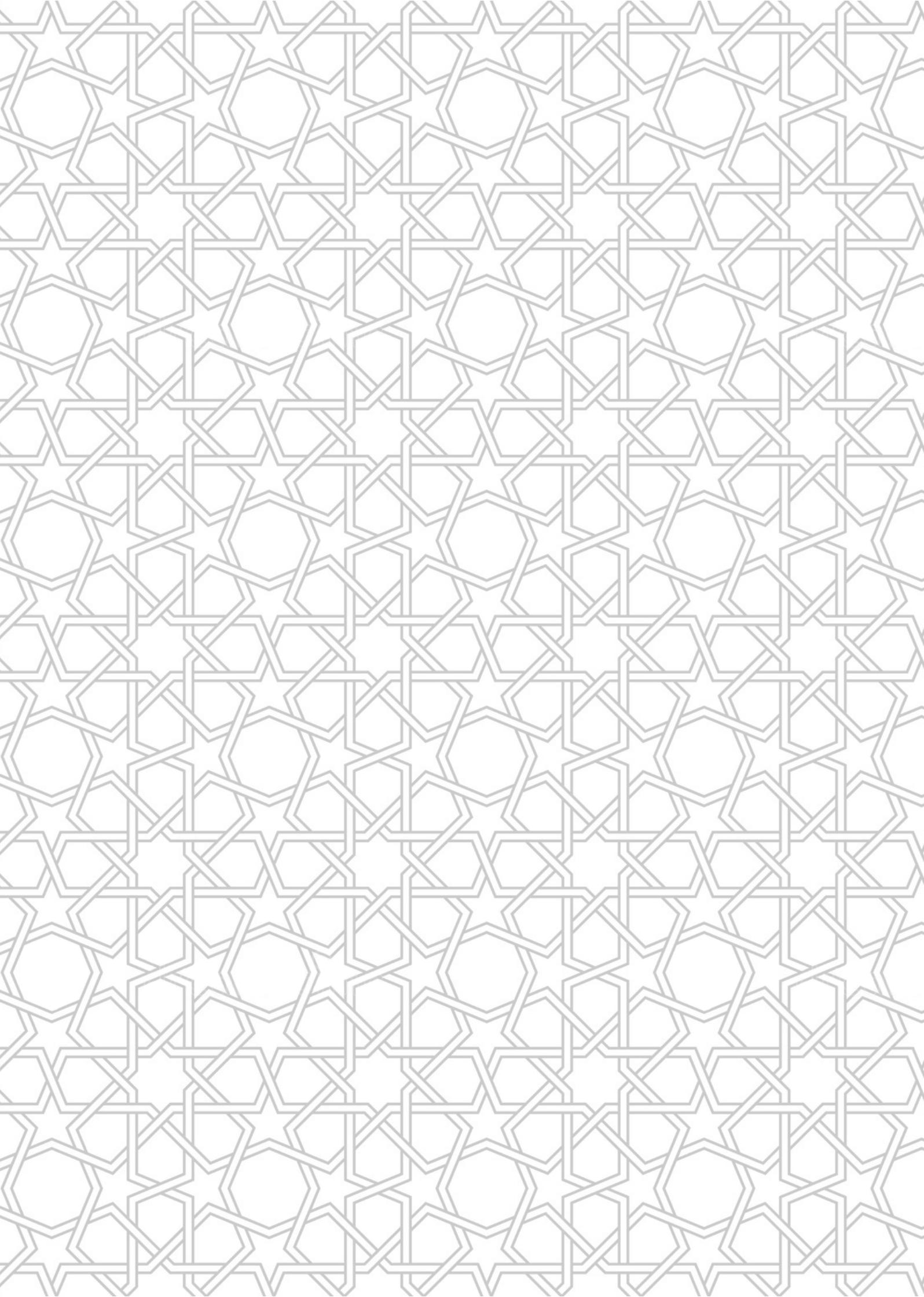
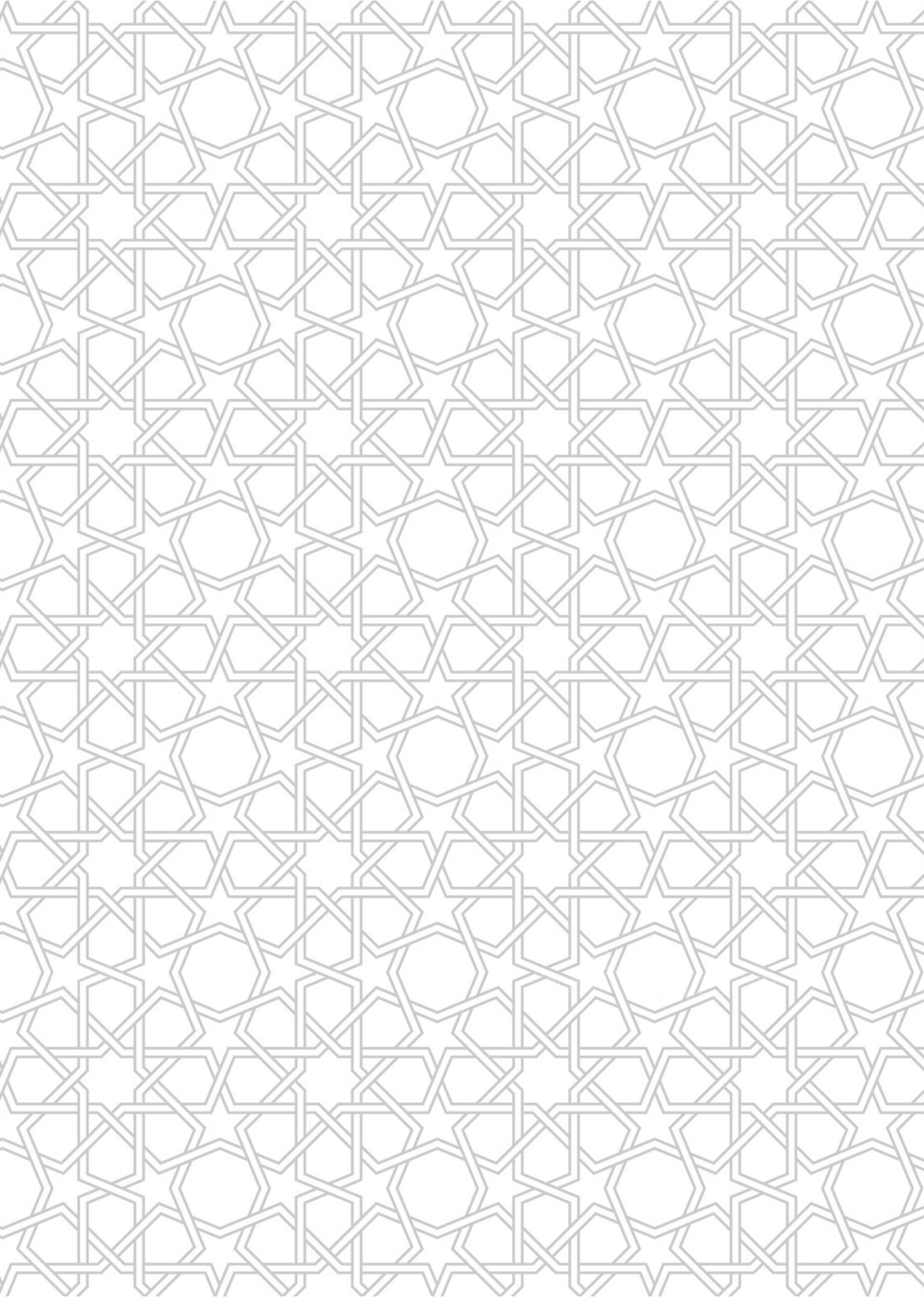




MANUEL DES RÉSEAUX D'ASSAINISSEMENT EN MILIEU RURAL

Pour un service d'assainissement adapté, durable et performant





CHAPITRE 1 : LES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT	13
1. Generalites	14
1.1. Types des eaux rejetees	14
1.1.1 Les eaux usees	14
1.1.2 Les eaux pluviales	16
1.1.3 Les eaux parasites	17
1.2. Proprietes des eaux rejetees	17
1.2.1 Parametres physico-chimiques	17
1.2.2 Parametres bacteriologiques	18
1.3. Problematiques liees aux eaux usees	20
1.3.1 Les effets des eaux usees	20
1.3.2 Contexte De L'assainissement Rural	21
1.4. Organisation du secteur de l'assainissement	22
1.4.1 Cadre Institutionnel	22
1.4.2 Cadre legislatif & reglementaire	24
2. Systemes d'assainissement liquide	25
2.1. L'assainissement individuel	25
2.2. L'assainissement collectif et semi-collectif	26
2.2.1 Reseau classique	27
2.2.2 Reseau d'eaux usees decantees	29
2.2.3 Reseau d'eaux usees simplifie	29
2.3. Les resaux non gravitaires	31
2.3.1 Le reseau sous pression	31
2.3.2 Reseau sous vide	32
2.3.3 Le reseau sous pression par aero-ejecteur	32
3. Composantes d'un reseau d'assainissement	33
3.1. Les canalisations	33
3.1.1 Les conduites circulaires	33
3.1.2 Les collecteurs ovoïdes	37
3.1.3 Collecteurs Rectangulaires	37
3.1.4 Collecteurs Visibles De Sections Particulieres	37
3.2. Les branchements	38
3.2.1 Le regard de façade	38
3.2.2 La canalisation de branchement	39
3.2.3 Les dispositifs de raccordement	39
3.3. Les Regards	40
3.3.1 les regards de visite a section circulaire de 1 m de diametre	41
3.3.2 Les Regards De Visite A Section Carree De 1 M De Cote	42
3.4. Les ouvrages de collecte des eaux pluviales	43
3.4.1 Les fosses et caniveaux	43
3.4.2 Les avaloirs & bouches d'egouts	43
3.4.3 Les deversoirs d'orages	44
3.4.4 Les bassins de retenue & bassins d'orages	45
3.5.1 les passages en siphon	46
3.5.2 Les stations de pompage	46

CHAPITRE 2 : DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'ASSAINISSEMENT	47
1. Conception d'un reseau d'assainissement	48
1.1. Les phases d'etudes d'un projet d'assainissement	48
1.1.1 Le schema directeur national d'assainissement liquide (Sndal)	48
1.1.2 Schema directeur d'assainissement liquide d'une agglomeration	48
1.1.3 Les projets ou avant-projets	49
1.1.4 dossier d'appel d'offres	50
1.2. Choix de la configuration	50
1.2.1 Les schemas d'evacuation	50
1.2.2 Criteres de choix du systeme	51
2. Dimensionnement d'un reseau d'assainissement	53
2.1. Estimation des debits de projet	53
2.1.1 Calcul du debit des eaux usees domestiques	53
2.1.2 Calcul du debit des eaux pluviales	55
2.2. Dimensionnement d'un reseau gravitaire	57
2.3. Dimensionnement des reseaux non gravitaires	61
2.3.1 Reseau sous pression	61
2.3.2 reseau avec aero-ejecteurs	64
2.3.3 Reseau sous vide	65
2.4. Dimensionnement des ouvrages de collecte des eaux pluviales	65
2.4.1 Deversoir D'orage	65
2.4.2 Fosses et caniveaux	65
CHAPITRE 3 : DIRECTIVES POUR LES TRAVAUX D'EXECUTION	67
1.1. Organisation d'un chantier	68
1.1.1 Responsabilites des intervenants	68
1.1.2 Documents de reference	70
1.2. Les travaux preliminaires	71
1.2.1 Installation de chantier	71
1.2.2 Memoire technique	71
1.2.3 Preparation du terrain	71
1.2.4 Travaux topographiques & etudes d'execution	72
2. l'execution des travaux	73
2.1. travaux de terrassement	73
2.1.1 Notions fondamentales	73
2.1.2 L'execution des fouilles	77
2.1.3 L'execution des remblais	80
2.2. Les travaux du reseau d'assainissement	82
2.2.1 La pose des conduites	82
2.2.3 Les regards	86
3. Controles et receptions des travaux	87
3.1. Controle des materiaux	87
3.1.1 Les essais d'ecrasement	87
3.1.2 Les essais sur autres materiaux	87
3.2. Essais et controle des travaux	88

3.3.1	Les essais de compactage	88
3.3.2	Les essais d'etancheite	88
3.3.3	Verification de la conformite topographique	88
3.3.4	La verification des conditions d'ecoulement	89
3.3.	La reception des ouvrages	89
CHAPITRE 4 : CONSIGNES D'EXPLOITATION, D'ENTRETIEN & DE REHEBILITATION		91
1.	Service d'exploitation du reseau d'assainissement	92
1.1.	Organisation d'un service d'exploitation	92
1.1.1	Les taches d'un exploitant	92
1.1.2	Dispositions et procedures de gestion de l'exploitation	93
1.1.3	Les besoins en materiels et personnels	94
1.2.	Inspection et auscultation du reseau	94
1.2.1	Surveillance et inspection televisee	94
1.2.2	Auscultations geometrique et geotechnique	96
1.3.	Hygiene et securite	97
2.	Entretien du reseau d'assainissement	98
2.1.	Approches de l'entretien	98
2.2.	Entretien du reseau	98
2.2.1	Curage des collecteurs non visitables	98
2.2.2	Curage Des Collecteurs Visitables	100
2.2.3	Autres Entretiens Possibles	100
2.3.	Entretien des ouvrages particuliers	101
2.3.1	Entretien des stations de pompage	101
2.3.2	Entretien des fosses	101
2.3.3	Entretien des reseaux equipes d'aero-ejecteurs ou sous vide	101
2.3.4	Entretien d'autres ouvrages	101
2.3.5	Entretien d'un reseau d'assainissement autonome	101
3.	Rehabilitation des ouvrages	102
3.1.	Justification et approche de la rehabilitation	102
3.2.	Rehabilitation du reseau	102
3.2.1	Rehabilitation des collecteurs non visitables	102
3.3.	Rehabilitation des ouvrages particuliers	106
REFERENCES		108

