text{ m}^3$

- b) Fourniture et pose de sable sous la génératrice inférieure de la conduite sur une épaisseur de 0.20m et 0,30 m au dessus de la conduite (03pts)

- 1- Calcul de la hauteur de lit de Sable :

$$H_{\text{sable}} = 0.2 + 0.3 + \text{Diam de conduite} = 0.2 + 0.3 + 0.315 = 0.815\text{m}$$

- 2- Calcul de volume pris par la conduite :

$$V_{\text{conduite}} = ((\pi \times R^2)/4) \times L_{\text{conduite}} = (3.14 \times (0.315)^2 / 4) \times 200 = 15.578 \text{ m}^3$$

- 3- Calcul de volume de lit de sable :

$$V_{\text{lit de sable}} = (L_{\text{conduite}} \times l_{\text{tranchée}} \times H_{\text{sable}}) - V_{\text{conduite}} = 114.822 \text{ m}^3$$

- c) Remblais en terre tamisé , exécutés par couches successives de 0,20 m sur une épaisseur de 0.4m (01pts)

- 1- Calcul de volume de la terre tamisée :

$$H_{\text{terre tamisée}} = 0.4\text{m}$$

$$V_{\text{terre tamisée}} = (L_{\text{conduite}} \times l_{\text{tranchée}} \times H_{\text{terre tamisée}}) = 200 \times 0.8 \times 0.4 = 64.000 \text{ m}^3$$

- d) Remblais en tout venant, exécutés par couches successives de 0,20 m sur une épaisseur de 0.4m (02pts)

1- Calcul de la hauteur de tout venant :

$$H_{\text{tout venant}} = \text{Prof}_{\text{tranché}} - (H_{\text{sable}} + H_{\text{terre tamisée}}) = 1.40 - (0.815 + 0.4) = 0.185\text{m}$$

2- Calcul de volume de tout venant :

$$V_{\text{tout venant}} = (L_{\text{conduite}} * l_{\text{tranché}} * H_{\text{tout venant}}) = 200 * 0.8 * 0.185 = 29.600 \text{ m}^3$$

e) Transport des terres excédentaires vers un lieu qui sera déterminé par l'administration  
(02pts)

1- Calcul de volume des terres excédentaires :

$$\begin{aligned} V_{\text{terre excédentaires}} &= (L_{\text{conduite}} * l_{\text{tranché}} * \text{Prof}_{\text{tranché}}) - V_{\text{lit de sable}} - V_{\text{terre tamisée}} \\ &= (200 * 0.8 * 1.40) - 114.822 - 64.000 = 45.178 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### **V.4. Réalisation du réseau d'alimentation en eau potable et d'ouvrage hydraulique**

Pour évaluer avec une grande précision la valeur de réalisation d'un ouvrage ou d'un réseau en hydraulique, il est indispensable de connaître les prescriptions techniques pour l'exécution de ces travaux.

##### **V.4.1. Réseau d'alimentation en eau potable**

###### **V.4.1.1. Canalisations principales**

###### **a. Matériaux**

D'une manière générale, les conduites maîtresses de distribution seront principalement en fonte ductile en PVC rigide ou en PE 100. La qualité du matériau sera prescrite en fonction de la nature de la conduite déjà en place, du diamètre à mettre en œuvre, de la pression de service, des contraintes mécaniques externes, de la nature des sols et des situations particulières propres au projet considéré.

###### **b. Implantation**

Les conduites devront avoir une charge comprise entre 0,9 et 1,20 m par rapport à la chaussée définitive, sauf contraintes particulières nécessitant un aménagement particulier.

Toutes les conduites devront être largement accessibles par simple terrassement, attention, pas de canalisation prise dans du béton ni dans et sous des tranchées drainantes.

La distance minimale, par rapport à aux autres réseaux devra être de 0,50 m au minimum et de 1 m par rapport à un réseau sensible (réseaux électriques, canalisation gaz et réseau acier protégée cathodiquement).

L'implantation se fera à 1 m environ des bordures de trottoir et évitera le cône de décompression d'une tranchée de réseau d'égout.

La pose en tranchée commune de canalisations d'eau potable et d'eaux usées devra respecter ces consignes et prévoir la réalisation d'une banquette spécifique pour la pose de la conduite AEP.

La pose sous trottoir en tranchée commune ne permettant pas de respecter ces consignes, en règle générale, les conduites seront placées sous chaussée. Les traversées d'espaces verts et les aménagements particuliers tel que revêtement en béton ou en pavés autobloquants sont à éviter. Les butées de pièces spéciales, coudes, tés, cônes de réduction, plaques pleines seront en béton du type butées de poids. Elles seront réalisées au moyen d'un coffrage rendant accessible les brides éventuelles.

