

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE CONSTANTINE 3 SALAH BOUBNIDER

جامعة قسنطينة 3- صالح بوبنيدر



Institut de Gestion des Techniques Urbaines (G.T.U)

Département Techniques Urbaines et Environnement (T.U.E)

VOIRIES ET RESEAUX DIVERS (VRD 1)

- Cours et Travaux Dirigés -

Polycopié destiné aux étudiants de la deuxième année G.U

Auteur : **Dr. REDJAL Omar**

PRESENTATION DE LA MATIERE

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UE. Fondamentale 3

Matière : VRD 1

Coefficient : 3

Crédit : 6

Objectifs de l'enseignement :

La considération de la voirie comme étant une infrastructure (*réseaux techniques*) nécessitent la mise en œuvre d'une conception géométrique et des calculs.

Cette matière permettra aux étudiants de prendre connaissance de :

- ✓ Etapes des projets existants ;
- ✓ Evolution des méthodes ;
- ✓ Evolution de l'organisation ;
- ✓ Evolution des principes d'aménagement.

Connaissances préalables recommandées :

- ✓ Principales caractéristique de l'équipe de la voirie urbaine ;
- ✓ L'analyse urbaine (*occupation du sol ou la consommation de l'espace, l'organisation, la structure et la configuration des textures urbaines...etc.*) ;
- ✓ L'interaction en Urbanisme et Trafic urbain ;
- ✓ L'impact des facteurs socio-économiques et culturels dans la détermination de certaines formes et structures spatiales.

Contenu de la matière :

- Chapitre (I).** La Voirie.
- Chapitre (II).** Les Terrassements Généraux
- Chapitre (III).** L'éclairage Public
- Chapitre (IV).** Le réseau de Gaz
- Chapitre (V).** Le réseau Téléphonique.

Mode d'évaluation :

40% en contrôle continu et 60% en contrôle examen.

SYLLABUS

Syllabus	03-05
Avant-propos	06
Introduction générale	07
<u>CHAPITRE (I) : LA VROIRIE (Circulation : voiries, allées et aires piétonnières).....</u>	08
I. Voiries	08
1) Définition	08
2) Travaux de voirie	08
3) Classement des voiries	09
4) Le tracé des voies	09
4.1) Profil en long	11
4.2) Profil en travers	11
5) Composition de la chaussée	12
6) Les différents matériaux utilisés pour la couche de revêtement	15
II. Allées et aires piétonnières	16
1) Les trottoirs	16
2) Les voies (allées) piétonnes	17
3) La constitution des trottoirs et des voies piétonnes	18
<u>CHAPITRE (II): LES TERRASSEMENT GENERAUX</u>	20
Introduction	20
I. Terrassements généraux	20
1) Définition et concepts	20
2) Mouvement des terres	22
2.1) Décapage d'un terrain	22
2.2) Les fouilles	22
2.3) Classification des sols	23
2.4) Foisonnement des terres	24
2.5) Tassement du sol	25
3) Les différentes phases des travaux de terrassement	25
II. Murs de soutènement et talus	26
1) Talus	26
1.1) Pente des Talus, remblais ou déblais	26
1.2) Profondeur maximale d'une fouille sans blindage	27
1.3) Blindage des fouilles	28

2) Murs de soutènement	30
2.1) Murs de soutènement réalisés in situ	30
2.2) Soutènement par massif de terre armée	31
2.3) Soutènement par gabions	32
2.4) Mur de soutènement paysagés et préfabriqués	32
<u>CHAPITRE III : L'ECLAIRAGE PUBLIC</u>	34
Généralité	34
I. Réseaux de distribution d'énergie électrique	34
1) Types de réseaux de distribution d'énergie électrique	34
2) Terminologie (catégories des ouvrages)	34
3) Eléments constituant un réseau de desserte électrique d'un groupement d'habitation..	34
4) Modalités d'exploitation	35
5) Le réseau Moyenne Tension et postes	35
6) Le poste de transformation et de répartition	36
7) Procédé de la pose de câble électrique en pleine terre	36
II. Eclairage public	37
1) Généralités (l'éclairage urbain)	37
2) Définitions et concepts	38
3) Caractéristiques techniques (conception et techniques d'implantation)	38
<u>CHAPITRE IV : LE RESEAU DE GAZ</u>	42
I. Gaz	42
1) Généralités	42
2) Nature des besoins en énergie Gaz	42
3) La pression de distribution	42
4) Les composantes du réseau de distribution	43
4.1) Les conduites (canalisations)	43
4.2) Les modes de branchements	44
4.3) Les postes de détente	46
<u>CHAPITRE V : LE RESEAU TELEPHONIQUE</u>	47
1) Généralités (définitions et concepts)	47
2) Le réseau de télécommunication (Techniques d'implantation)	48
<u>CHAPITRE (VI): EVACUATION DES EAUX</u>	50
I. Assainissement	50
1) Détermination des quantités d'eau à évacuer	51

1.1) Eaux Pluviales	51
1.2) Eaux usées et eaux vannes	51
1.3) Eaux industrielles	51
1.4) Dimensionnement des canalisations	51
2) Types de réseaux d'assainissement	52
2.1) Le système unitaire	52
2.2) Le système séparatif	52
2.3) Le système pseudo-séparatif	53
3) Les canalisations et les ouvrages	54
3.1) Les canalisations	54
3.2) Les ouvrages visitables	54
II. Station de relevage	55
III. Drainage des sites urbains	57
1) Définition	57
2) L'usage du drainage	57
3) Composition d'un système de drainage	57
IV.épuration des eaux (Traitement des effluents)	59
1) Le traitement collectif	60
1.1) En réseau unitaire	60
1.2) En réseau séparatif	60
2) Le traitement non collectif (autonome)	61
TRAVAUX DIRRIGES	63
BIBLIOGRAPHIE	80

AVANT-PROPOS

La matière « Voiries et Réseaux Divers – VRD I », est l'une des unités d'enseignement fondamentales (UEF3) qui sont destinées aux étudiants de la deuxième année licence « Génie Urbain ». En effet, cette matière traite l'ensemble des informations ainsi que les diverses techniques exactement axées sur la réalisation des différents ouvrages pour la viabilisation des terrains en secteurs urbains ; la conception et la réalisation des chaussées ou voiries, les travaux de terrassement, l'alimentation en énergie gaz et électricité, les réseaux de télécommunication, l'éclairage public et l'assainissement. C'est dans ce contexte que s'inscrivent ces cours dont l'enseignement se veut utilitaire menant les étudiants à une maîtrise du langage universel des VRD, des principes de base pour la concrétisation des ouvrages ainsi que le fonctionnement des différents réseaux.

S'agissant des objectifs de l'unité d'enseignement, ces cours visent à offrir aux étudiants des connaissances complémentaires en la mise en œuvre des infrastructures (réseaux techniques) et les ouvrages des VRD, qui contribuent en effet de façon significative à l'embellissement des paysages et de l'environnement urbain. Ainsi, cette matière permettra aux étudiants de prendre connaissance de manière précise des différentes étapes de réalisation des ouvrages, et des évolutions en matière de méthodes, d'organisation et des principes d'aménagement.

Pour atteindre les objectifs énoncés, les étudiants devront avoir des connaissances pratiques notamment celles relatives aux principales caractéristiques de la voirie urbaine, aux principes d'analyse urbaine (occupation du sol ou la consommation de l'espace, l'organisation, la structure et la configuration des textures urbaines...etc.), à l'impact des facteurs socio-économiques et culturels dans la détermination de certaines formes et structures spatiales, même encore, des connaissances précises en rapport avec la réglementation et les normes techniques dans ce domaine.

INTRODUCTION GENERALE

Pas loin dans le temps, les transmutations portées sur les espaces communs se basaient naturellement sur des aspects nettement architecturaux et sur l'ensemble des commodités offrant le bien être des citoyens, ce qui a explicitement résulté ; une consommation démesurée des espaces, la croissance effrénée de la démographie, l'augmentation sans cesse accrue de la demande en habitat et par conséquent l'augmentation des coûts des unités d'habitation. Au final, une concentration éprouvée de la population dans des espaces très réduits. Ces faits réels, accompagnés de plusieurs difficultés, ont clairement conduit les personnes à rationaliser la consommation des espaces et à organiser les villes (*séparation des aires d'activités à celles à urbaniser*). D'ailleurs, les surfaces à urbaniser devront pour le fait répondre à des objectifs bien déterminés ;

- ✓ Optimiser les opérations d'urbanisation en réponse aux besoins des habitants (*intégration dans les meilleures conditions possibles*) ;
- ✓ Réduire les coûts de concrétisation des actions et la recherche des solutions techniques les plus appropriées ;
- ✓ Offrir un cadre de vie convenable aux citoyens ;
- ✓ Garantir un développement serein et réfléchi pour contenter ces objectifs.

Les travaux VRD sont intégrés dans la même perspective qui ont d'ailleurs une influence sans nul doute directe et déterminante.

Concrètement, les intervenants en matière de VRD doivent réellement tenir compte de l'ensemble des contraintes techniques et économiques et de réfléchir uniquement en terme de sécurité et d'espace commun sans pour autant penser les objectifs escomptés par les opérations d'urbanisation ayant pour but de répondre aux attentes des futurs usagers (*meilleure qualité de vie*). En revanche, les aménageurs doivent de leur côté satisfaire les inspirations des habitants, et ce, conformément aux exigences des règles de l'urbanisme (*confort et qualité d'aménagement*). Cette interférence entre objectifs (*VRD et opérations d'urbanisme*), résulte des difficultés techniques menant à des financements importants que ce soit en phase de conception ou bien de réalisation. **C'est la raison pour laquelle qu'il est important d'apercevoir des solutions techniques permettant d'offrir aux citoyens la sécurité et le confort dans un cadre de vie approuvable.**

CHAPITRE I : LA VROIRIE

(Circulation : voiries, allées et aires piétonnières)

I. VOIRIES :

L'objectif de la voirie étant un élément du domaine public consiste en la **desserte de zones** que ce soit urbaines, rurales, commerciales ou autres. Par conséquent, l'étude de la voirie doit être établie de façon à remplir exactement ce rôle. En effet, le tracé, les caractéristiques dimensionnelles ainsi que la qualité de ses constituants doivent être déterminés tout en garantissant la sécurité à tous les usagers. D'ailleurs, la voirie contribue autant à l'**aménagement des secteurs urbanisés** ; elle concourt à **amender l'aspect du paysage**.

1) Définition.

« Ensemble des voies de circulation terrestres, fluviales (fleuves et canaux), maritimes (rivages et ports), aériennes (aérodromes) et de leurs dépendances, aménagé et entretenu par l'administration publique¹ ».

« La voirie, son emprise et son tracé, et les espaces publics, sont des éléments qui structurent le lotissement et participent à son ambiance. La voirie est d'autant plus importante qu'elle est un des éléments les plus pérennes du territoire...La voirie nécessite d'être hiérarchisée (rue, ruelle, chemin) et réduite en largeur (souvent surdimensionnée), dans un esprit de rue, et non de route, en continuité du tissu existant (articulé sur le réseau de voirie préexistant), en s'appuyant sur le contexte paysager (topographie, haies...)² ».

La voirie est un réseau composé d'un espace collectif ayant pour rôle d'assurer la circulation (déplacement) des utilisateurs (piétons, véhicules) avec une certaine fluidité.

2) Travaux de voirie.

Les travaux de voirie s'appuient sur les différents types des voies de circulation et des aires de stationnement des zones aménagées. On peut soumettre les voiries à deux statuts ;

- ✓ **Voiries publiques :** représentent les voies réalisées et entretenues par l'état ou les collectivités locales.
- ✓ **Voiries privées :** représentent les voies réalisées et entretenues par des organismes privés ou des particuliers (*à condition que ces voies répondent aux caractéristiques des voiries publiques*).

¹ <https://www.cnrtl.fr/>

² http://www.calvados.gouv.fr/IMG/pdf/fiche_lotissements.pdf

3) Classement des voiries.

Il existe plusieurs classifications des voiries, mais elles peuvent être accommodées en fonction de deux critères essentiels ;

- ✓ L'importance des zones à desservir ;
- ✓ L'importance de la circulation (flux) reçue.

Ainsi, on peut distinguer les types de voies suivants :

1. **Voie de distribution :** Elle est raccordée sur la voirie extérieure (*voie de liaison*).
2. **Voie ou antenne de desserte :** Cette voie peut être en boucle ou en impasse, recevant un faible trafic automobile, à vitesse réduite.
3. **Placette de desserte.**
4. **Aire de stationnement.**
5. **Voie piétonne.**
6. **Piste cyclable.**

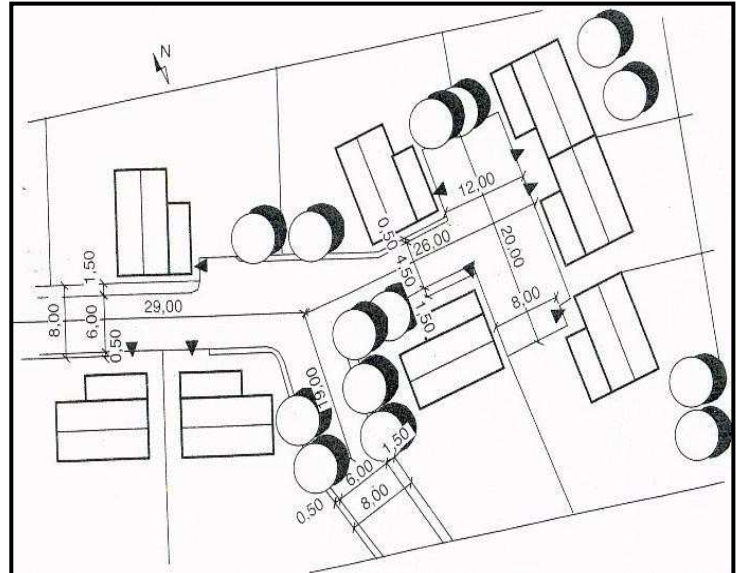


Fig. 01 : Voirie et placette d'un lotissement.

7. **Voie mixte.**
8. **Voie pompiers :** Cette voie est réservée aux services de sécurité.

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur

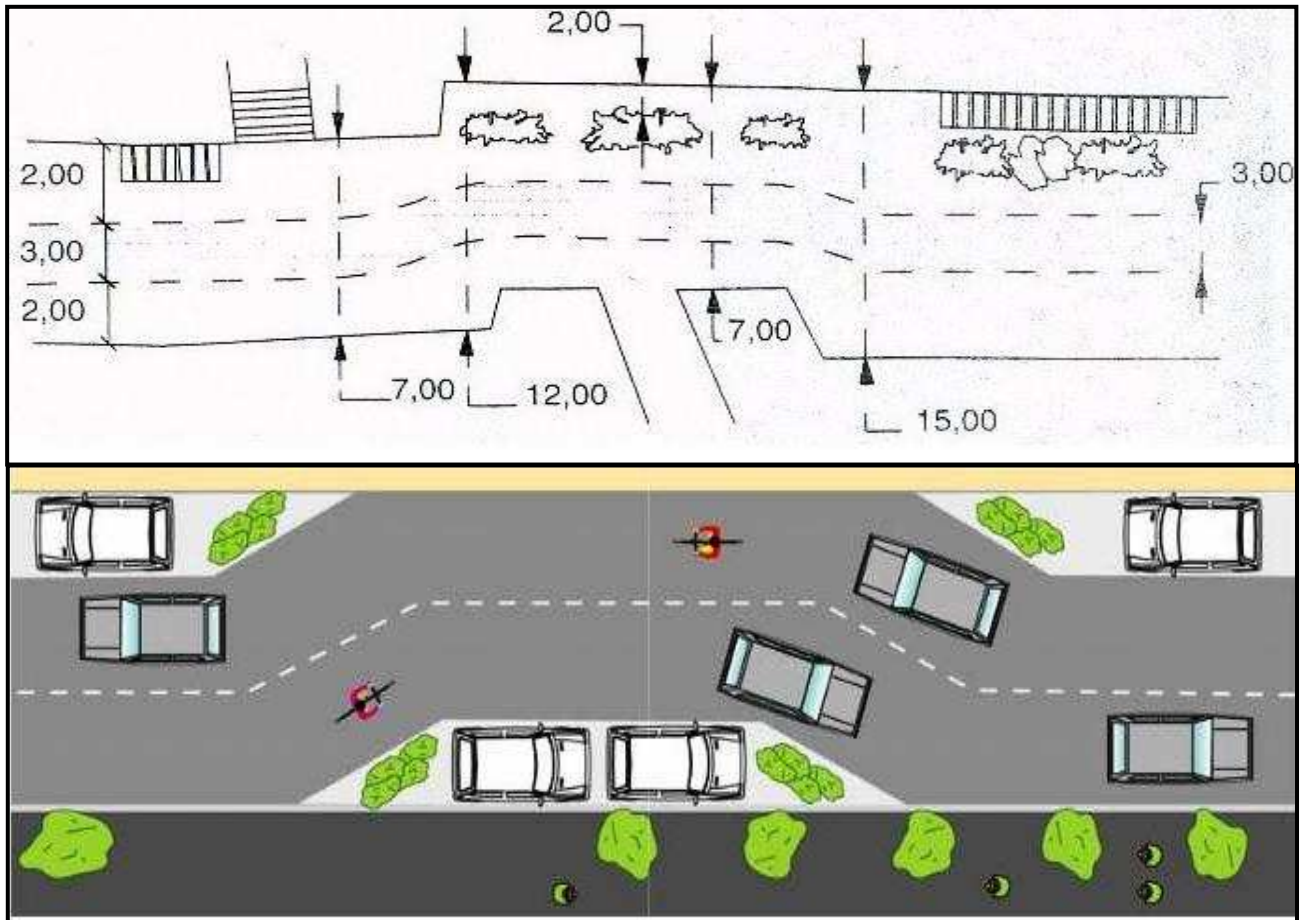
4) Le tracé des voies.

Le tracé en plan (*projection verticale de la route sur un plan horizontal*) est maintenu de façon à prendre en considération plusieurs paramètres :

- ✓ La prise en compte du contexte général du site, et l'adaptation au mieux à la topographie du terrain naturel ;
- ✓ L'insertion de la voirie en tenant compte de la topologie du tissu urbain, et L'adaptation au plan de masse ;
- ✓ Garantir une fluidité des flux sur les voies de distribution, et assurer une sécurité maximale pour les utilisateurs ;
- ✓ Prévoir des chicanes ou des courbes afin d'éviter la monotonie des voies de desserte et réduire à la fois la vitesse des véhicules pour améliorer la sécurité (*cf. figure n°02*) ;
- ✓ Ajuster les rayons des courbes aux véhicules empruntant les voies (véhicules particuliers ou poids lourds...etc.) ;

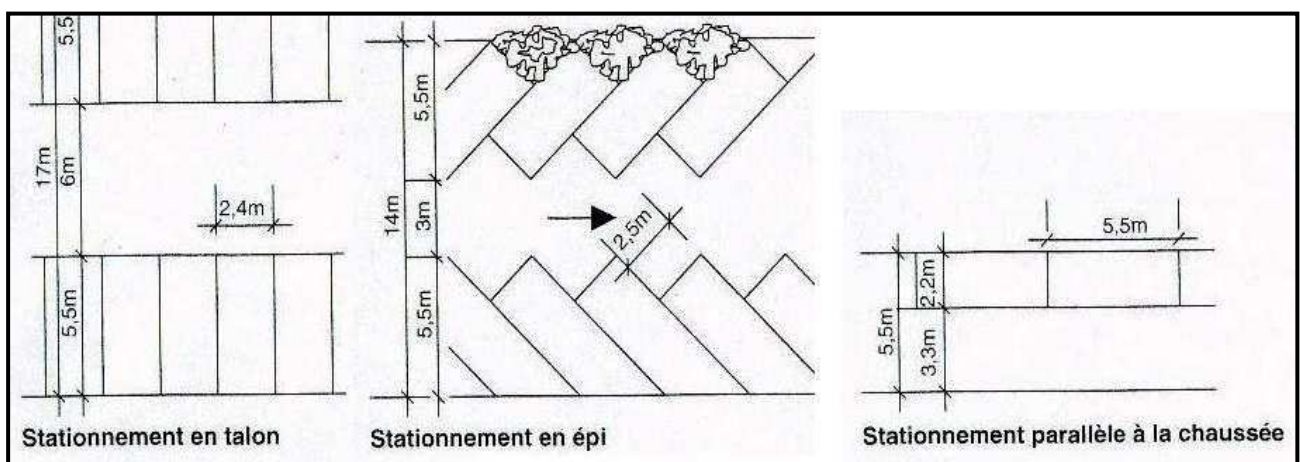
- ✓ Créer des voies ou des allées piétonnes pour diminuer les distances entre les unités d'habitations et les équipements (commerces de proximité, groupes scolaires...etc.) ;
- ✓ Créer des aires de stationnement (en long, en talon ou en épi) (*cf. figure n°03*).

Fig. 02 : Création de chicanes.



Source : <http://www.pdu-casa.fr/annexe1.pdf>

Fig. 03 : Types et dimensionnement des places de stationnement.



4.1) Profil en long.

Le profil en long, un des trois éléments (*profils en long, en travers et le tracé en plan*) qui permettent de caractériser la géométrie d'une voie, représente la coupe longitudinale de la voie suivant son axe. Ce profil nous indique les altitudes (*hauteur*) du terrain naturel et celles de la voie projetée, les pentes, les distances ainsi que les points particuliers. Par ailleurs, dans le but de garantir un bon écoulement des eaux de ruissellement, le profil en long doit nécessairement avoir une déclivité minimale de l'ordre de **0.5 %**. La pente maximale ne doit pas dépasser les **12 à 15 %** (cf. figure n°04).

Important : Il est souhaitable d'accoler le plus possible le profil en long avec le terrain naturel dans l'intention d'éviter des les mouvements de terre qui peuvent être importants, et d'éviter ainsi des talus ou murs de soutènement trop onéreux.

4.2) Profil en travers.

Le profil en travers représente pour sa part la coupe transversale de la voie composée d'une ou plusieurs chaussées, séparées ou non par un terre-plein, une bande de stationnement et un trottoir de part et d'autre. A titre d'exemple ;

- ✓ Une **voie de distribution**, à double sens de circulation, avec une largeur de **6.00 à 7.00 m** comprenant un trottoir des deux côtés d'une largeur de **1.00 à 2.00 m** et un stationnement parallèle à la chaussée.
- ✓ Une **voie de desserte**, d'une largeur de **4.50 m à 5.00 m**, avec possibilité de stationnement en long, avec trottoir (cf. figure n°05).

Fig. 04 : Le profil en long.

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur.

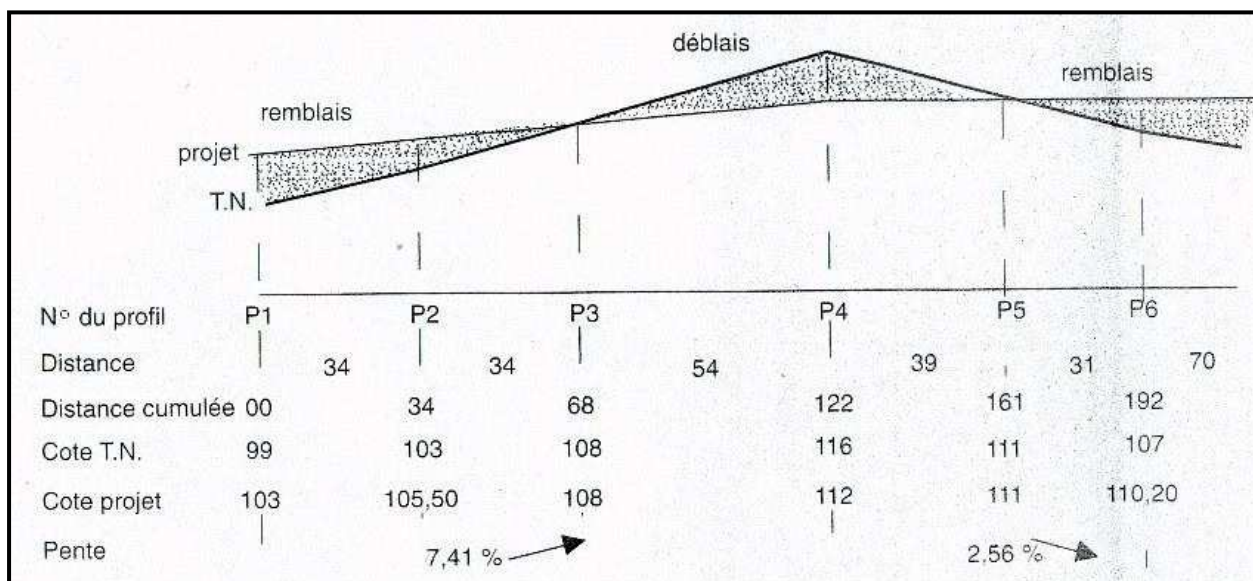
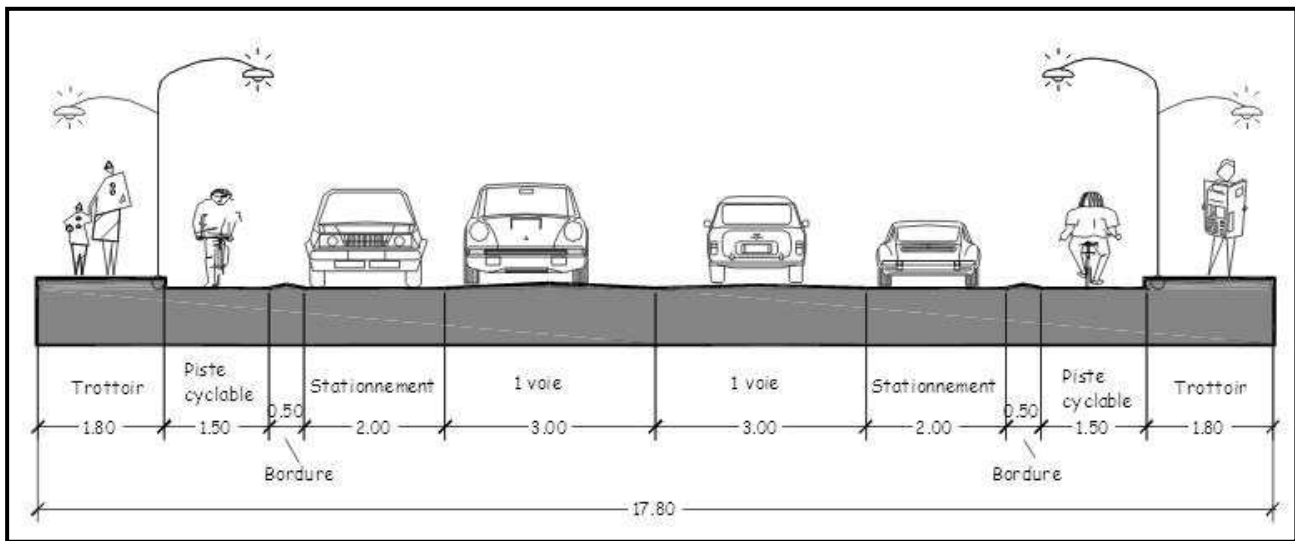


Fig. 05 : Le profil en travers.

Source : <http://www.pdu-casa.fr/annexe1.pdf>

5) Composition de la chaussée.

La composition et le dimensionnement de la chaussée sont déterminés selon les paramètres qui suivent ;

- ✓ La qualité du terrain qui forme la plate-forme et sa portance ;
- ✓ Le flux et la circulation portée par la chaussée ;
- ✓ La résistance au gel.

La chaussée est conçue par la **superposition de plusieurs couches** (cf. figure n°06) issues des travaux en déblai ou en remblai et qui ont pour rôle la transmission des charges au sol support (*plate-forme*). En effet, pour ne subir de déformation, le sol support doit être uniforme c'est-à-dire ne pas présenter de points durs ou de zones de faible résistance. Dans le cas où des zones de faible résistance existaient, elles doivent être purgées et remplacées par un autre matériau (grave naturelle composé d'un mélange de sable et de gravillons à granulométrie homogène, grave-ciment...etc.) bien compacté. Nous citons dans ce qui suit, les différentes couches mises en œuvre de façon successive:

1. Une couche anti contaminant éventuelle ;
2. Une couche de forme ;
3. Une sous-couche éventuelle ;
4. Une couche de fondation ;
5. Une couche de base ;
6. Une couche de liaison ;
7. Une couche de finition ou de roulement.

Les couches de fondation et de base sont l'assise de la chaussée dite : **la structure**, les deux dernières couches de liaison et de roulement constituent **les couches de surface**.

Il est important de souligner qu'en présence de sol argileux ou il y a un risque de rétention d'eau sur le sol support, il serait nécessaire de mettre en place un réseau de drainage accompagné par une pose d'une couche anti-contaminant, et ce, avant la réalisation des couches restantes. Distinctement, les drains sont posés en inclinaison et épi en vue de récupérer les eaux d'infiltration en suite les rejeter dans un collecteur ou dans des fossés latéraux. Sur ce point, il est à noter que **le drainage assure l'amélioration de la tenue des sols et permet d'éviter les effets du gel.**

Fig. 06 : Principes de structure d'une chaussée.

Source : <http://www.gramme.be/unite9/pmwikiOLD/uploads/PrGC0607/route1bis.jpg>

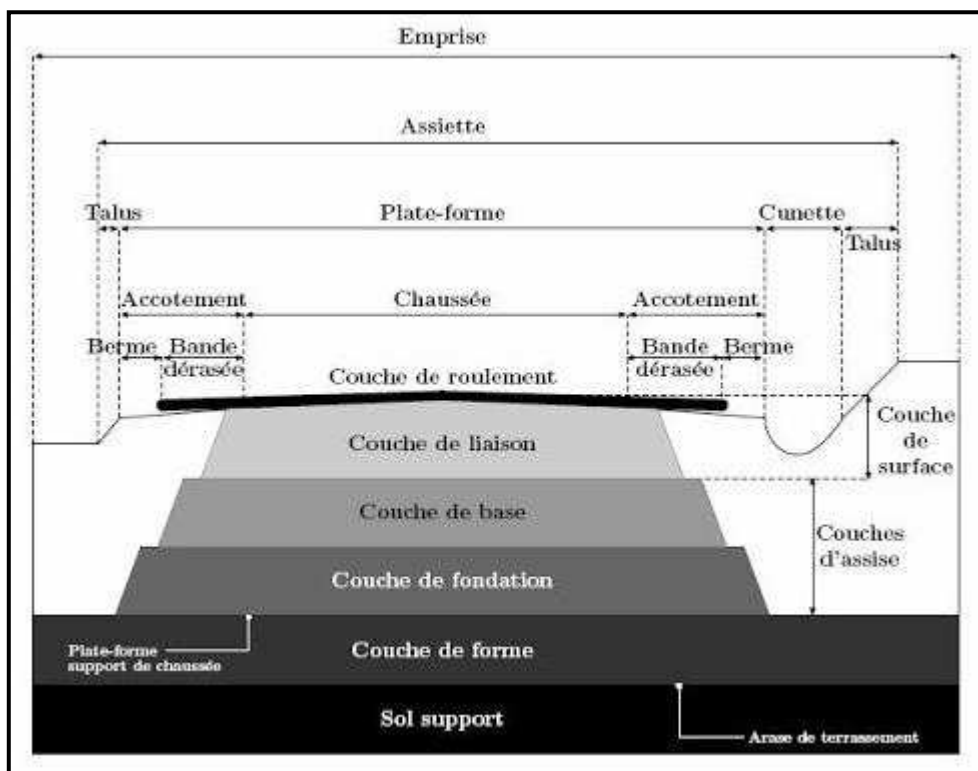
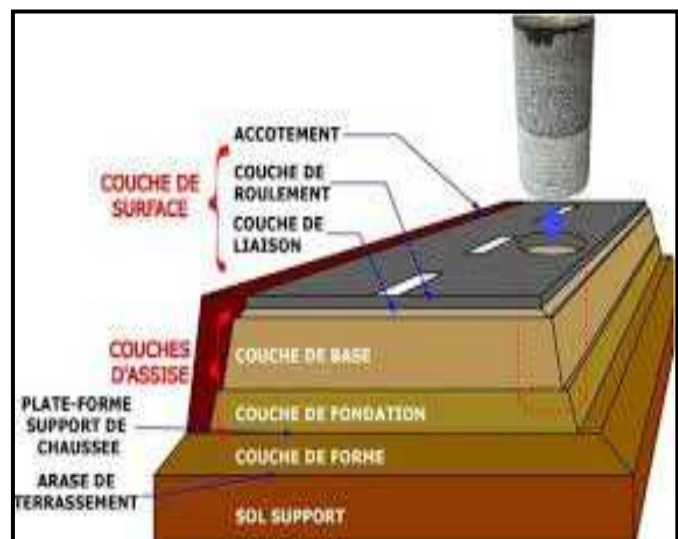
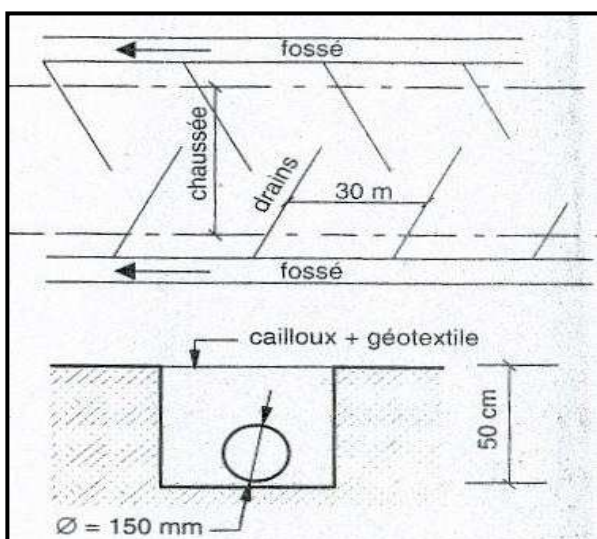


Fig. 07 : Drainage en épi sous chaussée.