Listes des Figures

Figure 1:	Composants des eaux et leurs effets	20
Figure 2:	Composants des eaux et leurs effets	21
Figure 3	Organisation institutionnelle du PNAR aux niveaux central et régional	23
Figure 4	Dispositif de réalisation d'un projet d'assainissement	23
Figure 6:	Schéma de principe d'un système d'assainissement individuel	25
Figure 6:	Schéma des réseaux unitaire et séparatif	28
Figure 7:	Schéma de raccordement des tuyaux dans un réseau pseudo-séparatif	28
Figure 8:	Schéma d'un réseau décanté	29
Figure 9:	Schéma d'un réseau simplifié	29
Figure 10 :	Structure de réseau d'assainissement sous pression	31
Figure 11:	Structures de réseaux d'assainissement sous vide et par aéro-éjecteur	32
Figure 12 :	Structures de réseaux d'assainissement sous vide et par aéro-éjecteur	33
Figure 13:	Tuyau en béton (joint intégré)	34
Figure 14:	Principe d'armature d'un tuyau en béton	34
Figure 15:	Principe d'assemblage des tuyaux en béton (A écoulement libre) béton	34
Figure 16:	Schéma d'un branchement au réseau	38
Figure 17:	Regard de façade (section carré)	38
Figure 18:	Boite de branchement borgne	39
Figure 19:	Raccord de piquage	39
Figure 20:	Branchement par tulipe	39
Figure 21:	Branchement par culotte	40
Figure 22:	Différents types de regards	40
Figure 23:	Regards de visite à section circulaire de 1 m de diamètre	41
Figure 24:	Principes d'implantation des regards	42
Figure 25:	Caniveaux fermés	43
Figure 26:	Exemple d'un avaloir	44
Figure 27:	Fonctionnement d'un déversoir d'orage sur un réseau unitaire	44
Figure 28:	Types des déversoirs d'orages	45
Figure 29:	Schéma de fonctionnement d'une pompe de relevage	46
Figure 30:	Interactions du SDAL avec les autres schémas directeurs	48
Figure 31:	Schémas des réseaux d'assainissement adaptés à la topographie du terrain	51
Figure 32:	Abaques pour le dimensionnement des canalisations eaux usées et eaux pluviales	58
Figure 33:	Pertes de charge des accessoires de tuyauterie (longueurs équivalentes des conduites)	63
Figure 34:	Abaque de dimensionnement des conduites sous vide	65
Figure 35:	Blindage des tranchées	78
Figure 36:	Remblaiement des tranchées	80
Figure 37:	Définition des zones de remblai d'une tranchée pour canalisation	82
Figure 38:	Conséquences de l'absence de niches pour les collets du tuyau	83
Figure 39:	Raccordement des tuyaux EU à la sortie des habitations	84
Figure 40:	Nettoyage du tuyau et application du lubrifiant sur son about mâle	84
Figure 41:	Méthodes d'emboîtement des tuyaux en béton	85
Figure 42:	Branchements particuliers	86
Figure 43:	Principe de l'essai d'écrasement des tuyaux	87
Figure 44:	Niveaux d'exploitation d'un réseau d'assainissement	92
Figure 44:	Exemples de caméra d'inspection télévisée pour conduites non visitables	95
Figure 45:	Schéma de principe de l'hydrocurage	100
Figure 46:	Schéma de principe de colmatage par injection	103
Figure 47:	Exemples d'outils pour aléser les obstructions dans une conduite	103

Figure 48:	Schéma de principe de la technique de chemisage par inversion de la gaine	104
Figure 49:	Schéma de principe de la technique de chemisage par tirage	104
Figure 50:	Schéma de principe de la technique de tubage	105
Figure 51:	Schéma de principe des techniques destructives	105
Figure 52:	Projection à la lance de mortier	106
Figure 53:	Pose de coque préfabriquée	106

Liste des tableaux

Tableau 2	Récapitulatif des textes réglementaires de l'assainissement au Maroc	24
Tableau 3 :	Caractéristiques techniques des types des réseaux d'assainissement	30
Tableau 4 :	Tableau 4 Analyse comparative des types des réseaux d'assainissement	30
Tableau 5:	Gammes des tuyaux en PVC pour assainissement	35
Tableau 6 :	Missions d'établissement d'un schéma directeur d'assainissement liquide	49
Tableau 7:	Etapes et durées des études d'assainissement liquide	50
Tableau 8:	Exemple de tableau donnant les valeurs du coefficient de ruissellement pondéré C	56
Tableau 9:	Caractéristiques des bassins assemblés	56
Tableau 10:	Missions des différents intervenants dans un projet d'assainissement	69
Tableau 11:	Normes et lois relatives à l'exécution des travaux d'assainissement	70
Tableau 12:	Classification des sols selon la recommandation pour les terrassements routiers	74
Tableau 13:	Classification des sols selon la difficulté d'exécution	74
Tableau 14:	Les engins de terrassement courants	75
Tableau 15:	Largeur minimale de la tranchée prescrite par le fascicule 70	77
Tableau 16:	Techniques de blindage des fouilles	79
Tableau 17:	Quelques matériaux à contrôler sur chantier	87
Tableau 18:	Tâches principales d'un exploitant de réseau d'assainissement	93





CHAPITRE 1 : LES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT



1. Generalites

1.1. Types des eaux rejetees

1.1.1 Les eaux usees



liquides » sont des eaux chargées de polluants, provenant essentiellement d'une activité humaine. Ces eaux, dont les propriétés naturelles sont altérées par l'effet de pollution, apparaissent comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières dissoutes et en suspension d'origine minérale et organique, à des teneurs extrêmement variables.

De manière générale, les eaux usées sont classées en 3 catégories, selon leur origine :

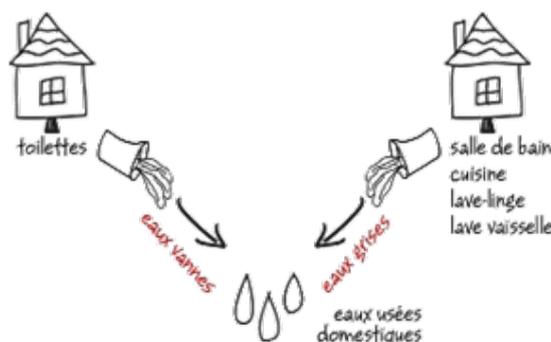
A. Eaux usées domestiques

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines (eaux vannes) et d'eaux de douche et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères).

Ces eaux provenant des ménages et des établissements, sont généralement constituées de matières organiques et de matières minérales.

Selon leur système de collecte, les eaux usées domestiques se composent en deux catégories :

- **Les eaux noires** : viennent essentiellement des toilettes. Elles sont composées d'urine, d'excrétas et d'eau de chasse. Ces eaux sont chargées en matières organiques azotées et phosphorées, en pathogènes fécaux ainsi qu'en micropolluants.



- **Les eaux grises** : résultant de l'utilisation de l'eau pour la vaisselle, la douche et le lavage du linge (eaux de cuisine, buanderie, et salle de bain). Chargées en détergents, graisses, solvants, etc ; leur charge polluante est en général, moindre que celles des eaux noires.

Les réseaux conventionnels les plus fréquemment rencontrés au milieu urbain, mélangent eaux grises et noires. Seules les habitations isolées non reliées à un réseau collectif, les séparent parfois.

Il est très difficile de cerner les aspects quantitatif et qualitatif des eaux usées domestiques. Ceux-ci dépendent de plusieurs paramètres, dont la variation des habitudes et activités personnelles et familiales dans le temps, le niveau de vie de la population, les conditions d'accès à l'eau potable, les caractéristiques de la région... Toutefois, la réglementation a fixé des valeurs unitaires de pollution et de débit correspondants au rejet journalier standard d'un habitant pour divers paramètres.

D'où l'utilisation de l'unité « équivalent-habitant ».

Une caractéristique importante des eaux usées domestiques est d'avoir un débit quasi permanent avec des pointes et des creux journaliers, mensuels et saisonniers.



B. Eaux usées industrielles

Les industriels utilisent des volumes importants d'eau qui varient selon le type de l'activité exercée. De manière générale, cette eau nécessaire à la bonne marche de l'industrie certes, n'est réellement consommée qu'en faible partie, le reste est rejeté.

De point de vue qualitatif, ces rejets ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type de l'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés. On peut, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés...) ;
- Pollution due aux matières en solution minérales

(décapage, galvanisation...) ;

- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...) ;
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques...) ;
- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires...).

C. Eaux usées agricoles

Dans le contexte d'une agriculture intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole, qui altèrent la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides...).

Donc ces eaux sont l'issus

- des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage

chimique) et des fossés, ainsi que la démolition des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).

- des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduelles des usines de fabrication et de conditionnement.

Les aspects quantitatifs et qualitatifs des eaux usées à évacuer sont souvent délicats à déterminer avec précision, compte tenu du nombre de variables qui doivent être intégrées, notamment le mode d'occupation des sols, de la densité et destinations des bâtis... ainsi que de l'aspect aléatoire et de l'évolution des utilisations de l'eau.

Au Maroc, les volumes annuels des eaux usées urbaines rejetées, par exemple, ont fortement augmenté au cours des dernières décennies. Ils sont passés de 48 Millions de m³ en 1960, à environ 600 Millions de m³ en 2005 (Selon les statistiques fournies par le Ministère d'Intérieur).

1.1.2 Les eaux pluviales

Lors d'une précipitation, l'eau suit différents circuits. Selon la perméabilité du sol, une partie commence par s'infiltrer, une autre partie s'évapore sous l'action de la chaleur ou du vent. Enfin, lorsque le sol est saturé, et en fonction de l'intensité de la pluie et la topographie du terrain, une dernière partie ruisselle vers des points bas appelés « exutoires » ;

C'est cette dernière partie, qu'on appelle conventionnellement « Eau pluviale ».

En effet, l'eau pluviale ou « l'eau de ruissellement », est le nom que l'on donne à l'eau de pluie après son contact avec le sol, une surface construite ou naturelle susceptible de l'intercepter ou de la récupérer (toiture, terrasse, voirie, arbre, etc.).

Cette définition peut être élargie à tous les hydrométéores (pluie, neige, grêle, etc.), et exclut la partie d'eau de pluie qui pénètre dans le sol (qui devient eau d'infiltration ou eau gravitaire).

Longtemps, les eaux de pluies ont été considérées comme non polluées, Il n'en est plus de même aujourd'hui. En effet, lors d'une averse, la pollution intervient de deux manières au moins ;

- les eaux se chargent de diverses matières dans l'atmosphère (cas des pluies acides) ;
- les eaux de ruissellement récupèrent toutes les particules des produits qui se trouvent sur les toitures et sur le sol.

Il en résulte un degré de pollution plus ou moins élevé. C'est la raison pour laquelle, ces eaux sont assimilées aux eaux usées, et sont collectées parfois dans un seul réseau.



L'assainissement des eaux pluviales consiste à drainer les eaux tombant à l'extérieur du périmètre d'une agglomération et qui ruissellent à travers ce périmètre (hors-site) et celles qui tombent directement dans le périmètre urbain (in-site). En d'autres termes, l'objectif est de conduire ces eaux aux exutoires avals en limitant l'inondation ou la submersion et en agissant pour que des débordements le long des vecteurs de transfert ne se produisent que pour les pluies fortes et exceptionnelles.

La quantité d'eau à évacuer est déterminée, par une connaissance des débits de ruissellements. Ceux-ci dépendent de la topographie du terrain (pente traversée, forme du bassin...), du la nature du sol et son occupation, ainsi que des caractéristiques de pluviosité, variables selon la région (hauteur de pluie et son intensité).

Il est à noter que les volumes des eaux pluviales produits par épisodes pluvieux sont généralement très importants que ceux des eaux usées produites durant la même période (100 à

200 fois plus). Cependant, ces apports sont intermittents et ne se produisent que pendant la période de pluie.

Il est important de préciser que les zones rurales sont en général, faiblement imperméabilisées et la collecte des eaux pluviales ne constitue pas souvent une préoccupation majeure. Les eaux de ruissellement s'écoulent naturellement vers les thalwegs ou sont collectées superficiellement. Le réseau de collecte concerne donc essentiellement les eaux usées. Par ailleurs, certains centres ruraux sont confrontés à une problématique plus cruciale, liée aux ruissellements dus aux averses très forte. La gestion de ces eaux à caractère violent, et souvent limités dans l'espace et dans le temps, relève du domaine « de protection contre les inondations ».



1.1.3 Les eaux parasites

Les eaux parasites sont celles qui pénètrent dans un réseau à travers ses équipements. Elles sont généralement des eaux provenant de trop-plein de réservoir, de captage de source, de réseaux de drainage, de nappe phréatique ou de procédé de refroidissement, domestique ou industriel, dont l'eau est pompée dans la nappe. En général, peu ou pas polluées, elles sont rejetées ou s'infiltrent dans les canalisations.

Les volumes des eaux parasites à évacuer sont directement liés à l'étanchéité des ouvrages du réseau d'égout, ou à la présence de zones d'émergence d'eaux souterraines. Dans de nombreuses agglomérations urbaines au Maroc, l'on retrouve des sources émergentes à l'amont ou à l'intérieur du périmètre urbain, des systèmes anciens d'amenée d'eau pour l'utilisation humaine. Ces eaux font partie des eaux parasitaires qui peuvent pénétrer dans le réseau d'égout à travers ses ouvrages.

Les volumes de l'infiltration sont surtout sujets à la vétusté des réseaux. Etant donné qu'il ne serait pas économique de rendre étanche un réseau à 100%, on admet généralement un taux variant entre 10% pour un réseau neuf à 20% pour un réseau ancien, les volumes d'infiltration par rapport aux volumes d'eaux usées transitées par le réseau.

1.2. Propriétés des eaux rejetées

La connaissance du potentiel de pollution d'une eau usée, est une information importante, permet entre autres de définir la filière de traitement nécessaire avant rejet dans le milieu naturelle ou réutilisation éventuelle.

Ce potentiel est apprécié par la mesure d'un nombre de composants et paramètres, dont les plus présents dans les eaux usées sont :

1.2.1 Paramètres physico-chimiques

A. La température

C'est un paramètre souvent négligé, mais qui devrait être mesuré avec une bonne précision, surtout dans les collecteurs recevant des rejets industriels. Le fonctionnement de certains ouvrages d'épuration, est sensible aux températures élevées ; ainsi tout rejet doit être inférieur à 30 °C.

B. Les matières en suspension (MES)

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal (limite entre la phase solide et dissoute), donc retenues par un filtre. Les MES, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel.

Les techniques d'analyses font appel à la séparation directe par

filtration ou cen- trifugation, le résidu étant séché à 105 °C et ensuite pesé. Le résultat est exprimé en milligramme par litre.

Parfois, sur certains échantillons, surtout par temps de pluie, une analyse granulométrique est réalisée, qui fournit une répartition, par diamètre, de l'ensemble des particules présentes. On peut y associer, notamment si un traitement par décantation est souhaité, un classement complémentaire par densité des particules.

L'Arrêté n° 1607-06 du 29 joumada II 1427 (25 juillet 2006), fixe la valeur limite du MES spécifiques aux rejets domestiques à 150 mg/l.