Une analyse de corrosivité des sols et d'existence de courants vagabonds devra être entreprise systématiquement dans les terrains où doivent être implantées des canalisations métalliques,

afin que des mesures de protection complémentaires externes soient mises en œuvre si nécessaire.

Un grillage avertisseur bleu d'une largeur minimale de 0,30 m sera posé sur toutes les canalisations à 0,30 m au-dessus de la génératrice supérieure des tubes.

Selon les cas, il pourra être demandé de mettre en place sur les conduites de l'opération un système de géoréférencé

### **c. Butées**

Les butées et ancrages seront calculés sans tenir compte du poids des remblais (en tranchée ouverte). Les butées seront généralement du type poids et exceptionnellement du type traineau. Dans leur calcul à soumettre au maître d'œuvre, le titulaire du marché devra tenir compte du poids de la pièce, de l'eau contenue, d'un coefficient de frottement correspondant à la nature du terrain et d'une pression calculée à partir de la pression statique de service définie par le projet.

### **d. Robinetterie et pièces de raccord**

Pour le réseau de distribution, jusqu'au Ø 200 mm inclus,

Les robinets-vannes seront à opercule caoutchouc du type bride-bride avec joints auto butés. Pour les diamètres supérieurs à 200 mm les robinets-vannes seront de type papillon.

Les ventouses série 16 bar seront munies d'un flotteur rigide articulé ou guidé et seront montées sur robinet de prise en charge ¼ tour.

Toutes les pièces spéciales seront en fonte ou en laiton non-dézincifiable. Toutes les pièces de raccordement PVC à coller (ex. : bride PVC) sont proscrites.

Dans le cas où le PE100 est employé, il sera préféré l'utilisation de raccords et de pièces électrosoudés.

D'une manière générale, l'emploi des pièces à brides avec boulonnerie implique une mise en place sous regard visitable.

Toutes les pièces à brides devront être démontables, ainsi des précautions seront prises pour les respects des distances entre les pièces et les parois des regards, les pièces et les butées béton (d'une manière générale une vingtaine de centimètre).

Toute la boulonnerie sera protégée contre la corrosion au moyen d'un procédé type GEOMET ou similaire et possédant une résistance minimale à l'essai au brouillard salin de 600h; la boulonnerie inox est à proscrire en raison des difficultés d'adéquation rencontrées entre l'écrou et la vis. Ces dispositions seront complétées par la mise en place systématique d'une bande grasse anticorrosion autour des pièces dans les regards.

Pour les branchements :

- Diamètre égal ou supérieur à 60 mm, robinets-vannes sur le té de prise avec joint de démontage ou joint autobuté.
- Diamètre égal ou inférieur à 50 mm, robinets d'arrêt de prise en charge, série 16 bars, modèle à boisseau sphérique avec raccords incorporés, fermeture à gauche. Ils seront montés sur des colliers de prise en charge en fonte ductile.

Des robinets d'arrêt de même type que ceux de prise pourront être utilisés en cas d'obligation technique. Le raccordement du branchement sur les robinets se fera par l'intermédiaire de serrages extérieurs.

#### **e. Regards**

Comme indiqué ci-dessus, tous les robinets-vannes et vannes papillon seront dans des regards ainsi que tous les appareils de régulation et de protection de réseau.

Ces regards devront avoir un diamètre supérieur à 1 m dans le cas de réalisation à l'aide de cônes. En règle générale le regard devra permettre tout démontage des pièces et équipements compris à l'intérieur.

Dans le cas de plusieurs robinets-vannes, ils seront placés dans des chambres bâties avec dalles amovibles. La commande des robinets-vannes, qui ne sera pas accessible par le tampon de visite, devra être équipée d'une tige allonge dont l'extrémité débouchera dans une tête de bouche à clé scellée dans la dalle.

Les chambres seront bâties sur radier béton avec murs en béton armé dosé à 250 kg, le tout vibré, coffrés par blocs à bancher et enduits intérieurement au mortier de ciment. Les dimensions intérieures minimales des regards seront déterminées par le maître d'ouvrage. Les regards seront assainis par l'intermédiaire d'un tube de diamètre intérieur minimal 100 mm ou plus selon les besoins (vidange), installé au radier de l'ouvrage jusqu'à l'exutoire pluvial le plus proche.

Sauf prescription particulière, les dalles des regards seront équipées selon leur dimension d'un ou de deux tampons de visite. Ces tampons seront en fonte de classe de résistance D 400 et d'un type adapté aux contraintes du trafic routier et de l'exploitation des ouvrages installés sous regard.

Chaque regard contenant une ventouse sera équipé d'un tampon de visite muni d'orifices pour assurer l'évacuation de l'air expulsé par la ventouse.

Des têtes mobiles pourront être incorporées dans la dalle afin de manœuvrer les carrés de vannes qui ne seraient pas accessibles par le ou les tampons.

A la traversée des parois, les canalisations d'eau potable seront isolées et protégées de la maçonnerie par un matériau souple d'une épaisseur minimale de 1 cm.