Fig. 08 : Les différentes couches d'une chaussée.

Source : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images>



a) La couche anti-contaminant :

Cette couche conçue d'un géotextile ou parfois d'une couche de sable d'une épaisseur de **5cm**. Elle est utilisée pour faire face à la pollution de la chaussée par les remontées de l'argile sous l'effet des charges roulantes et des intempéries.

b) La couche de forme :

Située entre la couche supérieure du terrassement et la couche d'assise, elle forme un élément de transition mis en œuvre à partir de l'arase de terrassement, selon le sol (*remblai ou sol en place*). Cette couche a pour fonction de garantir une certaine homogénéisation au vue d'une répartition meilleure des charges sur le sol d'assise. De plus, il est à souligner qu'il possible de réaliser cette couche à partir de matériaux prélevés sur place, de grave naturelle ou traitée.

c) La sous-couche :

La sous-couche est apportée sur la couche de forme quand le sol support (*corps de la chaussée*) est de faible résistance ou doit être préservé contre certains effets. Cette composante est réalisée par un apport de matériaux traités ou non.

d) La couche de fondation :

La couche de fondation est conçue avec de gros granulats compactés. Elle est réalisée afin d'assurer une bonne répartition des charges sur le sol support. Son épaisseur varie entre **20 et 60cm** suivant la nature et les caractéristiques du terrain ainsi que les conditions de circulation (*Importante, légère ou lourde*).

e) La couche de base :

La couche de base permet le réglage des pentes (*déclivités*) de la chaussée. Conçue en en matériaux concassés soit assemblées soit non, avec une épaisseur de **10 à 15cm**.

f) La couche de liaison :

Représente la partie inférieure de la couche de surface, sous condition d'avoir une bonne planimétrie semblable à celle de la couche de roulement. Elle est effectuée en béton bitumineux ou en béton de gravillons.

g) La couche de roulement :

La couche de roulement est le revêtement superficiel de la chaussée, elle doit avoir les caractéristiques nécessaires afin de répondre aux effets causés par la circulation des véhicules tout comme le freinage et les arrêts brusques, les démarrages, les manœuvres diverses...etc.

Par ailleurs, il est important de noter que, la couche de roulement (*revêtement superficiel*) doit répondre à un certain nombre de critères :

- ✓ La qualité d'adhérence ;
- ✓ La planimétrie (*écoulement des eaux*) ;

- ✓ La résistance à l'usure et à l'abrasion ;
- ✓ Un degré d'imperméabilité adapté ;
- ✓ La mise en œuvre facile ;
- ✓ Une meilleure apparence (*la qualité d'aspect*) ;
- ✓ Le manque des bruits de roulement.

6) Les différents matériaux utilisés pour La couche de revêtement.

Il existe une variété de matériaux peuvent être utilisés pour la couche de revêtement (superficielle) de la chaussée, on peut citer ce qui suit ;

- **Enduits superficiels** : Il s'agit d'un gravillonnage (*épandage de gravillons ou de matériaux concassés*) coulé en une ou deux couches assemblées à la sous-couche. Il est à souligner que l'utilisation de ce matériau est un procédé économique.
- **Enrobés à froid** : Solution facile à mettre en œuvre s'agissant de matériaux concassés enrobés à froid dans un liant hydrocarboné (*le pourcentage des vides peut dépasser les 12%*). Cette matière est une excellente sous-couche qui peut recevoir un enrobé à chaud ou un béton bitumineux. Souvent utilisés comme étant des revêtements pour les petites surfaces.
- **Enrobés à chaud** : correspondent à des matériaux concassés enrobés à chaud denses (*Pour ce cas le pourcentage des vides est inférieur à 12%*). Ces enrobés sont généralement utilisés pour le revêtement des grandes surfaces.
- **Bétons bitumineux ou enrobés bitumineux** : sont un mélange de graviers, de sable et de liant hydrocarboné. Il s'agit de matériaux enrobés très denses (*le pourcentage des vides est compris entre 05% et 08%*). Parmi les caractéristiques de ces enrobés est l'excellente résistance mécanique permettant de les employer comme revêtement des chaussées caractérisé par une circulation lourde.
- **Dalles de béton armé** : les dalles en béton armé sont coulées en place et recoupées de façon régulière et par des joints de dilatation ou de rupture.
- **Pavés en béton** : de différentes formes ou matières (*ex ; en pierre dur*), ils peuvent être autobloquants ou pas. Ils sont mis en place sur une couche de réglage en sable ou en béton.

Photographie. 01 : Revêtement d'une chaussée en couche de revêtement en béton de ciment.

Source :
<https://i.ytimg.com/vi/1QzHFP60FCI/maxresdefault.jpg>



II. ALLEES ET AIRES PIETONNIERES :

D'une grande importance, les trottoirs et les voies ou allées piétonnes ont un rôle essentiel du fait que ce sont ces éléments qui concentrent les déplacements des piétons et de les séparer de la circulation et du stationnement des véhicules. Effectivement, les trottoirs correspondent à un complément de la chaussée permettant d'assurer une sécurité des piétons. Les voies ou allées piétonnes sont donc des éléments de voiries dédiés à l'usage des personnes.

1) Les Trottoirs.

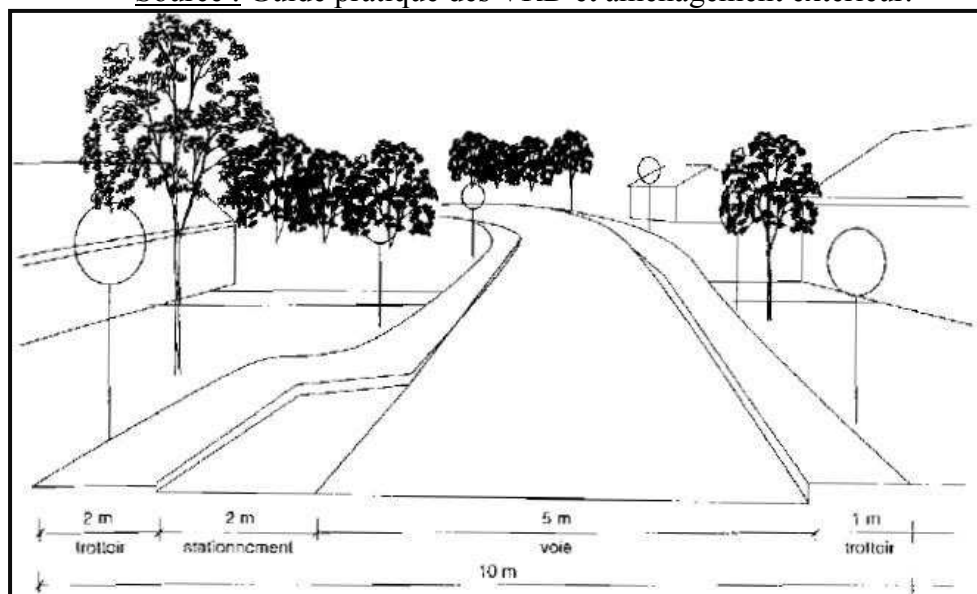
«Passage surélevé établi pour la circulation des piétons d'un (ou des deux) côté(s) d'une rue, d'un pont, d'un quai, comprenant une bordure et une banquette dallée, bitumée ou asphaltée, et dont la hauteur et la largeur sont habituellement réglementées³».

Les trottoirs sont opérés selon les **caractéristiques de la voirie**, la **localisation** ainsi que **l'importance du flux piétonnier** (*déplacements des personnes*).

- Usuellement, la voirie comprend une chaussée d'une largeur correspondante au trafic supporté et deux trottoirs d'une largeur minimale utile de **1,00 m**. Mais il est à souligner que dans les groupes d'habitation, les trottoirs peuvent avoir une largeur variable entre **1,50 et 2,00 m**.
- En ce qui concerne les voies importantes, il est inséré un espace séparant les trottoirs de la circulation des véhicules, son rôle est d'assurer une sécurité supplémentaire pour les usagers.
- Quant aux voies de desserte ou antennes des zones d'habitation, d'un faible trafic automobiles, les trottoirs peuvent être supprimés et convertis en bande réalisée par un revêtement au sol différent (*marquage en béton coulé sur place ou pavage*) venant séparer la zone empruntée par les piétons de celle réservée aux véhicules.

Fig. 09 : Configuration de trottoir dans un groupe d'habitation.

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur.



³ <https://www.cnrtl.fr>

Les trottoirs sont réalisés en pente pour orienter les eaux de ruissellement vers le caniveau en limite de chaussée, ces eaux sont collectées dans des grilles ou des avaloirs. Couramment, la pente transversale est comprise entre **1 et 3 %**.

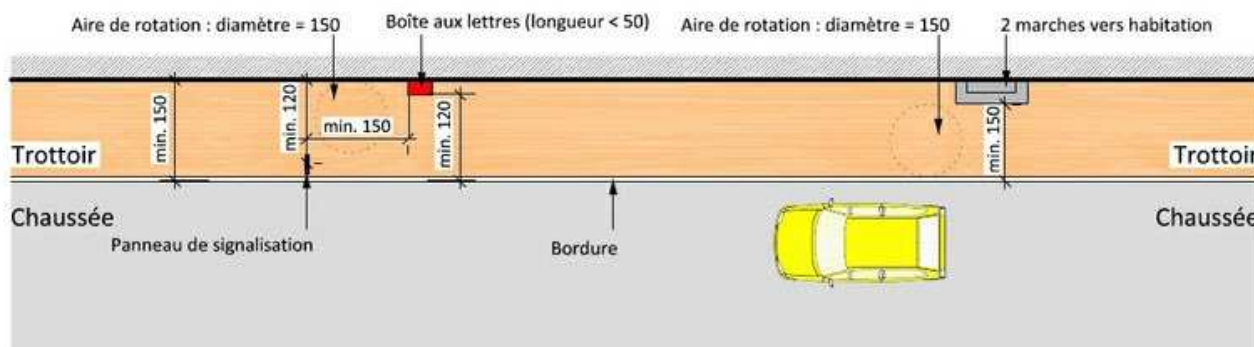
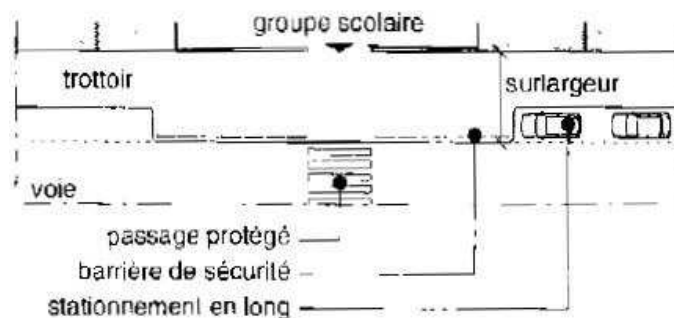


Fig. 10 : Dimensions, sur-largeur des trottoirs.

Source : <https://www.atingo.be/wp-content/uploads/2017/01/plan-trottoir.jpg>



Les dimensions des trottoirs sont présentées dans ce qui suit :

Nature du trottoir	Largeur libre (m)	Utilisation courante
Butte-roue	< 0,50	Circulation interdite aux piétons.
	< 0,80	Ne permet qu'un flux de circulation sans possibilité de croisement.
Trottoir étroit	0,80 à 1,00	Un seul flux de circulation sans possibilité de croisement. L'utilisation de landaus est possible, sans doublement ni croisement.
Trottoir normal	1,30 à 1,50	Admet deux flux de circulation. Deux landaus se croisent difficilement.
Zone résidentielle	1,80 à 2,50	Admet deux flux de circulation sans restriction.
Zone commerciale	3,00 ou plus	Admet deux flux de circulation. Possibilité de placer des étals de vente de marchandises.
Sur-largeur	3,00 à 3,50	Au droit de la sortie des élèves des groupes scolaires, des galeries marchandes.

2) Les voies (allées) piétonnes.

Les voies piétonnes sont, en urbanisme, une partie (éléments) de la voie de circulation réservée aux piétons, séparée du déplacement des véhicules. Elles sont conçues en zones résidentielles ou urbanisées à forte implantation commerciale. D'ailleurs, les allées piétonnières permettent de joindre de manière directe des zones résidentielles avec des pôles d'activités diverses. La largeur des allées piétonnes est décidée en fonction d'un croisement facile des flux piétonniers,

variable entre **2.00 m à 2.50 m** afin de prendre en considération l'implantation de panneaux de signalisation, de mobiliers urbains et de plantation. Concernant l'écoulement des eaux de ruissellement, il est assuré par une pente longitudinale et transversale, ou l'eau est collectée dans des grilles mise en place dans un point bas.

Photographie. 02: Allée piétonne en pavé.

Source : <http://albasolutions.fr/cases/allee-pietonne/>



Photographie. 03: Allée piétonne en béton désactivé.

Source : <http://albasolutions.fr/cases/allee-pietonne/>



3) La constitution des trottoirs et des voies piétonnes.

Les voies (allées) piétonnes et les trottoirs sont composés des couches représentées dans ce qui suit :

- ✓ **Une fondation** en grave naturelle (*à granulométrie régulière*) ou traitée (*aux liants hydrauliques ou hydrocarbonés...*) d'une épaisseur de **0,15 à 0,30 m** relativement à la qualité du sol support ;
- ✓ **Une couche de réglage** conçue en matériaux concassés d'une épaisseur de **0,05 à 0,10 m** ;
- ✓ **Une couche de revêtement superficiel** (*dallage de béton coulé en place, enduit superficiel, enrobés, pavage posé sur une couche de sable...*).

▪ **Bordures de trottoir :**

Les bordures de trottoirs assurent la séparation entre la voie de circulation des véhicules et les trottoirs réservés aux déplacements des piétons. Généralement, réalisés en pierre dure ou en béton préfabriqué mis en place sur une fondation en béton. Relativement à l'écoulement d'eau au niveau du caniveau, la pente est de **12 à 15 cm**. Cette pente est diminuée à **5 cm** pour former un bateau destiné aux entrées charretières. Même encore, la pente pourrait être réduite à 2 cm afin de permettre le passage des personnes à mobilité réduite utilisant des fauteuils roulants.

Fig. 11 : Mise en œuvre des bordures.

Source : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images>

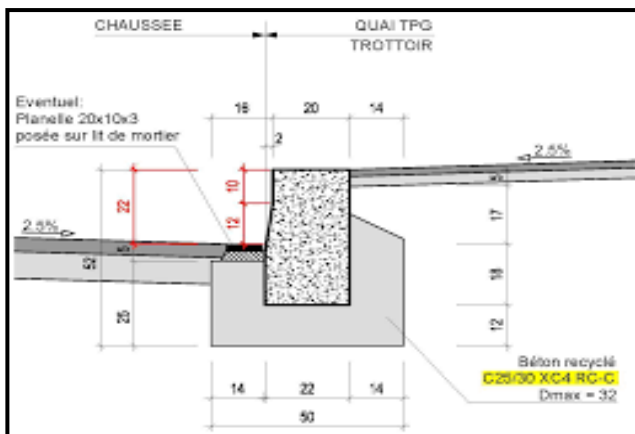


Fig. 12 : Bordure de trottoir en béton.

Source : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images>

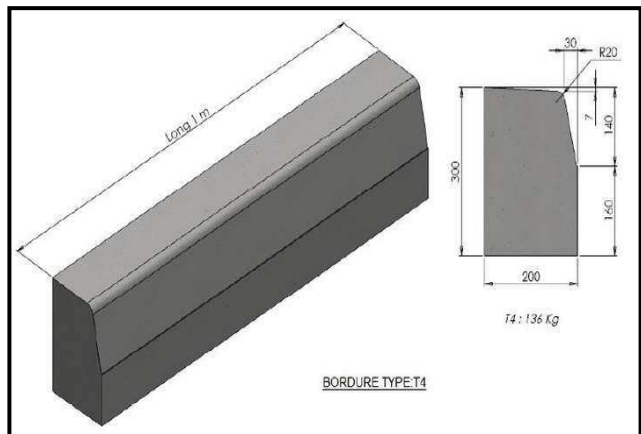
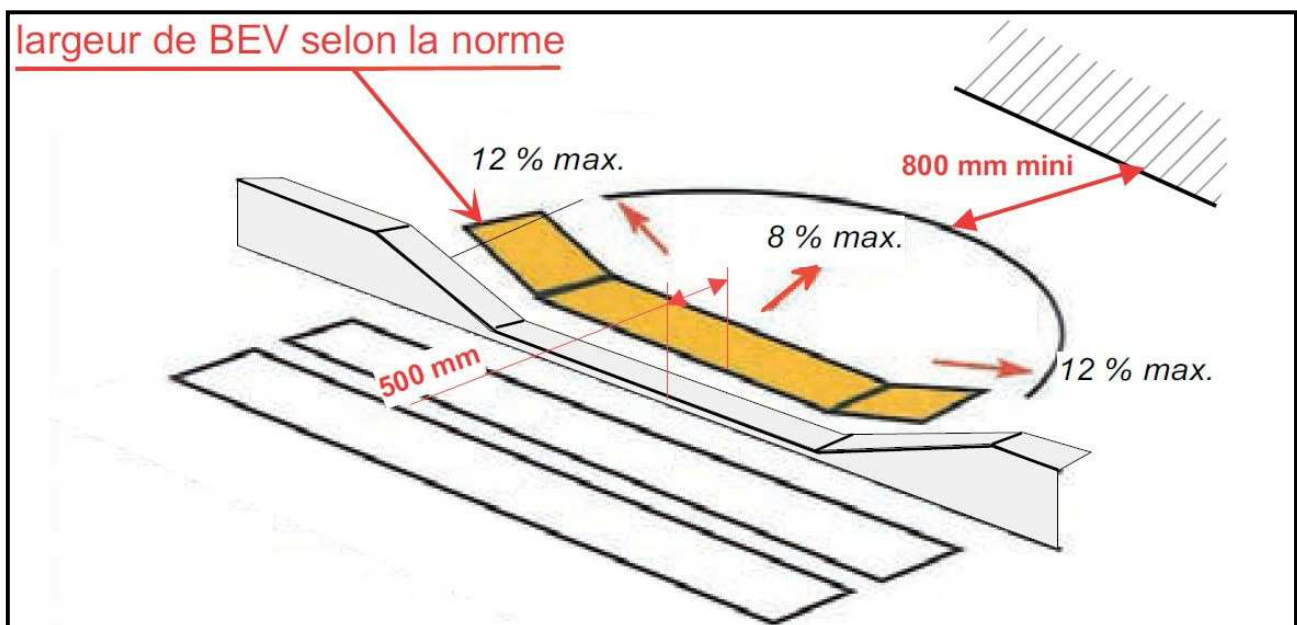


Fig. 13 : Bordure de trottoir surbaissée (bateau).

Source : https://www.wikip.fr/uploads/1/5/0/9/15095244/travers-e_orig.jpg



CHAPITRE II : LES TERRASSEMENTS GENERAUX

✓ INTRODUCTION

De manière globale, les travaux de terrassement est une étape capitale qui consiste en la mise en forme des terrains pré-affectés avant toute opération de construction ou d'aménagement. Il s'agit d'un ensemble de travaux d'excavation, de transport (*déplacement des matériaux ; sol, roches, sous-produits...*), de compactage, exécutés afin de modifier le relief d'un terrain permettant de réaliser des projets. D'ailleurs, il est bien clair que le terrain dans son état « normal » c'est-à-dire naturel n'est pas généralement disposé à recevoir l'emprise prévue d'un ouvrage surtout si celui-ci est d'une grande étendue. Autrement, la topographie du terrain naturel formée par les phénomènes et les événements naturels (*p.ex. coups de vent et pluie...*) ne convient pas à la configuration géométrique des constructions ou des aménagements projetés, également, le bon sol qui doit supporter ces futures réalisations est loin d'être rencontré sur la surface du terrain naturel. La transformation de ce dernier entraîne ainsi une modification le plus souvent définitive de la topographie. Soit en remblai ou en déblai, l'opération qui consiste en la création des ouvrages en terre, en modifiant l'état initial des terrains s'appelle « **Terrassements Généraux** ».

I. TERRASSEMENTS GENERAUX

1) Définition et concepts :

- ✓ **Les terrassements** sont ; « l'ensemble des travaux de fouille, de transport, d'entassement de terre, pratiqués pour modifier le relief d'un terrain, permettre de réaliser ou renforcer certains ouvrages⁴ ».
- ✓ **Les terrassements généraux** ce sont les travaux qui se rapportent à mettre le terrain naturel en état de recevoir les constructions et les différents réseaux publics, vu leur importance dans les opérations d'urbanisation. Généralement, les terrassements mènent à une modification du relief du terrain, soit par l'enlèvement de terre ou ***terrassement en déblai***, soit par un apport de terre ou ***terrassement en remblai***. (*cf. figures n°14-15-16*)
 - ***Déblaiement*** ; C'est l'opération par laquelle le niveau altimétrique du terrain est abaissé, afin de réaliser une tranchée, une fouille,...etc.
 - ***Remblaiement*** ; à l'opposé de l'opération de déblaiement, le remblaiement consiste à apporter des terres pour remplir un vide, ou former un massif de terre.
 - ***Côte plate forme (C.P.F)*** ; C'est le niveau altimétrique à donner au terrain naturel sur une surface définie par l'une des opérations de déblaiement ou de remblaiement.

⁴ <https://www.cnrtl.fr/definition/terrassement>

- **Dépôt** : représente l'endroit où les terres résultant d'une opération de déblaiement doivent être déposées.
- **Emprunt** : représente l'endroit où les terres doivent être apportées afin de réaliser une opération de remblaiement.

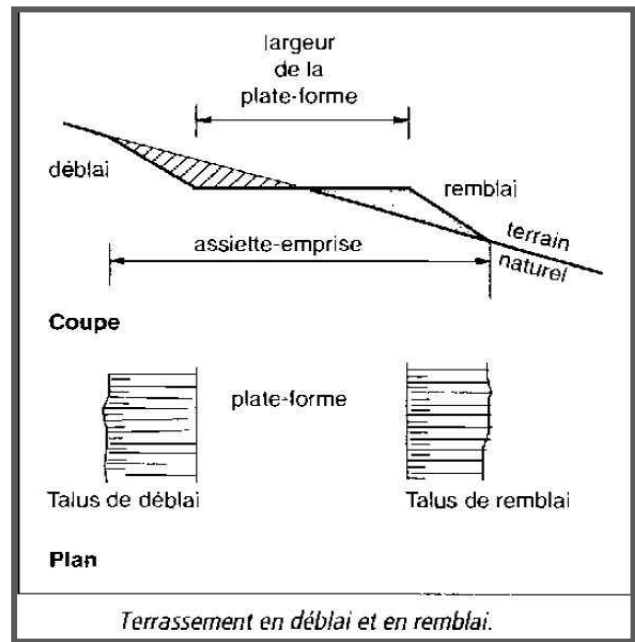


Fig. 14 : Terrassement en déblai et en remblai

Source : Guide pratique des VRD et aménagement Extérieur (Gérard KARSENTY, 2005)

Fig. 15 : Terrassement en remblais (Apport de terre)

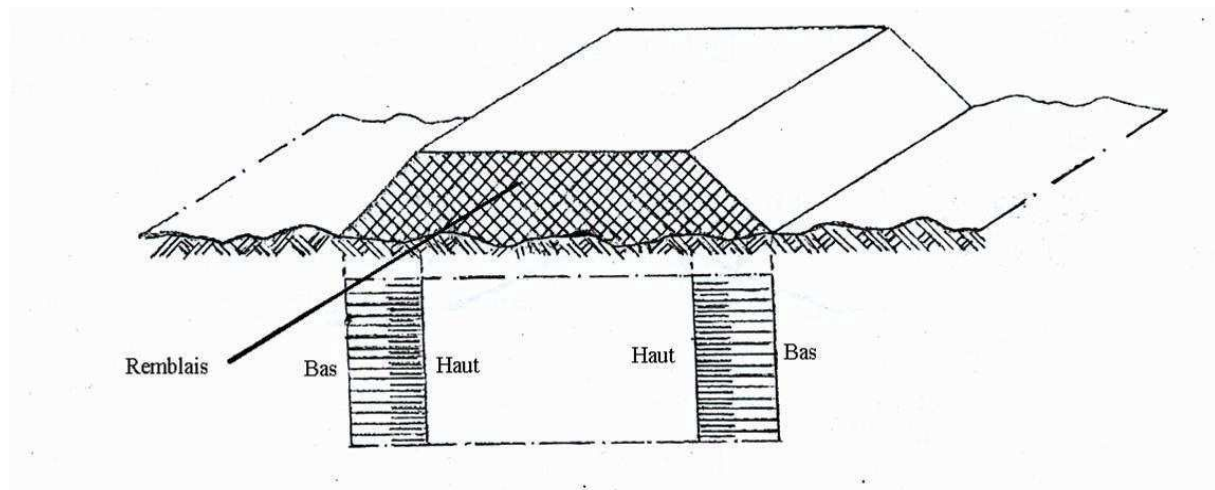
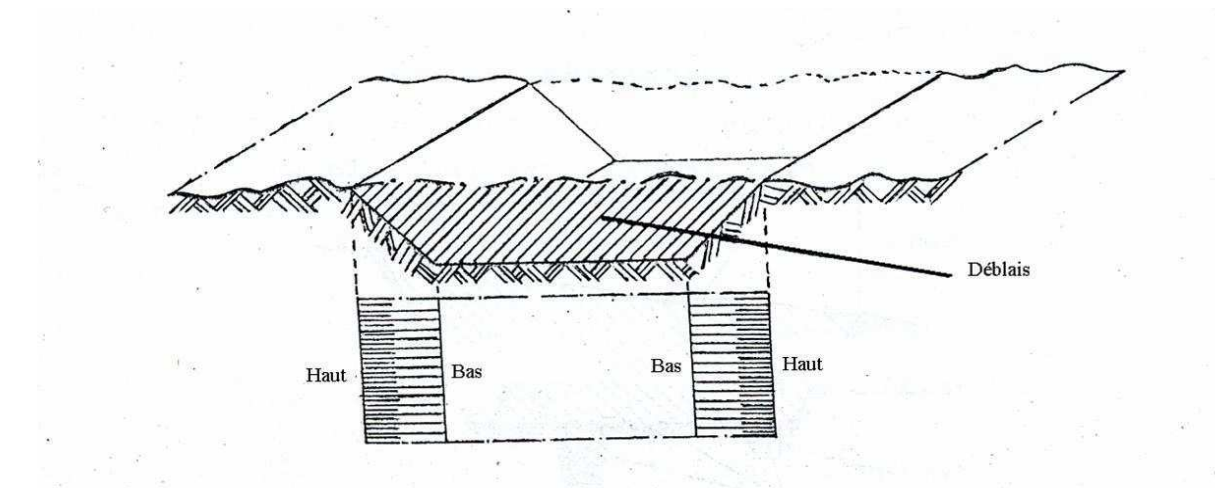


Fig. 16 : Terrassement en déblais (Enlèvement de terre)

Source (figures 15.16): <https://www.google.fr/imgres/terrassements-géniecivil>



2) Mouvements de terres :

Les mouvements de terre correspondent à des terrassements exécutés sur de grandes superficies (déblais ou remblais). Ils sont réalisés en terrain dégagé pour la création de grands ouvrages tels que les routes ou voies importantes, les pistes d'aéroports, les aménagements des grandes surfaces ...etc. En tout cas, lorsque la qualité des sols s'y prête, la réalisation **des plates-formes** s'effectuera tout en tenant compte de la **compensation des déblais et des remblais**. D'ailleurs, le meilleur des cas c'est que les travaux de terrassement sont optimisés lorsqu'ils sont exécutés sans évacuation de terre excédentaire ni apport de terre complémentaire.

2.1) Décapage d'un terrain.

Le décapage d'un terrain est une opération de terrassement de faible épaisseur (*de l'ordre de 20 cm à 40cm*) proportionnellement à la surface considérée. Il s'agit d'enlever la couche de terre végétale (*couche superficielle du sol*) même les traces de déchets organiques, au droit de l'emprise des constructions et des voiries.

2.2) Les fouilles.