C. Le potentiel Hydrogène (pH)

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'un effluent, et d'un liquide de façon générale, peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier), en utilisant le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en H^+ , appelé le pH.

D. La conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique.

Sa mesure se pratique avec une électrode et fournit une indication précise sur la concentration totale en sels dissous. Par comparaison avec la conductivité de l'eau potable, il est ainsi possible de juger rapidement si des apports importants, en particulier industriels, ont lieu dans le réseau d'assainissement. Le résultat est donné en micro- siemens par centimètres $\mu S/cm$.

E. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. La mesure correspond à la recherche d'un besoin d'oxygène pour dégrader la matière organique.

La DCO est donc la concentration, exprimée en mg/l , d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme.

F. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)

Elle représente la quantité d'oxygène dépensée par les phénomènes d'oxydation chimique, d'une part, et, d'autre part, la dégradation des matières organiques par voie aérobie, nécessaire à la destruction des composés organiques. En effet, dans un effluent complexe, ces deux types d'oxydation se superposent, d'où le nom de « biochimique ». Notons que dans les eaux usées domestiques, ce sont les phénomènes biologiques qui prédominent.

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en



substances putrescibles, son pouvoir auto-épurateur et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. La demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO5) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

La DBO5 est le paramètre le plus utilisé dans le domaine de l'eau. Au Maroc, elle varie généralement, entre 35 mg/l à 54 mg par hab/j.

G. L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniacque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total.

L'azote organique est analysé suivant une méthode dite de Kjeldahl, on parle de l'azote total Kjeldahl (NTK exprimés en mg/l). L'azote oxydé ou minéral, se retrouve de façon marginale dans les eaux usées, il s'agit des nitrites (NO⁻) et des nitrates (NO³⁻).

1.2.2 Paramètres bactériologiques

A. Les coliformes

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Entérobactéries (Enterobacteriaceae), et dont la plus connue est Echerichia Coli.

Cette dernière est une bactérie peu ou pas pathogène, hôte normal de l'intestin et des voies excrétrices de l'homme, des animaux à sang chaud et peut-être même à sang froid. E. Coli représente la majeure partie des coliformes fécaux ou thermotolérants avec lesquels on le confond habituellement. Elle est un bon indicateur de contamination fécale d'origine récente liée à la présence humaine. L'analyse de ce paramètre n'est pas fréquemment réalisée sur les effluents domestiques, car on sait qu'ils en sont riches en. En revanche, sur certains rejets unitaires, industriels et surtout sur les eaux superficielles, ces germes sont souvent recherchés, car dangereux pour l'homme. L'analyse consiste en une « culture » de l'effluent, puis un dénombrement des E. coli, le résultat s'exprimant en nombre de germes/100 ml.

B. Les streptocoques

Ils forment un groupe hétérogène de bactéries pathogènes dont les caractéristiques morphologiques et métaboliques sont identiques. En revanche, leurs caractéristiques génétiques,

écologiques et pathogéniques diffèrent. Les streptocoques fécaux du groupe D (saprophytes habituels des voies rhinopharyngées et intestinales de l'homme et des animaux) sont choisis comme indicateurs d'une pollution fécale plus ancienne, en raison de leur rémanence plus élevée dans le milieu.

C. Les salmonelles

Ce sont des micro-organismes pathogènes, issus des matières fécales d'individus déjà contaminés (humain ou animal). La pathogénicité peut s'exprimer sous forme soit de fièvres typhoïdes, soit de toxi-infections alimentaires.

D. Les virus et parasites

Ils sont présents eux aussi en quantité dans les effluents urbains mais y sont rarement recherchés. En revanche, ces analyses sont un peu plus fréquentes dans les eaux superficielles, bien que cela n'apporte pas beaucoup d'informations supplémentaires par rapport aux germes-tests.



Tableau 1 Sources d'eaux usées générées et composants types

Sources d'eaux usées	Composants types
Eaux usées domestiques et municipales	Excréments humains (microorganismes pathogènes), nutriments et matières organiques. Peuvent également contenir des polluants émergents (produits pharmaceutiques, médicaments...).
Eau de ruissellement urbain	Très large gamme de contaminants, notamment : produits de combustion incomplète (hydrocarbures aromatiques polycycliques et carbone noir/la suie provenant de la combustion de combustibles fossiles...), caoutchouc, huile moteur, métaux lourds, déchets non dégradables/organiques (surtout les matières plastiques des routes et des espaces de parking), matières en suspension, et engrais et pesticides (provenant des pelouses).
Eau de ruissellement agricole (de surface)	Microorganismes pathogènes, nutriments provenant des engrais appliqués sur les sols, et pesticides et insecticides issus des activités agricoles.
Production de bétail	Charges organiques (souvent très élevées) et résidus de médicaments vétérinaires (antibiotiques et hormones de croissance artificielles...).
Aquaculture terrestre	Les effluents provenant des bassins de sédimentation sont généralement riches en matières organiques, matières en suspension (particules), nutriments dissous, métaux lourds et polluants émergents.
Eaux usées industrielles	Les contaminants dépendent du type d'industrie.
Activités minières	Des matières en suspension, des niveaux élevés d'alcalinité ou d'acidité, des sels dissous, du cyanure et des métaux lourds. Il peut également contenir, selon l'activité minière, des éléments radioactifs.
Production d'énergie	L'eau produite dans le secteur de l'énergie est souvent une source de pollution thermique (eau chauffée) et contient généralement de l'azote, des matières dissoutes totales, du sulfate et des métaux lourds.
Lessivat des décharges	Contaminants organiques et inorganiques, avec potentiellement de fortes concentrations de métaux et de produits chimiques organiques dangereux.

Source : Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017



1.3. Problematiques liees aux eaux usees

1.3.1 Les effets des eaux usees

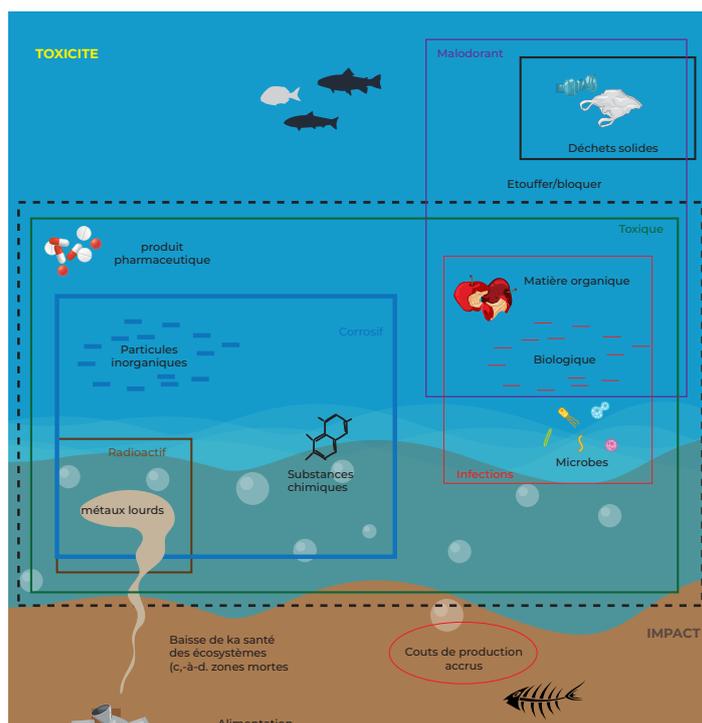
Les conséquences du rejet d’eaux usées directement dans l’environnement peuvent être classées en trois catégories (PNUE, 2015b):

- **Les effets indésirables sur la santé :** Certes, les installations d’assainissement des ménages se sont considérablement améliorées, mais les risques pour la santé publique demeurent, en raison d’un mauvais confinement, de fuites pendant la vidange et le transport, et d’un traitement inefficace des eaux d’égout. D’après les estimations, seulement 26 % des services d’assainissement et de traitement des eaux usées en zone urbaine et 34 % en zone rurale préviennent efficacement le contact humain avec les excréments tout au long de la chaîne d’assainissement et peuvent donc être considérés comme gérés en toute sécurité (Hutton et Varughese, 2016).
- **Les effets environnementaux négatifs :** Le rejet d’eaux usées non traitées dans l’environnement a un impact sur la qualité de l’eau, qui à son tour affecte la quantité

des ressources en eau disponibles pour un usage direct. Les préoccupations concernant la qualité de l’eau se posent comme une dimension importante de la sécurité hydrique. La pollution de l’eau de surface est en hausse, en raison de l’augmentation des quantités d’eaux usées due à la croissance démographique, l’accroissement de l’activité économique et l’expansion de l’agriculture, ainsi que le rejet d’eaux usées sans aucun traitement. La gestion inappropriée des eaux usées a également une incidence directe sur les écosystèmes et les services qu’ils fournissent.

- **Les effets potentiels sur les activités économiques :** La disponibilité de l’eau douce étant cruciale pour maintenir le bien-être économique de toute communauté humaine, la mauvaise qualité de l’eau constitue un obstacle au développement économique. En effet, l’eau contaminée peut affecter directement les activités économiques consommatrices d’eau, telles que la production industrielle, la pêche, l’aquaculture et le tourisme, l’agriculture dans les zones rurales et périurbaines, et peut indirectement limiter l’exportation de certaines marchandises en raison de restrictions (voire d’interdictions) sur des produits contaminés.

Figure 1: Composants des eaux et leurs effets



Source : Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017



1.3.2 Contexte De L'assainissement Rural

A ce jour, l'assainissement collectif ne constitue pas la solution technique privilégiée pour le milieu rural au Maroc. Selon le Haut- Commissariat au Plan (HCP), le taux d'accès aux réseaux d'assainissement collectif ne dépasse pas 3%, contre 40 % environ pour l'assainissement autonome. Cette situation se justifie par plusieurs facteurs, dont :

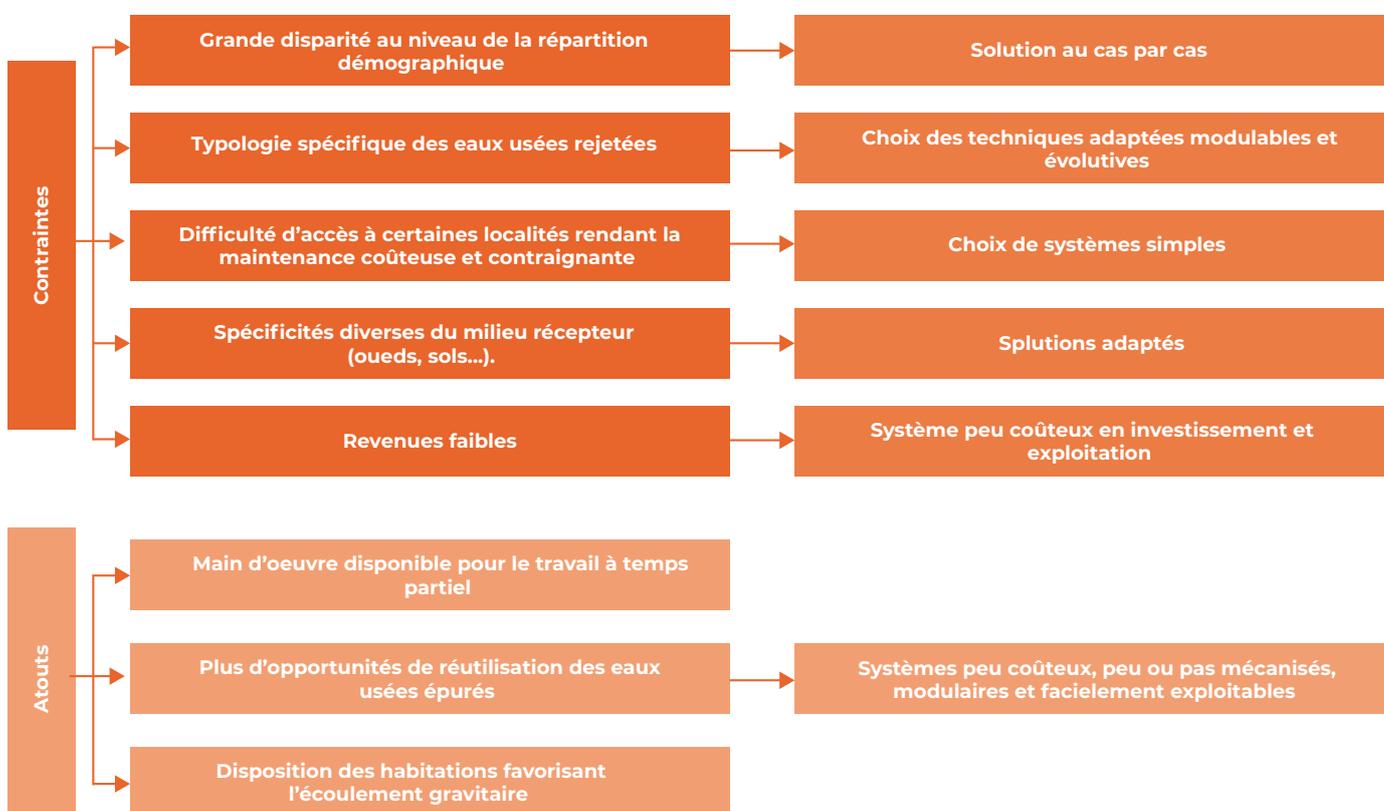
- la diversité des situations (habitat, climat, géologie, culture) qui impose, contrairement à l'urbain, des solutions alternatives plus adaptées ;
- la dispersion (a-t-on techniquement intérêt à rassembler les effluents comme en milieu urbain ?) ;
- le coût unitaire relativement élevé des techniques d'assainissement en réseau ;
- moins de contraintes pour les solutions à l'air libre, qu'en

milieu urbain ;

- le caractère moins problématique des eaux pluviales en milieu rural ;
- la volonté d'investir dans un système économiquement abordable ;
- le plus faible niveau d'information des populations, leur demande est moins informée qu'en ville, se traduisant par une exigence moindre ;
- le financement difficile à équilibrer du service;
- la capacité d'intervention (gestion de projet) et de suivi (du service) plus faible des communes rurales comparées aux municipalités urbaines, ainsi que leur probable difficulté à faire respecter normes et règlements d'hygiène.

Figure 2: Composants des eaux et leurs effects

Source : Présentation de la problématique de l'assainissement en milieu rural au Maroc ; 12 Juin 2012



1.4. Organisation du secteur de l'assainissement

Au sens large, l'assainissement liquide d'une agglomération inclut outre la collecte et le transport, l'épuration des eaux usées avant le rejet dans un milieu naturel. La qualité des eaux rejetées doit être compatible avec les exigences relatives à la santé publique, à la protection du milieu récepteur et à la préservation des ressources en eau.