De même, il pourra être utilisé des regards préfabriqués aux dimensions identiques en béton armé sans fond et posés sur radier béton vibré voir en résine après validation des services.

En zone urbaine encombrée et pour les ventouses, les regards pourront être de type "Ø 1000 assainissement" posés sur un radier béton et une assise en béton armé (bloc à bancher), le tout vibré, d'une hauteur de 40 cm.

#### **f. Appareils destinés à la sécurité et à l'exploitation**

Des ventouses seront placées aux points hauts des réseaux et permettront le dégazage et l'entrée d'air dans la conduite. Elles seront d'un modèle agréé de type multifonctions.

Toutes les canalisations en antenne devront à leur extrémité être équipées d'une vidange ou d'une purge raccordée dans un regard collecteur pluvial ou dans un regard étanche s'il n'existe pas de réseau pluvial.

Tous les branchements devront être équipés d'un clapet anti-retour.

#### **g. Défense incendie**

Ils seront conformes aux normes en vigueur selon leur diamètre. Ils seront de la série 16 bar (bride ISO PN 10/16), à prises apparentes et non renversables.

Ils posséderont une vidange automatique du corps (incongelable) démontable sans terrassement et contrôlable.

Les hydrants non équipés d'origine de bouchons sur les prises d'eau symétriques en seront munis. Un des bouchons au moins disposera d'un système automatique d'entrée d'air pour la vidange de la colonne.

Une dalle en béton armé, d'une surface appropriée au site, sera construite autour du pied de chaque poteau d'incendie.

Une protection obligatoire sera assurée autour des poteaux d'incendie soit au moyen d'un mur périphérique bâti soit par une barrière de protection adaptée.

Tous les branchements des hydrants seront équipés d'une vanne de sectionnement qui pourra être sous b.a.c. mais positionnée immédiatement sur la conduite principale et non en pied du poteau.

#### **h. Exécution des travaux**

L'entrepreneur devra informer le maître d'ouvrage concerné de l'ouverture du chantier au moins 15 jours à l'avance, afin de lui permettre de procéder à la vérification des plans d'exécution et

de la conformité des matériaux, puis de la bonne réalisation des travaux et des épreuves de canalisations.

A chaque arrêt de travail, si minime soit-il, les extrémités de tuyau ou de pièces, seront obturées de façon provisoire mais totale.

Les remblaiements seront réalisés lorsque les épreuves auront été reconnues satisfaisantes et lorsqu'il se sera assuré du bon calage des canalisations et des butées.

Les remblais seront constitués par des matériaux concassés de 0/20 ou 0/31,5. Ils seront conduits avec le plus grand soin et effectués par couche successives de 0,20 m au maximum bien compactées mécaniquement et arrosées s'il y a lieu.

Les canalisations seront placées dans un lit de sable avec un minimum de 20 cm de couverture sur la génératrice supérieure.

Elles seront obturées de façon à éviter toute intrusion pendant leur mise en œuvre.

Les travaux de pose de canalisations de distribution et de branchement ne pourront être entrepris que lorsque les bordures de trottoirs seront en place.

#### **i. Exemple d'un devis d'un réseau d'eau potable**

##### **DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF**

| <b>N°</b> | <b>DÉSIGNATION DES TRAVAUX</b>                                                                                                                                              | <b>U</b>  | <b>Qté</b>     | <b>P.unitaire</b> | <b>Montant</b> |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>01</b> | <i>Ouverture des fouilles en tranchée suivant profil en long et à travers, avec une largeur de 0,80 m et une profondeur moyenne de 1,00 m, y compris toutes sujétions :</i> |           |                |                   |                |
|           | <i>A/ dans un terrain meuble avec engins ou à la main</i>                                                                                                                   | <i>M3</i> | <i>1136.08</i> |                   |                |
|           | <i>B/ dans un terrain rocheux</i>                                                                                                                                           | <i>M3</i> | <i>1136.08</i> |                   |                |
| <b>02</b> | <i>Fourniture et pose de lit de sable sous la génératrice inférieure de la conduite sur une épaisseur de 0,10 m</i>                                                         | <i>M3</i> | <i>206.56</i>  |                   |                |
| <b>03</b> | <i>Remblais en terres tamisées d'une épaisseur de 0,30 m au dessus de la génératrice supérieure de la conduite</i>                                                          | <i>M3</i> | <i>805.58</i>  |                   |                |
| <b>04</b> | <i>Remblais en tout venant après dégagement des pierres, exécuté par couches de 0,30 m y compris réglage et compactage</i>                                                  | <i>M3</i> | <i>1249.56</i> |                   |                |
| <b>05</b> | <i>Fourniture et pose de conduite en PVC PN16 à coller, y compris Raccordement aux réseau existant et toutes sujétions :</i>                                                |           |                |                   |                |
|           | <i>A) diamètre 63mm</i>                                                                                                                                                     | <i>ML</i> | <i>803.00</i>  |                   |                |
|           | <i>B) diamètre 75mm</i>                                                                                                                                                     | <i>ML</i> | <i>100.00</i>  |                   |                |
|           | <i>C) diamètre 90 mm</i>                                                                                                                                                    | <i>ML</i> | <i>1679.00</i> |                   |                |
| <b>06</b> | <i>Fourniture et pose de Té en PVC PN16, y compris toutes sujétions :</i>                                                                                                   |           |                |                   |                |
|           | <i>A) Diamètre 90/90/75</i>                                                                                                                                                 | <i>U</i>  | <i>01</i>      |                   |                |
|           | <i>B) Diamètre 90/90/63</i>                                                                                                                                                 | <i>U</i>  | <i>09</i>      |                   |                |
| <b>07</b> | <i>Fourniture et pose de coude en PVC PN16 y compris toutes sujétions :</i>                                                                                                 |           |                |                   |                |
|           | <i>A) diamètre 63mm</i>                                                                                                                                                     | <i>U</i>  | <i>01</i>      |                   |                |
|           | <i>B) diamètre 90mm</i>                                                                                                                                                     | <i>U</i>  | <i>06</i>      |                   |                |