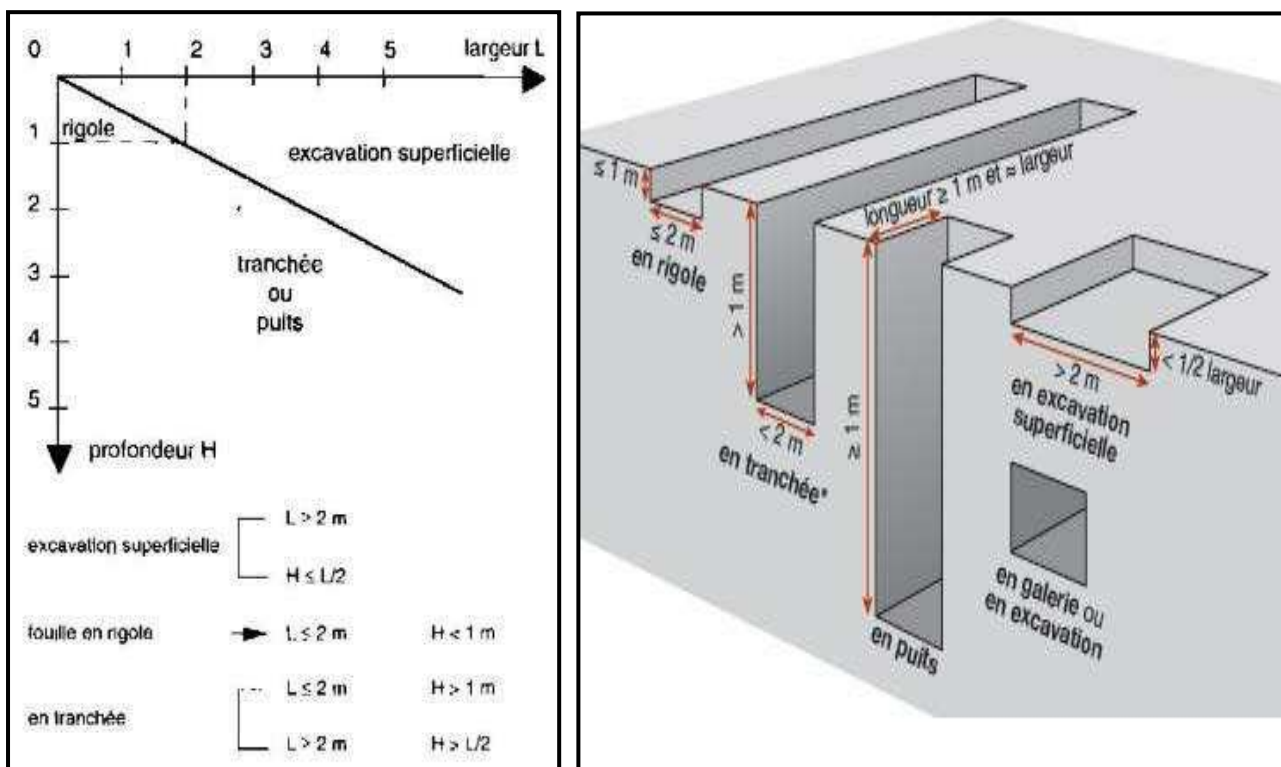
Les fouilles correspondent à des travaux de terrassement, de profondeur plus ou moins grande, et peuvent avoir plusieurs configurations ; (*cf. figures n°17-18*)

- a) **Fouilles en plein masse** : Elles sont exécutées sur la totalité de l'emprise des ouvrages. *Par exemple* : Immeuble comprenant un sous-sol enterré ou semi-enterré, ou dans le cas où le sol n'est pas suffisamment porteur ; réalisation d'une dalle armée ou radier général.
- b) **Fouilles ou excavations superficielles** : Elles sont une variante des fouilles en plein masse dont la profondeur n'excède pas la moitié de la largeur ($P_m < L/2$).
- c) **Fouilles en rigole** : Elles sont des terrassements linéaires de faible profondeur dont ($L \leq 2.00m$ $P \leq 1m$) destinées à recevoir les semelles filantes de fondations, les réseaux d'éclairage public ou bien les réseaux de télécommunication...
- d) **Fouilles en tranchée** : creusement linéaire mais les fouilles en tranchée ont une plus grande profondeur que les rigoles (*ex ; Fondations de murs, canalisation d'assainissement, ou alimentation en eau...*).
- e) **Fouilles en puits** : Profondeur importante par rapport à la largeur, réservée aux fondations, captage des eaux, rejet des eaux non polluées en milieu naturel...

A noter : La profondeur « P » est dans tous les cas mesurée à partir du niveau sol naturel (CTN : Côte Terrain Naturel) livré après terrassements généraux.

Fig. 17 - 18 : Graphique de classification des fouilles / Types des fouilles.

Source (figure 17): Guide pratique des VRD et aménagement extérieur (Gérard KARSENTY, 2005)

Source (figure 18) : <https://assureurs-construction.fr/lexique-assurance-construction>

2.3) Classification des sols.

« La classification des sols concerne le regroupement des sols ayant une gamme similaire de propriétés (chimiques, physiques et biologiques) dans des unités qui peuvent être géo-référencées et cartographiées⁵ ». Ainsi, il existe plusieurs systèmes de classification des sols. On peut distinguer des types de sol selon ;

- ✓ La nature (Sableux, Argileux, Rocheux) ;
- ✓ La consistance et la cohésion (Ordinaire, compact, dure) ;
- ✓ La présence d'eau (Très humide, humide, moyen, sec, très sec) ;
- ✓ Le taux de foisonnement.

Dans les opérations de terrassement, la classification des terrains peut se faire en fonction du degré de consistance et de dureté. Dans ce cas, deux catégories sont répertoriées.

- a) Terrains meubles ou sols faciles :** Cette catégorie de terrain requiert généralement des procédés manuels ou mécaniques (*ex ; engins de chantier tels que la pelle mécanique*) ;
- Les terrains légers (Terres végétales, remblais, sable...) ;
 - Les terrains ordinaires (Argiles, terrains caillouteux...) ;
 - Les terrains lourds (Argiles compactes...) ;
 - Les terrains très lourds (Roches et rochers).

b) Terrains rocheux ou terrains difficiles : Cette catégorie de terrain requiert l'emploi des explosifs ou l'emploi de gros engins : brise roche, marteau piqueur... On peut noter :

- Les roches tendres ;
- Les roches demi-dures ;
- Les roches dures ;
- Les roches très dures.

2.4) Foisonnement des terres.

On entend par foisonnement l'augmentation du volume d'un sol après son extraction. Il s'exprime en pourcentage du volume de matériau en place⁶. **Le foisonnement**, est en effet une propriété que possède les sols d'**augmenter le volume** lorsqu'on les met en mouvement. Cette propriété se produit suite à la décompression des matériaux constituant le sol, des vides partiels entre les particules plus ou moins grosses. Mais il est important de souligner que lorsqu'on remet en place les sols remanies (*déplacement du matériau*), ils ne reprennent par leur volume initial qu'ils occupaient, ceci est caractérisé par la variation de l'indice des vides « e » exprimé comme suit :

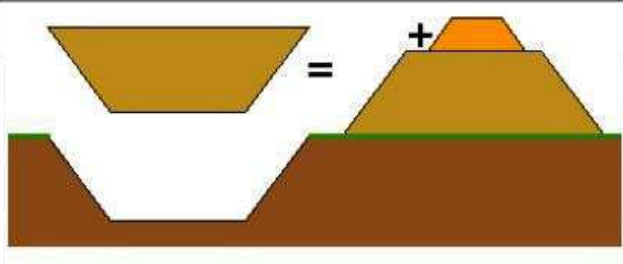
$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad \text{avec } V_v : \text{volume des vides} \\ V_s : \text{volume des solides}$$

La variation du volume total **V (avant déblaiement ou volume initial)** qui devient **V' (après déblaiement ou volume foisonné)** est donnée par la relation suivante :

V' = V (1 + 1/m) avec : **1/m** = taux d'augmentation de volume ou indice de foisonnement.

Fig. 19 : Foisonnement des terres.

Source : <https://apprentimaths.files.wordpress.com/2014/03/coefficient-de-foisonnement.pdf>

Terrain	Foisonnement	
Argile, limon, sable argileux	1.25	
Grave et sable graveleux	1.10	
Sols rocheux altérés	1.30	
Sol meuble	1.35	

A noter : Le foisonnement est très variable suivant la nature des sols (*figure n°19*). La connaissance du volume de ces derniers après extraction (déblaiement) est essentiel permettant de définir les besoins ou non en matériau d'emprunt.

⁵ <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/classification-des-sols/fr/>

⁶ **BETOUX, J. (1979)**, « Les terrassements : première partie (suite) : Guide pratique de construction routière », Édition REVUE GENERALE DES ROUTES ET DES AERODROMES, FRANCE, 20PP.

2.5) Tassement du sol.

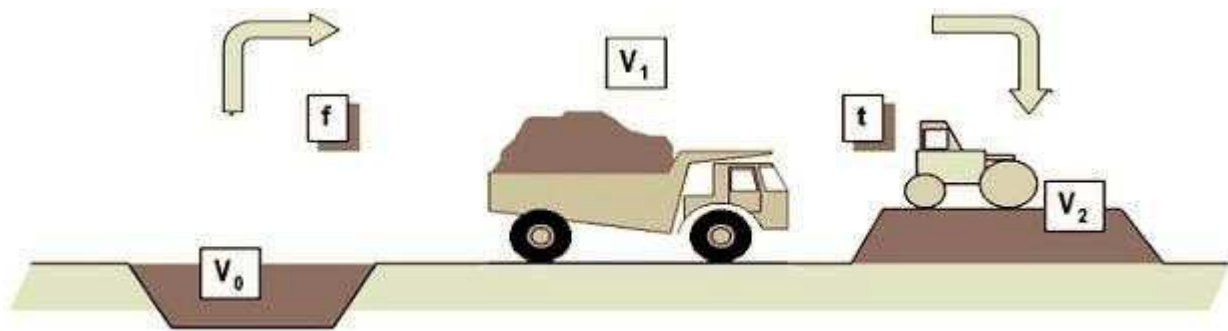
Le tassement représente la diminution du volume des sols par l'action des phénomènes naturels pour compactage directe à l'aide des engins mécaniques adaptés. En effet, les remblais se tassent dans le temps sous l'effet de leurs poids, des intempéries et des charges extérieures. Il peut être uniforme ou différentiel selon la nature du sol en place.

→ Le volume V' va subir une modification (*diminution*) et deviendra V'' .

A noter : Le taux des tassements est variable selon la nature des sols.

Fig. 20 : Notion de foisonnement et de tassement.

Source : <https://www.geniecivilstore.com/2018/06/terrassement-rotation-dengins.html>



Exemple : Soit un sol dont le coefficient de foisonnement $F_i = 0,25$, et le coefficient de tassement $t = 0,20$. Pour un volume de 2 m^3 (*déblai en place*), on aura un volume par :

⇒ **Foisonnement** : $V_1 = V (1 + 1/m) = 2 \times (1 + 0,25) \Rightarrow V_1 = 2,500 \text{ m}^3$

⇒ **Tassement** : $V_2 = V_1 (1 - t) = 2,50 (1 - 0,20) \Rightarrow V_2 = 2,000 \text{ m}^3$

3) Les différentes phases des travaux de terrassement.

Selon la nature des travaux à envisager (*construction, aménagements extérieurs, agrandissement, réalisation des voiries...*), et afin de réaliser un projet de terrassement dans les meilleures conditions, il est plus que raisonnable de passer par trois phases principales ;

- **Première phase (l'élaboration des documents)** : Cette phase consiste en l'élaboration des documents nécessaires tels que le levé topographique du terrain en question comportant l'ensemble des détails qui pourront servir d'information. Le plan de masse du futur projet (*constructions, voiries...*), et l'étude géotechnique du sol permettant d'adapter le projet au site envisagé et de définir le système de fondation de l'ouvrage.
- **Deuxième phase (Etude de situation ou prévisionnelle)** : Cette phase permet une meilleure prévision des conditions de réalisation, de déterminer les contraintes techniques, la qualité du

matériau (terres) à emprunter pour les opérations de remblais ou à mettre en dépôt pour les déblais, et enfin d'estimer le coût qui revient à cette opération.

➤ **Troisième phase :** Cette phase consiste à réaliser les emprises devant recevoir les constructions dans le cadre des opérations d'urbanisation ou les travaux des terrassements généraux. Les tâches peuvent être résumées comme suit :

- Etablissement des plates formes au droit des constructions et chaussées ;
- Réalisation des tranchées pour la mise en place des différents réseaux publics (Réseau d'alimentation en eau potable, gaz, électricité, assainissement ...etc.), ainsi que le soutènement des terres (talus ou ouvrages spéciaux).

II. MURS DE SOUTÈNEMENT ET TALUS.

1) Talus :

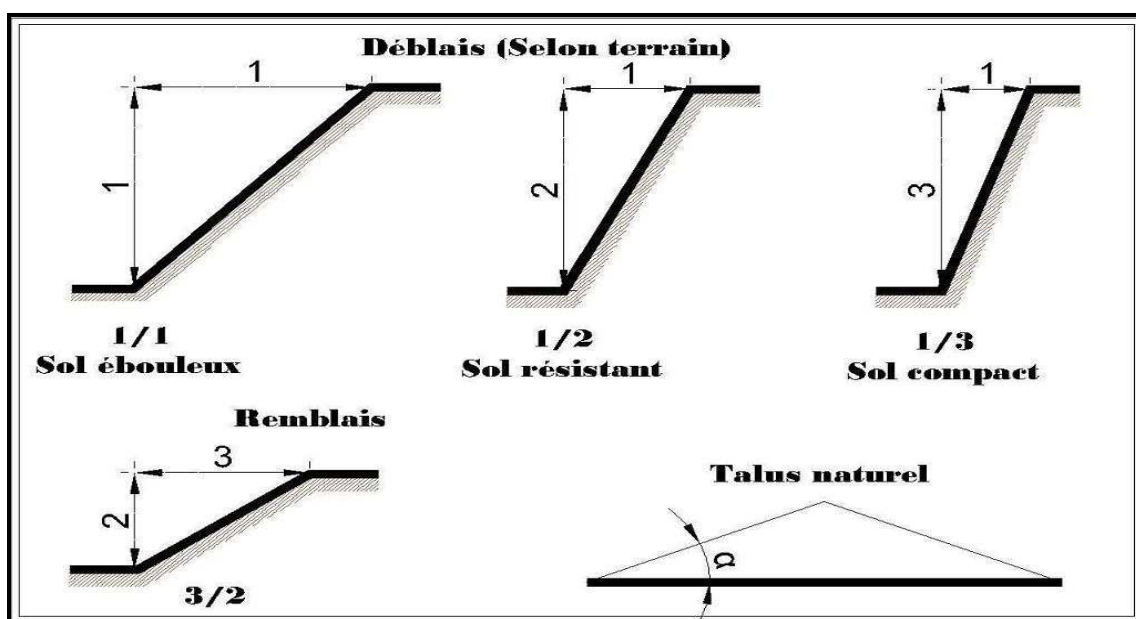
« Surface de terrain en pente, créée par des travaux de terrassement latéralement à une plate-forme (de route, de voie ferrée, etc.) ou résultant de l'équilibre naturel d'une zone déclinée⁷ ». Les talus permettent lors des travaux de terrassement d'éviter l'écroulement ou l'éboulement du sol ou « rupture du talus » en arrêtant la compression des terres.

1.1) Pente des Talus, remblais ou déblais.

L'identification de la nature géologique des sols (à partir d'une étude géotechnique) permet de déterminer l'emprise des talus ainsi que leur pente (en rapport avec la cohésion du terrain). Le talus, en déblai comme en remblai, est décidé par le rapport de la largeur et la hauteur (figure n°21).

Fig. 21 : Caractéristiques des talutages.

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur, Conception auteur.



⁷ <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/talus/>

Les talus portent sur des conditions de stabilité, très essentielles pour la conservation des fouilles soit en déblai ou en remblai. Ces conditions définissent **l'angle de talus naturel « α »** et **l'angle de frottement interne « i »** déterminés à partir de sondage. En pratique, il est possible de réaliser un angle de talus naturel « α » (*inférieur à l'angle de frottement interne*), variable en fonction de la nature des terrains (*cf. tableau n°01*).

Tableau. 01 : Valeur de l'angle de talus naturel « α ».

Nature des sols	Angle de talus naturel « α »	A noter : L'angle de talus naturel « α » dépend de certains paramètres: ✓ La nature des sols (cohérents ou non) ; ✓ La teneur en humidité (sols secs ou non).
Terre végétale compacte	40 à 50°	
Argile sèche	30 à 50°	
Argile humide	0 à 20°	
Marne sèche	30 à 45°	
Sable fin sec	10 à 20°	
Sable fin humide	15 à 25°	
Gravier humide	30 à 40°	
Cailloux	40 à 50°	
Roches diverses	50 90°	

1.2) Profondeur maximale d'une fouille sans blindage.

Naturellement, le creusage des fouilles sans prévoir de blindage n'est pas souvent possible. Au-delà d'une certaine profondeur dépassant la hauteur critique les parois s'effondreraient. En générale, la **profondeur ou la hauteur critique** ($H_{critique}$) est déterminée par la formule suivante :

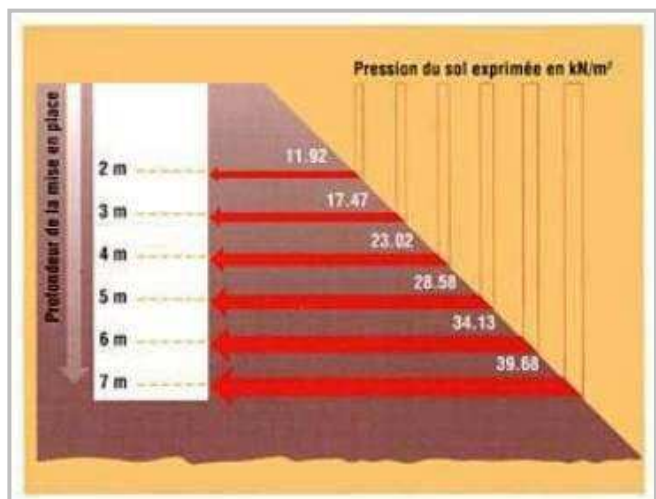
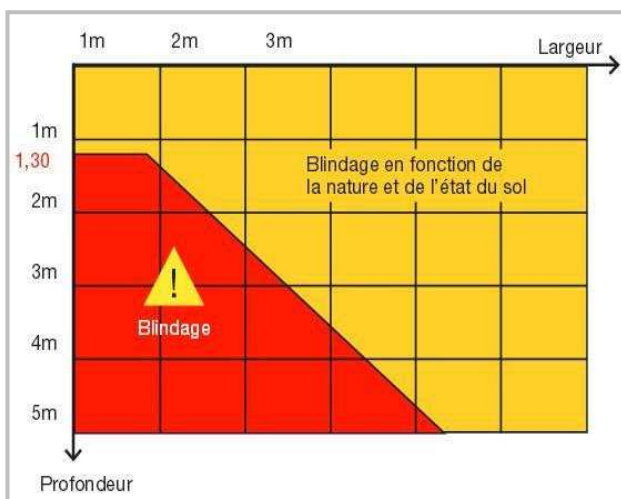
$$H_{critique} = \frac{(\pi + 2) \cdot C}{\gamma}$$

Avec « C » la cohésion : Paramètre propre au sol concerné et donné par le rapport du sol (t/m²).
 γ Poids volumique du sol concerné (t/m³)

Fig. 22 : Profondeur pour la mise en place d'un Blindage Fig. 23 : Valeur de pression du sol exprimée en kN/m²

Source: Guide de sélection des blindages

<http://newsletters.canalisateurs.com/uploads/newsletters/documents/201411-guide-blindage-a4-006-web-1-.pdf>



1.3) Blindage des fouilles.

Dans le cas où la surface du terrain coïncide manifestement à celle de l'ouvrage à réaliser (site du projet), il est à procéder en toute évidence à un terrassement à parois verticales. Ceci requiert un **étalement** ou un **blindage** de la fouille excavée. Le **blindage** est ainsi défini en fonction de la fouille ou type d'excavation à accomplir ainsi que des caractéristiques des différentes couches de sol.

a) Fouille en tranchée de profondeur supérieure à 1.50m :

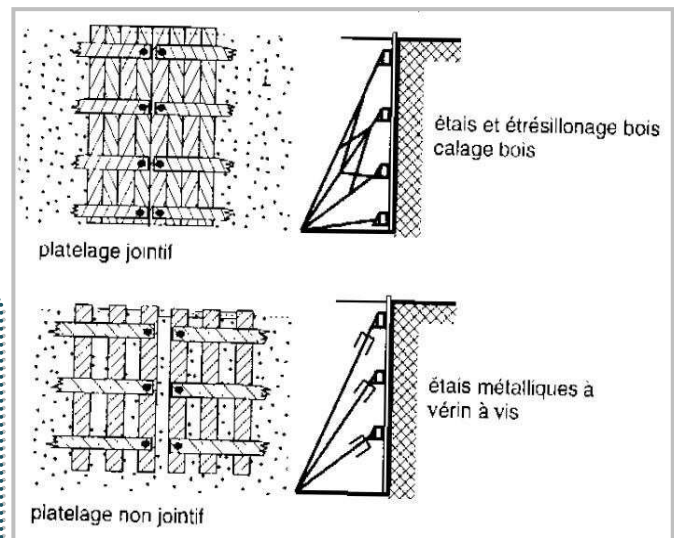
Fig. 24 : Platelage jointif et non jointif

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur (Gérard KARSENTY, 2005)

Dans ces conditions précises, le **blindage** est réalisé à l'aide de l'un des systèmes suivants :

- ✓ Un **platelage jointif** ou **non jointif**, maintenu en place par des raidisseurs et des boutons prenant appui de paroi à paroi.

A noter : Les boutons (éléments d'étalement en bois ou en métal) peuvent prendre appui sur la plate-forme inférieure dans le cas d'une fouille en pleine masse.



b) Fouille en puits :

Pour ce type de fouilles (d'une profondeur plus au moins grande), exécutées dans des sols de faible cohésion, le **blindage** est effectué au moyen d'un **platelage étayé** ou d'un **tubage** fait de cercles métalliques ou de buses en béton armé.

c) Fouille en plein masse en terrain meuble :

En terrain meuble, plusieurs techniques de blindage peuvent être utilisées dans le cas des fouilles en plein masse, à savoir ;

- **La paroi berlinoise** : Cette paroi est composée de **pieux en béton armé** ou de **profilés métallique « H »** fixés dans le terrain à des intervalles réguliers. Le rôle de ces profilés est de servir d'appui au coffrage provisoire réalisé en madriers mis en place au fur et à mesure du creusage de la fouille.
- **La paroi moulée** : Cette paroi est réalisée en **béton coulé en place** ou **préfabriqué** (en périphérie de la construction).
- **Le rideau de palplanches métalliques** : Le rideau est effectué à l'aide de profilés plantés ou ancrés dans le terrain et maintenus en tête entre deux profilés.

- **La paroi coulée** : Cette paroi est composée d'une armature en treillis soudé maintenue en place par coulage dans le terrain à l'aide de barres en acier, uniformément réparties, d'une longueur qui varie entre 4.00 et 6.00 m en fonction de la hauteur de soutènement. L'armature en treillis est protégée par une couche de béton projeté. Ce type de blindage est utilisé dans le cas de terrains qui présentent une cohésion tolérable.

Photographie. 04 : Paroi berlinoise.
 Source : www.google.fr/images/paroiberloise



Photographie. 05 : Paroi moulée.
 Source : www.google.fr/images/paroioulée



Photographie. 06: Rideau de palplanches métalliques. **Photographie. 07 : Paroi coulée.**
 Source : www.google.fr/images/palaplanchesmétalliques Source : www.google.fr/images/paroioulée



Ces différents types de blindage sont résumés dans ce qui suit :

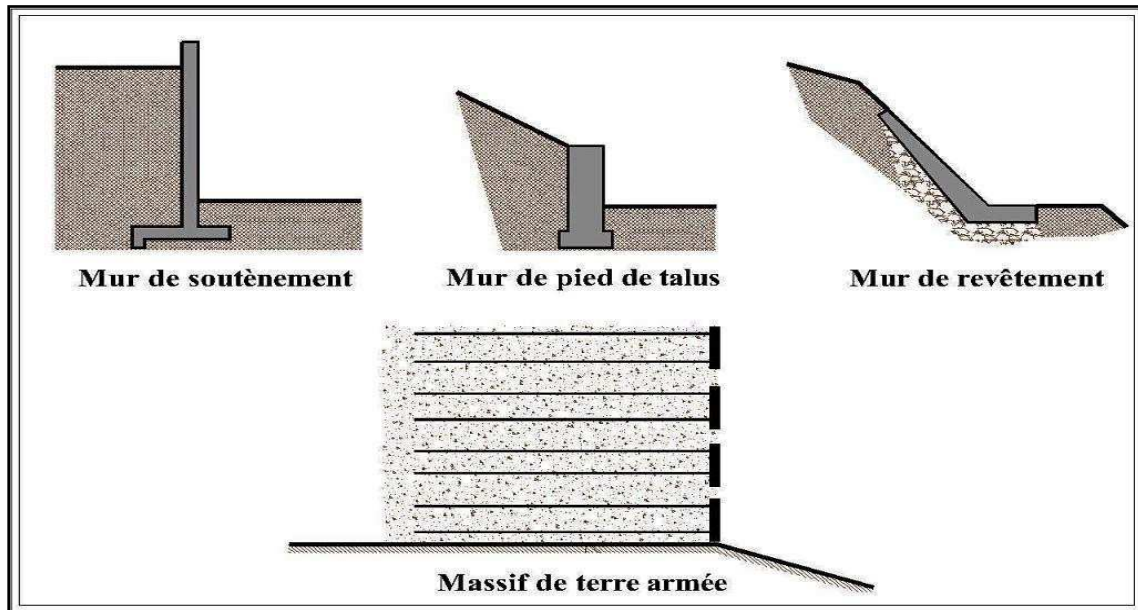
Type de blindage	Emploi	Présence d'eau	Observations
Platelage butonné	Fouille en tranchée provisoire	Hors nappe	Gêne dans les travaux de terrassement.
Tubage	Fouille en puits provisoire	Présence de nappe admise	-
Parois berlinoise	Pleine masse provisoire ou définitif	Hors nappe terrain drainable	Emploi en site urbain ; coffrage de la paroi extérieure ; peu coûteux
Parois moulées	Pleine masse définitif	Présence de nappe admise	Emploi en site urbain ; s'intègre à la structure du bâtiment ; installation de chantier lourde et relativement coûteuse
Rideaux de palplanches	Pleine masse provisoire ou définitif	Présence de nappe admise	Nuisance pour les riverains ; Récupération aléatoire
Parois coulées	Pleine masse provisoire	Hors nappe	Talutage éventuel ; peu coûteux.

2) Murs de soutènement :

Dans le cas où l'emprise du talus est considérable relativement à l'espace disponible, il est indispensable de prévoir un ouvrage additionnel ayant pour but ; soit d'habiller le talus d'une pente plus pentu que la normale pour le stabiliser, soit de diminuer la hauteur du talus par la réalisation d'un mur de pied de talus, soit de soutenir les terres par un mur de soutènement ou un massif de terre armée (cf. figure n°25).

Fig. 25 : Différents types d'arrêt de talus.

Source: Conception auteur.



2.1) Murs de soutènement réalisés in situ.

On peut classer ces murs de soutènement en deux catégories (cf. figure n°26) ;

✓ **Les murs poids :** Pour ce type de mur de soutènement, le poids propre s'oppose à la poussée des terres. N'est pas forcément soumis à des contraintes considérables de traction, ce mur peut être réalisé soit en béton soit en maçonnerie de pierre.

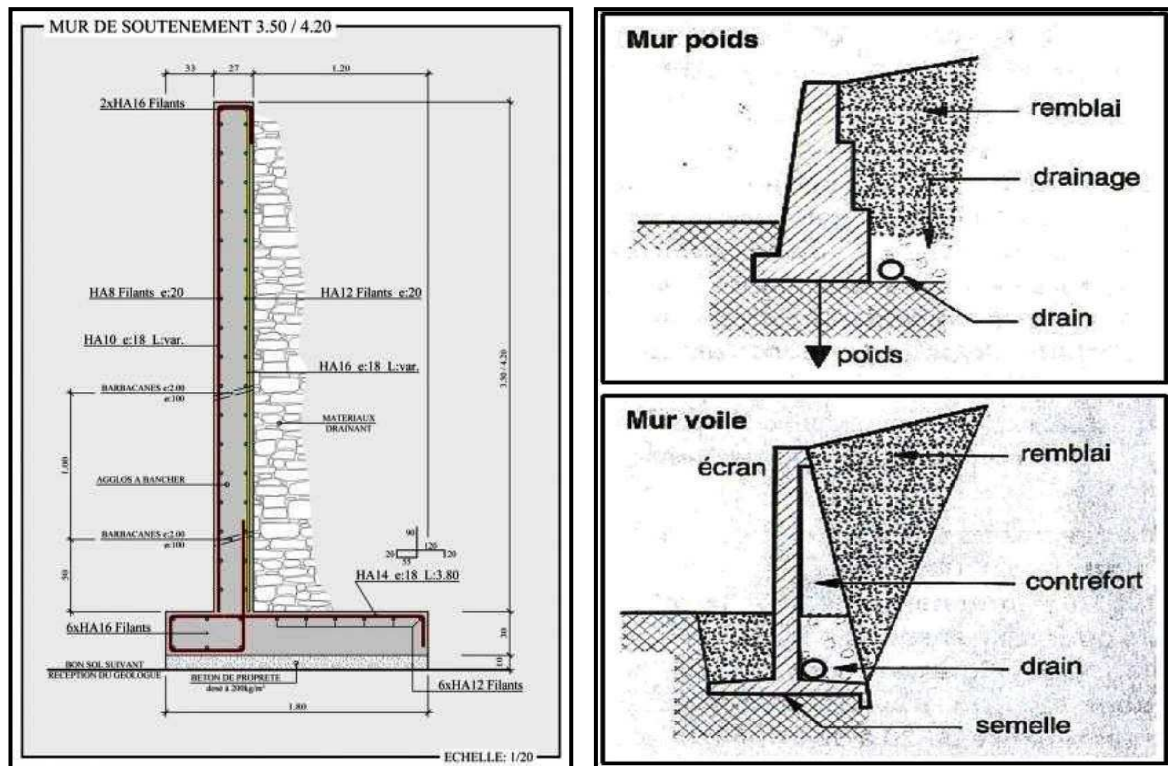
✓ **Les murs légers ou murs voiles :** Ce type de mur est considéré afin d'offrir une résistance suffisante à la poussée des terres. Il se compose d'une semelle et d'un voile en béton armé. De plus, Il est important de souligner que l'étude, la conception et la réalisation des murs de soutènement dont la hauteur (H) peut atteindre plusieurs mètres, requièrent une parfaite connaissance :

- Des caractéristiques des sols soutenus ; soit des déblais ou des remblais.
- De la surface d'assise des fondations du mur en question.

A ce propos, il est à noter qu'un mur poids ne pourra pas être retenu sur des sols de faible résistance. Il y a lieu de souligner également que sous l'action de la poussée des terres, les murs de soutènement sont soumis à des mouvements de trois ordres ; le **Tassement**, le **Glissement horizontal** et le **Déversement**.

Fig. 26 : Exemple de murs de soutènement.

Source: <https://i.pinimg.com/originals/e3/dc/2f/e3dc2f627954720aee545b11d5a6ff89.jpg>



Afin de faire face aux problèmes du tassement, du glissement horizontal et du déversement des murs de soutènement, il y a lieu de prendre en considération certaines dispositions ;

- ✓ Drainer d'une manière efficace les terrains en amont du mur de soutènement ;
- ✓ Installer en partie basse du mur de soutènement un drain horizontal (*buse ou tuyau perforé*) connecté à un exutoire visitable ;
- ✓ Mettre en place des barbacanes au niveau de la paroi qui permettent l'écoulement des eaux maintenues accidentellement vers l'extérieur ;
- ✓ Il est vivement recommandé d'éviter l'utilisation de remblais de type argileux.
- ✓ L'assise du mur doit se trouver utilement à une profondeur hors gel.

2.2) Soutènement par massif de terre armée.

La réalisation des massifs de terre armée s'effectue selon les phases suivantes ;

- ✓ La constitution du parement par la pose de plaques verticales métallique ou en béton préfabriqué ;
- ✓ La consolidation (*maintient et fixation*) des plaques verticales du parement par la pose d'armatures métalliques, conçues de plats en acier galvanisé ;
- ✓ Le remblaiement et compactage du matériau (*gravier ou sable*), par couches successives de 25cm environ.

2.3) Soutènement par gabions.

Photographie. 08: Soutènement par gabions.

Source : <https://www.negoce-en-ligne.com/wp-content/uploads/2018/04/inspi1-1.jpg>

« Les gabions peuvent être utilisés comme à l'origine en soutènement de terre ou pour marquer une rupture de pente⁸ ». Les gabions représentent des structures modulaires en forme de parallélépipède rectangle fabriquées en grillage métallique galvanisé résistant à l'intérieur desquels sont enserrés des galets ou des pierres. Leurs dimensions sont de l'ordre de 1.00x1.00x2.00 à 4.00m.



2.4) Mur de soutènement paysagés et préfabriqués.