Pour atteindre ces objectifs et pour que le service soit géré durablement et efficacement, l'assainissement exige une organisation particulière, qui se traduit par un cadre institutionnel et réglementaire bien définis :

1.4.1 Cadre Institutionnel

L'assainissement en milieu rural au Maroc est régi par le Plan National de l'Assainissement Rural (PNAR). La mise en œuvre et le suivi de ce plan est assuré par trois niveaux de :

- **Le chef de file** : Ce rôle est assumé par le Ministère de l'Intérieur, autorité de tutelle des collectivités locales, par le biais de la Direction de l'Eau et de l'Assainissement (DEA), chargée de suivre et coordonner les études et les travaux en matière d'eau potable, d'eau à usage agricole et d'assainissement solide et liquide au sein de la Direction Générale des Collectivités (DGCL).

Cette position se justifie d'autant plus qu'en l'état actuel du cadre légal, le Ministère de l'Intérieur dispose de la possibilité de prendre toutes les mesures nécessaires au bon fonctionnement des services publics communaux, notamment :

- la coordination des plans de développement des services publics communaux ;
- la définition des modes de soutien aux communes et pour l'amélioration de la qualité des services publics communaux ;
- l'assistance technique aux communes en matière de contrôle de gestion des services publics locaux délégués.
- **Le comité de pilotage** : Le chef de file est entouré d'un comité de pilotage composé des ministères qui ont une action directe en matière d'assainissement et qui sont les suivants :
 - **Le Ministère de la Santé** : Il est en charge de promouvoir le bien-être physique et social des habitants, d'harmoniser les orientations et de coordonner les objectifs et mesures contribuant à l'élévation du niveau de santé dans le pays. Il assure des fonctions d'accompagnement des populations et animation de la promotion de l'hygiène et assainissement (bonnes pratiques).
 - **Le Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement** : Ce ministère, qui regroupe en son sein le Département de l'Eau et celui de l'Environnement, agit

pour la surveillance et la protection de l'environnement en général, et des ressources en eau en particulier, contre toute forme de pollution, et œuvre pour améliorer les conditions et le cadre de vie des populations. Il assure des fonctions d'expertise technique (technologies d'assainissement).

- **Les opérateurs de réseaux** : Impliqués au niveau de la mise en œuvre du PNAR (réseaux collectifs) et du recouvrement des coûts, ils doivent apporter au comité de pilotage un retour d'expérience sur l'assainissement collectif et sa faisabilité dans les centres ruraux.
 - **Le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime** : Il est compétent en matière d'eau d'irrigation (planification, études, coordination). Il est donc actif dans le PNAR pour faciliter la réutilisation agricole des eaux usées traitées (appui technique, accompagnement).
 - **Le Ministère de l'Économie et des Finances** : Sa présence permet la traduction de la stratégie du PNAR dans le budget de l'État.
 - Le comité consultatif : Un comité élargi est également nécessaire pour qu'un nombre plus large d'acteurs concernés moins directement par l'assainissement rural puisse suivre l'évolution du programme et coordonner leurs actions. Outre les représentants des ministères intervenant déjà au niveau du comité de pilotage et le chef de file, ce comité comprend des représentants d'autres ministères, notamment :
 - **Le Ministère de l'Éducation Nationale**, pour l'intervention dans les écoles rurales.
 - **Le Ministère des Habous et des Affaires Islamiques**, pour l'intervention dans les mosquées rurales.
 - Le Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme, et de la Politique de la Ville, pour une meilleure intégration de l'assainissement
 - dans les normes de construction et les programmes de logement.
 - **Le Ministère des Affaires Générales et de la Gouvernance**, pour la mise en cohérence des politiques publiques et l'amélioration de la gouvernance.
 - **La Coordination Nationale de l'Initiative Nationale pour le Développement Humain**, pour assurer la cohérence du programme avec la politique de lutte contre la pauvreté, de développement humain.
- Réuni semestriellement, ce comité pourrait s'exprimer sur les résultats déjà acquis du PNAR et les progrès accomplis, et se prononcer sur les orientations à donner dans le plan d'exécution. Il doit également veiller à la cohérence des actions entreprises.

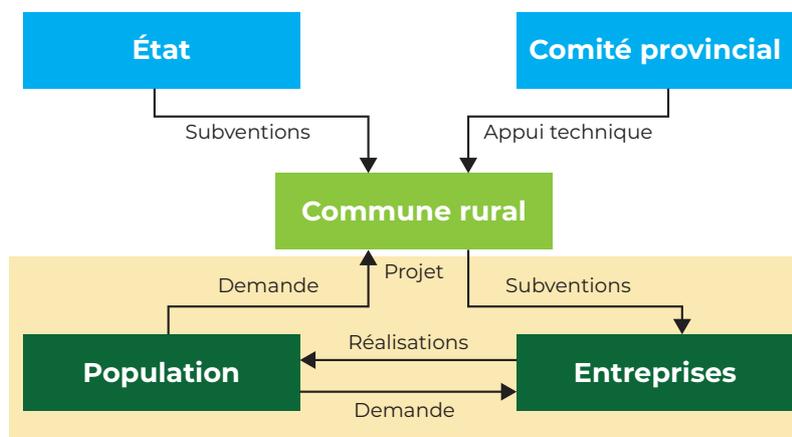


Figure 3 Organisation institutionnelle du PNAR aux niveaux central et régional



Source : Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017

Figure 4 Dispositif de réalisation d'un projet d'assainissement



Source : Présentation de la problématique de l'assainissement en milieu rural au Maroc ; 12 Juin 2012

1.4.2 Cadre législatif & réglementaire

La législation et la réglementation du secteur d'assainissement liquide consiste en un ensemble de textes qui fixent les conditions dans lesquelles doit se développer la politique d'assainissement liquide tant pour la préparation et mise en œuvre, que pour l'exploitation des ouvrages réalisés.

Ces textes s'imposent aux administrations, aux collectivités,

aux entreprises et aux particuliers et fixent les attributions et obligations de chacun.

La législation traite des régies et dispositions générales, et renvoie à des décrets ou à des arrêtés pour fixer les éléments plus détaillés. Le tableau suivant récapitule les principaux textes traitant de sujet de l'assainissement au Maroc, ainsi que les dispositions correspondantes :

Tableau 2 Récapitulatif des textes réglementaires de l'assainissement au Maroc

Texte réglementaire	Principales dispositions correspondantes
Loi 10-95 sur l'eau	Prévoit des dispositions légales visant la rationalisation de l'utilisation de l'eau, la généralisation de l'accès à l'eau, la solidarité et la réduction des disparités entre la ville et la campagne dans le cadre de programmes visant à assurer la sécurité hydrique sur l'ensemble du territoire Royaume.
Décret n° 2-97-875 du 4 février 1998 relatif à l'utilisation des eaux usées	Stipule que l'utilisation d'une eau usée nécessite l'obtention d'une autorisation délivrée par le directeur de l'agence du bassin hydraulique concernée et qu'aucune eau usée ne peut être utilisée si elle n'a pas été préalablement reconnue épurée.
Décret n° 2.04.553 du 24 janvier 2005	Fixe les dispositions relatives à tout déversement, écoulement, rejet, dépôt direct ou indirect dans une eau superficielle ou une nappe susceptible d'en modifier les caractéristiques.
Décret n° 2-05-1533 du 13 février 2006 relatif à l'assainissement autonome	Définit « l'assainissement autonome » comme l'ensemble des dispositifs installés pour la collecte, l'épuration et éventuellement l'évacuation des eaux usées, en l'absence d'un réseau d'assainissement collectif.
Arrêté n° 1276-01 du 17 octobre 2002	Fixe les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.
Arrêté conjoint n° 1180-06 du 12 juin 2006	Fixe la redevance forfaitaire de déversement domestique des agglomérations rurales à cinq cents (500) dirhams par an.
La Loi n° 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement	S'agissant des ressources en eau, la loi fixe la prévention et lutte contre toute forme de pollution (principes de « l'utilisateur payeur » et « du pollueur payeur »)
La Loi n° 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement	Soumet les stations d'épuration des eaux usées et les ouvrages annexes à une étude d'impact.
La Loi n° 25-90 relative aux lotissements, groupes d'habitations et morcellements	Prévoit une demande d'autorisation de lotir auprès du président de la commune, avec une obligation de se raccorder aux réseaux divers.
Le Dahir n° 1-60-063 du 25 juin 1960 relatif au développement des agglomérations rurales	Prévoit que dans les agglomérations rurales dotées d'un plan de développement, toute construction nécessite l'obtention préalable d'une autorisation de construire.

Source : Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017



2. Systemes d'assainissement liquide

2.1. L'assainissement individuel

L'assainissement individuel, dit aussi « autonome » ou « non collectif », consiste en la réalisation par l'utilisateur, d'un système de collecte, d'évacuation des eaux usées et de traitement par le sol, moyennant la construction d'une fosse d'accumulation des matières solides ; cette dernière est remplacée ou vidangée de façon périodique. L'assainissement est réalisé au niveau de la propriété privée avec ou sans séparation des eaux usées (eaux grises et eaux noires). Mais, dans tous les cas, les eaux pluviales ne sont pas mélangées à l'eau usée. En milieu rural marocain, on pratique souvent la séparation des eaux vannes des eaux grises à la source, au niveau de l'habitation, les eaux vannes seront évacuées vers des latrines et les eaux grises seront acheminées vers des fosses d'infiltration.

Ce système est particulièrement intéressant sur les plans économique et technique, pour les centres ruraux caractérisés par des habitations isolées, et des zones d'habitat à faible densité, où un système collectif n'est pas justifié. En effet, la collecte des eaux usées dans ce cas entraîne des dépenses importantes de réalisation et d'entretien dans le cadre d'un service public, que la collectivité ne peut supporter.

Techniquement, la dépollution à la source, quand elle est possible, est préférable, car elle évite la concentration en un même endroit des rejets d'un effluent qui n'est jamais épuré complètement.

Dans tous les cas, une analyse des aptitudes du sol à l'épuration (analyse pédologique, tests d'infiltration) et une analyse des conditions hydrogéologique du site doivent être effectuées à la charge de l'utilisateur.

La mise en place d'un système d'assainissement individuel nécessite :

- le choix d'une installation efficace, correctement réalisée et entretenue ;
- un dispositif capable d'assurer une bonne infiltration de l'eau épurée ;
- le rejet de l'eau épurée sans risque pour l'environnement ni les eaux souterraines ;
- le rejet de toutes les eaux pluviales par infiltration dans une tranchée drainante, dans un fossé ou stockées pour l'arrosage.

Enfin, il est intéressant de constater que les techniques d'assainissement autonome se sont affinées et multipliées en utilisant de plus en plus de dispositifs préfabriqués ; Les filières de ce système sont constituées d'une fosse septique et d'un système d'épandage à faible profondeur. Certains ouvrages complémentaires, tels que préfiltre, dégraisseur, puits d'infiltration complètent parfois le système.

On se limitera dans ce document à présenter le schéma général d'assainissement individuel conventionnel; le reste du guide étant dédié au développement des systèmes collectifs, et par analogie aux systèmes semi-collectifs.

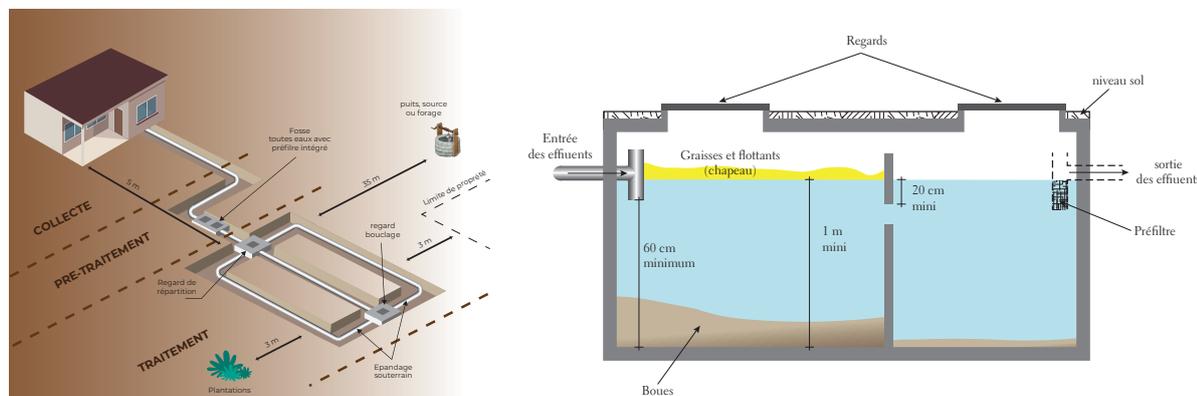


Figure 6: Schéma de principe d'un système d'assainissement individuel

Source : Modules de formation eau et assainissement en milieu rural et périurbain francophone ;

2.2. L'assainissement collectif et semi-collectif

L'assainissement collectif est constitué par un réseau de conduites conçues pour collecter et évacuer les eaux usées d'un ensemble de maisons ou d'immeubles, vers une station d'épuration ou un exutoire. Ce type d'assainissement nécessite un raccordement au tout-à-l'égout et implique le paiement par l'utilisateur de la redevance assainissement.

Ainsi, ce système se divise en deux sous-systèmes :

- L'in-site de l'assainissement liquide : comprend essentiellement tout ouvrage utilisé pour recueillir les eaux usées et pluviales et les amener à la limite des zones habitées. Il est généralement constitué des branchements, collecteurs tertiaires, secondaires et primaires, des canaux de drainage et des ouvrages de collecte tels que les botes de branchements, les regards, les avaloirs, les dessableurs, les déversoirs d'orage, les siphons, les stations de relevage, les bassins de stockage, etc.
- L'hors-site de l'assainissement liquide : comprend essentiellement les ouvrages utilisés pour recueillir les eaux pluviales et les transporter vers un exutoire approprié, soit à une station d'épuration ou soit à un dispositif de rejet dans le milieu naturel (oued, mer ou épandage sur le sol).