|    |                                                                                                                      |    |     |                        |  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|------------------------|--|
| 08 | <b>Fourniture et pose de vannes en fonte PN16, y compris Joints de démontage et toutes sujétions :</b>               |    |     |                        |  |
|    | A) Diamètre 80                                                                                                       | U  | 02  |                        |  |
| 09 | Construction de regards en béton armé (1,20x1,20) avec bouche à clé en fonte pour vannes, y compris toutes sujétions | U  | 02  |                        |  |
| 10 | <b>Fourniture et pose de bouchons en PVC PN16, y compris toutes sujétions :</b>                                      |    |     |                        |  |
|    | A) diamètre 63 mm                                                                                                    | U  | 12  |                        |  |
|    | B) diamètre 75 mm                                                                                                    | U  | 01  |                        |  |
|    | C) diamètre 90mm                                                                                                     | U  | 02  |                        |  |
| 11 | Béton dosé à 300 kg/m <sup>3</sup> pour traverser les oueds ,butée et amarrage des conduites                         | M3 | 10  |                        |  |
| 12 | Fourniture et pose de bouche d'incendie diamètre 80 mm y compris toutes sujétions                                    | U  | 01  |                        |  |
| 13 | Fourniture et pose de bouche d'arrosage diamètre 40 mm                                                               | U  | 01  |                        |  |
| 14 | Evacuation des terres exedentaires                                                                                   | M3 | 150 |                        |  |
|    |                                                                                                                      |    |     | <b>MONTANT H.T :</b>   |  |
|    |                                                                                                                      |    |     | <b>T.V.A 19 % :</b>    |  |
|    |                                                                                                                      |    |     | <b>MONTANT T.T.C :</b> |  |

## **V.5. Réservoirs d'eau potable**

### **V.5.1. Prescriptions pour la conception**

La méthode de calcul des éléments des ouvrages en béton sont :

- Calcul des structures
- Actions sur les structures
- Calcul des structures en béton
- Calcul des structures en acier
- Calcul des structures mixtes acier béton
- Calcul géotechnique
- Calcul des structures pour leur résistance aux séismes

Pour assurer une durabilité satisfaisante des constructions, c'est aux maîtres d'ouvrage et à leurs

maîtres d'œuvre de définir dès le stade de conception, outre la durée d'utilisation de projet, les classes d'exposition traduisant les attaques et risques de corrosion que subiront chaque partie d'ouvrage au cours de la durée d'utilisation de l'ouvrage.

### **V.5.2. Étanchéité**

Les réservoirs doivent être conçus pour être étanches. Ceci peut être réalisé à partir de diverses dispositions, utilisées seules ou en combinaison ; à savoir :

- Ouvrages dont l'étanchéité est assurée par la structure seule, construite généralement en béton armé ou précontraint. Dans ce cas, il est possible d'améliorer l'étanchéité du béton par l'emploi d'adjuvants ou l'application de traitements d'imperméabilisation de surface ;
- Ouvrages dont l'étanchéité est assurée par la structure complétée par un revêtement d'imperméabilisation ;
- Ouvrages dont l'étanchéité est assurée par un revêtement ou un cuvelage d'étanchéité, adhérent ou indépendant de la structure résistante assurant le support.

Pour des ouvrages construits à l'aide d'éléments préfabriqués, l'étanchéité peut être obtenue en utilisant les techniques ci-dessus.

Une attention particulière doit être portée aux joints de construction et de dilatation, aux traversées de radiers et de parois et aux autres éléments soumis à la pression d'eau.