Créés en éléments préfabriqués en béton, ce type de murs assure deux fonctions de soutènement et de parement décoratif ou végétalisable. On peut distinguer ;

a) Mur-voile préfabriqué :

Le mur en « L » est composé d'une semelle dont les dimensions sont proportionnelles à la hauteur du voile. Cette dernière peut varier de 0.45 à 2.00m. Quant à l'épaisseur du mur-voile, elle peut être de l'ordre de 10 à 15cm selon les efforts à reprendre. Le remblaiement s'effectue par couches successives bien compactées (cf. figure n°27).

b) Mur par blocs préfabriqués assemblés :

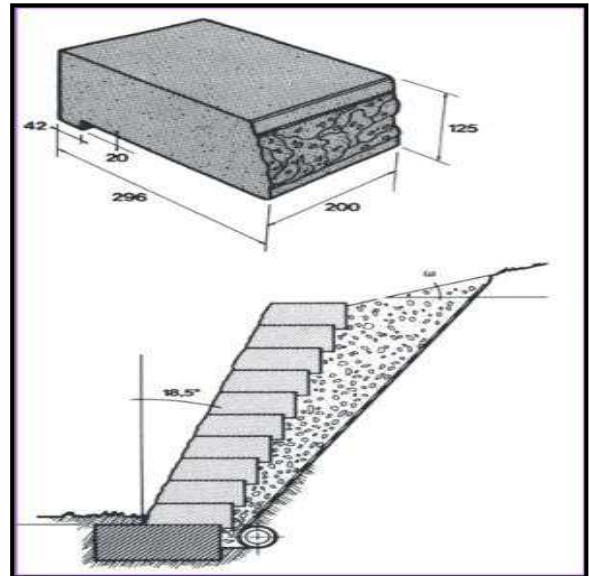
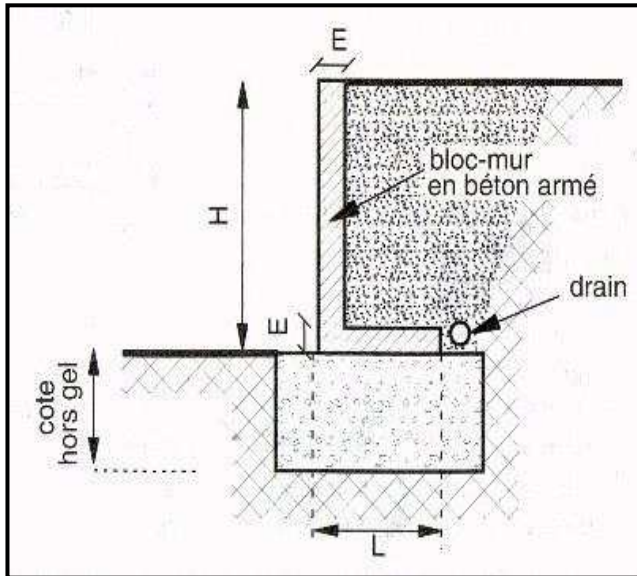
Le mur par blocs préfabriqués assemblés est constitué de blocs présentant un tenon ou un talon qui permettent le blocage des éléments les uns sur les autres. Ces blocs sont posés à joints décalés. Chaque rang se trouve en retrait par rapport au rang précédent dont le premier repose sur une fondation. On peut mentionner parmi ces blocs ce qui suit ;

Le bloc VAUBAN	Le bloc DARMUR
<u>Caractéristiques :</u> ✓ Dimensions (12.50 x 20.00 x 29.60cm). ✓ Poids de la pièce 16 Kg. ✓ 40 pièces/m ² , poids du mur est de 640 kg/m ² (cf. figure n°14).	<u>Caractéristiques :</u> ✓ Dimensions (12.50 x 20.00 x 49.00cm). ✓ Poids de la pièce 26 Kg. ✓ 40 pièces/m ² , poids du mur est de 1 040 kg/m ² .

⁸ <https://www.paysagistes.pro/magazine/gabion-utilisation-avantages/>

Fig. 27 : Mur-voile préfabriqué en (L).

Fig. 28 : Bloc VAUBAN (Exemple de montage).

Source: [https://www.sepa-](https://www.sepa-alsace.com/media/9032/Blocs_Vauban_construction_murs_soutenement_SEPA-bd.pdf)[alsace.com/media/9032/Blocs_Vauban_construction_murs_soutenement_SEPA-bd.pdf](https://www.sepa-alsace.com/media/9032/Blocs_Vauban_construction_murs_soutenement_SEPA-bd.pdf)

c) Mur végétalisable par blocs préfabriqués :

Les pierres **LÖFFEL**, sont des blocs préfabriqués en béton ayant la forme d'auget.

Photographie. 09: Mur végétalisable en pierres LÖFFEL.

Source : <https://www.negoce-en-ligne.com/wp-content/uploads/2018/04/inspi1-1.jpg>

Caractéristiques :

- ✓ Dimensions : 18.00x45.00x50.00cm avec une face vue de 25 cm.
- ✓ Poids de la pièce 52 Kg.
- ✓ 8 à 9 pièces/m².
- ✓ La paroi de soutènement est formée par la superposition de ces éléments.
- ✓ Le remblaiement et l'apport de terre végétale s'effectuent au fur et à mesure du montage de la paroi. La végétation viendra ainsi l'habiller postérieurement.



CHAPITRE III : L'ECLAIRAGE PUBLIC

✓ GENERALITES :

« *L'éclairage public est l'ensemble des moyens d'éclairage mis en œuvre dans les espaces publics, à l'intérieur et à l'extérieur des villes, très généralement en bordures des voiries et places, nécessaires à la sécurité ou à l'agrément de l'homme*⁹ ».

« *En Europe, la norme NF EN 13201 est la principale à appliquer pour des projets d'éclairage public. Elle définit les exigences de performance sous forme de classes d'éclairage pour l'éclairage public. Le tout, en fonction des besoins visuels des usagers de la route et les aspects environnementaux liés à l'éclairage extérieur*¹⁰ ».

Incontestablement, la gestion d'un réseau d'éclairage public ne requiert pas uniquement des connaissances en électricité mais également en éclairage. Dans ce qui suit nous essayerons d'exposer en premier lieu des informations nécessaires correspondantes à la distribution de l'énergie électrique, et ultérieurement d'autres liées à l'éclairage public.

I) Réseaux de distribution d'énergie électrique :

1) Types de réseaux de distribution d'énergie électrique.

Les réseaux de distribution en énergie électrique sont exécutés selon trois modes de pose ;

- ✓ **Réseau aérien** : installé en façades ou sur poteaux ;
- ✓ **Réseau souterrain** : mis en pleine terre, notamment pour les zones nouvellement aménagées ;
- ✓ **Réseau installé en ouvrage technique de surface** : placé en caniveau ou en galerie technique.

2) Terminologie (catégories des ouvrages).

Les ouvrages sont classés en trois catégories et en quatre dénominations, comme suit ;

- ✓ **Basse Tension (BT)**: 220 ou 380 V ou 1^{re} catégorie : < 1 000 V en alternatif ou 1 500 V en continu.
 - ✓ **Moyenne Tension (MT)**: 03 à 66 kV ou 2^{ème} catégorie : de 1 000 V à 50 000V
 - ✓ **Haute Tension (HT)**: 45 à 90 kV
 - ✓ **Très Haute Tension (THT)** : 150 à 400 kV
- } 3^{ème} catégorie: > 50 000 V

3) Eléments constituant un réseau de desserte électrique d'un groupement d'habitation.

Le réseau de distribution en énergie électrique pour un ensemble d'habitation est constitué des éléments suivants ;

⁹ <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/%C3%89clairage%20public/fr-fr/>

¹⁰ <https://www.lightzoomlumiere.fr>

- ✓ Source d'énergie en Moyenne Tension, soit un poste-source Haute Tension/Moyenne Tension, soit un poste de répartition ou bien une ligne Moyenne Tension, situant à l'extérieur ou l'intérieur à la zone à alimenter ;
- ✓ Structure de desserte Moyenne Tension (**15 ou 20 kV**) situant à l'intérieur de la zone ;
- ✓ Poste de transformation Moyenne Tension /Basse Tension. Notons-ici que l'accès doit être réservé uniquement au distributeur (Sonelgaz en Algérie).
- ✓ Réseau de desserte Basse Tension 220-380 V alimentant les unités d'habitation + armoires de coupure éventuelle.
- ✓ Branchements Basse Tension des utilisateurs ;
- ✓ Coffrets de comptage (*compteurs*) des abonnés.

A noter : La distribution électrique pour les petites opérations (10 à 20 logements) situées près d'un poste de transformation Moyenne Tension/Basse Tension disposant des disponibilités de puissance, s'opère instantanément à partir de ce poste en Basse Tension et n'exige pas l'accomplissement d'un réseau Moyenne Tension.

4) Modalités d'exploitation.

Les composantes qui se trouvent en amont comme le réseau Moyenne Tension, les postes de distribution et de transformation ainsi que réseau de branchement en Basse Tension appartiennent à la concession de distribution d'énergie électrique de la commune. En effet elles sont entretenues et prises en charge par le répartiteur. Ainsi, l'utilisateur est uniquement responsable de l'installation intérieure et le disjoncteur de branchement. En tous cas, en Algérie dont le distributeur est la «Sonelgaz» garantit l'entretien, le contrôle du fonctionnement, le réglage et le plombage des disjoncteurs de branchement.

Par ailleurs, les compositions électriques : lignes électriques, les postes de transformation et de branchement, appartenant à la concession occupent :

- ✓ Les places et voies publiques ;
- ✓ Les espaces privés conformément aux documents réglementaires ou contractuels du projet d'alimentation.

5) Le réseau Moyenne Tension et postes.

Il est indispensable de connaître avant de réaliser le réseau Moyenne Tension les disponibilités en imminence de la zone à alimenter ce qui suit :

- Un poste transformateur Haute Tension /Moyenne Tension ;
- Un poste de répartition de l'électricité ;
- Une ligne électrique Moyenne Tension soit à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone à alimenter.

6) Le poste de transformation et de répartition.

Il existe plusieurs puissances des transformateurs (*postes de transformation*) à savoir ; 100 KVa, 160 KVa, 250 KVa, 400 KVa, 630 KVa et 1000 KVa. En effet, ils sont placés en faisant référence au rayon d'action qui est de l'ordre de **150 à 300 m**, or il est important de souligner que le positionnement et le nombre des postes résultent du calcul des chutes de tension en ligne sur le réseau Basse Tension. De plus, le local du poste est conçu de manière que ;

- ✓ Accessibilité facile et permanente pour le distributeur ;
- ✓ Abords et porte d'accès libérée ;
- ✓ Protection du poste des inondations ;
- ✓ Assurer une ventilation naturelle, à ce propos il est à souligner que les plans de réalisation des poste sont généralement fournis par le distributeur (*Sonelgaz*) ;
- ✓ L'alimentation souterraine et la mise en place des canalisations Basse Tension et Moyenne Tension doivent être validées par le distributeur.

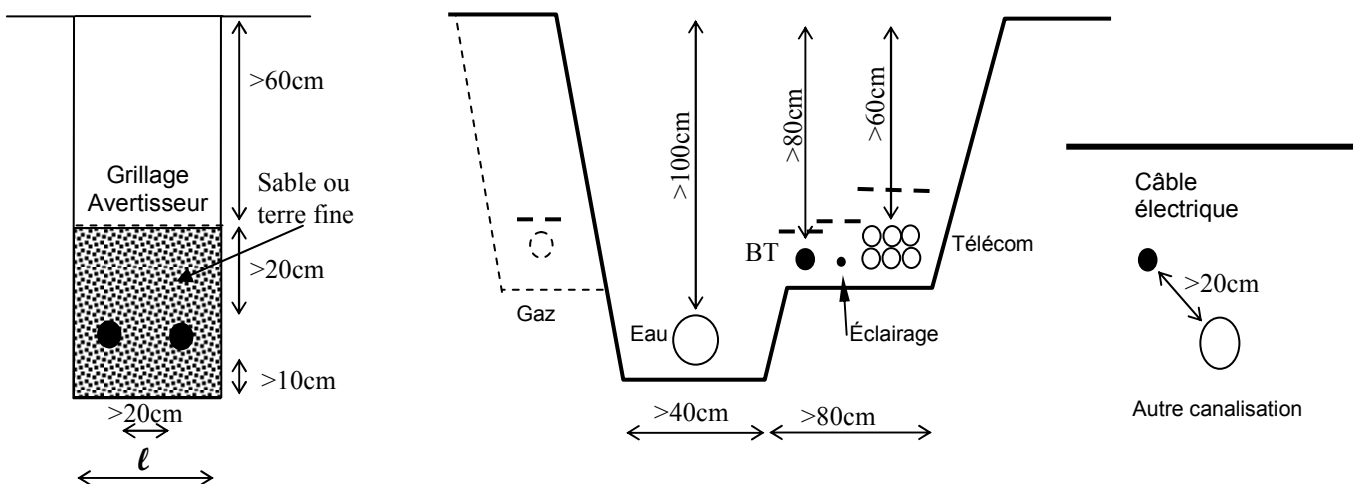
7) Procédé de la pose de câble électrique en pleine terre.

De manière technique, la mise en place ou la pose des câbles électriques s'effectue respectivement selon les étapes suivantes (*cf. figure n°29*) :

- L'exécution de la tranchée (*la largeur est en fonction du nombre de câbles à mettre en place*) ;
- Réalisation en fond de la tranchée un lit de sable d'une épaisseur de **10 cm** ;
- Pose du câble électrique ;
- Remblaiement en matériau sur une épaisseur de **20 cm** (*sable ou terre fine libre de cailloux*) ;
- Pose du grillage avertisseur de couleur rouge ;
- Remblaiement de la fouille en tranchée.

Fig. 29 : Pose de câbles électriques en plein terre.

Source : Le monde de génie civil. Pratiquer le BTP facilement.



l fonction de l'engin de terrassement et du nombre de câbles

II) Eclairage Public :

1) Généralités (l'éclairage urbain).

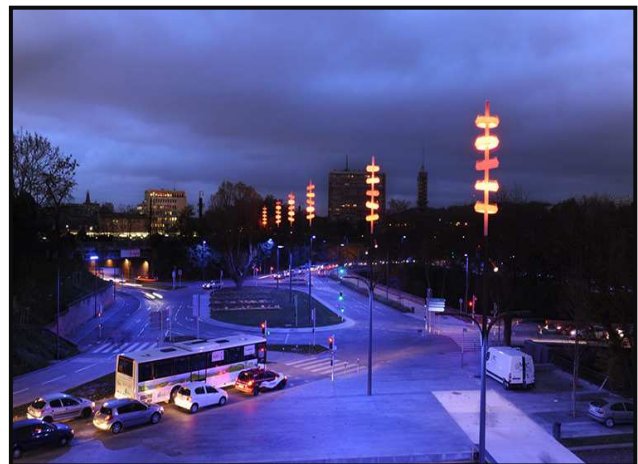
L'éclairage urbain participe de manière variée et joue un rôle fondamental notamment dans les projets d'aménagements urbains (*processus de conception et mise en forme des zones urbaines*). D'ailleurs il doit être adopté dans un **Plan Lumière Urbain (PLU)** lorsqu'il est d'une certaine importance. En effet, ce plan est créé pour l'ensemble du tissu urbain (*quartier, cités administratives...etc.*) tout en prenant en considération ses différentes composantes, à savoir ; les voiries, les allées piétonnières, les aires de stationnement et de détente, les espaces publics et verts...etc. Ainsi que, la réalisation des réseaux d'éclairage public en particulier urbain a nécessairement pour objectif de ;

- ✓ Garantir une meilleure sécurité des individus et des biens (constructions, mobiliers urbains...etc.) ;
- ✓ Rendre possible la mobilité nocturne des personnes et des véhicules dans les meilleures conditions ;
- ✓ Permettre et encourager les activités nocturnes (*commerciales et autres*) ;
- ✓ Embellir les villes (*faire apparaître les aires urbaines sous un admirable aspect*) et offrir ainsi une ambiance plaisante ;
- ✓ Mettre en valeur les constructions et les lieux.

Photographie. 10: Parc BLANDAN, Lyon France. Photographie. 11: Onde Chromatique, Metz.

Source : Julien Falsimagne
(<https://www.lightzoomlumiere.fr/>)

Source : L'Atelier Lumière, conception lumière
(<https://www.lightzoomlumiere.fr/>)



2) Définitions et concepts.

- **L'éclairage urbain** « s'inscrit entre les façades construites à l'alignement, c'est à dire en limite de propriété de la commune ; impasse, ruelle, rue, avenue, boulevard, place. En agglomération, les voiries suivent un environnement bâti souvent continu en centre-ville, ou la façade participe à l'ambiance urbaine¹¹ ».
- La fonction de **l'éclairage d'ambiance** est « d'apporter un éclairage général et de fournir un niveau de luminosité uniforme. C'est la première strate du plan d'éclairage et il donne le ton d'un espace. C'est pourquoi il est généralement doux ou diffus et, le plus souvent, équipé d'un variateur d'intensité pour l'adapter aux situations diurnes ou nocturnes¹² »

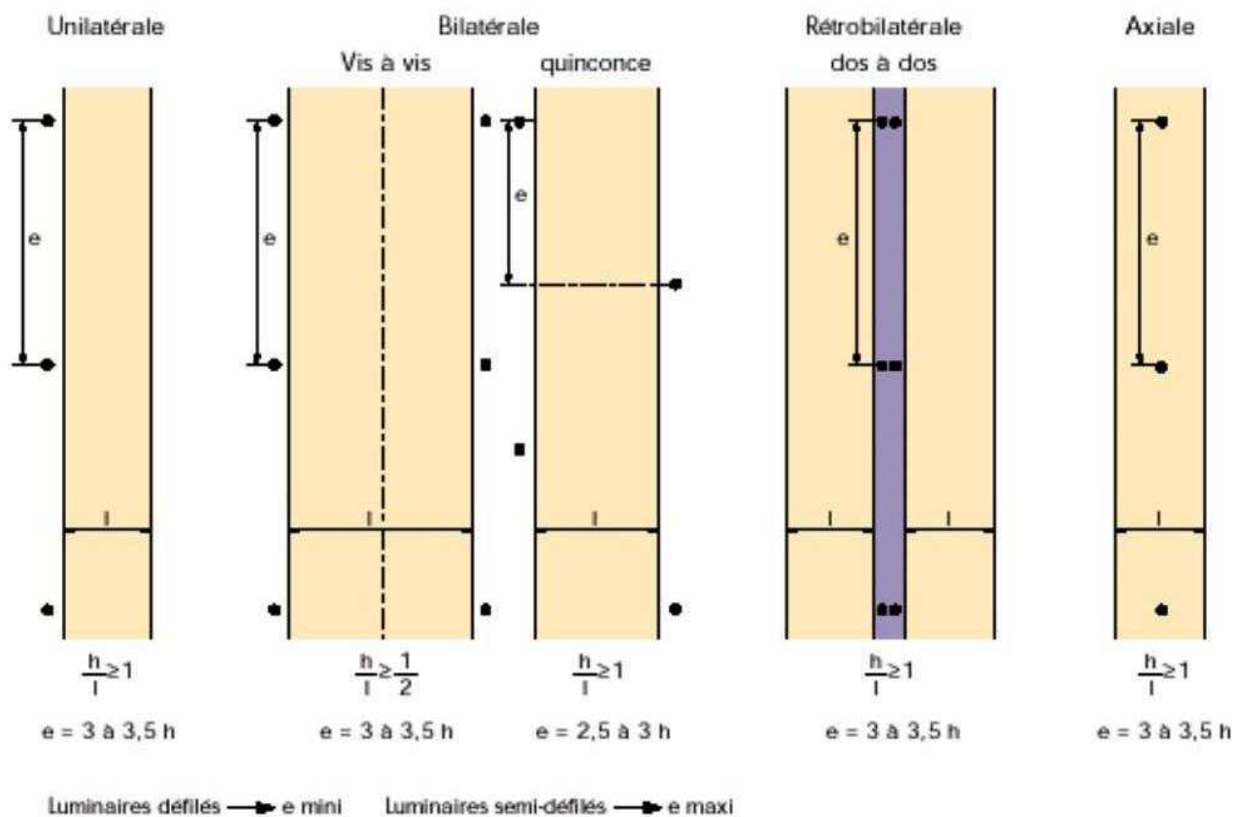
3) Caractéristiques techniques (conception et techniques d'implantation).

La conception et la réalisation des réseaux d'éclairage public doivent s'a

- ✓ Le niveau d'éclairement¹³ d'une voie urbaine est compris entre **15 à 20 lux**. Celui d'une voie de desserte est de l'ordre de **10 lux**, et pour une allée piétonne le niveau d'éclairement est **05 lux**.

Fig. 30 : Configurations d'éclairage sur voiries.

Source : https://www.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/upload/docs/application/pdf/2012-07/2_lumiere_urbaine.pdf



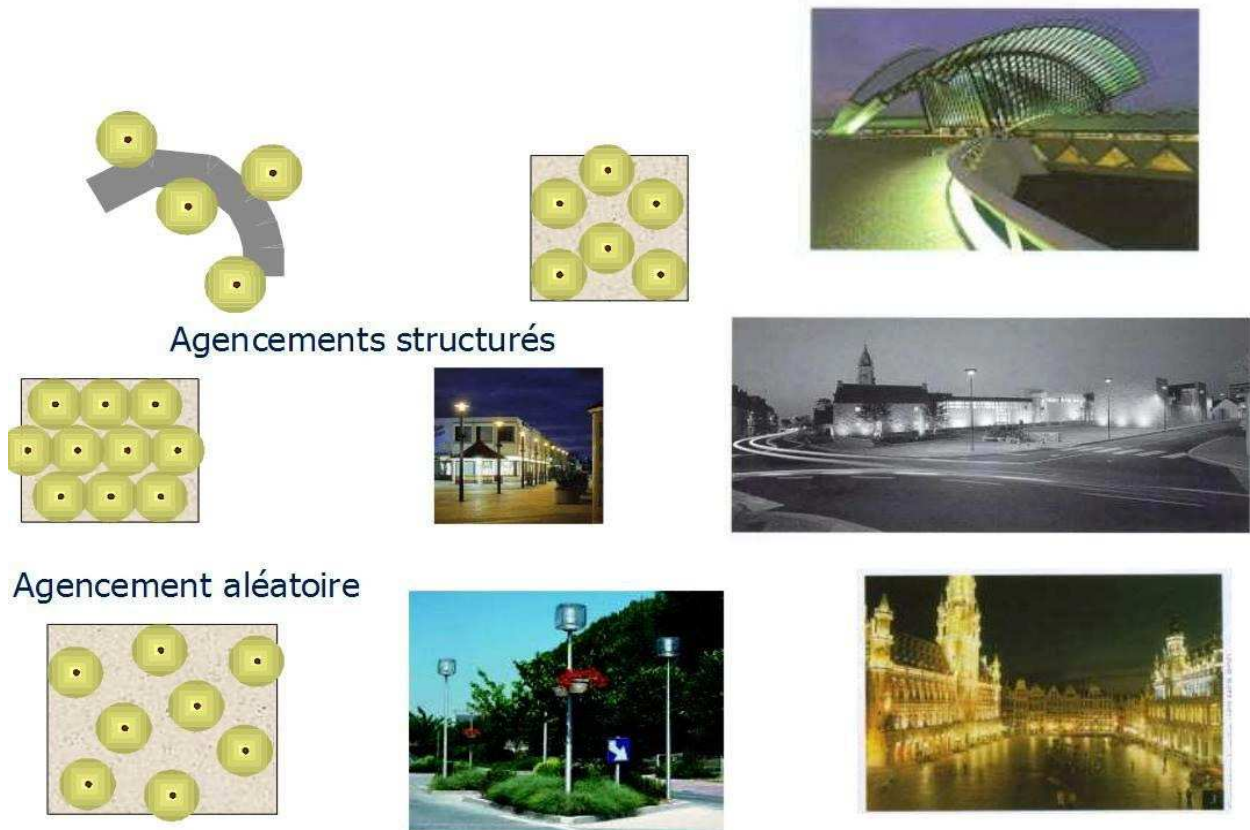
¹¹ <https://www.lightzoomlumiere.fr/definition/eclairage-urbain/>

¹² <https://www.vibia.com>

¹³ La quantité de lumière est caractérisée par le **niveau d'éclairement** exprimé en lux (lx).

Fig. 31: Configurations d'éclairage sur espaces publics et places.

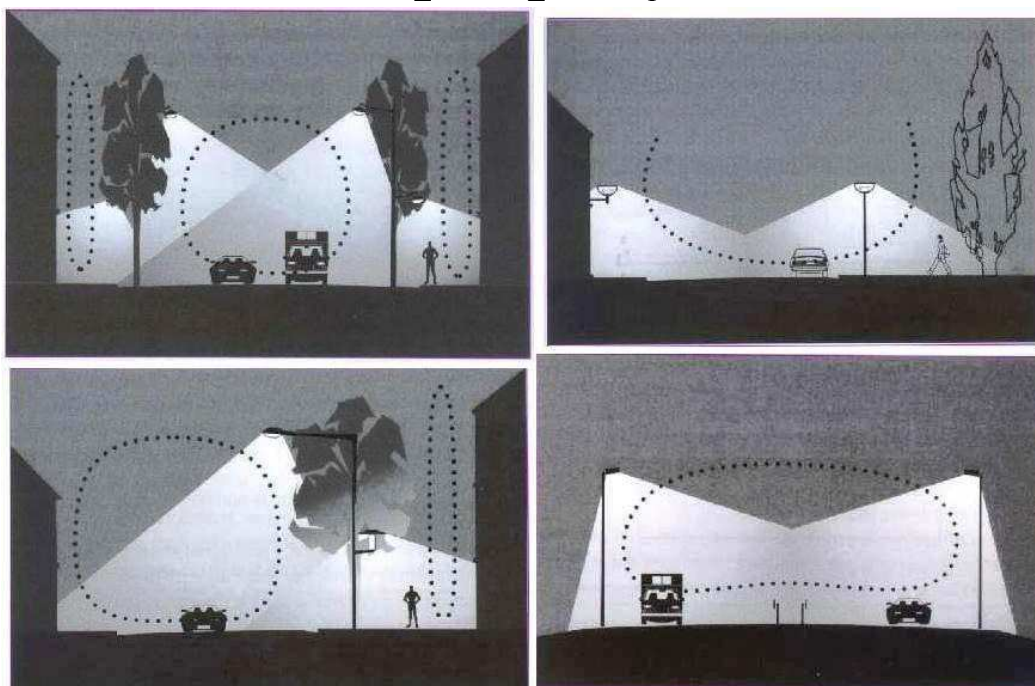
Source : https://www.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/upload/docs/application/pdf/2012-07/2_lumiere_urbaine.pdf



- ✓ Afin de garantir une bonne qualité de l'éclairage public il est nécessaire d'éliminer les zones d'ombre et d'éviter ainsi de créer une gêne pour les usagers ou le voisinage.

Fig. 32: Prise en compte des usagers et de l'environnement.

Source : https://www.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/upload/docs/application/pdf/2012-07/2_lumiere_urbaine.pdf



- ✓ En fonction de l'éclairement souhaité et de la puissance établie, la nature de la source lumineuse pourra être de type :
- Lampe à incandescence **15 à 100 watt** ;
 - Lampe à incandescence halogène **300 watt** ;
 - Lampe à vapeur de mercure **50 à 2 000 watt** ;
 - Lampe à vapeur de sodium haute pression **50 à 1 000 watt** ou basse pression **18 à 180 watt**.

Tableau : Efficacité lumineuse des types d'ampoule électrique.

Source : <http://www.astro.ulg.ac.be/~demoulin/pollum/lampes.htm>

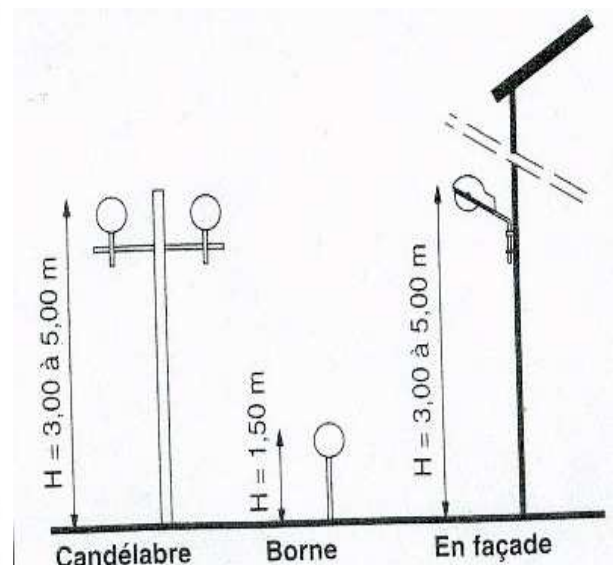
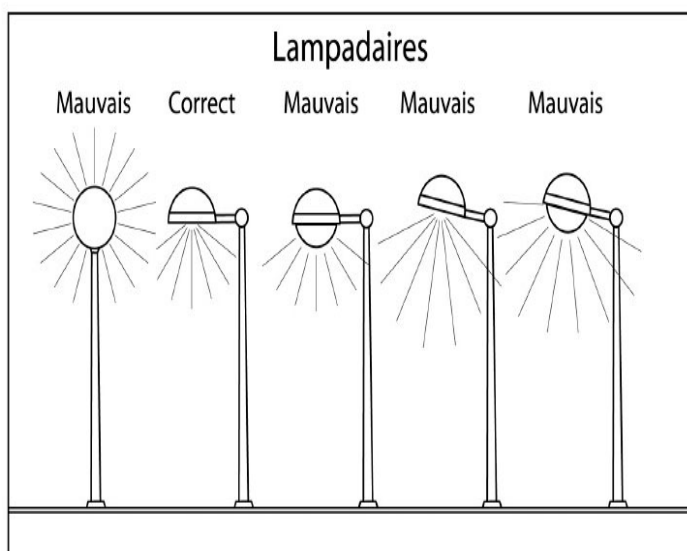
Type d'ampoule	Efficacité lumineuse (lumens par watt)	Durée de vie moyenne (heures)	Couleur	Rendu des couleurs
incandescence	12 à 20	~1000	blanc "chaud"	excellent
halogène	15 à 33	2000-4000	blanc	excellent
fluorescence	50 à 80	10000-20000	blanc "froid"	mauvais à bon
mercure	de 50 à 70	16000-20000	blanc-bleuté	mauvais à bon
halogénure métallique	de 70 à 90	6000-10000	blanc	excellent
sodium à haute pression	de 100 à 130	12000-22000	jaune-orange	mauvais
sodium à basse pression	de 140 à 180	~16000	orange	très mauvais

- ✓ La hauteur de la source (point) lumineuse est décidée selon la zone à éclairer et de l'écartement des points lumineux. Cette hauteur est variable entre **3,00 à 6,00 m**.
- ✓ La hauteur des bornes lumineuses est de **1,00 m à 1.50 m**, et sont implantées afin de marquer un cheminement.

Fig. 33 : Recommandations relatives aux Lampadaires. Fig. 34 : Hauteur des points lumineux.

Source : ANPCEN, Alain Le Gue, 2011.

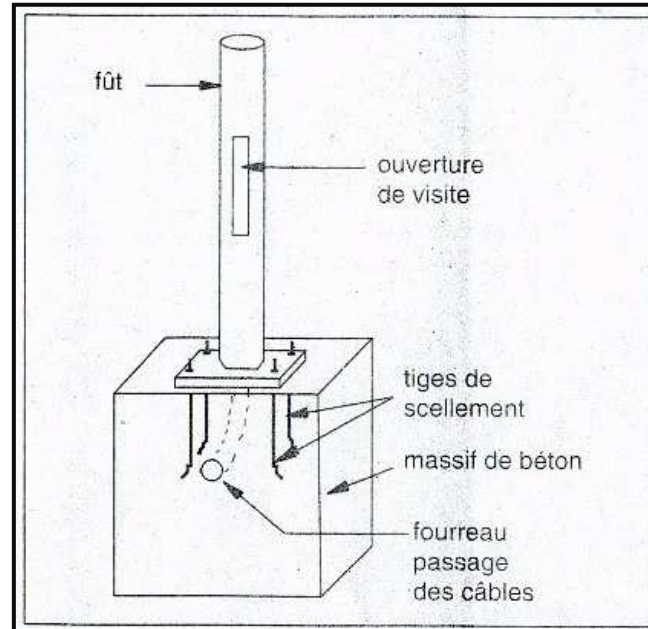
Source : Gérard KARSENTY, 2005.