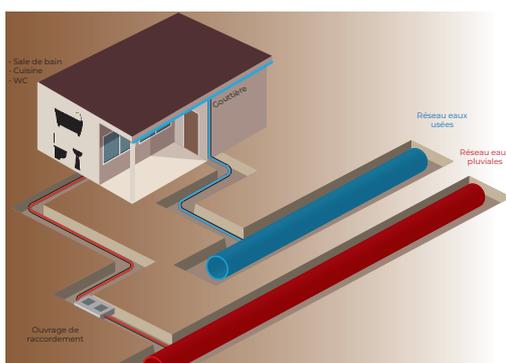
L'assainissement semi-collectif, quant à lui, se pratique dans le cas où une zone passe de l'assainissement autonome à l'assainissement liquide collectif. En effet, il arrive un moment où la quantité d'eau à infiltrer dépasse la capacité d'infiltration du sol, soit par augmentation de la consommation en eau suite à l'évolution du niveau de vie, soit par densification de l'habitat. Les solutions possibles consistent à :

- abandonner les systèmes individuels pour construire un réseau d'égout classique collectif (solution onéreuse et peu rentable) ;
- conserver les fosses septiques et remplacer l'élément épurateur/évacuateur par un collecteur de faible diamètre pour collecter les effluents des fosses septiques tout en laissant les matières solides dans les fosses. Ceci permet alors d'aboutir à un système semi-collectif qui est moins onéreux que le réseau conventionnel car :
- les collecteurs peuvent être de faible diamètre (50 à 160 mm) ;
- les pentes peuvent être faibles (1/200) évitant ainsi les excavations profondes ;
- ce système nécessite moins d'entretien et alors moins de regards (un tous les 200 m), car le réseau ne transporte qu'un effluent liquide.

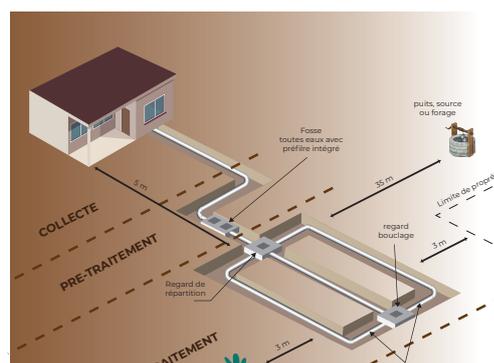
Dans la suite du document, la désignation « système collectif » s'étendra également le système semi-collectif, puisqu'on s'intéresse plus à la fonction de collecte assurée par le réseau.

Différents types de réseaux collectifs peuvent être envisagés :

- réseau classique, à prévoir surtout pour les centres urbains et préurbains ;
- réseau d'eaux usées décantées (REUD) ;
- réseaux d'eaux usées simplifiés (REUS).



Assainissement collectif



Assainissement non collectif



2.2.1 Réseau classique

Le réseau d'assainissement classique se compose de collecteurs principaux qui reçoivent les apports des collecteurs secondaires et tertiaires. Ces derniers permettent de desservir les habitations grâce à des regards de façade, conduites de branchement et regard de raccordement.

Dans le réseau classique, les conduites d'eaux usées sont généralement, dimensionnées et posées pour assurer des vitesses comprises entre 0,6 et 3 m/s, afin d'assurer l'autocurage à l'intérieur des conduites. Les conduites d'eaux usées sont enterrées à une profondeur minimale de 1 m par rapport à la génératrice supérieure et ont un diamètre minimal (200 mm dans le cas de l'assainissement rural). Ce qui peut être assez pénalisant dans les zones à topographie plate avec de faibles densités de population

Le réseau classique, peut être unitaire, séparatif ou pseudo-séparatif :

A. Le système unitaire

Ce système effectue une collecte conjointe des eaux usées et pluviales dans un réseau unique, qui les achemine vers le milieu récepteur (ou système de traitement). Il est généralement équipé de déversoirs d'orage, vannages, etc. permettant, en cas de pluies intenses, le rejet par surverse d'une partie des eaux, vers le milieu naturel soit directement, soit après un traitement spécifique.

Le système unitaire s'impose lorsqu'il n'y a pas de possibilités de concevoir économiquement un réseau séparatif ou pseudo-séparatif. Il est aussi envisageable lorsque l'urbanisation d'un secteur est en perpétuelle transformation. En revanche, il est à proscrire en zone industrielle en raison des diverses natures d'effluents, principalement des rejets d'eaux de refroidissement.

Il présente l'avantage de la simplicité, puisqu'il suffit d'une canalisation unique dans chaque voie publique et d'un seul branchement par habitation, sans grand souci de conformité. Il fournit également l'avantage de collecter les eaux de « petites pluies » fortement souillées, qui représentent 90 % des événements pluviométriques.

Toutefois, on note l'inconvénient de devoir effectuer parfois des déversements intempestifs dont le niveau de pollution n'est guère à négliger et qu'il convient de gérer au plus juste. En plus, le fonctionnement de la station d'épuration devient difficile du fait de l'irrégularité des débits et des charges polluantes.

B. Le système séparatif

Le système séparatif est constitué de deux réseaux parallèles : un réseau qui collecte les effluents domestiques (eaux vannes et eaux ménagères) et un réseau qui assure l'évacuation des eaux pluviales directement rejetées dans le milieu récepteur.

Il est de plus en plus adopté par un grand nombre de petites et moyennes agglomérations, et il surtout choisi pour les extensions des villes.

La collecte séparative des eaux usées domestiques nécessite des collecteurs de sections réduites en raison du débit limité des effluents. Elle apparaîtra le plus souvent préférable à une collecte unitaire lorsque les eaux pluviales peuvent être évacuées rapidement dans le milieu naturel en faisant largement appel au ruissellement superficiel (caniveaux, fossés et autres solutions « sans tuyau » dites alternatives).

L'origine de ce système est liée à la création des stations d'épuration, qui sont plus économiques en investissement comme en exploitation avec ce système, puisque les eaux à traiter ont un volume faible, un débit régulier et une charge polluante assez uniforme. Il présente, par ailleurs, d'autres avantages :

- il est le seul concevable si la population est relativement dispersée ;
- il permet le recours à des postes de relevage ou refoulement qu'imposerait la faiblesse du relief ;
- il permet d'évacuer rapidement et efficacement les eaux les plus polluées, sans aucun contact avec l'extérieur, ce qui n'est pas le cas du mode unitaire qui nécessite, en cas d'orages, le fonctionnement de déversoirs de surverse ;
-

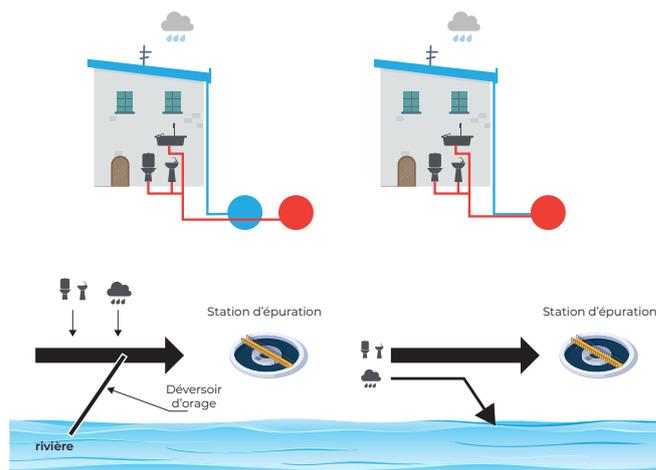


Figure 6: Schéma des réseaux unitaire et séparatif

C. Le système pseudo-séparatif

Le système pseudo-séparatif, est un système dans lequel les apports d'eaux pluviales sont divisés en deux parties : L'une constituée des ruissellements de surface des voiries, qui s'écoule dans des ouvrages conçus à cet effet (canalisations, fossés et/ou caniveaux). L'autre provenant des toitures, terrasses et cours intérieures des habitations, qui sont raccordées au



réseau d'assainissement évacuant les eaux usées domestiques.

Dans les villes, la séparation des eaux dans les immeubles existants peut se heurter à des difficultés considérables tenant surtout aux dépenses importantes qu'elle entraîne par la modification des installations intérieures, c'est-à-dire le dédoublement du branchement éventuel à l'ancien réseau.

Dans le contexte marocain, ce système est retenu dans de nombreuses zones, suburbaines où les habitations sont relativement proches les unes des autres. Ce sont, par exemple, des centres d'agglomérations implantées en milieu rural.



Les faibles volumes d'eaux usées engendrés par la faible consommation dans le milieu rural, ne permettent pas toujours d'envisager ces réseaux de collecte traditionnels, car, en plus de leur coût relativement élevé, la vitesse d'autocurage n'est pas atteinte et le fonctionnement des systèmes d'épuration n'est pas régulier.

2.2.2 Réseau d'eaux usées décantées

Le réseau d'eaux usées décantées consiste à réaliser des fosses de décantation au niveau des parcelles à assainir, et à installer des tuyaux de faible diamètre pour collecter les effluents liquides des fosses. Les matières solides restent piégées dans les fosses.

En effet dans ce procédé, des canalisations en PVC ou PEHD de diamètre variant de 50 à 160 mm peuvent être mises en place avec des pentes faibles, voire des contre pentes parfois, puisqu'il s'agit de transporter seulement les effluents liquides, les matières solides étant retenues au niveau de la fosse. En outre, le nombre de regards de visite est réduit du fait que le réseau nécessite moins d'entretien et donc plus d'espacements entre regards de visites.

Le recours à ce système très adapté aux zones rurales, se justifie par son coût réduit par rapport au réseau classique (30 à 40 % en moins). En outre le fonctionnement du réseau est meilleur (peu d'entretien).

2.2.3 Réseau d'eaux usées simplifié

Le réseau des eaux usées simplifié est un compromis entre le réseau classique et le réseau des eaux usées décantées, dans le sens où il est conçu pour la collecte et le transport des eaux usées brutes n'ayant pas subi de pré-sédimentation, mais avec des caractéristiques simplifiées (petits diamètres de 50 à 160 mm, enfouissement peu profond de 0,2 à 0,4 m, comme pour le REUD) et muni d'unités de nettoyage simples (chasses d'eaux périodiques à la place de fosse septique ou de décantation).

Le réseau simplifié est approprié pour des zones de fortes densité et à faible pouvoir d'achat contributif, et où il n'y a pas d'espace disponible pour l'assainissement individuel.

Figure 8: Schéma d'un réseau décanté

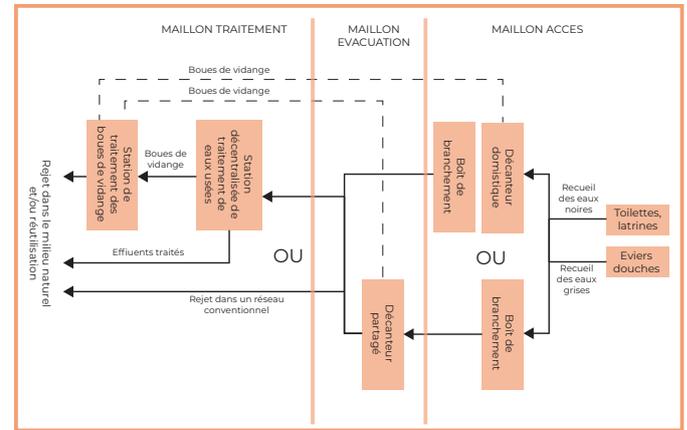
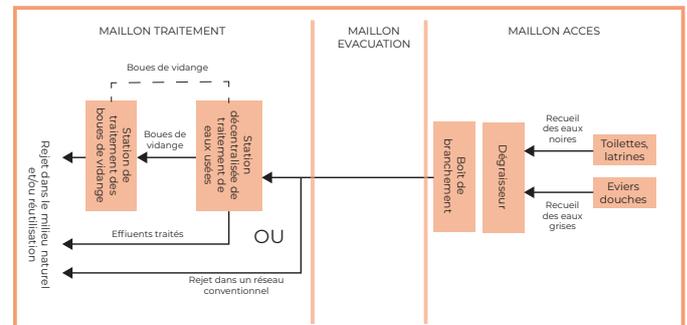


Figure 9: Schéma d'un réseau simplifié



Source : Service d'assainissement par mini-égout ; Ps-Eau



Les tableaux ci-dessous illustrent la comparaison technique entre les différents types de réseaux décrits précédemment, ainsi que les conditions appropriées pour le choix de chacun

Tableau 3 : Caractéristiques techniques des types des réseaux d'assainissement

Système de collecte	Réseau classique	Réseau décanté	Réseau simplifié
Solution de prétraitement au niveau du maillon accès	Pas de prétraitement	Décanteur domiciliaire ou partagé	Pas de prétraitement
Diamètre des canalisations du réseau tertiaire (au niveau du ménage)	150 mm	40 à 100 mm	100 à 150 mm
Diamètre des canalisations du réseau secondaire (rues)	250 mm	40 à 100 mm	100 à 150 mm
Diamètre des canalisations du réseau primaire (routes principales)	Jusqu'à 600 mm pour un réseau séparatif, et plus pour l'unitaire.	Ne dispose pas de réseau primaire, mais il peut être raccordé à un égout conventionnel.	
Gradient de pente minimal	0,5 - 1 %	0,5 %	1 %
Profondeur d'enfouissement minimale	1 m (sous voies carrossables).		1 m (sous voies carrossables).
Tracé du réseau	En majorité sous les routes.	En majorité dans l'espace privé ou sous les trottoirs.	
Mode de traitement	Station de traitement centralisée.	Station de traitement décentralisée ou rejet dans le réseau conventionnel.	

Source : Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017

Tableau 4 : Tableau 4 Analyse comparative des types des réseaux d'assainissement

Système de collecte	Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Réseau classique 	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrages normalisés ; Facilité d'entretien et de curage ; Visite aisée, au niveau des regards de visite (RV). 	<ul style="list-style-type: none"> Standard technique exigeant ; Diamètre mini exigé (300/200 mm) Non compatible avec les faibles débits, à évacuer ; Profondeur importante de pose ; Grandes hauteurs des regards ; Coûts élevés.
<ul style="list-style-type: none"> Réseau eaux usées décantées (REUD) 	<ul style="list-style-type: none"> Tuyaux de faible diamètre ; Collecteurs fonctionnant pour de faible pente ; Faible profondeur du réseau ; Ne nécessite pas de curage, et donc, pas moins de RV ; Les RV sont de faibles dimensions ; Les boîtes de branchement ne sont pas nécessaires ; Réseau très économique ; 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessité de fosses septiques à l'amont, d'où le système intégré (réseau - FS individuelle) qui est très coûteux.
<ul style="list-style-type: none"> Réseau eaux usées simplifié (REUS) 	<ul style="list-style-type: none"> Tuyaux de faible diamètre ; Faible profondeur du réseau et des regards ; Réseau plus économique que le conventionnel 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite une surveillance et un entretien plus efficace ; Nécessite des regards accessibles par l'équipe d'entretien.