L'utilisation de joints d'étanchéité et de joints de construction «waterstops» est imposée.

### **V.5.3. Conception de l'ouvrage**

#### **V.5.3.1. États limites**

L'étude de conception devra comprendre les éléments de calcul aux états limites suivants :

La perte d'équilibre de la structure ou de l'un de ses éléments, considérés comme un corps rigide ;

La ruine consécutive à une déformation excessive, la rupture, ou la perte de stabilité de la structure ou de l'un de ses éléments, y compris ses appuis et ses fondations.

Les déformations ou flèches qui nuisent à l'aspect de l'ouvrage ou à son utilisation effective (y compris le mauvais fonctionnement d'appareils ou d'équipements) ou provoquant des dommages aux finitions ou aux éléments non structuraux (compatibilité de la résistance et des déformations avec les revêtements d'étanchéité) ; la fissuration

La résistance aux vibrations affectant le confort des personnes, causant des dommages au réservoir de réseau ou à ses composants, ou limitant son efficacité fonctionnelle ;

#### **V.5.3.2. Actions**

La conception de l'ouvrage doit prendre en compte les effets d'actions permanentes, variables et accidentelles.

Le réservoir et ses cuves doivent être conçus pour les états vide ou plein. Le concepteur fournira les calculs aux états limites et les résultantes de contraintes dans les deux cas.

Les études géotechniques et structurelles comprendront les justifications de la prise en compte des actions suivantes :

##### **a. Actions permanentes**

Les actions permanentes sont :

- Le poids propre de l'ouvrage ;
- Le poids des équipements et installations d'exploitation (pompes et tuyauterie par exemple) ;
- Le poids de toutes les adjonctions éventuelles,
- La précontrainte ;
- Le poids et les poussées des terres ;
- Le poids et la pression de l'eau de nappe phréatique à ses valeurs présumées les plus basses;
- Les déplacements imposés ;
- Le retrait ;

- Le fluage qui est le phénomène physique provoquant la déformation irréversible d'un matériau soumis à une contrainte constante

#### **b. Actions variables**

Les actions variables sont :

- Le poids et la pression de l'eau contenue dans le réservoir ;
- Les charges de vent ;
- Les charges dues à l'exploitation du réservoir ;
- Les charges dues à l'entretien des installations,
- Le poids et la pression de l'eau de nappe phréatique à ses valeurs présumées les plus hautes ;
- Les surcharges transitoires à proximité de l'ouvrage ;
- Les charges au moment de la construction ;
- Les variations de température tant intérieure qu'extérieure du réservoir tenant compte des extrêmes climatiques et des variations de la température de l'eau stockée dues aux saisons et à l'exploitation ;
- Le gradient thermique entre parties de la construction exposées à des conditions climatiques différentes.

#### **c. Actions accidentelles**

Elles comprennent la sismicité, et d'autres actions accidentelles telles que l'inondation (submersion, érosion et dégâts liés au transport solide), vandalisme volontaire ou involontaire (chocs par véhicule et par avion), déformation du sol (glissement de terrain notamment) etc. Les éléments techniques à prendre en compte doivent être définis par le prescripteur.

### **V.5.4. Dispositions supplémentaires**

#### **V.5.4.1. Analyse des sollicitations**

Les sollicitations doivent être calculées à partir des combinaisons de charges applicables par les méthodes appropriées de conception de structures.

#### **V.5.4.2. Analyse des sollicitations — Construction**

Lorsque les méthodes d'exécution font intervenir des phases de construction au cours desquelles les conditions de stabilité et de résistance peuvent être différentes de celles de l'ouvrage terminé, les vérifications correspondantes doivent être effectuées par rapport aux états limites appropriés.

### V.5.4.3. Analyse des sollicitations — Châteaux d'eau

Pour les châteaux d'eau, les effets de la déformation de la structure du support doivent être pris en compte. Dans le cas de réservoirs sur tours élevées et élancées, et pour le calcul des efforts dynamiques dus au vent ou aux séismes, l'inertie massique de translation et de rotation en tête est à examiner. Les effets du mouvement de l'eau stockée sur la structure sont également à examiner s'ils sont significatifs.

### V.5.5. Protection contre les intrusions, accès

La trappe d'accès dans le réservoir doit être verrouillée par un dispositif à clef et résistant aux conditions météo (inox, lubrification régulière). La trappe d'accès sera protégée contre la corrosion due à la présence de chlore. Elle sera à minima revêtue d'une peinture anti corrosion. De préférence l'aluminium peut être un bon matériau pour une trappe d'accès au réservoir car il résistante très bien à la corrosion.