- ✓ Les candélabres sont composés d'un fût en acier galvanisé dans l'intention de porter une ou un ensemble de lampes. Le fût est maintenu par une platine qui est fixée sur un socle en béton.

Fig. 35: Mode d'installation et de mise en place d'un candélabre.

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur



- ✓ L'alimentation des points lumineux s'effectue en courant électrique basse tension **220 – 380 V** à travers des câbles d'une section définie suivant la puissance d'alimentation électrique, et ce, pour éviter les chutes de tension supérieures à **5%**. De plus, il est important de souligner que toute l'installation doit nécessairement être réunie à la terre à l'aide d'un conducteur d'une section minimale 16 mm^2 , le plus souvent un câble en cuivre nu étamé.
- ✓ Il y a lieu de remarquer que le réseau de l'éclairage peut être exécuté de plusieurs façons, soit ;
 - En réseau aérien, avec lequel les câbles sont tendus entre les candélabres ;
 - Maintenu en façade des immeubles ;
 - En réseau souterrain, dont les câbles sont ensevelis en fourreaux dans des tranchées (*caniveau ou galerie technique*).

CHAPITRE IV : LE RESEAU DE GAZ

(Conception et techniques d'implantation)

I- GAZ :

1) Généralités.

« Le gaz naturel est un mélange gazeux naturellement présent dans certaines roches poreuses. Utilisé pour le chauffage, la cuisson ou l'eau chaude, c'est l'une des principales sources d'énergie utilisées dans le monde. C'est également le combustible fossile le moins polluant générant 25 à 50% d'émissions en moins que les autres¹⁴ ».

Le gaz est considéré comme l'une des énergies les moins polluantes voire les plus économiques, surtout quand l'opération de distribution d'un secteur quelconque se trouve aux environs d'un réseau déjà existant. En effet, cette énergie répond à des besoins très multiples des différents secteurs tels que le tertiaire, le commerce, l'industrie et en particulier l'habitat (chauffage, eau chaude, cuisson....etc.). Par ailleurs, il existe deux systèmes de distribution en énergie Gaz ; individuel (Bouteille de gaz liquéfié) et collectif. Concernant le dernier, qui nous intéresse le plus, l'alimentation en gaz des constructions (en particulier les bâtiments à caractère d'habitation) peut être réalisée de plusieurs façons ;

- ✓ A l'aide d'un réseau d'alimentation branché à un réseau public ou privé servant un quartier ou une ville ;
- ✓ A l'aide d'un réseau d'alimentation privé branché à une citerne de gaz liquéfié, enfouie ou en élévation.

2) Nature des besoins en énergie Gaz.

Les besoins en énergie gaz dans les zones urbaines correspondent à certaines utilisations :

- ✓ L'utilisation domestique comme l'usage de l'eau chaude, la cuisson ... ;
- ✓ Le chauffage des constructions et des locaux ;
- ✓ L'usage industriel ou artisanal étant une énergie de base.

Ainsi, ces nécessités doivent pouvoir être adaptées relativement aux nouvelles conditions et aux spécificités des zones à alimenter et de leurs extensions.

3) La pression de distribution.

La pression de distribution change relativement aux points de réseau. Pour des meilleures utilisations, le gaz est dispensé et alimenté en pressions différentes :

¹⁴ <https://gaz-tarif-reglemente.fr/lexique-gaz/definition-gaz-naturel.html>

- **Basse pression :** $\leq$ à **0.005 MPa (0.05 bar)**, la basse pression représente la pression d'utilisation au niveau des appareils.
- **Moyenne pression (A): 0.005 MPa (0.05 bar) < Moyenne Pression A < 0.04 MPa (0.4 bar)**
Cette pression est admise dans les branchements et les canalisations servant les bâtiments.
- **Moyenne pression (B): 0.04 MPa (0.4 bar) < Moyenne Pression B < 0.4 MPa (4 bars)**, pour cette pression des tuyauteries de section réduite peuvent être utilisées dans l'exécution du réseau.

Tableau: **Plage de pression par type de réseau.**Source : <https://slideplayer.fr/slide/>

Pression	Symbole	Plage	Réseaux
Moyenne Pression c	MPc	4 bars < P service < 19.2 bars	Primaires
Moyenne Pression b	MPb	0.4 bars < P service < 4 bars	Secondaires
Moyenne Pression a	MPa	50 mbars < P service < 0.4 bars	Tertiaires
Basse Pression	EP	P service < 50 mbars	

A noter : L'alimentation en gaz avec la basse pression est moins fréquente, du fait qu'elle requiert la mise en place de tuyauterie à diamètres importants. Pour sa part, la distribution en moyenne pression exige d'installer des détendeurs bien au juste à l'entrée des bâtiments, ou avant comptage.

4) Les composantes du réseau de distribution.

Le réseau de distribution en gaz est composé des éléments suivants :

- ✓ Les conduites (*canalisations*) de distribution branchées à un poste de fourniture en gaz ;
- ✓ Les branchements collectifs ou particuliers ;
- ✓ Les postes de détente ;
- ✓ Les organes de coupure et les dispositifs de comptage.

4.1) Les conduites (canalisations).

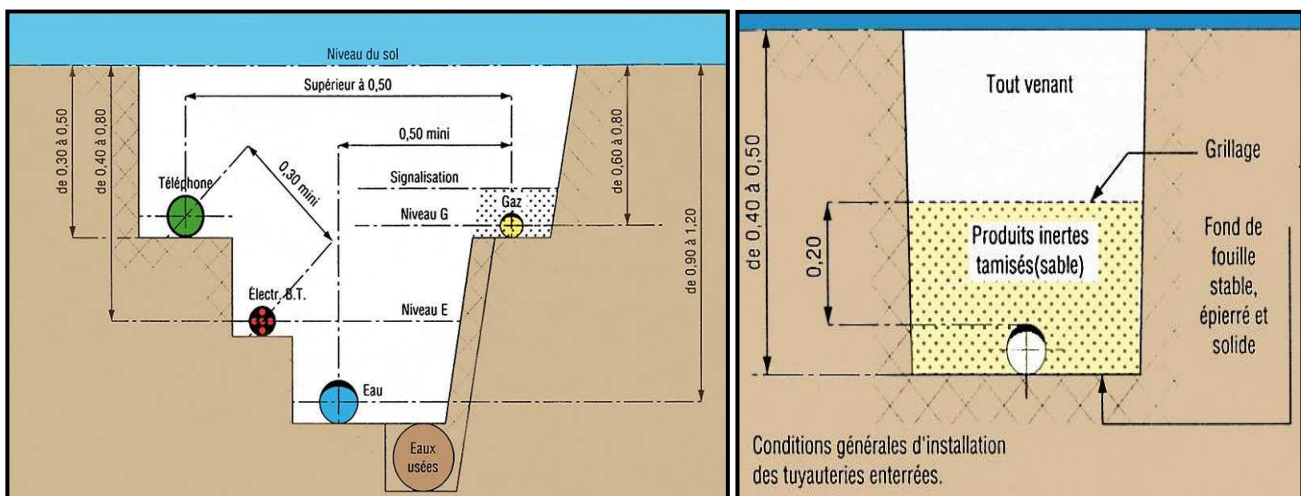
Les conduites ou canalisations de distribution représente la composante indispensable du réseau du fait qu'elles conduisent le gaz aux différents points de raccordement. A propos du diamètre, celui-ci est déterminé relativement aux besoins en gaz ainsi qu'en fonction de la pression de distribution, tout en prenant en considération l'évolution de la demande et également des extensions possibles du réseau en question. De plus, les conduites sont acier, ou en cuivre avec protection anticorrosion ou polyéthylène.

Concernant les étapes d'exécution, les canalisations sont mise en place dans des tranchées en pleine terre, sur une couche de sable, à une profondeur pouvant atteindre **0,70 m**. Elles doivent être protégées par un grillage avertisseur jaune. Souvent installées sous trottoirs, la pose des conduites doit respecter une distance minimale avec les autres réseaux (*assainissement, éclairage public, AEP, téléphone...*). Il est de même important de souligner que des essais du réseau sous pression doivent être effectués avant remblaiement des tranchées.

Fig. 36 : Profondeurs requises. Fig. 37 : Profondeurs normales de pose de conduite enterrée.

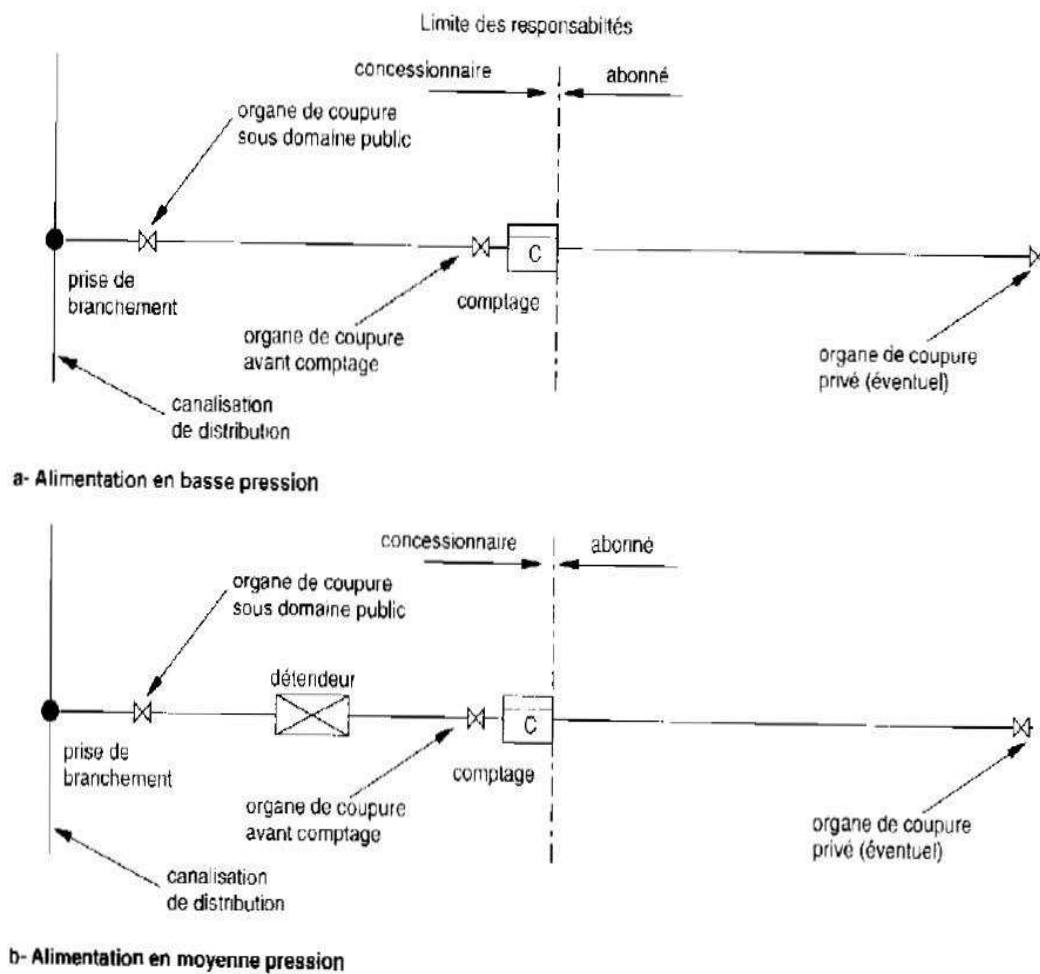
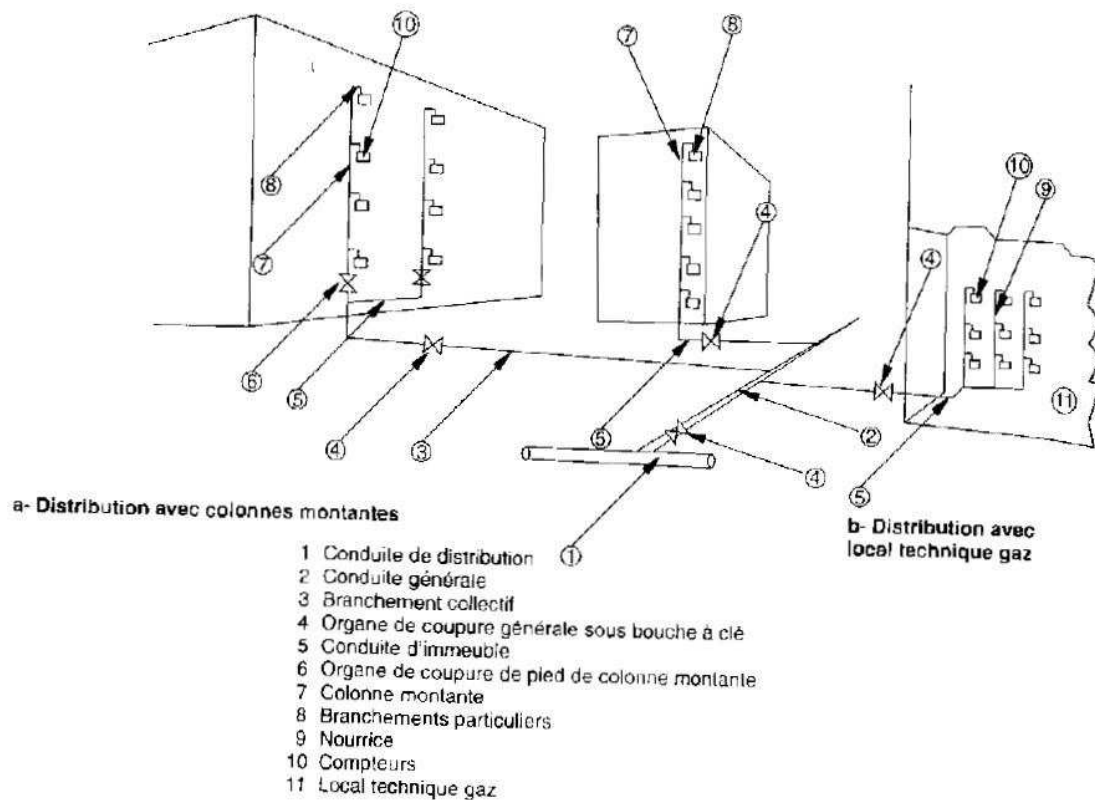
Source (Fig.36): https://www.picbleu.fr/old/pics/remblai_tuyaux/schema_coupe_sol_ok.jpg

Source (Fig.37): https://www.picbleu.fr/old/pics/remblai_tuyaux/conditions_generales.jpg



4.2) Les modes de branchements.

- Les branchements particuliers (individuels) se composent d'une canalisation de desserte, d'un organe ou dispositif de coupure (*Vanne d'arrêt*), d'un détendeur et un dispositif de comptage (*Compteur*). Ces branchements sont assemblés aux conduites de desserte à l'aide d'un (**T**), ou en général par un dispositif de prise en charge.
- Le branchement Collectif (Immeubles) se compose d'un tronçon de canalisation enfouie permettant d'alimenter un ou plusieurs immeubles. Dans le cas d'un branchement de plusieurs bâtiments, chaque partie du réseau est commandé par un organe de coupure général mis avant le point de raccordement du bâtiment (*cf. figure n°39*).
- Il important de noter que la conduite gaz à l'intérieur des bâtiments (immeubles) doit se trouver dans les parties communes, plus encore, bien aérées et ventilées. D'ailleurs, la permettra l'alimentation d'une ou plusieurs colonnes montantes à partir desquelles s'effectuent le raccordement et le piquage pour chaque unité d'habitation. Chaque piquage (*point de distribution*) comprendra ainsi un robinet d'arrêt, un détendeur et un compteur (*cf. figure n°40*).

Fig. 38: Composition d'un branchement en gaz (alimentation en basse et en moyenne pression).**Fig. 39: Le branchement Collectif en gaz.**

Photographie. 12: Composantes d'un point de distribution en énergie gaz.

Source : <https://www.picbleu.fr/uploads/documents/512cb9c22894b.jpg>

Légende :

- 1) **Prise de branchement**; dispositif de raccordement entre la conduite et le branchement.
- 2) **Organe de coupure** ; coupe l'écoulement du gaz dans la conduite, il est employé un robinet 1/4 de tour ou un robinet poussoir.
- 3) **Détendeur-régulateur** ; son rôle est de détendre le gaz d'une pression amont à une pression aval.
- 4) **Dispositif de comptage (Compteur)** ; pour déterminer la consommation en volume de gaz (En m³)

**4.3) Les postes de détente.**

Il s'agit d'appareil (une composante importante) ayant pour fonction de détendre le gaz afin de le véhiculer aux abonnés avec la pression d'utilisation. Ils sont installés à l'extérieur dans un abri, et armoire sur support maçonné. En cas d'une pression importante, la détente s'effectue en deux fois ; une première acquise au niveau du piquage et une seconde avant le dispositif du comptage. Pour le cas d'habitat individuel, le détendeur est installé dans le coffret après le robinet d'arrêt et avant le compteur.

Photographie.13: Poste de détente Haute Pression. Photographie.14: Poste de détente-comptage.

Source (Photographie.13) : <https://www.abaco-dz.com/images/photorampe.png>

Source (Photographie.14) : <https://www.mesura.com>



CHAPITRE V : LE RESEAU TELEPHONIQUE

(Conception et techniques d'implantation)

1) Généralités (définitions et concepts).

- ✓ **Le réseau téléphonique commuté (RTC) ou réseau téléphonique commuté public (RTCP)** *(en anglais, public switched telephone network ou PSTN)* est « le réseau historique des téléphones fixes, dans lequel un poste d'abonné est relié à un commutateur téléphonique du réseau public par une paire de fils alimentée en batterie centrale intégrale (la boucle locale). Les commutateurs téléphoniques sont eux-mêmes reliés entre eux par des liens offrant un débit de 2 Mb/s, ce sont les blocs primaires numérique (BPN) ou par des liaisons optiques PDH ou SDH plus performantes¹⁵ ».
- ✓ **Le bloc primaire numérique (BPN)** est « en télécommunication, un mode de transmission faisant partie de la hiérarchie numérique plésiochrone (Plesiochronous Digital Hierarchy - PDH). Il est aussi nommé « liaison MIC » ou lien EI dans la terminologie anglophone (E-carrier)¹⁶ ».
- ✓ **La hiérarchie numérique plésiochrone ou PDH** *(en anglais Plesiochronous Digital Hierarchy)* est « une technologie utilisée dans les réseaux de télécommunications afin de véhiculer les voies téléphoniques numérisées¹⁷ ».
- ✓ **La hiérarchie numérique synchrone ou SDH** *(en anglais Synchronous Digital Hierarchy)* est « un ensemble de protocoles pour la transmission de données numériques à haut débit principalement sur fibre optique¹⁸ ».

La réalisation et la connexion au réseau téléphonique commuté (RTC) ou réseau téléphonique commuté public (RTCP) correspondant au réseau des téléphones fixes reste encore d'actualité, et ce, malgré l'évolution de la téléphonie cellulaire ou mobile comme moyen de télécommunication. En pratique, ces réseaux sont assurés en rapport avec les services compétents *(En Algérie c'est l'Algérie Télécom)*, qui prennent en charge la pose du câblage (*connexion*) en fonction de la nature et la destination des locaux à raccorder. A ce propos, ces même service peuvent en revanche de ne pas valider le raccordement et par conséquent la non-installation des câbles téléphoniques. Ainsi, les besoins sont donc déterminés en fonction du développement des moyens de communication surtout le secteur tertiaire ; téléphone, téléscripteurs (télex), télécopie ou téléfax, réseaux distinctifs.

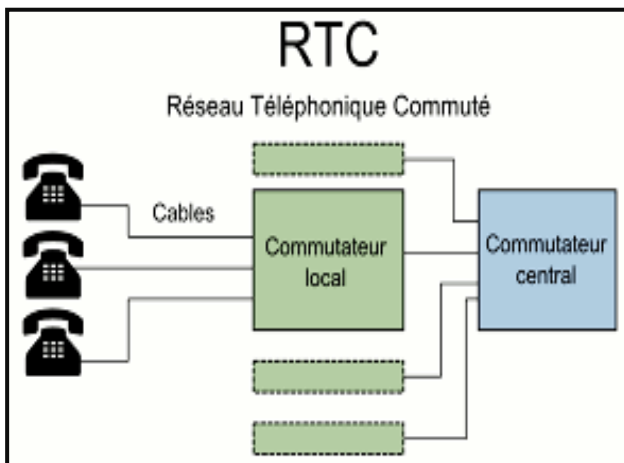
¹⁵ https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_t%C3%A9l%C3%A9phonique_commut%C3%A9

¹⁶ https://fr.wikipedia.org/wiki/Bloc_primaire_num%C3%A9rique

¹⁷ https://fr.wikipedia.org/wiki/Hi%C3%A9rarchie_num%C3%A9rique_pl%C3%A9siochrone

¹⁸ https://fr.wikipedia.org/wiki/Hi%C3%A9rarchie_num%C3%A9rique_synchrone

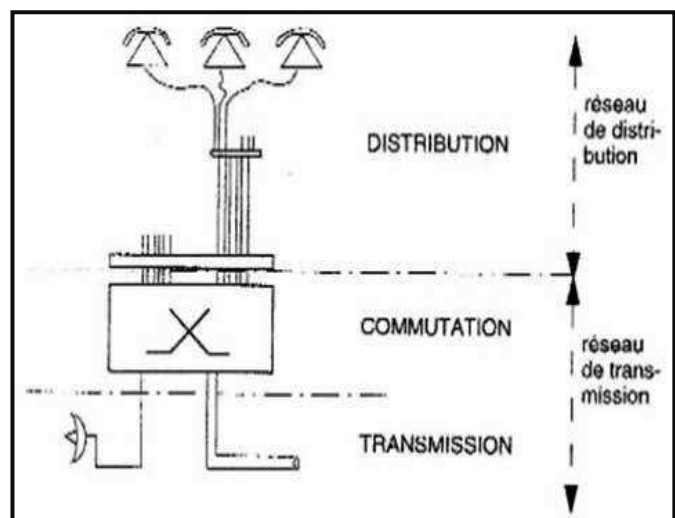
Fig. 40: Réseau Téléphonique Commuté (RTC). Photographie. 15: Commutateur téléphonique.
 Source : https://www.wikiwand.com/fr/Commutateur_t%C3%A9l%C3%A9phonique



2) Le réseau de télécommunication (Techniques d'implantation).

Le réseau de distribution de téléphone peut être aérien (Habituel en zones rurales), enterré en plein terre ou sous fourreau. Même si l'installation du réseau en sous fourreau est nettement bien coûteuse, comparativement aux deux premières, elle reste cependant meilleure.

Fig. 41: Les réseaux téléphoniques.

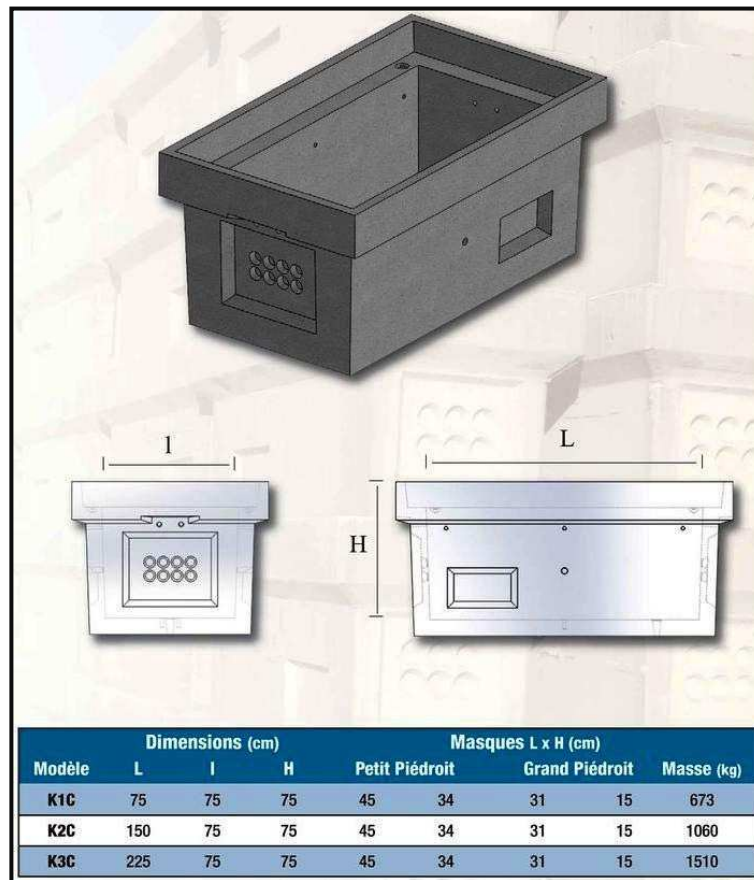


S'agissant des techniques d'installation et d'implantation, les fourreaux (*réservations pour le passage par tirage de la câblerie*) sont en matériaux multiples ; soit en ciment, PVC rigide ou plastique souple. Cette composante indispensable est mise dans une tranchée, sur une couche de sable, à une profondeur minimum de **0,80 m**, à plus de **0,50 m** d'un réseau gaz et à plus de **0,20 m** d'un réseau électrique. Les fourreaux doivent être protégés par un grillage avertisseur de couleur verte. Généralement, le passage du réseau de distribution téléphonique s'effectue sous les trottoirs. De plus, des chambres de tirage sont mises en place à chaque changement de direction ainsi qu'à chaque point spécifique pour faciliter la pose des câbles. De dimensions normalisées, les chambres de tirage doivent nécessairement être couvertes à l'aide des tampons, par exemple ;

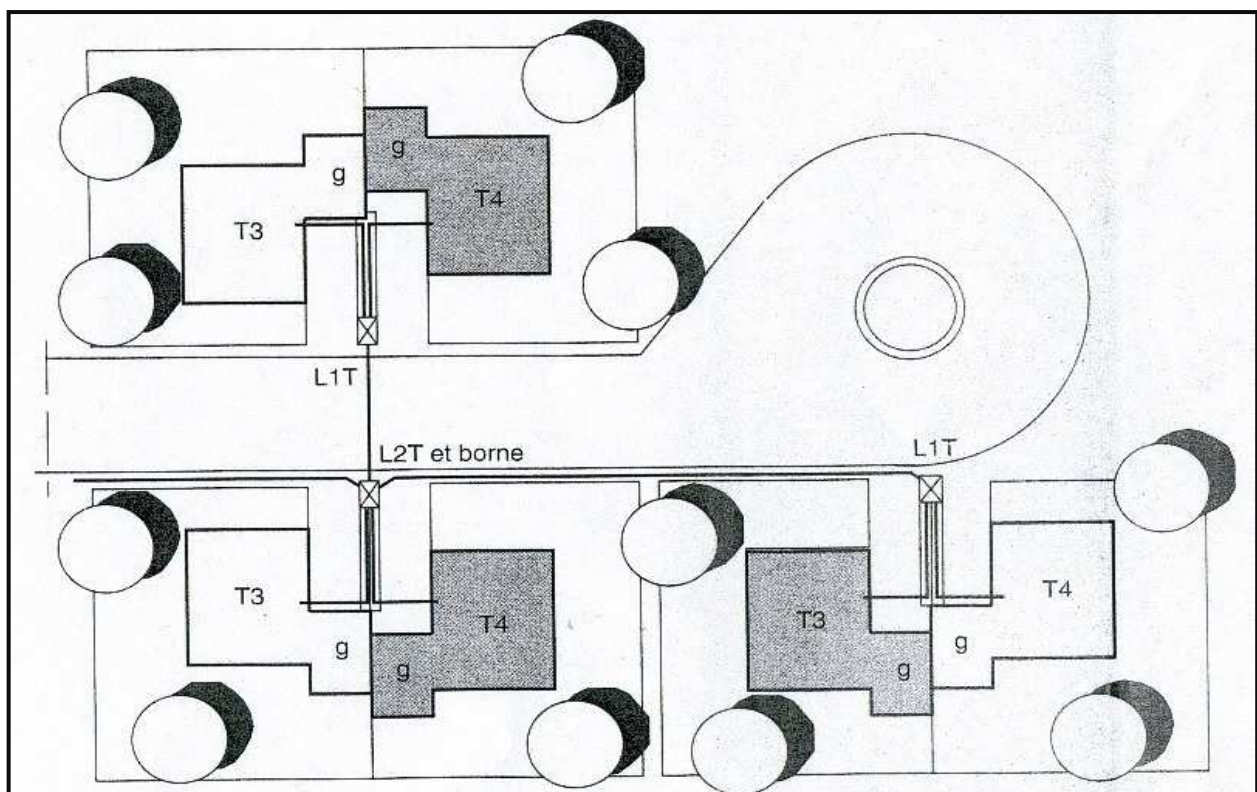
- Chambre L1T : 0.52 x 0.38 x 0.60
- Chambre L2T : 1.16 x 0.38 x 0.60
- Chambre L3T : 1.38 x 0.52 x 0.60.... etc.

Fig. 42: Exemple d'une chambre à tirage.

Source : https://www.groupe-kmc.com/images/kmc/fba/Chambre_KC/Fiche-3-Chambre-KC.jpg.

**Fig. 43: Plan de réseaux de Télécommunication.**

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur.



CHAPITRE VI : EVACUATION DES EAUX

I- ASSAINISSEMENT :

L'assainissement désigne « *l'ensemble des moyens de collecte, de transport et de traitement d'épuration des eaux usées avant leur rejet dans les rivières ou dans le sol. On parle d'assainissement collectif pour les zones raccordées au réseau d'égout et équipées d'une station d'épuration traitant les rejets urbains. L'assainissement est dit non-collectif ou autonome dans les zones non-raccordées au tout à l'égout¹⁹* ».

L'assainissement est **l'ensemble des techniques** qui permettent **l'évacuation** par **voie hydraulique** des **eaux usées** d'une agglomération. Les eaux usées sont ainsi collectées à l'intérieur des propriétés à l'aide d'un réseau de canalisations enterrées ensuite évacuées vers un égout public qui en assure le rejet dans un exutoire à condition de ne pas nuire à l'hygiène publique. On peut distinguer les différentes catégories d'eaux usées suivantes :

- ✓ ***Les eaux de pluies (eaux pluviales)*** ; provenant des précipitations atmosphériques recueillies par les toitures et les chaussées et qui se caractérisent par des débits importants mais irréguliers.
- ✓ ***Les eaux-vannes (eaux noires)*** ; eaux d'évacuation domestiques issues des sanitaires..
- ✓ ***Les eaux ménagères (eaux grises)*** ; eaux usées domestiques faiblement polluées (par exemple eau d'évacuation provenant des cuisines, des salles de bains et des buanderies...). Les débits des eaux vannes (*eaux noires*) et ménagères (*eaux grises*), sont faibles et réguliers.
- ✓ ***Les eaux industrielles*** ; eaux utilisées à des fins industrielles (*processus industriel*) et dont les débits, très variables mais constants pour chaque cas, peuvent être déterminés avec précision.

A noter : *Un réseau d'assainissement a donc pour fonction, d'assurer la collecte d'une manière séparée ou mélangée toutes sortes d'eaux usées, soit d'origine domestique ou industrielle et des eaux pluviales, pour les rejeter postérieurement dans un collecteur public ou en milieu naturel, après traitement et sans porter atteinte à la santé et à l'hygiène des habitants.*

➔ Pour atteindre cet objectif, il est essentiel de maîtriser plusieurs paramètres, tels que ;

- L'évaluation de la quantité des eaux à évacuer et à traiter permettant le dimensionnement des différents composants du réseau ;
- L'évaluation du degré de pollution des eaux de ruissellement, des eaux domestiques ou industrielles (*dans un objectif de traitement*) ;
- La connaissance du fonctionnement des différents dispositifs de collecte et de traitement ;
- La détermination de la qualité des rejets dans le milieu récepteur (*exutoire*).