2.3. Les réseaux non gravitaires

Si la plupart des réseaux d'assainissement collectif, privilégient le mode de transfert gravitaire des effluents (suivant la pente du terrain), le recours aux systèmes de transfert non gravitaires (que l'on appelle aussi transferts forcés) pourrait constituer une solution pertinente, dans un réseau d'agglomération à relief varié, pour éviter des sur-profondeurs excessives et onéreuses des canalisations. Dans ces conditions, et sur l'étendue des maisons isolés des zones rurales où l'habitat est dispersé, on peut admettre une certaine réduction des dépenses d'investissement dans l'adoption de tels systèmes. Cela concerne notamment :

- les conduites qui sont de faible diamètre (60 à 80 mm) et posées hors gel à 80 cm de profondeur ;
- la construction coûteuse de regards de visite, qui est évitée ;
- les quantités moindres de matériaux utilisés ;
- la diminution du nombre des stations d'épurations, suite au regroupement des communes.

En outre, ce type de réseau est généralement plus étanche qu'un réseau gravitaire. Cette bonne étanchéité est appréciable dans les zones sensibles à la pollution ;



Dans les réseaux non gravitaires, on distingue :

2.3.1 Le réseau sous pression

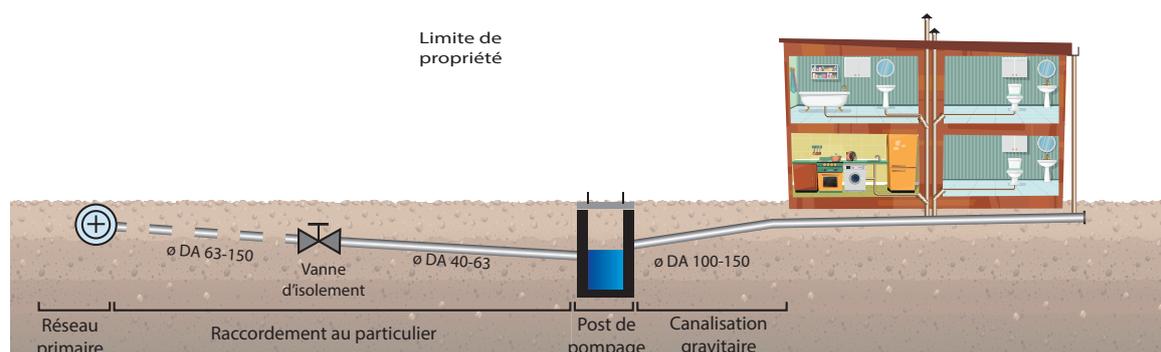
Le principe d'un réseau d'assainissement par pompage intégral s'applique aux mêmes conditions et contraintes que les autres systèmes non gravitaires, en terrain plat, quand la nappe est haute et quand on ne peut pas approfondir la canalisation.

Le système sous pression répond aux cas où les effluents transitent, depuis le rejet d'usager jusqu'à la station, par une cascade de postes de refoulement. À l'origine, un mini-poste pour un ou plusieurs branchement(s) reçoit les effluents particuliers et les refoule vers une station dite secondaire, qui reprend un ensemble de quelques douzaines de maisons, pour les acheminer vers une station de pompage primaire.

Les solutions collectives de réseaux sous pression sont particulièrement adaptées aux espaces industriels qui peuvent se convertir fréquemment, au fur et à mesure des modifications des lignes de production ; et aux zones touristiques, d'habitats légers de loisirs à occupation temporaire variable et à usages collectifs.

En fonction de la charge polluante des eaux usées transités, la station de pompage peut être équipée de systèmes de broyage/concassage adaptés qui rendent les effluents admissibles dans la conduite de refoulement de faible section.

Figure 10 : Structure de réseau d'assainissement sous pression



Source : Assainissement non gravitaire : des alternatives matures ; Revue l'Eau, l'Industrie, les Nuisances, N°407

2.3.2 Réseau sous vide

Le principe d'une installation d'assainissement sous vide repose sur un système par dépression qui utilise une centrale à vide et des regards de transfert : Un ou plusieurs usagers sont raccordés gravitairement au regard de transfert qui joue le rôle de réservoir-tampon. Celui-ci assure, à travers une vanne, l'évacuation par aspiration des effluents vers la cuve de stockage située dans la centrale de vide. Une pompe de refoulement effectue le transit vers l'exutoire.

La centrale de vide est au cœur du réseau et comprend la ou les pompe(s) à vide, la ou les cuve(s) de stockage, la ou les pompe(s) de refoulement. On y trouve tous les dispositifs de commande de l'installation. Les pompes à vide se trouvent à l'intérieur de la centrale ; sur les petites installations, le vide peut être créé par une pompe centrifuge équipée d'un éjecteur qui sert aussi à refouler les effluents.

Ce type d'installation est indiqué pour le terrain plat, instable, ou rocheux évitant les sur-profondeurs. Il s'adapte à l'encombrement du sous-sol, aux obstacles, etc. A contrario, il n'est pas adapté à des profils à forte déclivité. Il ne remplace ni le gravitaire ni le relèvement isolé, ni le refoulement à grande distance. Il est conçu strictement pour la collecte des eaux usées.

Une station de vide et 100 à 200 vannes peuvent desservir 3 000 équivalents-habitants ; au-delà, il convient de concevoir un autre module.



2.3.3 Le reseau sous pression par aero-ejecteur

Le principe d'un réseau d'assainissement sous pression par aéro-éjecteur est le refoulement par air comprimé.

Un ou plusieurs branchement(s), ou un mini-réseau gravitaire assurent la collecte des eaux usées en provenance des particuliers, généralement dans un secteur rural. Un aéro-éjecteur installé dans un regard sans dégrillage envoie les eaux dans le réseau sous pression en suivant un cycle à trois temps :

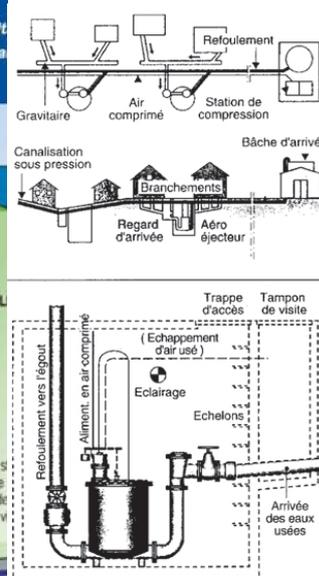
- 1er temps : l'arrivée de l'effluent, dans la cuve de l'appareil par gravité à travers le clapet, remplit celle-ci progressivement ;
- 2ème temps : le remplissage de la cuve terminé, un détecteur commande l'admission d'air comprimé, la mise en pression et le refoulement dans la conduite d'évacuation ;
- 3ème temps : à la fin du refoulement, l'ordre de fermeture de la vanne d'admission de l'air et de refoulement permet l'ouverture du clapet soumis à poussée de l'effluent en attente.

Figure 11: Structures de réseaux d'assainissement sous vide et par aéro-éjecteur



a) Réseau d'assainissement sous vide

b) Réseaux d'assainissement par aéro-éjecteur



c) Installation d'un aéro-éjecteur

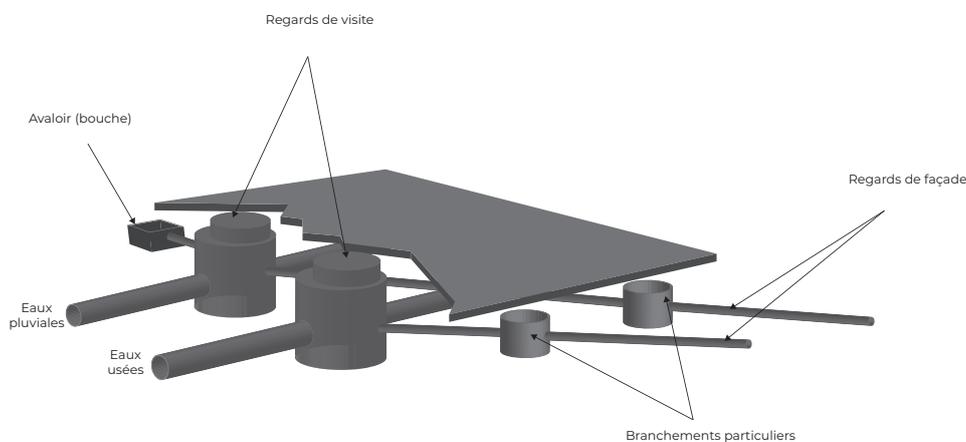
3. Composantes d'un réseau d'assainissement

Un réseau d'assainissement doit collecter les effluents et les véhiculer dans les meilleures conditions. A cet effet, ses composantes doivent être étanches et l'écoulement doit s'effectuer le plus directement possible, sans rencontrer d'obstacles occasionnant des retenues, des fuites ou des infiltrations.

Le réseau de collecte comprend :

- **Les canalisations**, qui correspondent au développement de l'ensemble du réseau jusqu'à l'évacuation à l'exutoire. Elles se présentent par tronçons de diamètre croissant de l'amont vers l'aval ; suivant leur section, on les classe ainsi :
 - collecteur primaire, pour les grands diamètres supérieurs à 0,80 m ;
 - collecteur secondaire, pour les diamètres moyens compris entre 0,30 et 0,80 m ;
 - collecteur tertiaire, pour les diamètres inférieurs à 0,30 m.
- **Des ouvrages annexes**, constitués par tous les dispositifs de raccordements, d'accès, de réception des eaux usées ou d'engouffrement des eaux pluviales et par les installations ayant pour rôle fonctionnel de permettre l'exploitation rationnelle du réseau (déversoirs d'orage, relèvement, bassin, etc.)

Figure 12 : Structures de réseaux d'assainissement sous vide et par aéro-éjecteur



3.1. Les canalisations

Les conduites des eaux usées peuvent être circulaires, ovoïdes ou rectangulaires.

3.1.1 Les conduites circulaires

Si le dimensionnement d'un réseau aboutit à un diamètre inférieur à 1,40 m, il est recommandé d'adopter des conduites circulaires préfabriquées et présentant des caractéristiques uniformes. Elles sont d'ailleurs, les plus utilisées en assainissement et sont de divers matériaux :

A. Les conduites en béton

Dans le domaine des canalisations fonctionnant en écoulement libre (cas le plus fréquent), les tuyaux sont constitués, selon les cas : de béton non armé, de béton armé, de béton de fibres et de béton à hautes performances.

Ils sont classés en « séries » selon leur nature et leur résistance à l'écrasement (pour chaque série, le nombre indiqué correspond à la charge minimale (en kN/m), que doit supporter un tuyau de diamètre intérieur 1 m au cours d'un essai d'écrasement). On a ainsi pour les tuyaux :

- en béton armé (A) : séries 90 A, 135 A, 165 A...



- en béton non armé (B) : séries 60 B, 90 B...
- en béton fibré (F) : séries 90 F, 135 F, 165 F...

Un tuyau Ø 800 de longueur 2,50 m et de série 135 A, présente une résistance minimale à l'essai d'écrasement de : $0,8 \times 2,50 \times 135 = 270 \text{ kN}$.

Les tuyaux en béton non armé sont fabriqués mécaniquement par un procédé assurant une compacité élevée du béton (compression radiale, vibration, centrifugation, etc.). La longueur utile ne doit pas dépasser 2,50 m. Ils ont une rupture brutale ; mais, à moins que la hauteur de recouvrement soit insuffisante, elle survient aux premiers âges de la canalisation. Les principaux joints sont du type emboîtement à gorge pour joint élastomère.

Il est déconseillé d'utiliser les tuyaux non armés pour des canalisations visitables.

Les tuyaux en béton armé comportent deux séries d'armatures : des barres droites appelées

« génératrices » et des spires en hélice continues, d'un pas régulier maximal de 15 cm. A moins que les tuyaux proviennent d'usines agréées, le constructeur doit obtenir du fournisseur que l'allongement sous charge maximale des aciers utilisés soit supérieur ou égal à 2 %.

Les tuyaux en béton armé largement utilisées au Maroc dans le domaine de l'assainissement, sont :

- Les conduites en béton vibré armé : se présentent suivant des longueurs de 2,50 m en 4 diamètres (Ø 300 à Ø 600) correspondant à deux classes de résistance (90A et 135A).

Figure 13: Tuyau en béton (joint intégré)



Ils sont à bouts mâle et femelle. Les joints sont en caoutchouc.

- Les conduites en béton centrifuge armé ordinaire (CAO) : La centrifugation apporte trois facteurs essentiels :

compacité, résistance et étanchéité. La jonction de ces tuyaux se fait par l'intermédiaire d'un joint torique en élastomère, qui autorise des déviations angulaires de plusieurs degrés. La jonction des tuyaux à bouts droits (BD) se fait par l'intermédiaire d'une bague matée au mortier sec.

Les conduites en béton fibré et précontraint, sont peu utilisées dans le domaine de l'assainissement.

Figure 14: Principe d'armature d'un tuyau en béton

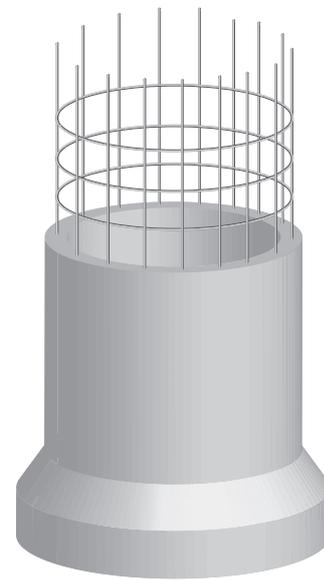
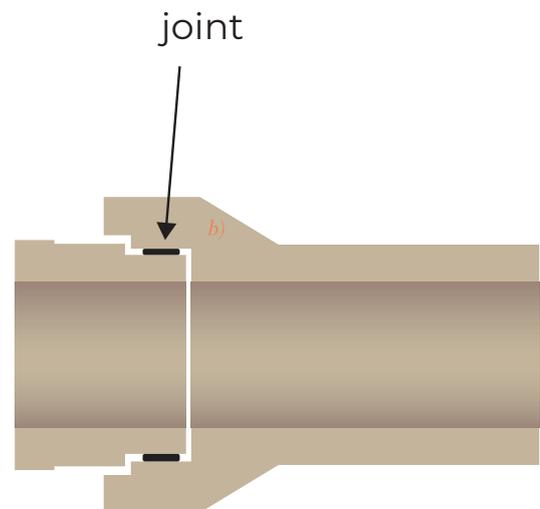


Figure 15: Principe d'assemblage des tuyaux en béton (A écoulement libre) béton



B. Les conduites en polychlorure de vinyle (pvc) non plastifié

Le PVC fait partie de la famille des thermoplastiques ; c'est une résine synthétique qui peut donner des produits souples ou rigides. Le PVC rigide non plastifié, utilisé en assainissement,

est opaque et de couleur normalisée gris clair. Il offre une exceptionnelle résistance à l'agression d'ordre chimique et peut, de ce fait, offrir un intérêt dans les installations internes industrielles.