### V.5.6. Exemple d'un devis d'un réservoir d'eau

#### DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

#### LOT : REALISATION D'UN RESERVOIR (1500M3)

| N°     | DESIGNATION DES TRAVAUX                                                                                                                                                                                                        | U        | QU       | P.U | Montant |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-----|---------|
|        | <b><u>1-TERRASSEMENTS GENEREAUX</u></b>                                                                                                                                                                                        |          |          |     |         |
| 1.01   | - <b>Décapage :</b><br>décapage d'un couche de terre végétale d'une épaisseur de 0.20m                                                                                                                                         | M3       | 130      |     |         |
| 1.02   | - <b>Déblai :</b><br>déblais en grande masse à toutes profondeur de toutes nature y compris toutes manutention par moyens mécanique ou manuels et toutes sujétions éventuelles.                                                | M3       | 1250     |     |         |
|        | <b><u>2-TERRASSEMENT DE L'OUVRAGE (réservoir 1500m3)</u></b>                                                                                                                                                                   |          |          |     |         |
|        | - <b>Déblai</b>                                                                                                                                                                                                                |          |          |     |         |
| 2.01   | déblais en grande masse a toutes profondeur de toutes nature y compris toutes manutention par moyens mécanique ou manuels la mise en œuvre dégagement étais blindage épuisement et toutes sujétions éventuelles.               | M3       | 1000     |     |         |
| 2.02   | - <b>Remblai</b>                                                                                                                                                                                                               |          |          |     |         |
| 2.02.1 | <b>Tout venant :</b><br>Mise en remblais en terre tout venant des fouilles exécution par couche de 0.20m d'épaisseur arrosées y compris réglage de nivellement suivant cote des plans                                          | M3       | 125      |     |         |
| 2.02.2 | <b>Sable et gravier :</b><br>Mise en place d'une couche drainant (sable et gravier) suivant cotes des plans y compris toutes sujétion éventuelles<br>couche de gravier type 3/8 d'épaisseur 15 cm couche de gravier type 15/25 | M3<br>M3 | 10<br>80 |     |         |
| 2.03   | - <b>Transport des terres exedanteures :</b>                                                                                                                                                                                   | M3       | 1400     |     |         |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                         |  |  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|--|--|
|             | <b>3-CONSTRUCTION EN BETON ARME (Réservoir 1500m3)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       |                         |  |  |
| <b>3.01</b> | <b>-Béton de propreté :</b><br>-Béton de propreté dosé à 150Kg/m3 de ciment de 0.10 m d'épaisseur uniformément tiré a la règle débordant de 0.10 m sous le radier                                                                                                                                                                                        | <b>M3</b>             | <b>30</b>               |  |  |
| <b>3.02</b> | <b>-Béton armé :</b><br>-Béton armé dosé à 400 et 350Kg/m3 de ciment de la classe 325 mises en œuvre pour radier parois et coupole y compris coffrage et ferrailage                                                                                                                                                                                      | <b>M3</b>             | <b>250</b>              |  |  |
| <b>3.03</b> | <b>-Béton de pente :</b><br>-Béton de pente dosé à 250 Kg/m3 de la classe 325 y compris toutes sujétions éventuelles.                                                                                                                                                                                                                                    | <b>M3</b>             | <b>10</b>               |  |  |
| <b>3.04</b> | <b>-Enduit étanche</b><br>enduit étanche sur parois intérieur du réservoir d'une épaisseur de 2 cm trois couches dosées a :<br>- 1er couche dosée a 300 kg/m3 de ciment<br>-2 <sup>eme</sup> couche dosée 450 kg/m3 de ciment<br>-3 <sup>eme</sup> couche dosée a 500 kg/m3 de ciment<br>y compris toutes fournitures main d'œuvre et sujétions diverses | <b>M2</b>             | <b>375</b>              |  |  |
| <b>3.05</b> | <b>Enduit ordinaire</b><br>Enduit ordinaire sur parois et coupole y compris toutes sujétions                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>M2</b>             | <b>900</b>              |  |  |
| <b>3.06</b> | <b>Enduit hydrofuge :</b><br>Etanchéité hydrofuge mise en œuvre pour les parois enterrées y compris toutes sujétions                                                                                                                                                                                                                                     | <b>M2</b>             | <b>75</b>               |  |  |
| <b>3.07</b> | <b>-Peinture vinylique</b><br>peinture vinylique sur la coupole et sur parois enterrées y compris toutes sujétion éventuelles                                                                                                                                                                                                                            | <b>M2</b>             | <b>600</b>              |  |  |
| <b>3.08</b> | <b>-Waters stop</b><br>profil en néoprène pose dans les parois du réservoir pour joint de reprise largeur 30 cm                                                                                                                                                                                                                                          | <b>ML</b>             | <b>30</b>               |  |  |