¹⁹ https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/assainissement.php4

1) Détermination des quantités d'eau à évacuer :

Les quantités des eaux dépendent surtout de la surface aménagée, de la destination des édifices et de la qualité de l'environnement extérieur.

1.1) Eaux Pluviales.

Les quantités d'eau sont déterminées en fonction du terrain, de sa topographie et des caractéristiques de pluviosité. La détermination des débits se fait par la **méthode superficielle** ou **modèle de CAQUOT** présentée par la formule suivante : $Q = 1340 \times L^{0.30} \times C^{1.17} \times A^{0.75}$ où :

Q : est le débit de pointe en (l/s) ou (m³/s).

L : est la pente (m/m).

C : est le coefficient de ruissellement pondéré.

A : est la superficie du bassin versant (ha).

Les valeurs du coefficient C sont montrées dans ce qui suit:

<i>Zones aménagées</i>	<i>Décomposition des zones aménagées en aires élémentaires</i>
Habitations très denses 0.9	Surfaces imperméabilisées (Toitures, Chaussées)..... 0.9
Habitations denses 0.6 à 0.7	Chaussées pavées à larges joints0.6
Habitations moins denses 0.4 à 0.5	Voies non goudronnées 0.35
Quartiers résidentiels 0.2 à 0.3	Allées en gravier 0.2
Zones industrielles ou artisanales..... 0.2 à 0.3	Zones boisés 0.05
Squares, Jardins0.05 à 0.2	

1.2) Eaux usées et eaux vannes.

Les quantités d'eau à collecter changent selon l'urbanisation de la zone concernée. Le débit de pointe **Q_p** est donné par la formule suivante : $Q_p = A \times Q_j / 86400$ dont ;

Q_p est le débit de pointe (l/s)

Q_j est le débit journalier variable entre 150 – 200 litres/habitant en zone non urbaine et entre 300 – 400 litres/habitant en site urbain.

A est le coefficient de sécurité dont la valeur est comprise entre 2 et 3.

1.3) Eaux industrielles.

La quantité et la qualité des eaux à collecter dépendent de la nature de l'activité industrielle. Les informations doivent être communiquées par l'industriel et devront tenir compte des évolutions possibles. Les eaux industrielles peuvent contenir des substances nuisibles et doivent ainsi être traitées avant tout rejet.

1.4) Dimensionnement des canalisations.

Le diamètre des canalisations est déterminé selon la quantité d'effluent (*liquide*) à évacuer, de la nature du matériau du tuyau (*canalisation*), et de la pente.

Le diamètre est déterminé avec la formule suivante : $Q \text{ (m}^3/\text{s)} = S \text{ (m}^2) \times V \text{ (m/s)} \Rightarrow S = Q / V$

où: Q est le débit (m^3/s),

S est la section de la canalisation occupée par l'effluent (m^2),

V est la vitesse du liquide (m/s).

2) Types de réseaux d'assainissement :

Le réseau d'assainissement assure la collecte des eaux usées d'une agglomération. Il peut être conçu selon trois principes de base. Autrement, on peut distinguer les types suivants de réseau de collecte ;

2.1) Le système unitaire.

Concernant ce système, les eaux usées (ménagères, industrielles) à lesquelles s'ajoutent les eaux pluviales, sont rassemblées et collectées dans un collecteur unique. Par ailleurs, il est important de signaler que ce système a un point faible qui est le surdimensionnement de la station de traitement qui doit tenir compte du cumul des débits des eaux usées et des eaux pluviales.

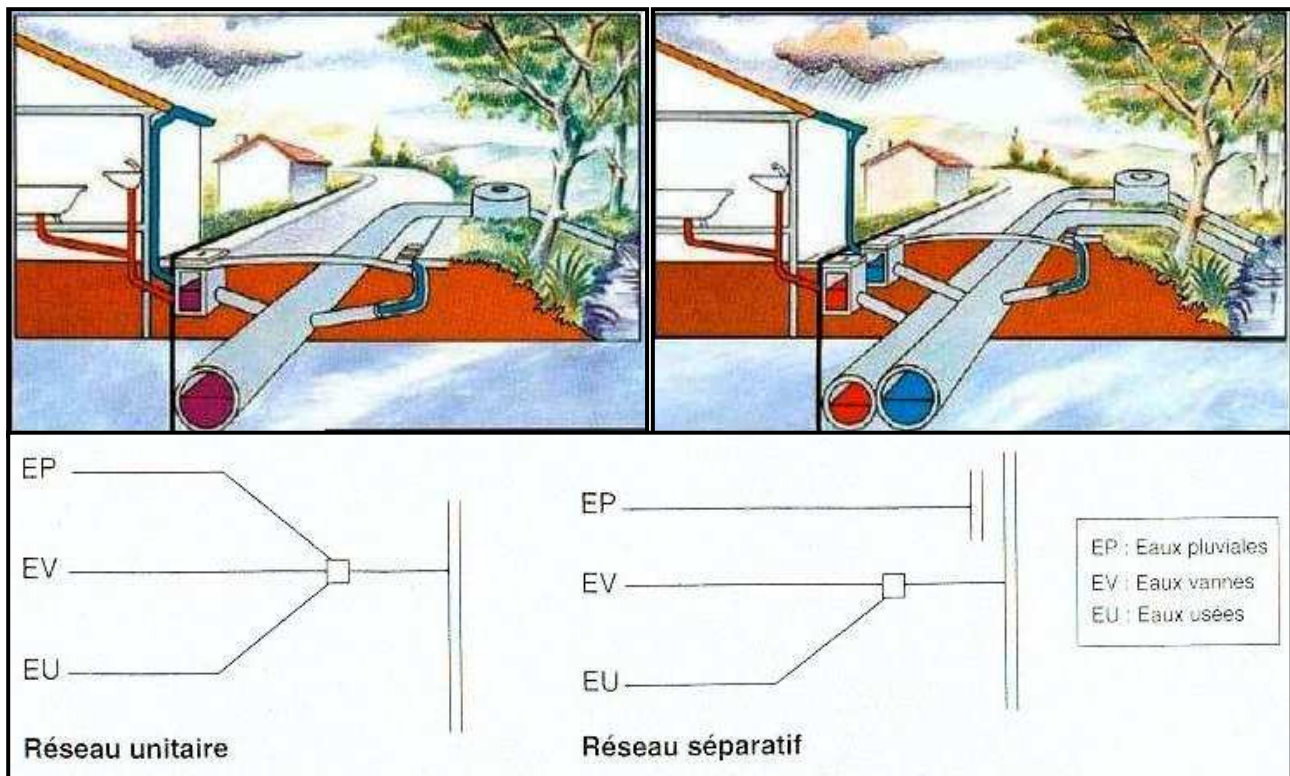
2.2) Le système séparatif.

D'où son nom, ce système comprend deux réseaux distincts, à savoir ;

- ✓ Un collecteur prévu pour les eaux pluviales, qui rejette ces eaux en milieu naturel.
- ✓ Un collecteur prévu pour les eaux usées, raccordé à une station d'épuration.

Fig. 44 : Principes de bases des réseaux d'évacuation (Réseau unitaire – Réseau séparatif).

Source: https://docplayer.fr/docs-images/43/5150346/images/page_7.jpg



2.3) Le système pseudo-séparatif.

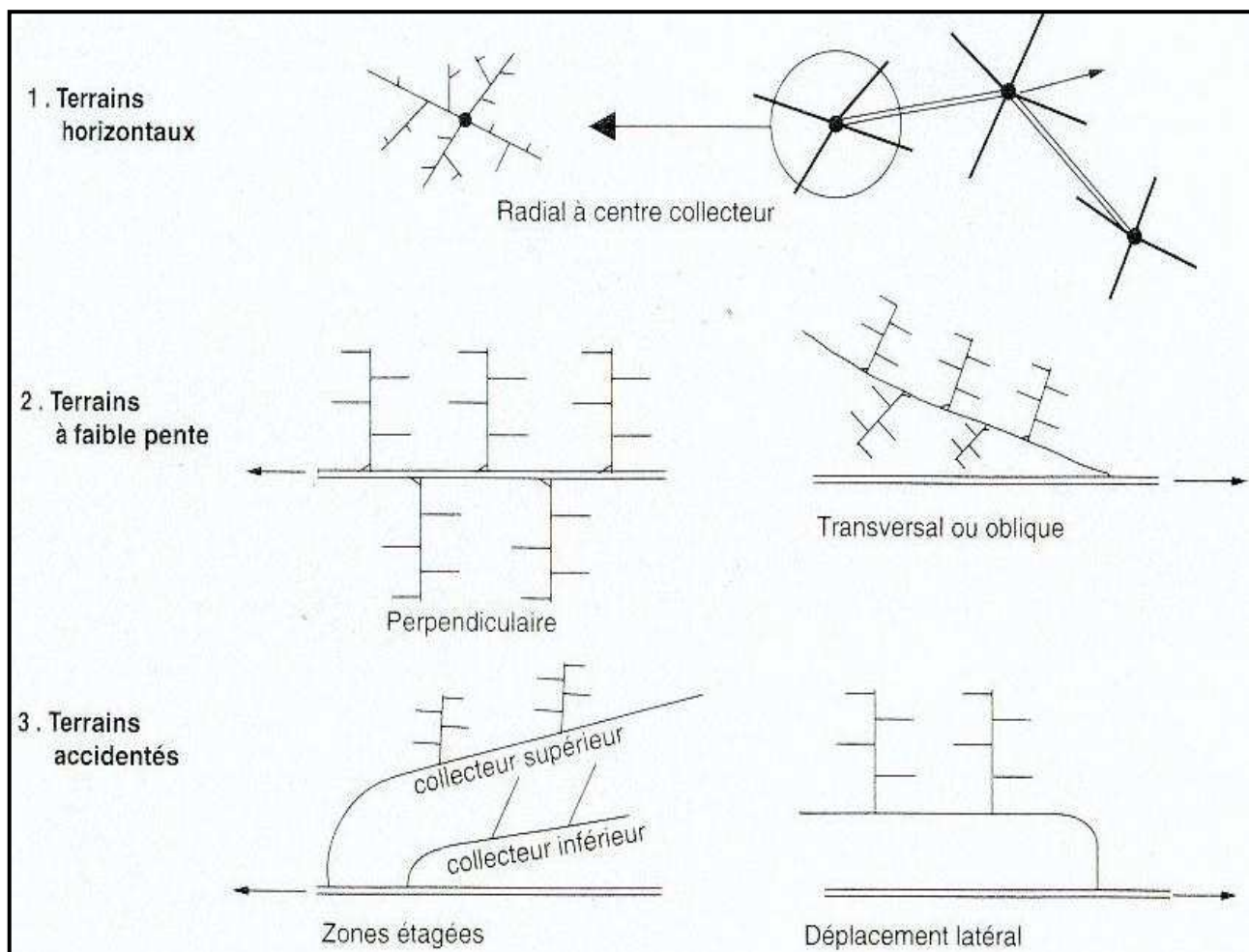
Ce système combine les deux systèmes précédents. Pour ce cas, une partie des eaux pluviales (eaux des toitures) est réunie avec les eaux usées. Seules les eaux de voirie sont collectées séparément.

Par ailleurs, en fonction de la topographie du terrain, il est possible d'adopter plusieurs schémas pour le réseau d'assainissement : (cf. figure n°45)

- ➔ **Cas des terrains horizontaux (plats)** ; les antennes sont assemblées à des points centraux reliés par le collecteur général.
- ➔ **Cas des terrains à faible pente** ; les antennes sont reprises perpendiculairement au collecteur ou par une canalisation qui rejoint le collecteur en aval.
- ➔ **Cas des terrains accidentés** ; plusieurs canalisations secondaires peuvent reprendre les antennes à des niveaux différents (zones étagées) ensuite se raccorder au collecteur général.

Fig. 45 : Schémas de réseaux en fonction de la topographie du terrain.

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur (Gérard KARSENTY, 2005)



3) Les canalisations et les ouvrages :

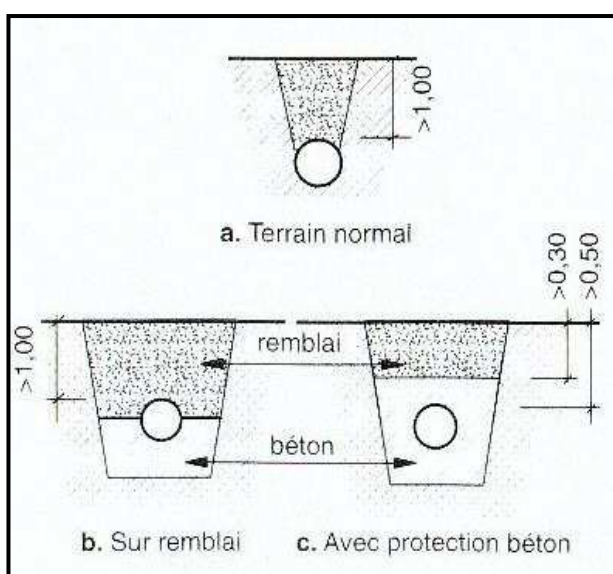
3.1) Les canalisations.

« La canalisation d'assainissement est une conduite faisant partie d'un réseau d'assainissement et permettant de faire circuler des fluides (eaux usées, eaux pluviales ...) entre deux lieux de desserte. Les canalisations d'assainissement étant soumises à usure, elles sont régulièrement inspectées et réparées à l'aide de gainages pour assurer une étanchéité optimale²⁰ ».

Les canalisations se situent sous la chaussée et doivent être mises en place de manière à résister aux surcharges supportées par les voies. Sur ce point, les canalisations peuvent être posées sur un lit de sable ou de béton puis protégées par une coque en béton avant remblaiement. D'ailleurs, elles peuvent être réalisées avec différents matériaux (*béton comprimé, béton armé, PVC, fonte, ...etc.*). Or, il est à noter que la mise en place du dispositif de canalisation présente un point faible s'agissant du joint entre deux éléments successifs. C'est pour cela, qu'il doit être tout-à-fait étanche, et ne doit pas former de bourrelet empêchant le bon écoulement de l'effluent, et constituer ainsi une continuité parfaite du fil d'eau.

Fig. 46 : Pose de canalisations sous chaussée.

Photographie. 16: Pose de canalisation D'assainissement.



Source : <https://www.negoce-en-ligne.com/wp-content/uploads/2018/04/inspi1-1.jpg>

3.2) Les ouvrages visitables.

Les ouvrages visitables représentent les regards permettant l'accès aux canalisations afin d'effectuer le nettoyage. Ces regards sont placés; à chaque changement de direction, rupture de pente et à chaque jonction de collecteur. Ils sont espacés de **40 à 50 m au max.** Les ouvrages visitables ont au minimum une section carrée de **80 x 80 cm** ou circulaire de diamètre **80 cm**.

²⁰ <http://www.agrippa-sa.com/fr/definition-canalisation-assainissement.php>

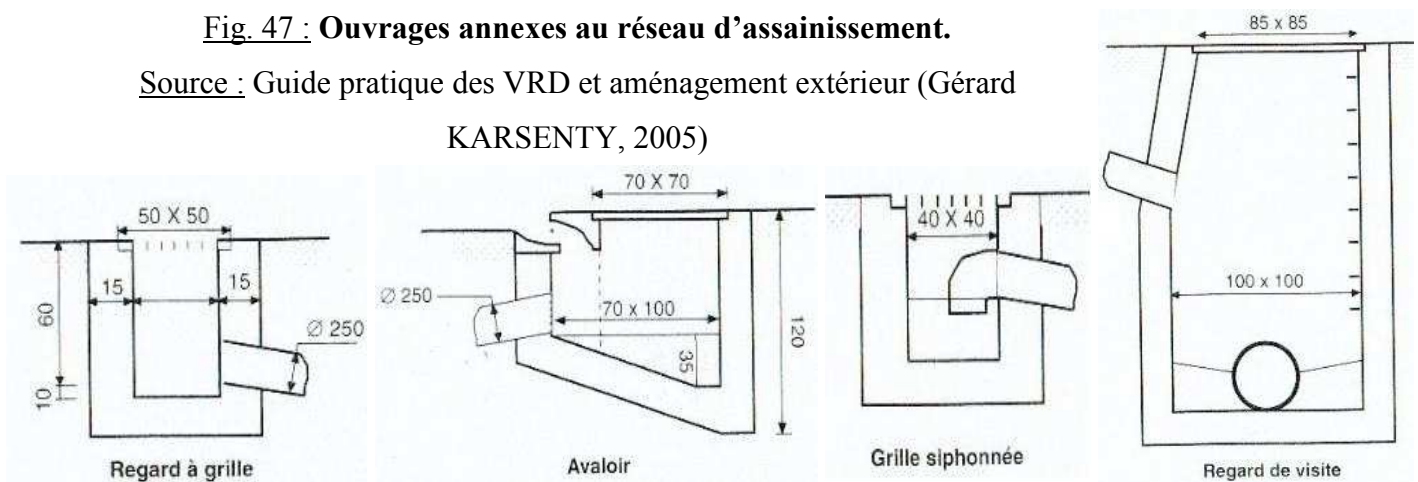
3.3) Les ouvrages annexes.

Les ouvrages annexes regroupent :

- ✓ Les regards de branchement, qui peuvent être visitables ou non, à évacuation directe ou siphonnée afin d'éviter toute remontée d'odeur ;
- ✓ Les regards ou caniveaux permettant la collecte des eaux de ruissellement, à grilles en PVC ou en fonte selon l'emplacement sous chaussée ou sous trottoir ;
- ✓ Les avaloirs en bordure de trottoir à évacuation directe ou siphonnée ;
- ✓ Les siphons de cour.

Fig. 47 : Ouvrages annexes au réseau d'assainissement.

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur (Gérard KARSENTY, 2005)



II- STATION DE RELEVAGE :

« Une station de relevage est un équipement composé d'une ou de plusieurs pompes et permettant la collecte et le traitement des eaux usées. Après cette collecte et ce traitement, le poste de relevage se charge de redistribuer ou de diriger ces eaux usées vers un égout. Autrement dit, le poste de relevage est une installation destinée à refouler les eaux usées situées en profondeur ou au niveau du sous sol vers un lieu de rejet. En général, les postes de relevage se caractérisent par leur hauteur de refoulement, leur débit de pointe, leur alimentation électrique, la nature de l'eau refoulée (eaux claires, eaux chargées)²¹, etc. »

Une station de relevage est indispensable chaque fois que le niveau d'arrivée des canalisations d'eau usées est plus bas que celui de l'exutoire (*point de rejet*). Il faut ainsi transférer à l'aide d'un système de pompage, ces eaux du niveau bas au niveau haut. La conception d'une station de relevage dépend de sa capacité et de celle des pompes utilisées. Généralement, on peut distinguer trois (03) cas (*cf. figure n°48*) :

²¹ <https://www.adrem.fr/ps2/pompes-eaux-usees/stations-relevage/12,1,0/1.html>

▪ **Cas des installations à gros débit :**

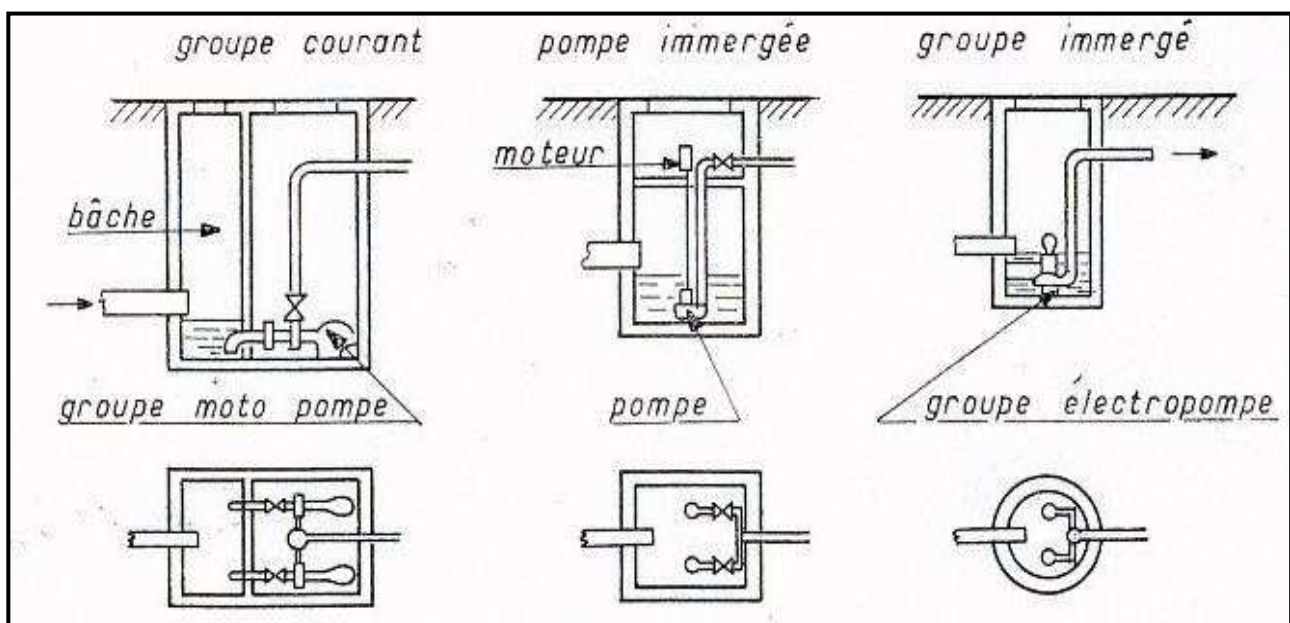
1. La station de relevage est composée d'une bache d'arrivée à laquelle est assemblé un local couvrant le système de pompage. L'ensemble est enfoui et représente un volume important.

▪ **Cas des installations de débit moyen ou faible : on utilise :**

2. Soit une **pompe immergée** dans une bache d'arrivée et jointe à l'aide d'un arbre de transmission à un moteur posé sur une plate forme ; le volume de la bache est distinctement réduit comparativement au système précédent.
3. Soit le **groupe motopompe immergé** dans la bache d'arrivée, système très utilisé vu sa simplicité d'installation. Conçu d'ensembles préfabriqués comprenant une fosse en béton ou en plastique, équipée avec les pompes. Il est juste nécessaire de les faire descendre dans la fouille et de raccorder les canalisations. De plus, il est à noter que ce système possède un volume faible de la bache, peu coûteux et permet un entretien facile.

Fig. 48 : Les différentes variantes du poste de relevage.

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur (Gérard KARSENTY, 2005)



Pour décider les caractéristiques d'une pompe il est obligatoire de connaître :

- ✓ La nature du fluide à relever (*eaux usées ou eaux mélangées, eaux pluviales*) ;
- ✓ La hauteur de relevage ;
- ✓ Les pertes de charge de la tuyauterie (Compte tenu du diamètre, de la longueur, des coudes, des vannes...etc.) ;
- ✓ Le débit maximum à évacuer.

III-DRAINAGE DES SITES URBAINS :

1) Définition.

« Chaque secteur urbain a un réseau de drainage mineur et un réseau de drainage majeur, qu'ils soient planifiés ou non... La stratégie de conception et de mise en œuvre d'un réseau de drainage devrait tenir compte d'objectifs multiples et être élaborée par une équipe multidisciplinaire (intégrant les concepteurs des réseaux de drainage à ceux qui sont responsables de l'urbanisme, des transports et de l'environnement)²²... ».

Globalement, les sources de l'eau qui se trouve dans un terrain sont ; Les **précipitations** et la **nappe phréatique**. Cette eau est essentielle pour l'espèce végétale et de même importance pour la vie humaine, pourvu qu'elle ne soit pas en excès. En effet, l'eau qui provient des précipitations ainsi que des cours d'eau s'infiltre dans les sols jusqu'à la strate imperméable et s'accumule pour constituer la nappe phréatique. D'ailleurs, l'eau qui se trouve à faible profondeur (5m à 12 m) ne présente pas un risque pour les constructions, mais en revanche elle constituera une gêne si le niveau de la nappe atteindra une profondeur d'environ 1 m sous la couche finie, voire un danger inhérent si ce niveau est inférieur.

A noter : Le drainage consiste à retenir la nappe phréatique à une profondeur de manière elle ne présente pas un risque ; Il s'agit d'un « Rabattement » qui stabilise le niveau de l'eau.

2) L'usage du drainage.

Le drainage général est nécessaire dans le cas où la surface (strate) imperméable avoisine le niveau du terrain ou du sol constructible. On peut citer quelques exemples (*cf. figure n°49*) ;

- **Exemple des terrains en pente :**

L'eau de pluie suit naturellement la pente sur la couche imperméable ce qui peut provoquer des glissements et affaissements de terrain. C'est pour cette raison que lorsque le terrain naturel est en pente vers les constructions, il est plus que nécessaire de prévoir un drainage en amont pour éviter les infiltrations qui pourraient provoquer **le tassement** et **le glissement**.

- **Exemple des terrains en cuvette :** où l'eau s'accumule, le drainage est plus que recommandé.

- **Exemple des grandes surfaces planes :** légèrement revêtues (les aires de jeux, de détente, etc.)

3) Composition d'un système de drainage.

Un réseau de drainage est composé de ce qui suit :

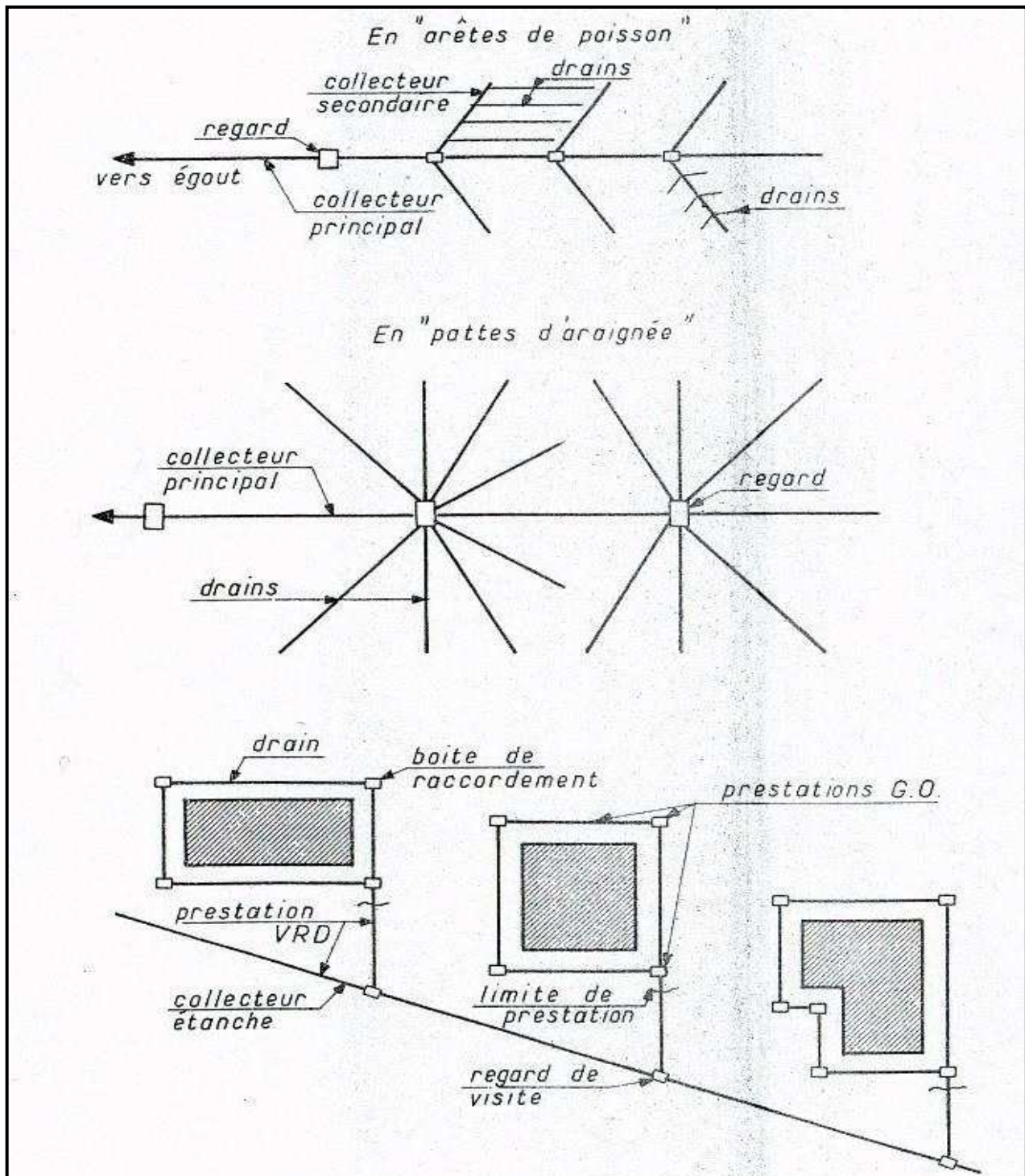
- Des rangées de tuyaux absorbants installés de façon régulière dans des tranchées (qui seront remblayées ultérieurement en terre perméable) et à une profondeur suffisante afin de rabaisser (rabattre) le niveau de la nappe ;

²² <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/pluviales/chap5.pdf>

- Un enrobage des tuyaux d'une épaisseur de **20 à 40 cm** à l'aide d'un gravillon de granulométrie uniforme qui a pour rôle le filtrage de l'eau ;
- Des collecteurs secondaires qui saisissent les drains (*tuyaux*) ;
- Un collecteur principal étanche auquel se raccordent le collecteurs secondaires ;
- Un exutoire naturel ou artificiel (rivière, égout, station de relevage...etc.)

Fig. 49 : Types de drainage des grandes surfaces.

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur (Gérard KARSENTY, 2005)



IV- EPURATION DES EAUX (TRAITEMENT DES EFFLUENTS) :

« Le **traitement des eaux usées** est l'ensemble des procédés visant à dépolluer l'eau usée avant son retour dans le milieu naturel ou sa réutilisation. Les eaux usées sont les eaux qui à la suite de leur utilisation domestique, commerciale ou industrielle sont de nature à polluer les milieux dans lesquels elles seraient déversées. C'est pourquoi, dans un souci de protection des milieux récepteurs, des traitements sont réalisés sur ces effluents collectés par le réseau d'assainissement urbain. L'objectif des traitements est de réduire l'impact des eaux usées sur l'environnement. Les eaux traitées sont parfois réutilisées. On parle de recyclage des eaux usées²³ ».

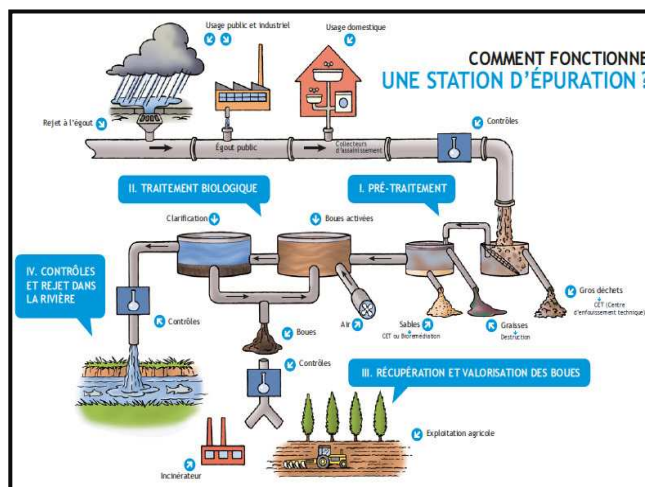
« Une **station d'épuration** est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte des effluents (eaux usées domestiques et urbaines et, par extension, les eaux usées industrielles ou agricoles) et juste en amont de la sortie des eaux qui seront épurées²⁴ ».