Si les tuyaux ne sont pas destinés à être assemblés par manchons à double bague d'étanchéité, ils comportent à l'une de leurs extrémités une emboîture façonnée en usine, munie d'un dispositif pour loger ou retenir une bague en élastomère.

Les joints collés ne peuvent être admis que pour les tuyaux de faible diamètre, c'est-à-dire pour les branchements. Les tuyaux en PVC non plastifié sont sensibles à l'effet de température (ne supporte pas plus de 40 °C).

Les tubes PVC assainissement sont proposés dans la gamme ci-dessous :

Tableau 5: Gammes des tuyaux en PVC pour assainissement

Diamètre Extérieur (mm)	(CR8)-SDR 34		(CR4)-SDR 41		(CR2)-SDR 52	
	Ep. nominale (mm)	charges (daN/m)	Ep. nominale (mm)	Charges (daN/m)	Ep. nominale (mm)	Charges (daN/m)
110	3.0	1400	3.0	1400		
125	3.7	2500	3.0	1700		
160	4.7	3200	3.5	2100	3.2	1600
200	5.9	4950	4.7	3240	3.9	1800
250	7.3	7500	6.1	4320	4.9	2250
315	9.2	9200	7.7	5310	6.2	2835
355	10.4	11700	8.7	6100	7.0	3280
400	11.7	14830	9.8	6910	7.8	3600
450	13.2	15100	11.0	7350	8.8	4100
500	14.6	15500	12.3	9010	9.8	4500
630	18.4	17200	15.4	1134	12.3	5625

Les tubes de la classe CR2, sont réservés à l'assainissement gravitaire

Les tubes de la classe CR4 ou CR8 sont utilisés en gravitaire et peuvent admettre une Pression Maximale de Service (PMS) de 5 bars à une Température Maximale de Service (TMS) de 25°C.



C. Les conduites en polyester renforcé par des fibres de verre (PRV)

Le PRV fait partie de la famille des matériaux composites. Les composants des tuyaux sont des fibres de verre incorporées dans une matrice de résine thermodurcissable. L'ajout éventuel d'additifs (sable de silice, argile, etc.) améliore certaines propriétés des canalisations. Les différents produits (canalisations, raccords et pièces spéciales) sont fabriqués soit :

- par enroulement filamentaire des fibres de verre en continu ou en discontinu : classe A ;
- par centrifugation : classe C ;
- par application manuelle sur une forme : classe X.

Ces tuyaux présentent des caractéristiques qui portent sur : une bonne résistance chimique aux effluents industriels (produits de classe C), une bonne résistance aux chocs et une certaine légèreté. L'inconvénient majeur réside dans le coût relativement élevé.

Selon l'épaisseur de la paroi, les tuyaux entrent dans l'une des cinq classes de rigidité nominale (SN) : 630, 1250, 2 500, 5 000 et 10 000 N/m².

Les tuyaux ont une longueur de 6 m avec ou sans emboîture. Dans le premier cas, le raccord entre deux tubes est complété par une garniture étanche. Dans le second, les tubes sont placés bout à bout, la liaison étant obtenue à l'aide d'un manchon en résine synthétique. Le diamètre nominal (intérieur) va de 150 à 2 000 mm.





D. Les conduites en grès

Le grès servant à la fabrication des tuyaux est obtenu à parties égales d'argiles et de sables argileux cuits entre 1 200 et 1 300 °C. A la température de cuisson, l'ensemble subit la fusion pâteuse et se vitrifie. Les tuyaux en grès de bonne qualité, rendent un son clair.

Le matériau obtenu est très imperméable : il est inattaquable par les agents chimiques, à l'exception de l'acide fluorhydrique. L'utilisation des tuyaux en grès est recommandée dans les installations internes industrielles, mais en aucun cas elle ne devrait être préconisée en réseau public sous le prétexte que le grès peut admettre des effluents agressifs. Les parois intérieures très lisses permettent une très faible perte de charge. La longueur minimale utile des tuyaux est de 1 m.

Les tuyaux en grès sont fournis avec assemblage par bagues d'étanchéité ou à dispositifs d'étanchéité incorporés et montés en usine :



E. Les conduites en fonte ductile

En site urbain, où l'encombrement des réseaux divers, câbles, etc., est important et continuellement en évolution, les tuyaux et raccords en fonte demeurent les composants les mieux adaptés, car les moins influencés par le sol environnant, la nappe phréatique et les conditions difficiles de mises en œuvre. Ainsi, lorsqu'on a les conditions de pose minimales autorisées prescrites au fascicule 70 (groupe de sol 4, pas de compactage, retrait du blindage le plus défavorable), aucun autre matériau ne convient mieux.

À cela, ajoutons l'intérêt d'obtenir une liaison souple entre les différents composants : tuyaux, joints de liaison, raccords, etc., subissant des efforts dus aux surcharges et aux tassements différentiels. Les tuyaux et raccords en fonte supportent des pressions bien supérieures à 1 bar. De même, sur les tuyaux utilisés au fonçage, la fonte offre une résistance à l'écrasement horizontal bien supérieure aux contraintes généralement admises.

F. Les conduites en fibres-ciment

L'amiante est un matériau à texture fibreuse (silicate de magnésium, sodium, fer) que l'on mélange au ciment ; on obtient alors un matériau composite que l'on désigne par l'expression « fibres-ciment ». La longueur utile des tuyaux est un multiple du mètre, sans jamais être inférieure à 3 m.

Le fibrociment est cité pour mémoire ; Son utilisation est désormais interdite. Cependant, il est important de signaler que toute intervention sur des tuyaux contenant des fibres d'amiante déjà existants doit faire l'objet de précautions particulières.



3.1.2 Les collecteurs ovoïdes

Les ovoïdes préfabriqués en béton sont généralement utilisés pour transporter des grands débits. Leur longueur utile est d'au moins 1 m. Ils sont à joint à emboîtement à mi-épaisseur ou à tulipe.

Les ovoïdes utilisés sont normalisés selon le Devis Général des Travaux d'Assainissement (D.G.T.A 1961).

Les plus communs sont les ovoïdes D/H de 140/210 à 200/300.

Dans le cas où ils sont armés, ils sont pourvus d'une armature répondant aux sollicitations particulières propres à la forme de la canalisation ; la section des armatures, mesurée dans les sections les plus sollicitées en service, abstraction faite éventuellement de la présence d'un béton de forme, ne doit pas être inférieure aux 4/1 000 de la section longitudinale du béton.

3.1.3 Collecteurs Rectangulaires

Si les conditions du site imposent des ouvrages de faible hauteur, on peut réaliser des collecteurs en sections rectangulaires (Dalots ou cadres). En effet, l'utilisation des éléments préfabriqués de section carrée ou rectangulaire de classe A, posés sous chaussée, pouvant affleurer le sol et recevant directement les surcharges roulantes, évite, dans certains cas, le recours à des tranchées profondes ou à un

passage en siphon.

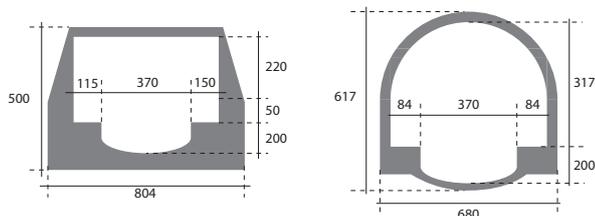
Pour évacuer les eaux pluviales en système séparatif, les sections rectangulaires, de faibles hauteurs, couvertes de dalles peuvent être placées sous trottoirs.

Il en est de même pour les collecteurs en système unitaire dont la profondeur est imposée par des nécessités de raccordement à l'exutoire ou éventuellement à des ouvrages existants ou projetés et dont la hauteur est dictée par la côte du terrain naturel.

3.1.4 Collecteurs Visibles De Sections Particulières

Ces collecteurs sont réalisés dans les centres urbains où le système d'assainissement est du type unitaire. Ils peuvent se classer en deux catégories :

- **Les ouvrages ordinaires à cunette**, conçus de telle sorte que les écoulements de temps sec, à faible débit, puissent s'effectuer à vitesse suffisante pour que l'autocurage soit assuré et que l'ouvrage soit visitable dans les meilleures conditions possibles, d'où leur forme à « rayon hydraulique » maximum pour l'écoulement des petits flots.
- **Les collecteurs à banquettes**, qui comportent une cunette à « rayon hydraulique » et une ou deux banquettes de part et d'autre pour assurer le passage du personnel et du matériel d'entretien. Ils sont prévus dès qu'on a à mettre en place un ouvrage de plus de 2,50 m de hauteur.



3.2. Les branchements

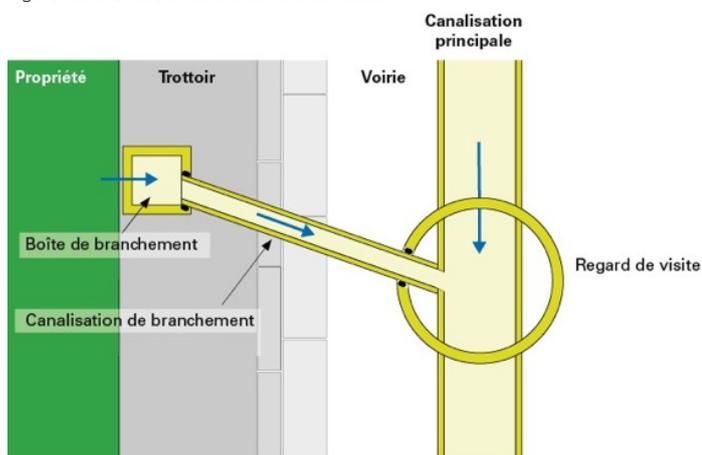
Chaque bâtiment/maison et chaque ouvrage est raccordé au collecteur à l'aide d'un branchement, permettant le rejet des différents effluents à l'égout. Selon le type de réseau auquel les bâtiments doivent être raccordés, les branchements sont simples (réseau unitaire) ou doubles (réseau séparatif). Ils doivent tenir compte de plusieurs paramètres :

- le débit et la qualité des eaux rejetées ;
- le type de collecteur et la profondeur à laquelle il se trouve ;
- le niveau de sortie du réseau privé ;
- la présence éventuelle de canalisations ou de câbles électriques ;
- la possibilité de desservir deux bâtiments ou groupes de bâtiments voisins.

Les branchements sont constitués de trois éléments distincts : un regard de façade (boîte de branchement), une canalisation de liaison et le dispositif de raccordement au réseau.



Figure 16: Schéma d'un branchement au réseau



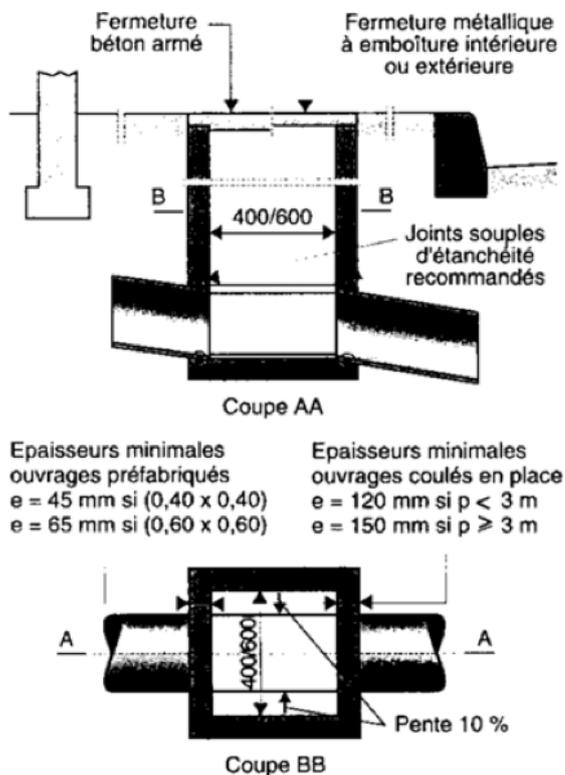
3.2.1 Le regard de façade

Il se situe sous le domaine public, en limite de propriété. Sa profondeur correspond au minimum au fil d'eau de la canalisation d'arrivée. Recouvert par un tampon de visite, sa section doit être suffisante pour en assurer l'entretien et contrôler la nature du rejet.

Sur demande de l'exploitant, il est soit à passage direct, soit équipé d'un siphon disconnecteur facilement visitable, dont le rôle est d'éviter le passage de corps étrangers vers l'égout. Il peut également être à double passage, eaux usées et eaux pluviales, évitant la juxtaposition de deux regards indépendants.

Les regards de façade sont en général de type préfabriqué. Les techniques actuelles visent à une standardisation de ces ouvrages et à l'utilisation plus courante d'éléments constitutifs industrialisés à joints souples.

Selon les dispositions du fascicule 70 relatif aux travaux d'assainissement, les caractéristiques sont liées à la fonction et à la forme : 0,40 ou 0,60 m de côté ou de diamètre (carré ou circulaire).



Les regards de façade destinés à la collecte des eaux industrielles doivent être construits indépendamment de ceux qui évacuent normalement les eaux pluviales ou les eaux usées domestiques. Ils doivent être constitués en regards de contrôle et comportent une double décantation pour la rétention des matières plus lourdes ou plus légères que l'eau. C'est dans ces regards que les services du contrôle effectuent des prélèvements pour vérifier la conformité du rejet. L'industriel est responsable de l'entretien des ouvrages dépendant de son entreprise.

Figure 17: Regard de façade (section carré)

3.2.2 La canalisation de branchement

La canalisation de branchement a un diamètre calculé en fonction du débit de pointe à rejeter. Il n'est jamais inférieur à 200 mm pour les eaux usées en réseau séparatif et à 300 mm en réseau unitaire. Sa pente est de l'ordre de 3 % ; toutefois, elle peut être supérieure selon la profondeur du collecteur.