| <b>3.09</b> | <b>-Cheminée d'aération</b><br>cheminée d'aération en tuyau diam 300 mm ep 1.40 mm avec filet de protection et chapeau y compris peinture antirouille ;peinture glycérophthalique et toutes sujétions éventuelles                                                                                                                                        | <b>U</b>              | <b>01</b>               |  |  |
| <b>3.10</b> | <b>-Couvercle métallique</b><br>mise en place d'un couvercle blindé ep 4mm sur la coupole pour l'accès du réservoir scellé dans le béton avec peinture antirouille et glycérophthalique y compris toutes sujétions.                                                                                                                                      | <b>U</b>              | <b>01</b>               |  |  |
| <b>3.11</b> | <b>- échelles métalliques :</b><br>- fourniture et pose d'échelles métalliques (acier galvanisé diam 26/34 ) avec garde fou, y compris peinture antirouille ; peinture glycérophthalique et toutes sujétions éventuelles.....<br>-Etanchéité en PAXALUMIN .....                                                                                          | <b>U</b><br><b>M2</b> | <b>02</b><br><b>150</b> |  |  |
| <b>3.12</b> | <b>-Conduites</b><br>-mise en places d'une conduite en P.V.C Φ 250 perforée pour drain du réservoir<br>- mise en places d'une conduite en P.V.C Φ 250 pour l'évacuation des eaux filtrées<br>y compris toutes sujétions éventuelles                                                                                                                      | <b>ML</b>             | <b>65</b>               |  |  |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |     |  |  |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|--|--|
| 3.13 | <b>-Trottoir</b><br>-exécution d'un trottoir au périphérique du réservoir et la chambre des vannes suivant plans y compris toutes sujétions éventuelles                                                                                                                                                                                         | ML | 80  |  |  |
|      | <b>4-CONSTRUCTION EN BETON : (Chambre de vannes)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |     |  |  |
| 4.01 | <b>-Béton de propreté:</b><br>-Béton de propreté dosé à 150Kg/m3 de ciment de 0.10 m d'épaisseur uniformément tiré à la règle débordant de 0.10 m sous le radier.                                                                                                                                                                               | M3 | 05  |  |  |
| 4.02 | <b>-Béton armé:</b><br>-Mise en œuvre d'un béton armé dosé à 350Kg/m3 de ciment de la classe 325 pour radier parois dalle de couverture, y compris coffrage et ferrailage en double nappe selon plan.                                                                                                                                           | M3 | 36  |  |  |
| 4.03 | <b>-Béton de pente:</b><br>-Mise en œuvre d'un béton dose à 250Kg/m3 de ciment de la classe 325 Kg/m3 sur dalle de couverture, elle sera exécutée dans la bonne conformité et selon les règles d'art, y compris toutes sujétions.                                                                                                               | M3 | 02  |  |  |
| 4.04 | <b>-Maçonnerie :</b><br>-Mise en œuvre de la maçonnerie en briques creuses de 0.20 m d'épaisseur pour les murs , y compris toutes sujétions éventuelles                                                                                                                                                                                         | M2 | 10  |  |  |
| 4.05 | <b>-Enduit ordinaire :</b><br>-Enduit ordinaire sur murs intérieurs et extérieurs, y compris l'échafaudage, main d'œuvre et toutes sujétions diverses.                                                                                                                                                                                          | M2 | 200 |  |  |
| 4.06 | <b>-Etanchéité hydrofuge:</b><br>- Etanchéité hydrofuge, mise en œuvre pour les parois enterrées, y compris toutes sujétions.                                                                                                                                                                                                                   | M2 | 60  |  |  |
| 4.07 | <b>Peinture vinylique:</b><br>-Peinture vinylique sur la dalle de couverture et sur parois en deux couches croisées, y compris toutes sujétions.                                                                                                                                                                                                | M2 | 200 |  |  |
| 4.08 | <b>-Menuiserie :</b><br>Fourniture et pose d'une porte métallique blindée épaisseur 5mm de dimension (2.10x1.20) avec une serrure spéciale à 3 crans dont les clés sont impossible à reproduire scellé dans le béton, y compris peinture antirouille en deux couchées ;peinture glycérophthalique en trois couches croisés et toutes sujétions, | U  | 01  |  |  |
| 4.09 | -Fourniture et pose d'un capot métallique blindé épaisseur 5mm de dimension (0.20 x 0.80) avec une serrure spéciale à 3 crans dont les clés sont impossible à reproduire scellé dans le béton, y compris peinture antirouille en deux couchées ;peinture glycérophthalique en trois couches croisés et toutes sujétions,.                       | U  | PM  |  |  |
| 4.10 | <b>Garde corps :</b><br>Fourniture et pose d'un garde corps pour l'escalier de la chambre des vannes y compris peinture antirouille en deux couchées ;peinture glycérophthalique en trois couches croisés et toutes sujétions,.                                                                                                                 | ML | 04  |  |  |
|      | <b>5- EQUIPEMENTS:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |     |  |  |