Photographie. 17 : **Station d'épuration.** Fig. 50 : **Schéma de fonction d'une station d'épuration.**

Source : https://www.encyclopedie-environnement.org/app/uploads/2018/06/eaux-usees_couv-station-epuration-antwerp-zuid.jpg



Source : https://www.inbw.be/sites/default/files/images/eaux_usees/3.2.5.1_rrseau.png



Le traitement des eaux est obligatoire avant tout rejet dans le milieu naturel. Dans le cas d'une agglomération ou un ensemble de constructions connectées à un réseau d'assainissement le traitement est de **type collectif**. Il est **autonome** quand une habitation ou un groupe de bâtisses ne peut pas être connecté au réseau d'assainissement. Généralement, le traitement des eaux passe par deux phases ; le **traitement physique** et le **traitement biologique**.

²³ https://fr.wikipedia.org/wiki/Traitement_des_eaux_us%C3%A9es

²⁴ <http://eduterre.ens-lyon.fr/nappe/html/Ressources/les%20stationsd-epuration>

1) Le traitement collectif.

On se réfère au traitement collectif lorsqu'une agglomération (*approximativement importante*) à l'obligation de collecter l'ensemble des eaux : eaux usées domestiques, pluviales et industrielles. En effet, ce type de traitement est abordé de manière différente, et ce, en fonction du type de réseau d'assainissement soit unitaire ou séparatif. Dans ce cas précis, on illustre quelques avantages et inconvénients :

Les avantages du traitement collectif : Parmi les avantages, on peut noter ;

- ✓ La collecte et l'éloignement rapide et continu des eaux usées ;
- ✓ L'amélioration des conditions d'hygiène collective et la réduction des risques sanitaires.
- ✓ Les possibilités d'adaptation du système de traitement des eaux aux technologies les plus avancées.

Les inconvénients du traitement collectif : Parmi les inconvénients, on peut noter ;

- ✓ Les difficultés qui peuvent être rencontrées dans les zones montagneuses ;
- ✓ Le mode de traitement requiert un entretien constant des installations ;
- ✓ L'importance des rejets après traitement vers un exutoire unique.

1.1) En réseau unitaire.

En réseau unitaire, le traitement collectif rassemble plusieurs phases ;

a) Le prétraitement :

Cette phase concerne l'élimination des déchets solides grossiers, des graviers, des sables ou des matières flottantes. Cette étape est réalisée dans **un dégrilleur, un dessableur et un séparateur** de liquides légers.

b) Le traitement primaire :

Le traitement primaire consiste en l'élimination des matières en suspension. Cette étape est réalisée dans **un décanteur** (*Séparation des matières des eaux usées sous l'influence de la gravité*).

c) Le traitement secondaire :

Le traitement secondaire concerne le traitement biologique.

d) Le rejet :

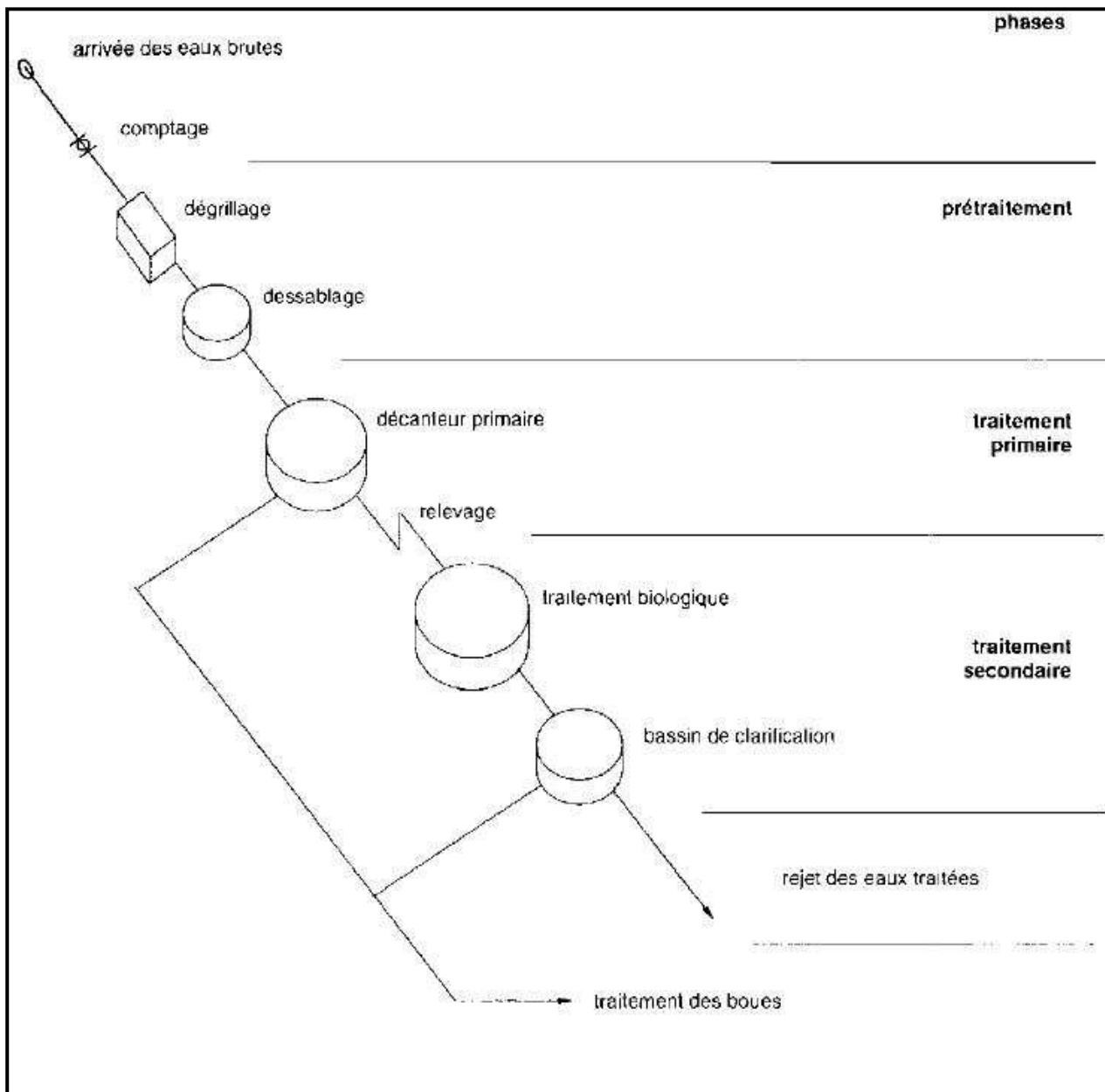
Le rejet des effluents doit s'effectuer à sur la base d'une autorisation délivrée par les autorités compétentes. Il est réalisé en un point précis du milieu récepteur.

1.2) En réseau séparatif.

En réseau séparatif, la dépollution des eaux pluviales s'appuie sur la retenue des matières en suspension et des hydrocarbures. En fonction de l'importance du flux, la canalisation (*filière*) est équipée de **dégrilleurs**, de **débourbeurs** (*élimination de boue*) et de **séparateurs** de liquides légers.

Fig. 51 : Principe du traitement collectif.

Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur (Gérard KARSENTY, 2005)



2) Le traitement non collectif (autonome).

Dans l'impossibilité de raccorder les constructions à un réseau d'assainissement collectif (reliefs non stables, bâtiments dispersés, ou autre contraintes). Un système de collecte et de traitement autonome des eaux usées est mis en place. On peut retenir deux principes relativement à ce type de traitement :

- Le traitement individuel pour une seule construction, pourvu qu'il se réalise sur la même parcelle où se trouve le bâtiment d'habitation ;
- Le traitement de type collectif privé recevant les eaux d'un groupe d'habitations, immeuble collectif ou lotissement, de type mini-station d'épuration.

TRAVAUX DIRIGES

TD N° 01 : TERRASSEMENTS GENERAUX

OBJECTIFS DU TD

Les travaux dirigés concernant le chapitre « *Terrassements Généraux (mouvement des terres)* » permettront aux étudiants d'appliquer les connaissances apprises (*enseignées*) pendant le cours théorique et d'acquérir également de nouvelles notions. L'objectif est ainsi faire connaître aux étudiants la détermination des différents volumes des terres lors des opérations de terrassement exécutés sur des grandes superficies (*en déblai ou en remblai*). D'un point de vue méthodologique, les étudiants travailleront individuellement sur des exercices d'application, encadré par l'enseignant (*explications et correction des exercices*).

A) Mouvement des terres :

EXERCICE (01)

Les figures suivantes représentent le schéma de principe du terrassement à réaliser ainsi qu'une perspective :

Fig. 52 : Vue en Plan (Schéma de terrassement)

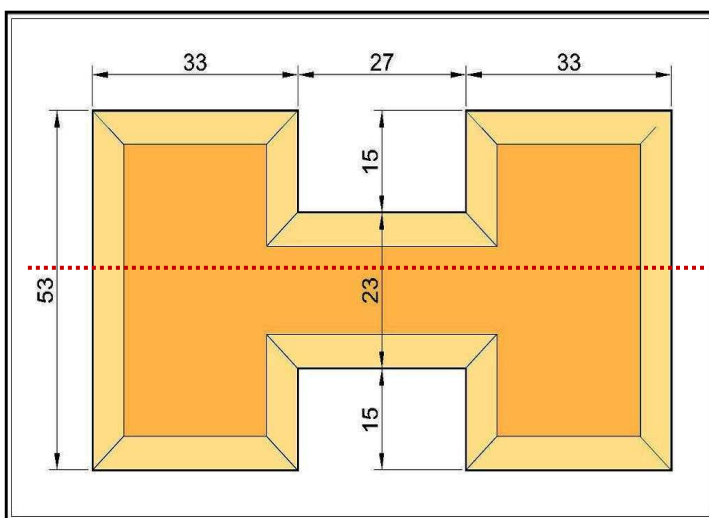
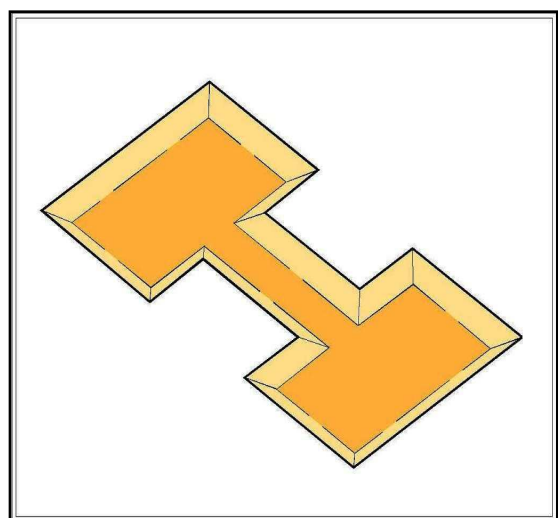


Fig.53 : Perspective



Les renseignements suivants servent d'appui aux schémas précédents :

- Taux d'augmentation de volume ou indice de foisonnement $1/m = 0,25$ et un taux de tassement de 0.17.
 - Hauteur de la fouille = 3,00 m
 - Pente : 2 pour 1
1. **Dessiner la coupe transversale –AA- (l'échelle doit correspondre à celle de la vue en plan)**
 2. **Démontrer la nature du sol ?**
 3. **Calculer le volume de la fouille en place ?**
 4. **Déterminer V1 (Volume foisonné) ?**
 5. **Déterminer V2 (Volume compacté) ?**

EXERCICE (02)

On considère un volume de terre en Place $V_O = 2500 \text{ m}^3$, sachant que ce matériau a un foisonnement de **10%** et un tassement de **8%**. Il vous demande ainsi de ;

1- Déterminer les coefficients « F » et « T » ?

2- Déterminer V1 (volume foisonné) et V2 (volume compacté) ?

Rappel Le tableau suivant consigne quelques valeurs de coefficients de Foisonnement pour différents type de sols.

Tableau : Densité des principaux matériaux utilisés dans les travaux publics (en tonne par mètre cube)

Source : <https://www.wikip.fr/meacutetreacutes-et-cubatures/densite-de-materiaux>

MATERIAU		Densité		Coeff de foison.
		Foisonné T/m3	En place T/m3	
Limon		1,25	1,7	1,36
tourbe		0,56	0,66	1,18
Argile:	en depot naturel	1,66	2,02	1,22
	sèche	1,48	1,84	1,24
	mouillée	1,66	2,08	1,25
argile et gravier:	secs	1,42	1,66	1,17
	mouillés	1,54	1,84	1,17
Roche décomposée:	75% roche 25% terre	1,96	2,79	1,42
	50% roche 50% terre	1,72	2,28	1,33
	25% roche 75% terre	1,57	1,96	1,25
Terre sèche:	tassée	1,51	1,9	1,25
	mouillée	1,6	2,02	1,26
	limoneuse	1,25	1,54	1,24
Granit fragmentée		1,66	2,73	1,64
Gravier:	tout venant	1,93	2,17	1,12
	ses	1,51	1,69	1,12
	sec de 6 à 50 mm	1,69	1,9	1,12
	mouillé de 6 à 50 mm	2,02	2,26	1,12
Gypse:	fragmenté	1,81	3,17	1,75
	broyé	1,6	2,79	1,75
Roche calcaire fragmentée		1,54	2,61	1,69
Minerai de fer		1,81-2,79	2,13-3,26	1,17
Sable:	sec, foisonné	1,42	1,6	1,12
	humide	1,69	1,9	1,12
	mouillée	1,84	2,08	1,12
Sable et argile foisonnée		1,6	2,02	1,26
Sable et gravier:	secs	1,72	1,93	1,12
	mouillés	2,02	2,23	1,1
Grès		1,51	2,52	1,67
Laitier fragmenté		1,75	2,94	1,67
Neige:	Sèche	0,13		
	Mouillée	0,52		
Pierre concassée		2,6	2,67	1,67
Terre végétale		0,95	1,37	1,42
Ciment		1	3	3
Enrobés		2,2	2,4	1,09

CORRIGE DU TD N° 01:**SOLUTION DE L'EXERCICE (01)**

- 1- Dessiner la coupe transversale –AA- (l'échelle doit correspondre à celle de la vue en plan)



- 2- Démontrer la nature du sol ?

Pente 2 pour 1 → Sol résistant

- 3- Calculer le volume de la fouille en place ?

3.1 Calcul des cubes

$$R_1 (33,00 \times 53,00 \times 3,00) + R_2 (27,00 \times 53,00 \times 3,00) + R_3 (33,00 \times 53,00 \times 3,00) = 5247 + 4293 + 5247 = 14\,787,00 \text{ m}^3$$

3.2 Calcul des triangles en volume

$$(1,50 \times 3,00 / 2) \times T_1 (33,00 + 33,00 + 53,00 + 15,00 + 15,00 + 1,50 + 1,50) + T_2 (27,00 + 27,00) + T_3 (33,00 + 33,00 + 53,00 + 15,00 + 15,00 + 1,50 + 1,50) = 2,25 \times 358,00 = 805,50 \text{ m}^3$$

3.3 Calcul du volume de la fouille en place

$$V_0 = 14\,787,00 - 805,50 = 13\,981,50 \text{ m}^3$$

- 4- Déterminer V1 (Volume foisonné) ?

Coefficient de foisonnement $(1 + 1/m) = (1 + 0,25) \rightarrow Fi = 1,25$

$$V_1 = V_0 \times Fi = 13\,981,50 \times 1,25 = 17\,476,875 \rightarrow V_1 \text{ (volume foisonné)} = 17\,476,875 \text{ m}^3$$

- 5- Déterminer V2 (Volume compacté) ?

Coefficient de tassement $(1 - t) = (1 - 0,17) \rightarrow T = 0,83$

$$V_2 = V_1 \times T = 17\,476,875 \times 0,83 = 14\,505,806 \text{ m}^3 \rightarrow V_2 \text{ (volume compacté)} = 14\,505,806 \text{ m}^3$$

SOLUTION DE L'EXERCICE (02)

$V_1 = V_0 (1 + 1/m) = V_0 \times Fi$ avec: $1/m$ = taux d'augmentation de volume ou indice de foisonnement.

$V_2 = V_1 (1 - t) = V_1 \times T$ avec : T = Coefficient de tassement des déblais.

Nota : Le foisonnement des sols est très variable suivant sa nature.

- 1- Détermination des coefficients « F » et « T ».

Coefficient de foisonnement $(1 + 1/m) = (1 + 0,1) \rightarrow Fi = 1,10$

Coefficient de tassement $(1 - t) = (1 - 0,08) \rightarrow T = 0,92$

- 2- Déterminer V1 (volume foisonné) et V2 (volume compacté) ?

$$V_1 = V_0 \times Fi = 2500 \times 1,10 = 2750 \text{ m}^3 \rightarrow V_1 \text{ (volume foisonné)} = 2750 \text{ m}^3$$

$$V_2 = V_1 \times T = 2750 \times 0,92 = 2530 \text{ m}^3 \rightarrow V_2 \text{ (volume compacté)} = 2530 \text{ m}^3$$

TD N° 02 : TERRASSEMENTS GENERAUX (SUITE)

B) Pente des Talus, remblais ou déblais, blindage des fouilles :

EXERCICE (03)

On excave une tranchée* (**excavation longue et étroite*) de **200 ml** pour le passage de canalisations. D'après la nature du sol, on connaît les paramètres suivants :

- Taux d'augmentation de volume ou indice de foisonnement **1/m=0,30** et un taux de tassement de **0,19**.

On suppose que le remblaiement se fait entièrement avec le même sol ;

1- Situation n°01 : Calculer le volume excédent en cas de remblaiement total (sans canalisation) ?

2- Situation n°02 : Calculer le volume excédent en cas de remblaiement total après la pose de la buse (canalisation) d'un diamètre de 0,40m ?

Fig. 54 : Tranchée sans canalisation (S01)

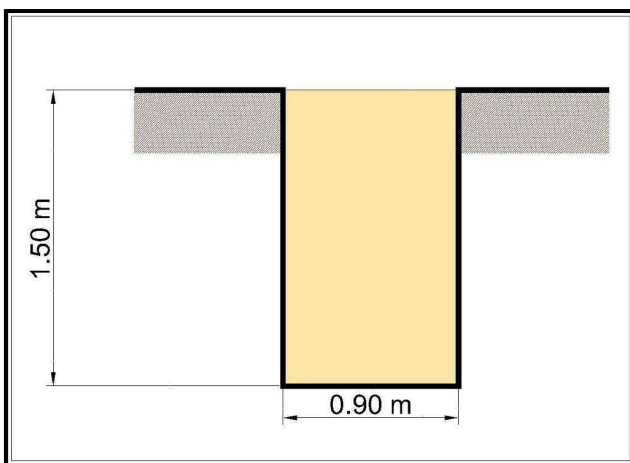
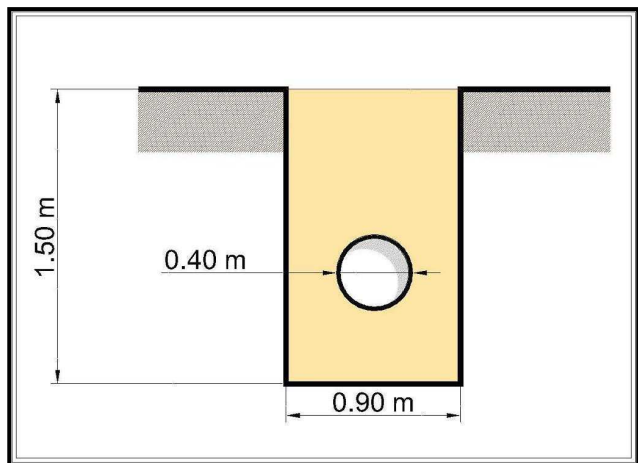


Fig.55 : Tranchée comprenant canalisation (S02)



Photographie. 18 : Excavation d'une tranchée

Source : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/>



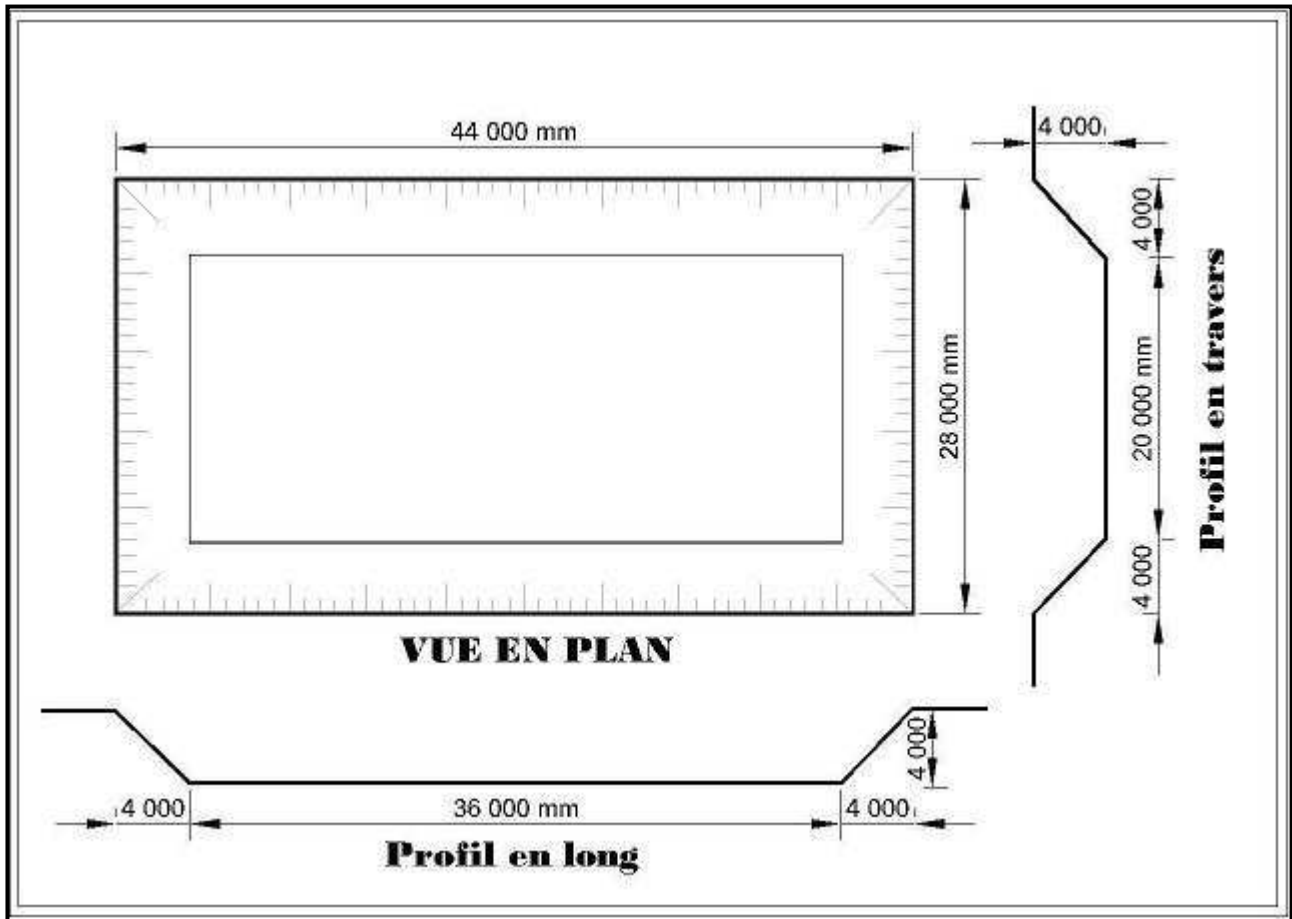
Photographie. 19 : Pose d'une canalisation

Source : <https://www.mailleraye.fr>

EXERCICE (04)

Les schémas suivants représentent une fouille à réaliser (à excaver) ainsi que les profils en long et en travers :

Fig. 56 : Schémas d'excavation de la fouille (Vue en plan et profils en long et en travers).



On vous donne les renseignements suivants :

- Taux d'augmentation de volume ou indice de foisonnement $1/m=0,10$ et un taux de tassement de $0,08$

- 1) *Quelle est la classification qu'on peut donner au sol ?*
- 2) *Calculer le volume de la fouille talutée (en appliquant la formule des trois niveaux) ?*
- 3) *Déterminer V_1 (Volume foisonné) ?*
- 4) *Déterminer V_2 (Volume compacté) et le volume excédent en cas de remblaiement total de la fouille ?*
- 5) *Prenons le cas d'une argile pour laquelle $C=2 \text{ t/m}^2$ et le poids volumique $= 2 \text{ t/m}^3$ et le sable argileux pour lequel $C=1,7 \text{ t/m}^2$ et le poids volumique $= 1,8 \text{ t/m}^3$; quelle est la hauteur critique de la fouille (à parois verticales) sans blindage dans les deux cas ?*

C la cohésion ; Paramètre propre au sol concerné et donné par le rapport du sol exprimé en (t/m^2) .

γ Poids volumique du sol concerné exprimé en (t/m^3) .

CORRIGE DU TD N° 02:**SOLUTION DE L'EXERCICE (03)**

On a un indice de foisonnement $1/m=0,30$ un taux de tassement $t = 0,19$ et une tranchée de 200 ml.

1- **Situation n°01 :** Calculer le volume excédent en cas de remblaiement total (sans canalisation) ?

- V_0 (Volume de la fouille en place) = $(l \times h) \times L = (0,90 \times 1,50) \times 200,00 = 270,000 \text{ m}^3$.
- V_1 (Volume foisonné) = $V_0 (1 + 1/m) = 270,00 (1 + 0,30) = 351,000 \text{ m}^3$.
- V_2 (Volume compacté) = $V_1 (1 - t) = 351,00 (1 - 0,19) = 284,310 \text{ m}^3$.
- V_{ex} (Volume excédent en cas de remblaiement total sans canalisation) = $V_2 - V_0 = 284,310 - 270,000 = 14,310 \text{ m}^3 \rightarrow V_{ex} = \underline{14,310 \text{ m}^3}$

2- **Situation n°02 :** Calculer le volume excédent en cas de remblaiement total après la pose de la buse (canalisation) d'un diamètre de 0,40m ?

- V_{ex} (Volume excédent en cas de remblaiement total sans canalisation) = $14,310 \text{ m}^3$.
- V_{can} (Volume canalisation) = $(\pi \times r^2) \times L = (3,14 \times 0,20^2) \times 200,00 = 25,120 \text{ m}^3$.
- $V_{ex'}$ (Volume excédent en cas de remblaiement total après la pose de la canalisation) = $V_{ex} + V_{can} = 14,310 \text{ m}^3 + 25,120 \text{ m}^3 \rightarrow V_{ex'} = \underline{39,430 \text{ m}^3}$

SOLUTION DE L'EXERCICE (04)

On a un Taux d'augmentation de volume $1/m=0,10$ et un taux de tassement $t = 0,08$

1) **Quelle est la classification qu'on peut donner au sol ?**

Les profils en long et en travers du schéma d'excavation de la fouille représentent un talutage de 4,00m/4,00m soit un rapport de pente de 1 pour 1 signifiant un sol ébouleux (Qui s'éboule facilement).

2) **Calculer le volume de la fouille talutée (en appliquant la formule des trois niveaux) ?**

Application de la formule des trois niveaux ; $V_f = h/6 (S_0 + 4S_1 + S_2)$ dont ;

V_f : Volume de la fouille, h : Hauteur de la fouille, S_0 : Surface du fond de fouille, S_1 : Surface à mi-hauteur, S_2 : Surface du haut de fouille.

- S_0 fond de fouille = $(36,000 \times 20,000) = 720,00 \text{ m}^2$
- S_1 mi-hauteur = $(40,000 \times 24,000) = 960,00 \text{ m}^2$
- S_2 haut de fouille = $(44,000 \times 28,000) = 1232,00 \text{ m}^2$

$V_{\text{fouille talutée en place}} = h/6 (S_0 + 4S_1 + S_2) = 4,00/6 (720,00 + 4 \times 960,00 + 1232,00) = 3861,333 \text{ m}^3$.

$\rightarrow V_0$ fouille talutée en place = $3861,333 \text{ m}^3$.

3) **Déterminer V_1 (Volume foisonné) ?**

- V_1 (Volume foisonné) = $V_0 (1 + 1/m) = 3861,333 (1 + 0,10) = 4247,466 \text{ m}^3$.

4) **Déterminer V_2 (Volume compacté) et le volume excédent en cas de remblaiement total de la fouille ?**

- V_2 (Volume compacté) = $V_1 (1 - t) = 4247,466 (1 - 0,08) = 3907,668 \text{ m}^3$.
- V_{ex} (Volume excédent) = $V_2 - V_0 = 3907,668 - 3861,333 = 46,335 \text{ m}^3$.

5) **Cas d'une argile pour laquelle $C=2 \text{ t/m}^2$ et le poids volumique = 2 t/m^3 et le sable argileux pour lequel $C=1,7 \text{ t/m}^2$ et le poids volumique = $1,8 \text{ t/m}^3$; quelle est la hauteur critique de la fouille (à parois verticales) sans blindage dans les deux cas ?**

- **Cas de l'argile :** $C=2 \text{ t/m}^2$ et $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$ Sachant que $H_{\text{critique}} = (\pi + 2) C / \gamma$ on aura alors ;

$$H_{critique} = (\pi + 2) C / \gamma = (3,14 + 2) \times 2 / 2 = 5,14 \text{ m} \rightarrow H_{critique} = 5,14 \text{ m (Cas d'une argile)}.$$

➤ Cas du sable argileux: $C = 1,7 \text{ t/m}^2$ et $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$ on aura alors ;

$$H_{critique} = (\pi + 2) C / \gamma = (3,14 + 2) \times 1,7 / 1,8 = 4,85 \text{ m} \rightarrow H_{critique} = 4,85 \text{ m (Cas d'un sable argileux)}.$$

TD N° 03 : TERRASSEMENTS GENERAUX (SUITE)

C) Murs de soutènement et blindage des fouilles :

OBJECTIFS DU TD

Les travaux dirigés concernant *les murs de soutènement et le blindage des fouilles* permettront aux étudiants d'appliquer les connaissances acquises dans les cours théoriques ainsi d'appliquer l'ensemble des moyens (techniques) apprises pour assurer la stabilité et la résistance des parois, à partir d'une certaine hauteur, lors de l'excavation des différents types de tranchées pour les travaux d'aménagement dans le domaine de la construction et de l'urbanisme. L'objectif est ainsi faire connaître aux étudiants les fonctions, la réglementation et les techniques relatives au blindage des fouilles et la réalisation des murs de soutènement.

EXERCICE (05)

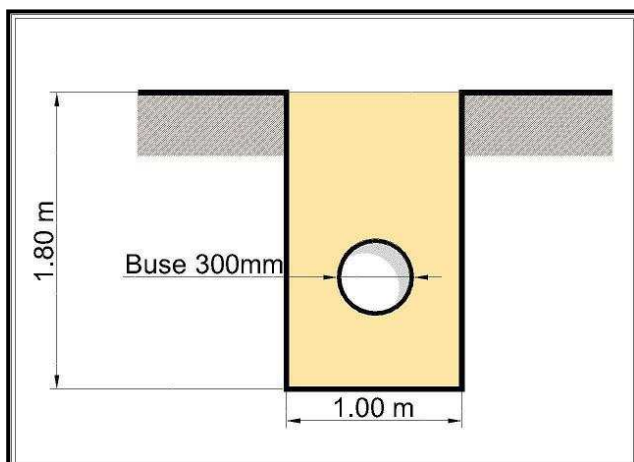
On excave une tranchée de **280 ml** pour le passage de canalisation. D'après le rapport de sol (étude géotechnique), on connaît les paramètres suivants ;

- L'excavation se fait dans une terre argileuse dont, le foisonnement **F = 1,25** et un tassement **T = 0.83**.
- Le poids volumique du terrain est **1600 kg/m³** et une cohésion **C = 1100 kg/m²**.

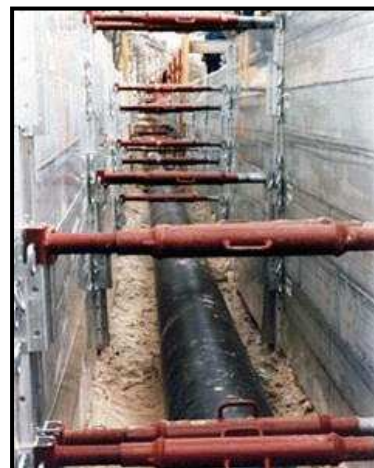
On suppose que le remblaiement se fait entièrement avec le même sol.

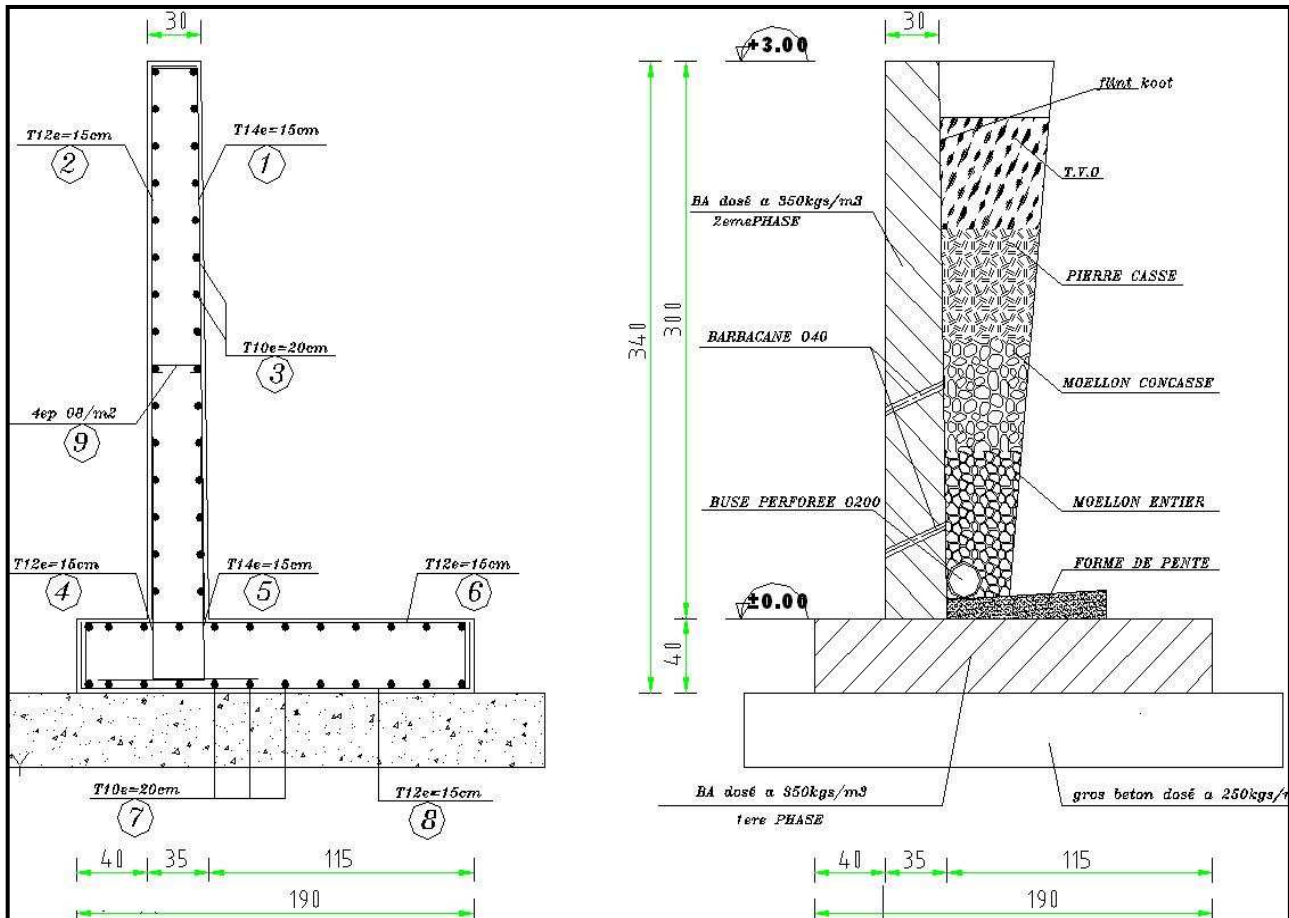
- 1) *Calculer le volume excédent en cas de remblaiement total après la pose de la canalisation ?*
- 2) *Quelle est la hauteur critique de la fouille (à parois verticales) sans blindage ?*
- 3) *Quels sont les systèmes de blindage qu'on peut utiliser pour ce cas d'étude ?*

Fig.57: Schéma d'excavation d'une Tranchée comprenant une canalisation (buse)



Photographie. 20 : Blindage tranchée
Source : <http://accessoireelectronique.blogspot.com/>



EXERCICE (06)**Fig.58: Composition d'un mur de soutènement et détails de drainage.****CORRIGE DU TD N° 03:****SOLUTION DE L'EXERCICE (05)**

On a une tranchée de **280 ml**, dans une terre argileuse, un foisonnement **F=1,25** et un tassement **T = 0,83**. Le poids volumique du terrain est **1600 kg/m³** et une cohésion **C= 1100 kg/m²**.

1) Calculer le volume excédent en cas de remblaiement total après la pose de la canalisation ?

- V_0 (Volume en place) = $(1,00 \times 1,80) \times 280,00 = 504,000 \text{ m}^3$.
- V_1 (Volume foisonné) = $V_0 \times F = 504,000 \times 1,25 = 630,000 \text{ m}^3$.
- V_2 (Volume compacté) = $V_1 \times T = 630,000 \times 0,83 = 522,900 \text{ m}^3$.
- V_{can} (Volume canalisation) = $(\pi \times r^2) \times L = (3,14 \times 0,15^2) \times 280,00 = 19,782 \text{ m}^3$.
- V_{ex} (Volume excédent à évacuer) = $(V_2 - V_0) + V_{\text{can}} = (522,900 - 504,000) + 19,782$
- ➔ V_{ex} (Volume excédent à évacuer) = **38,682 m³**

2) Quelle est la hauteur critique de la fouille (à parois verticales) sans blindage ?

$$H_{\text{critique}} = (\pi + 2) C / \gamma = (3,14 + 2) \times 1100 / 1600 = 3,53 \text{ m} \rightarrow H_{\text{critique}} = 3,53 \text{ m}$$

(Cas d'une argile).

3) *Quels sont les systèmes de blindage qu'on peut utiliser pour ce cas d'étude ?*

Au-delà de cette hauteur, l'opération impose **un blindage ou un étaielement**. Pour une fouille en tranchée $H > 1,50\text{m}$ le blindage est effectué à l'aide de l'un des systèmes suivants :

- **Un platelage jointif ou non jointif**, maintenu en place par des raidisseurs et des butons prenant appui de paroi à paroi.

SOLUTION DE L'EXERCICE (06)

Les murs de soutènements sont des constructions ayant pour objet de prévenir l'effondrement et le glissement des terres. Essentiellement employés ; en zones urbaines (*Photographie n°04*) afin de minimiser l'emprise des talus naturels, en vue de réaliser des constructions, des chaussées ou des ouvrages d'art. Ou bien, en zones montagneuses (*Photographie n°05*) pour sécuriser les voies de communications routières contre le risque d'éboulement des terres en particulier en talus raides. Dès lors, il est proposé aux étudiants **cet exercice** qui se limite à traiter **la composition d'un mur de soutènement et les détails de drainage**. De plus, les travaux dirigés concernant cet élément (*murs de soutènement*) sont renforcés par des travaux de recherche remis individuellement par les étudiants sous forme de fiches techniques.

Photographie. 21 : Ouvrage de soutènement en zone urbaine.

Source : <https://images.lanouvellerepublique.fr/image/>



Photographie. 22 : Ouvrage de soutènement en zone montagneuse.

Source : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images>



TD N° 04 : EVACUATION DES EAUX

A) Assainissement :

OBJECTIFS DU TD

L'assainissement revêt des aspects très complexes, à la fois techniques, sanitaires, écologiques, législatifs et économiques ⁽²⁵⁾. Les travaux dirigés concernant *l'évacuation des eaux plus précisément l'assainissement* permettront aux étudiants d'appliquer les formules apprises en matière de dimensionnement des canalisations qui se fait généralement suivant les quantités d'eau (débit) à évacuer.

EXERCICE (07)

De l'eau circule dans une conduite de **30 mm** de diamètre, avec une vitesse de **8m/s**, sachant que la masse volumique de l'eau est **10³ kg/m³**.

1) *Calculer le débit volumique et le débit massique qui traverse cette conduite ?*

EXERCICE (08)

De l'eau circule à travers un tube **AB** de diamètre **d₁=1,1m**, avec une vitesse d'écoulement **V₁= 3,5m/s**, l'eau traverse un deuxième tube **BC** de diamètre **1,6m**. Au point **C** le tube se divise en deux branches ; Une branche **CD** de diamètre **0,9m** transporte le tiers (1/3) du débit passant par **AB**. La vitesse d'écoulement dans la branche **CE** ; **V₄= 3m/s**.

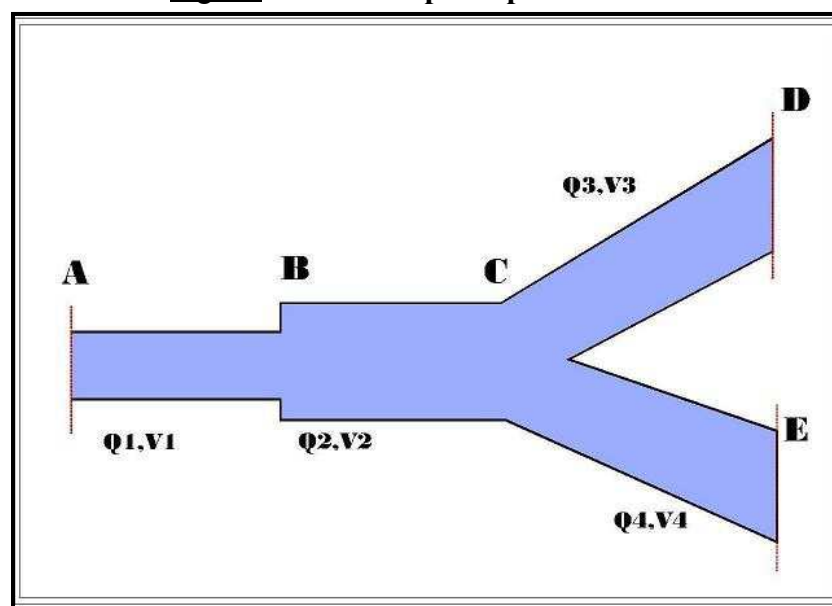
1) *Calculer le débit Q₁ (Section AB) ?*

2) *Calculer la vitesse V₂ dans la section BC ?*

3) *Calculer la vitesse V₃ dans la section CD ?*

4) *Calculer le diamètre de la section CE ?*

Fig.59: Schéma de principe du réseau.



²⁵ BOURRIER, R. SATIN, M. SELMI, B. (2017), « Guide technique de l'assainissement : Collecte, épuration, conception, exploitation », 5^e édition, Édition LE MONITEUR, FRANCE, P15.

CORRIGE DU TD N° 04:

SOLUTION DE L'EXERCICE (07)

On a une conduite de Ø 30 mm, vitesse d'écoulement = 8m/s, masse volumique de l'eau = 10^3 kg/m^3 .

1) Calculer le débit volumique et le débit massique qui traverse cette conduite ?

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = S \text{ (m}^2\text{)} \times V \text{ (m/s)}$$

➤ Calcul de la section de la conduite : $S = \pi d^2/4 = \pi (30 \times 10^{-3})^2/4 = 7,065 \times 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)}$

➤ Calcul du débit volumique : $Q \text{ (m}^3\text{/s)} = S \text{ (m}^2\text{)} \times V \text{ (m/s)} = 7,065 \times 10^{-4} \times 8 = 56,520 \times 10^{-4} \text{ (m}^3\text{/s)}.$

➤ Calcul du débit massique : $Q \text{ (kg/s)} = Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times \text{masse volumique de l'effluent (eau)} = 56,520 \times 10^{-4} \text{ (m}^3\text{/s)} \times 10^3 \text{ (kg/m}^3\text{)} = 5,652 \text{ (kg/s)}.$

SOLUTION DE L'EXERCICE (08)

Données :

- AB ($d_1=1,1\text{m}$) ($V_1=3,5\text{m/s}$).
- BC ($d_2=1,6\text{m}$) (Au point C le tube se divise en deux branches).
- CD ($d_3=0,9\text{m}$) ($Q_{CD} = 1/3 Q_{AB}$).
- $V_4 \text{ (CE)} = 3\text{m/s}$.

1) Calculer le débit Q_1 (Section AB) ?

$$Q_1 \text{ (Section AB)} = S_1 \times V_1 = \pi d_1^2/4 \times V_1 = \pi (1,1)^2/4 \times 3,5 \rightarrow Q_1 \text{ (Section AB)} = 3,32 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

2) Calculer la vitesse V_2 dans la section BC ?

Cas de fluide incompressible $\gamma_1 = \gamma_2 \rightarrow$ Equation de continuité $\gamma_1 \times S_1 \times V_1 = \gamma_2 \times S_2 \times V_2 = Q$

$$Q_1 \text{ (Section AB)} = Q_2 \text{ (Section BC)} = 3,32 \text{ (m}^3\text{/s)} \text{ Donc : } V_2 = Q_2 / S_2 = Q_2 / \pi d_2^2/4 = 3,32 / \pi 1,6^2/4 \rightarrow V_2 = 1,65 \text{ m/s.}$$

3) Calculer la vitesse V_3 dans la section CD ?

$$Q_3 \text{ (Section CD)} = 1/3 Q_1 \text{ (Section AB)} = 1/3 \times 3,32 = 1,11 \text{ (m}^3\text{/s)}, V_3 = Q_3 / S_3 = Q_3 / \pi d_3^2/4 = 1,11 / \pi 0,9^2/4 \rightarrow V_3 = 1,74 \text{ m/s.}$$

4) Calculer le diamètre de la section CE ?

$$Q_4 \text{ (Section CE)} = S_4 \times V_4 \rightarrow Q_4 \text{ (Section CE)} = Q_1 \text{ (Section AB)} - 1/3 Q_1 \text{ (Section AB)} = 2/3 Q_1 \text{ (Section AB)} = (2/3) 3,32 = 2,24 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$S_4 = Q_4 \text{ (Section CE)} / V_4 = 2,24 \text{ (m}^3\text{/s)} / 3 \text{ (m/s)} = 0,75 \text{ m}^2 = \pi d_4^2/4 \rightarrow d_4 = \sqrt{0,75 \times 4 / 3,14} = 0,97\text{m} \text{ ou } Q_4 \text{ (Section CE)} = \pi d_4^2/4 \times V_4 \rightarrow d_4^2 = Q_4 \times 4 / \pi \times V_4 = 2,24 \times 4 / 3,14 \times 3 = 0,95\text{m} \rightarrow d_4 = \sqrt{0,95} = 0,97\text{m.}$$

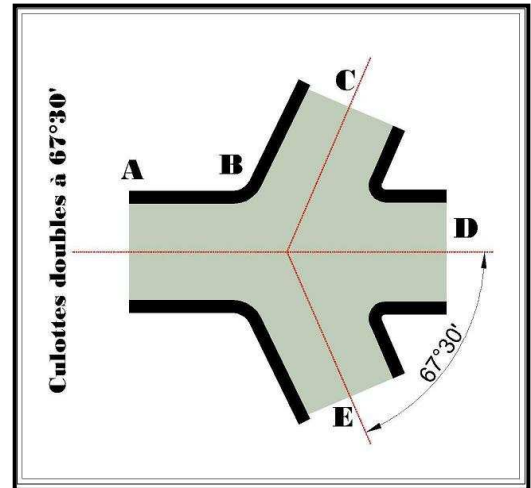
TD N° 05 : EVACUATION DES EAUX (SUITE)

EXERCICE (09)

De l'eau circule à travers une canalisation **AB** de diamètre $d_1 = 300$ mm, avec une vitesse d'écoulement $V_1 = 6$ m/s. au point **B** la canalisation se divise en 03 branches (Culottes doubles) dont le débit Q_1 est uniformément répartie :

Fig.60: Culottes doubles à $67^\circ 30'$

- Une branche **BC** de **250mm** de diamètre
- Une branche **BD** de **200mm** de diamètre
- La vitesse d'écoulement dans la branche **BE** est **4m/s**



- 1) Calculer le débit Q_1 (Section AB) ?
- 2) Calculer la vitesse V_2 dans la section BC ?
- 3) Calculer la vitesse V_3 dans la section BD ?
- 4) Calculer le diamètre de la section BE ?

EXERCICE (10)

Si **80 litres** d'eaux usées sont déchargées d'un bassin en **50 secondes** (50 S).

- 1) Trouver le débit de déchargement en (m³/s) ?

Si le déchargement prend place à travers un tube de diamètre $d = 40$ mm.

- 2) Trouver la vitesse V (moyenne) dans le tube ?

EXERCICE (11)

Une gaine de section trapézoïdale (forme de trapèze) avec les dimensions : $a = 0,68$ m, $b = 0,86$ m, $H = 0,6$ m. Le débit Q égale à **0,41** (m³/s).

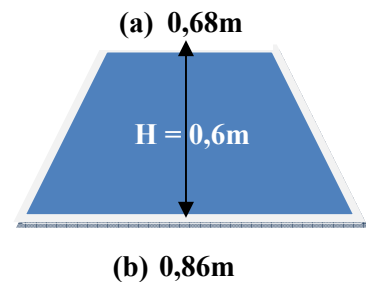
- 1) Déterminer la vitesse V (Vitesse Moyenne) dans la gaine ?

Si cette gaine est réduite de **70%** de la section initiale en

Fig.61: Gaine de section trapézoïdale

Conservant les dimensions b et H .

- 2) Quelle serait la vitesse moyenne, si on suppose que la densité de l'eau reste la même (constante) ?



Donnée : ρ est $1,23$ kg/m³.

CORRIGE DU TD N° 05:

SOLUTION DE L'EXERCICE (09)

Données :

- Section AB $d_1 = 300 \text{ mm} / V_1 = 6 \text{ m/s}$.
- La canalisation se divise en 03 branches dont Q_1 est uniformément répartie
- Section BC $d_2 = 250 \text{ mm}$.
- Section BD $d_3 = 200 \text{ mm}$.
- Section BE $d_4 = ? / V_4 = 4 \text{ m/s}$.

1) Calculer le débit Q_1 (Section AB) ?

$$Q_1 \text{ (Section AB)} = S_1 \times V_1 = \pi d_1^2 / 4 \times V_1 = \pi 0,30^2 / 4 \times 6 = 0,423 \Rightarrow Q_1 \text{ (Section AB)} = 0,423 (\text{m}^3/\text{s}).$$

2) Calculer la vitesse V_2 dans la section BC ?

Au point B la canalisation se divise en 03 branches dont le débit Q_1 est uniformément répartie ce qui implique que $Q_2 \text{ (Section BC)} = 1/3 Q_1 \text{ (Section AB)} / Q_3 \text{ (Section BD)} = 1/3 Q_1 \text{ (Section AB)}$

$$Q_4 \text{ (Section BE)} = 1/3 Q_1 \text{ (Section AB)} = 0,141 (\text{m}^3/\text{s}).$$

$$Q_2 \text{ (Section BC)} = S_2 \times V_2 = \pi d_2^2 / 4 \times V_2 \Rightarrow V_2 = Q_2 / S_2$$

$$S_2 = \pi d_2^2 / 4 = 3,14 \times (0,25)^2 / 4 = 0,049 \text{ m}^2$$

$$V_2 = 0,141 / 0,049 \Rightarrow V_2 = 2,88 \text{ m/s}.$$

3) Calculer la vitesse V_3 dans la section BD ?

$$Q_3 \text{ (Section BD)} = S_3 \times V_3 = \pi d_3^2 / 4 \times V_3 \Rightarrow V_3 = Q_3 / S_3$$

$$S_3 = \pi d_3^2 / 4 = 3,14 \times (0,20)^2 / 4 = 0,031 \text{ m}^2$$

$$V_3 = 0,141 / 0,031 \Rightarrow V_3 = 4,55 \text{ m/s}.$$

4) Calculer le diamètre de la section BE ?

$$Q_4 \text{ (Section BE)} = S_4 \times V_4 \Rightarrow S_4 = Q_4 / V_4$$

$$S_4 = 0,141 / 4 = 0,035 \text{ m}^2.$$

$$S_4 = \pi d_4^2 / 4 = 0,035 \Rightarrow d_4 = \sqrt{4 \times S_4 / \pi} = \sqrt{4 \times 0,035 / 3,14} \Rightarrow d_4 = 0,21 \text{ m} = 210 \text{ mm}.$$

SOLUTION DE L'EXERCICE (10)

Données :

- 80 litres d'eaux usées déchargées.
- T = 50 secondes (50 S).

1) Trouver le débit de déchargement en (m³/s) ?

On a $Q = 80 \text{ l/s}$ et un temps de déchargement de 50 S, en appliquant la règle de trois ;

$$1 \text{ m}^3 \text{ -----} \rightarrow 10^3 \text{ ou } 1000 \text{ litres.}$$

$$x \text{ -----} \rightarrow 80 \text{ litres.}$$

$$x = 80 \times 1 / 10^3 \Rightarrow x = 80 \times 10^{-3} (\text{m}^3)$$

$$\Rightarrow Q = 80 \times 10^{-3} / 50 \text{ secondes} = 1,6 \times 10^{-3} (\text{m}^3/\text{s}).$$

2) Trouver la vitesse V (moyenne) dans le tube ?

$$Q = S \times V \Rightarrow V = Q/S \quad S = \pi d^2 / 4 = \pi 0,04^2 / 4 = 1,256 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V = Q/S = 1,6 \times 10^{-3} (\text{m}^3/\text{s}) / 1,256 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \Rightarrow V_{\text{(moyenne)}} = 1,27 \text{ m/s}.$$

SOLUTION DE L'EXERCICE (11)**Données :**

- Une gaine de section trapézoïdale (**a = 0,68m, b = 0,86m, H = 0,6m**).
- **Q = 0,41 (m³/s)**.

1) Déterminer la vitesse *V* (Vitesse Moyenne) dans la gaine ?

$$Q = S \times V_{\text{(moyenne)}} \Rightarrow V_{\text{(moyenne)}} = Q/S$$

$$S = (a+b) \times H / 2 = (0,68 + 0,86) \times 0,6 / 2 = 0,46 \text{ m}^2.$$

$$V_{\text{(moyenne)}} = 0,41 \text{ (m}^3/\text{s)} / 0,46 \text{ (m}^2\text{)} = 0,891 \text{ m/s} \rightarrow V_{\text{(moyenne)}} = \mathbf{0,89 \text{ m/s}}$$

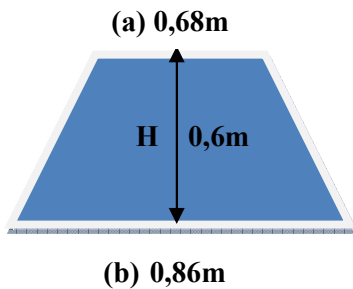
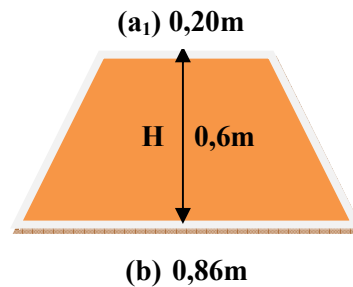
2) Quelle serait la vitesse moyenne, si on suppose que la densité de l'eau reste la même (constante) ?

$$S_1 = 70\% S \rightarrow S_1 = 70 \times 0,46 / 100 = 0,32 \text{ m}^2.$$

$$S_1 = (a_1+b) \times H/2 \rightarrow 0,32 = (a_1 + 0,86) \times 0,6 / 2 \rightarrow a_1 + 0,86 = 1,06 \rightarrow a_1 = 1,06 - 0,86 = \mathbf{0,20m}.$$

$$Q = S_1 \times V_{1 \text{ (moyenne)}} \Rightarrow V_{1 \text{ (moyenne)}} = Q/S_1 \rightarrow V_{1 \text{ (moyenne)}} = 0,41 \text{ (m}^3/\text{s)} / 0,32 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$V_{1 \text{ (moyenne)}} = \mathbf{1,28 \text{ m/s}}$$

Fig.62: Gaine de section trapézoïdale (S)**Fig.63: Gaine de section trapézoïdale (S₁)**

Exposés & Travaux personnels des étudiants

EXPOSE N°01 – Thème : Voirie Urbaine.

I- Structure de l'exposé :

Le plan de travail de l'exposé (Voirie Urbaine) traitera les éléments suivants :

- ✓ Généralité sur la voirie urbaine (*Présentation, Typologie, étendue et nature des zones desservies, modes de financement....*) ;
- ✓ Classification des voies urbaines (*forme et hiérarchisation du réseau en milieu urbain*) ;
- ✓ Eléments d'études de la circulation urbaine (*Circulation prévisible en milieu urbain, évolution des divers modes de transport...*) ;
- ✓ Travaux de terrassement et calcul des cubatures ;
- ✓ Le tracé des voies (*Tracé en plan, profils, trottoirs et allées piétonnières...*).

II- Mode d'évaluation :

Concernant l'évaluation des exposés ou autrement dit les travaux des étudiants, elle se fait à partir des présentations accompagnées par des débats et discussions.

EXPOSE N°02 – Thème : Eclairage Public.

I- Structure de l'exposé :

Le plan de travail de l'exposé (Eclairage Public) traitera les éléments suivants :

- ✓ Généralité sur l'éclairage Public (*Caractéristiques techniques, Typologie ; éclairage extérieur, éclairage d'ambiance, gestion administrative et économique...*) ;
- ✓ Eclairage urbain et non urbain ;
- ✓ Réseaux de distribution d'énergie électrique ;
- ✓ Méthodes et Hypothèses de calcul (*Définition des besoins en puissance d'une opération*) ;
- ✓ Les appareillages électriques ;
- ✓ Zones d'aménagement particulières ;
- ✓ Législation et normes.

II- Mode d'évaluation :

Concernant l'évaluation des exposés ou autrement dit les travaux des étudiants, elle se fait à partir des présentations accompagnées par des débats et discussions.

EXPOSE N°03 – Thème : Réseau Gaz.

I- Structure de l'exposé :

Le plan de travail de l'exposé (Réseau Gaz) traitera les éléments suivants :

- ✓ Généralité sur le réseau gaz (*Présentation, Typologie, ...*) ;
- ✓ Eléments constituant le réseau de distribution ;
- ✓ Conception et Techniques d'implantation.

II- Mode d'évaluation :

Concernant l'évaluation des exposés ou autrement dit les travaux des étudiants, elle se fait à partir des présentations accompagnées par des débats et discussions.

EXPOSE N°04 – Thème : Réseau Téléphonique.

I- Structure de l'exposé :

Le plan de travail de l'exposé (*Réseau de Télécommunication ou Téléphonique*) traitera les éléments suivants :

- ✓ Généralité sur le réseau public de Télécommunication ou Téléphonique (*Présentation, Typologie, ...*) ;
- ✓ Eléments constituant le réseau téléphonique ;
- ✓ Conception et Techniques d'implantation du réseau.

II- Mode d'évaluation :

Concernant l'évaluation des exposés ou autrement dit les travaux des étudiants, elle se fait à partir des présentations accompagnées par des débats et discussions.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE.

- **BATTU, D. (2002)**, « Télécommunications : Principes, infrastructures et services », Édition DUNOD, FRANCE.
- **BAYON, R. (1998)**, « VRD, voirie réseaux divers, terrassements, espaces verts aide-mémoire du concepteur », Édition EYROLLES, FRANCE.
- **BAYON, R. (2015)**, « VRD voirie : Réseaux divers, terrassements, espaces verts - Aide-mémoire du concepteur », Édition EYROLLES, FRANCE.
- **BOURRIER, R & SELMI, B. (2012)**, « Pratique des VRD et aménagement urbain: Voirie et réseaux durables », Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **BOURRIER, R. SATIN, M. SELMI, B. (2017)**, « Guide technique de l'assainissement : Collecte, épuration, conception, exploitation », 5^e édition, Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **BOURRIER, R. (2018)**, « Pratique des VRD et aménagement urbain », 2^e édition, Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **BUREAU VERITAS. (2013)**, «Plomberie, gaz, fumisterie », Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **BUREAU VERITAS. (2014)**, «Guide Voirie et réseaux divers : Eau, électricité, assainissement, ANC », Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **BUREAU VERITAS. (2019)**, «Guide Voirie et réseaux divers : Eau, électricité, assainissement», 2^e édition, Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **CENTRE D'ETUDES SUR LES RESEAUX, LES TRANSPORTS, L'URBANISME ET LES CONSTRUCTIONS PUBLIQUES. (2009)**, «Le profil en travers : Outil du partage des voiries urbaines», Édition CERTU, FRANCE.
- **CENTRE D'ETUDES SUR LES RESEAUX, LES TRANSPORTS, L'URBANISME ET LES CONSTRUCTIONS PUBLIQUES. (2009)**, «Les sols stabilisés en milieu urbain: Conception, choix des matériaux, mise en oeuvre et entretien», Édition CERTU, FRANCE.
- **CENTRE D'ETUDES SUR LES RESEAUX, LES TRANSPORTS, L'URBANISME ET LES CONSTRUCTIONS PUBLIQUES. (2010)**, «Les tranchées de faibles dimensions: Réalisation et remblayage», Édition CERTU, FRANCE.
- **CEREMA. (2016)**, «Voirie urbaine : Guide d'aménagement», Édition CEREMA (Collection Références), FRANCE.
- **CHOCAT, B. (1997)**, « Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement » », Édition HERMES - LAVOISIER, (Paris) FRANCE.
- **COLLECTIF QUALIGAZ. (2016)**, « Les installations de gaz : Le guide QUALIGAZ », Édition QUALIGAZ, FRANCE.

- **COUILLET, R. (2014)**, « Éclairage des espaces publics : Projet, installation, maintenance, coût », 4^e édition, Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **DILHAC, J-M. (2012)**, « Une introduction aux télécommunications », Édition PUM, (Mirail) FRANCE.
- **GOUSSET, J-P. (2015)**, « Avant-métré lots terrassements, VRD, gros œuvre », Édition EYROLLES, FRANCE.
- **GYEJACQUOT, J-P. (2015)**, « Conception, réalisation, entretien de la voirie : Chaussées, carrefours, accotements, bordures, caniveaux », Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **GYEJACQUOT, J-P. (2016)**, « Aménagement et équipement des espaces publics : Places, espaces paysagers, mobiliers, fontaines », Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **KARSENTY, G. (2004)**, « Guide pratique des VRD et aménagements extérieurs », Édition EYROLLES, FRANCE.
- **KARSENTY, G. (2015)**, « Guide pratique des VRD et aménagements extérieurs: Des études à la réalisation des travaux », Édition EYROLLES, FRANCE.
- **LE BASTARD, M. (1990)**, « La pratique des VRD : concevoir et réaliser les opérations d'urbanisme de faible ou moyenne densité », Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **NARBONI, R. (1997)**, « La lumière urbaine, éclairer les espaces publics », Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **NARBONI, R. (2003)**, « La lumière et le paysage, créer des paysages nocturnes », Édition LE MONITEUR, FRANCE.
- **PEREZ, A. (2002)**, « Architecture des réseaux de télécommunications », Édition HERMES - LAVOISIER, (Paris) FRANCE.
- **RIVARD, G. (2005)**, « Gestion des eaux pluviales en milieu urbain : concepts et applications », 2^e édition, Édition ALIAS COMMUNICATION DESIGN, LAVAL.
- **ROJEY, A. (2013)**, « Le gaz naturel : de la production au marché », Édition TECHNIP, FRANCE.
- **VALLET, C. (1998)**, « Dictionnaire des télécommunications », Édition ELLIPSES, FRANCE.
- **VU, B. (2008)**, « Gestion et récupération des eaux pluviales », Édition EYROLLES, FRANCE.
- **WACHTER, S. (2004)**, « Trafics en ville : L'architecture et l'urbanisme au risque de la mobilité », Éditions RECHERCHES, FRANCE.