| 5.01 | -Fourniture et pose de crépine bridée , y compris manchon ; boulons ; joints et toutes sujétions de bonne exécution :<br>DN 150 PN 16 .....                                                                                                                                                                                                     | U  | 02  |  |  |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                          |                                                                                                          |  |  |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <b>5.02</b> | -Fourniture et pose de robinet vanne en fonte , y compris regard avec tampon en fonte, et toutes sujétions de bonne exécution.<br>DN 150 PN 16.....<br>DN 100 PN 16 .....                                                                                                                                                                         | <b>U</b><br><b>U</b>                                                                                     | <b>01</b><br><b>03</b>                                                                                   |  |  |
| <b>5.03</b> | -Fourniture et pose des vannes en fonte , y compris regard avec tampon en fonte, et toutes sujétions de bonne exécution.<br>DN 250 PN 16.....                                                                                                                                                                                                     | <b>U</b>                                                                                                 | <b>02</b>                                                                                                |  |  |
| <b>5.04</b> | -Fourniture et pose des réductions en acier, y compris toutes sujétions:<br>DN 150/100 PN 16 .....<br>DN 200/150 PN 16.....<br>DN 200/100 PN 16.....                                                                                                                                                                                              | <b>U</b><br><b>U</b><br><b>U</b>                                                                         | <b>02</b><br><b>01</b><br><b>01</b>                                                                      |  |  |
| <b>5.05</b> | -Fourniture et pose de coude 1/4 en acier, y compris toutes sujétions:<br><br>DN 100 PN 16 .....<br>DN 150 PN 16.....<br>DN 200 PN 16.....<br>DN 250 PN 16.....                                                                                                                                                                                   | <b>U</b><br><b>U</b><br><b>U</b><br><b>U</b>                                                             | <b>05</b><br><b>07</b><br><b>03</b><br><b>05</b>                                                         |  |  |
| <b>5.06</b> | -Fourniture et pose de cône en acier galvanisé, y compris toutes sujétions:<br>DN 200 .....<br>DN 150 .....<br>DN 100 .....                                                                                                                                                                                                                       | <b>U</b><br><b>U</b><br><b>U</b>                                                                         | <b>01</b><br><b>03</b><br><b>02</b>                                                                      |  |  |
| <b>5.07</b> | -Fourniture et pose des lames en acier galvanisé, y compris toutes sujétions:<br>DN 150 .....<br>DN 200 .....<br>DN 250 .....                                                                                                                                                                                                                     | <b>U</b><br><b>U</b><br><b>U</b>                                                                         | <b>02</b><br><b>01</b><br><b>01</b>                                                                      |  |  |
| <b>5.08</b> | -Fourniture et pose de conduite en acier enrobé, y compris toutes sujétions:<br>DN 100 PN 16.....<br>DN 150 PN 16 .....<br>DN 200 PN 16 .....<br>DN 250 PN 16 .....<br><br>-Fourniture et pose de conduite en acier galvanisé, y compris toutes sujétions:<br>DN 100 PN 16.....<br>DN 150 PN 16 .....<br>DN 200 PN 16 .....<br>DN 250 PN 16 ..... | <b>ML</b><br><b>ML</b><br><b>ML</b><br><b>ML</b><br><br><b>ML</b><br><b>ML</b><br><b>ML</b><br><b>ML</b> | <b>25</b><br><b>16</b><br><b>26</b><br><b>37</b><br><br><b>08</b><br><b>02</b><br><b>03</b><br><b>09</b> |  |  |
| <b>5.09</b> | -Fourniture et pose de bride en acier, y compris toutes sujétions:<br>DN 250 PN 16.....<br>DN 200 PN 16 .....<br>DN 150 PN 16 .....<br>DN 100 PN 16 .....                                                                                                                                                                                         | <b>U</b><br><b>U</b><br><b>U</b><br><b>U</b>                                                             | <b>17</b><br><b>13</b><br><b>19</b><br><b>20</b>                                                         |  |  |
| <b>5.10</b> | -Fourniture et pose de Té en acier, y compris toutes sujétions:                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                          |                                                                                                          |  |  |

|             |                                                                                                                                        |             |                |                 |  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|-----------------|--|
|             | DN 250/250/250 PN 16.....                                                                                                              | U           | 01             |                 |  |
| <b>5.11</b> | -Fourniture et pose de joints de démontage, y compris toutes sujétions:<br>DN 250 PN 16.....<br>DN 150 PN 16.....<br>DN 100 PN 16..... | U<br>U<br>U | 02<br>01<br>01 |                 |  |
| <b>5.12</b> | -Fourniture et pose robinet de réservoir contrôleur de niveau à flotteur y compris toutes sujétions:<br>DN 250 PN 16.....              | U           | 02             |                 |  |
|             |                                                                                                                                        |             |                | <b>H.T</b>      |  |
|             |                                                                                                                                        |             |                | <b>T.V.A19%</b> |  |
|             |                                                                                                                                        |             |                | <b>T.T.C</b>    |  |