Les canalisations de branchement sont de préférence raccordées suivant une oblique inclinée à 45 ou 60° par rapport à l'axe général du réseau public. Si cette disposition n'est pas applicable, certaines règles doivent être observées au niveau du raccordement dans l'ouvrage principal :

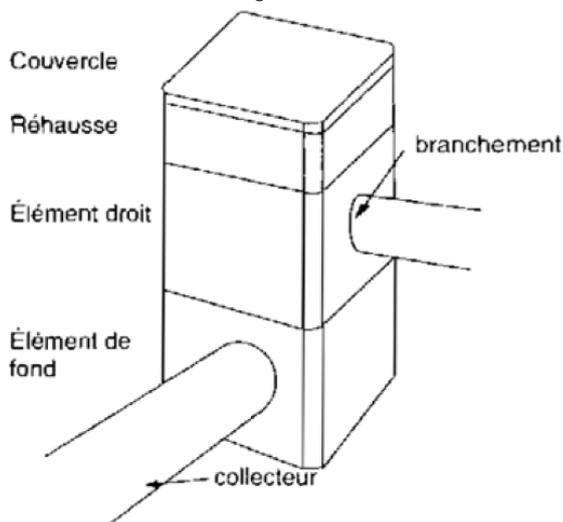
- si l'ouvrage n'est pas visitable, le raccordement s'effectue en fonction du dispositif (boîte, culotte...);
- si l'ouvrage est visitable, le fil d'eau est réalisé au maximum à 0,30 m au-dessus du radier.

3.2.3 Les dispositifs de raccordement

Le raccordement proprement dit de la canalisation de branchement s'effectue selon quatre possibilités liées à la nature et aux dimensions du réseau public :

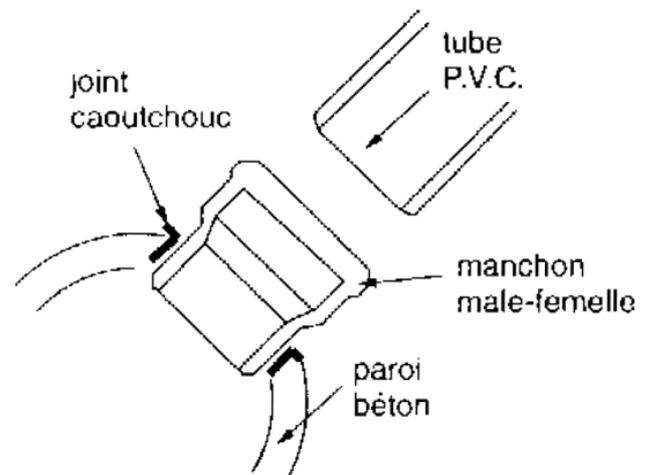
- Boîte de branchement borgne : construite quand il s'agit de raccorder les canalisations d'un branchement particulier à une conduite de réseau de faible diamètre : Ø200 à Ø800. C'est souvent un regard de dimensions et de profondeur réduites et non visitable ; l'obturation, au niveau de l'arase supérieure, est réalisée par une dalle en béton armé.

Figure 18: Boîte de branchement borgne



- Raccord de piquage : Ce type de raccordement n'est envisageable que sur des canalisations principales de faible diamètre en PVC. La fixation sur le collecteur s'effectue par collage au mortier adhésif ; le recouvrement devra être d'au moins 6 centimètres. Comme pour la culotte, l'angle maximal de raccordement est fixé à 67° 30', avec tulipe ou bout lisse et manchons à joints souples.

Figure 19: Raccord de piquage



Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur

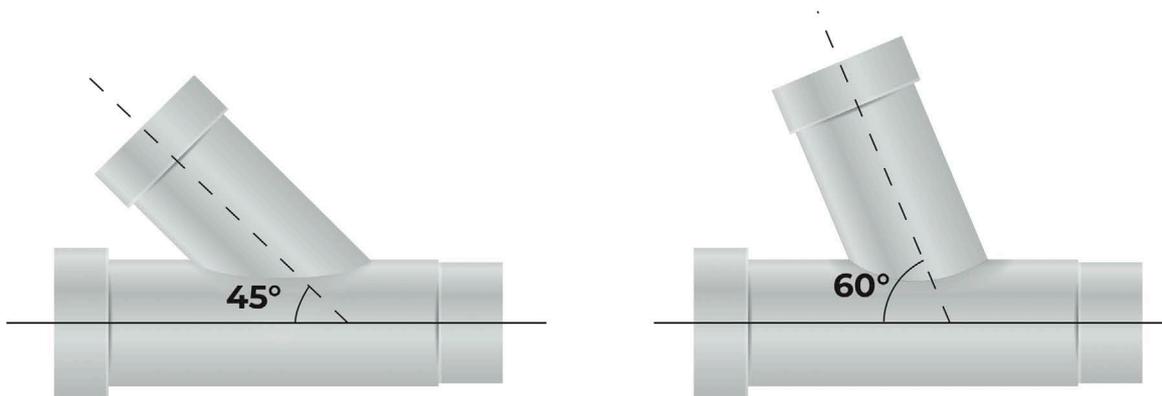
- Branchement par tulipe ou bout lisse avec arrêteurs : Ce type de dispositif n'est à prévoir que sur les canalisations principales en béton, armé ou non, d'un diamètre minimal de 0,40m. Le raccordement peut s'effectuer par tulipe ou bout lisse avec arrêteurs évitant le dépassement de la pièce à l'intérieur du tuyau. La mise en place n'étant possible que perpendiculairement à l'axe principal, il est nécessairement ménagé en chute d'au moins 0,30 m par rapport au radier général.

Figure 20: Branchement par tulipe



Figure 21: Branchement par culotte

- **Branchement par culotte** : Lorsqu'il s'agit de raccorder la canalisation sur un ouvrage public non visitable de faible diamètre, on peut mettre en place une culotte normalisée. L'inclinaison maximale de l'axe de la canalisation doit être réalisée au maximum à $67^{\circ} 30'$ par rapport au sens du courant dans l'ouvrage public. Le raccordement sur le collecteur principal s'effectue par le moyen de deux manchons ; l'étanchéité est assurée par des joints souples.



Source : Guide pratique des VRD et aménagements extérieurs

3.3. Les Regards

Les regards ont des fonctions diverses selon leur position au sein du réseau d'assainissement. Ils permettent l'accès au réseau, son entretien, le raccordement des branchements sur le collecteur, la collecte des eaux, le contrôle du débit et de la nature de l'effluent.

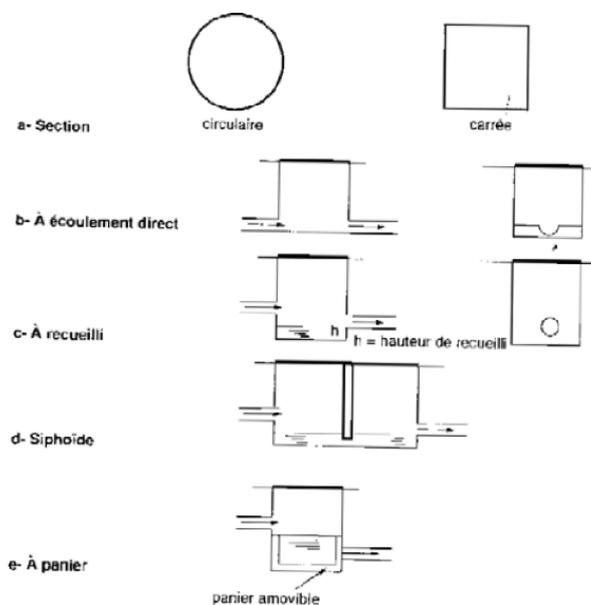
Ils se présentent sous différentes formes : simples, à écoulement direct, avec une réserve en fond assurant la décantation des matières minérales en suspension, siphonides afin d'éviter le passage de déchets et la remontée des odeurs, ou avec un panier pour retenir les matières solides.

Les regards sont réalisés soit en béton coulé sur place ou préfabriqué, soit en fonte, soit en matériau de synthèse (PVC, polyéthylène). Les parois doivent présenter une bonne étanchéité à l'eau, et leur épaisseur doit être apte à résister aux sollicitations mécaniques tant internes (mise en pression temporaire) qu'externes (remblai, charges de surface).

De section carrée ou circulaire, les regards comprennent les éléments suivants :

- un fond composé d'un radier avec ou sans cunette ;
- un ou plusieurs éléments droits ;
- un dispositif d'obturation.

Figure 22: Différents types de regards



Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur Selon la classification retenue dans le fascicule 70, on distingue :

3.3.1 les regards de visite a section circulaire de 1 m de diamètre

Ce type de regard comporte trois sous-groupes, selon que la canalisation visitée soit :

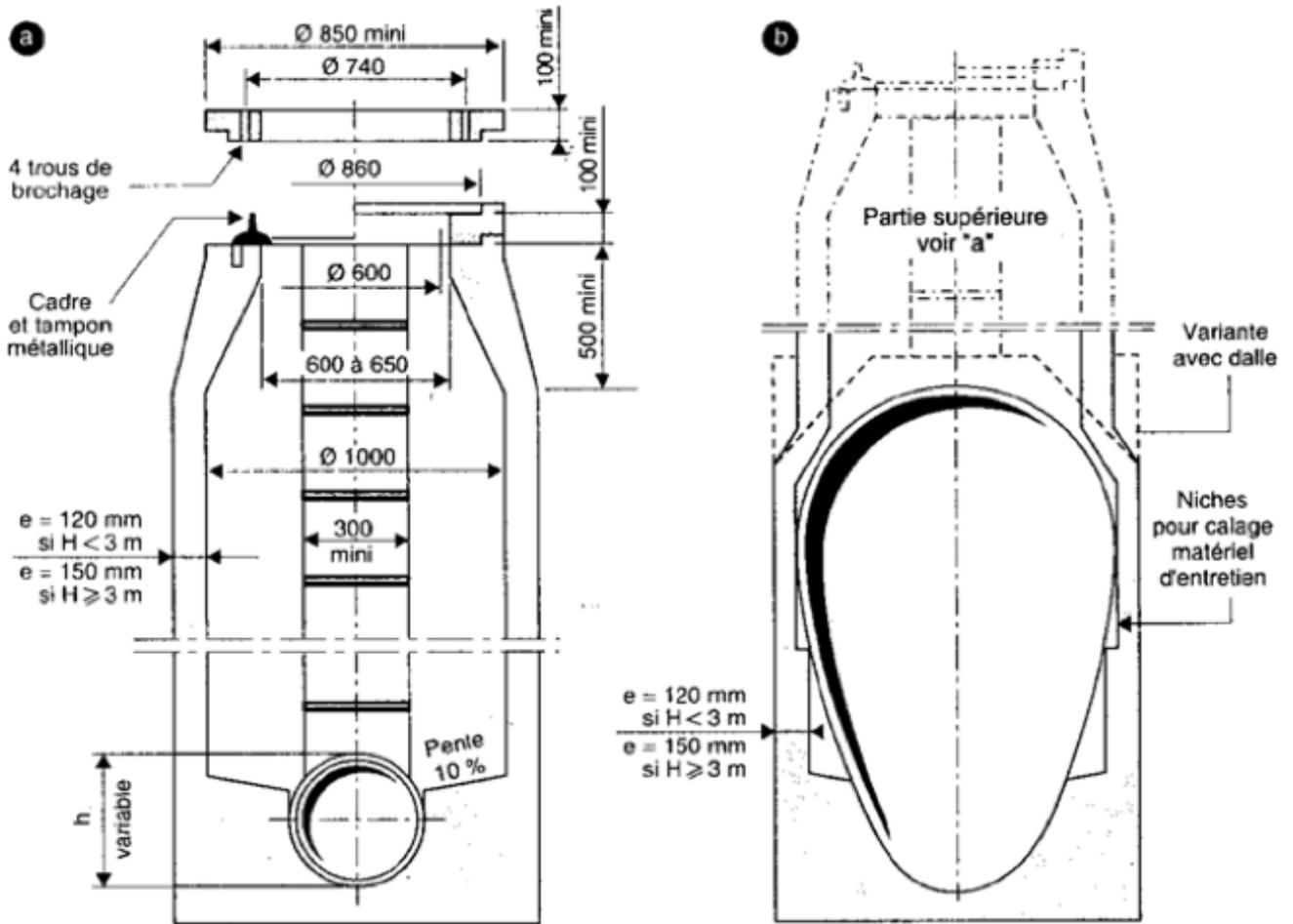
- **de diamètre inférieur ou égal à 0,80 m** : Les regards sont généralement, centrés sur l'axe principal du réseau.

Ils comportent trois éléments constitutifs :

- l'embase, au milieu de laquelle se trouve la cunette dont la partie supérieure doit être réglée à la hauteur équivalente ou à la valeur du diamètre si ce diamètre est inférieur ou égal à 0,30 m, ou à une hauteur supérieure ou égale au demi-diamètre si celui-ci est supérieur à 0,30 m ;
- la cheminée, dont la hauteur varie en fonction de la profondeur du réseau ;
- la hotte, tronconique, sur laquelle reposent le cadre et le tampon d'obturation.

Ces regards peuvent comporter une série d'échelons scellés en saillie ou une case d'échelle avec encastrement dans la paroi, souhaitable pour les grandes profondeurs.

- **de diamètre supérieur à 0,80 m** : Les regards correspondants sont :
 - à accès centré : ils ne comportent pas de cunette ; par conséquent, le profil transversal de la canalisation est prolongé et la cheminée coiffe pratiquement le tuyau au-dessus de sa partie supérieure. Des niches sont ménagées de part et d'autre de l'axe diamétral pour assurer le calage du matériel d'entretien ;
 - à accès latéral, qu'on utilise généralement sous les voies à très fort trafic, comportent un couloir d'accès dont la hauteur est déterminée par le niveau supérieur de la génératrice du tuyau principal. Pour éviter les dépôts sur le radier du couloir de communication, une cunette de 0,30 m au maximum doit être ménagée à la base du tuyau principal.
- **de type ovoïde** : Les regards sont centrés sur l'axe principal du réseau, et comportent à la base une faible cunette pour l'écoulement des débits de temps sec. Des niches sont ménagées dans les piédroits pour assurer le calage des matériels d'entretien. Ils peuvent être équipés d'échelles encastrées ou d'échelons saillants.



a) sur tuyau de diamètre inférieur ou égal à 0,80 m ; b) sur tuyau ovoïde. Source : Guide technique de l'assainissement

3.3.2 Les Regards De Visite A Section Carree De 1 M De Cote

Comme les regards du type précédent, ce type de regards comporte également trois sous-groupes identiquement répartis. Les regards sont soit centrés sur l'axe de la canalisation principale, soit excentrés par rapport à l'axe principal avec accès latéral.

Les dispositions constructives sont plus couramment en éléments préfabriqués circulaires scellés au mortier ou à emboîtement avec joints souples, adaptés à l'action des charges roulantes transmises par les piédroits de la cheminée.

En procédé traditionnel, on coule en béton le fond avec réservation de la cunette, ensuite on coffre la cheminée, on dispose un ensemble façonné d'armatures et on coule le

béton vibré.

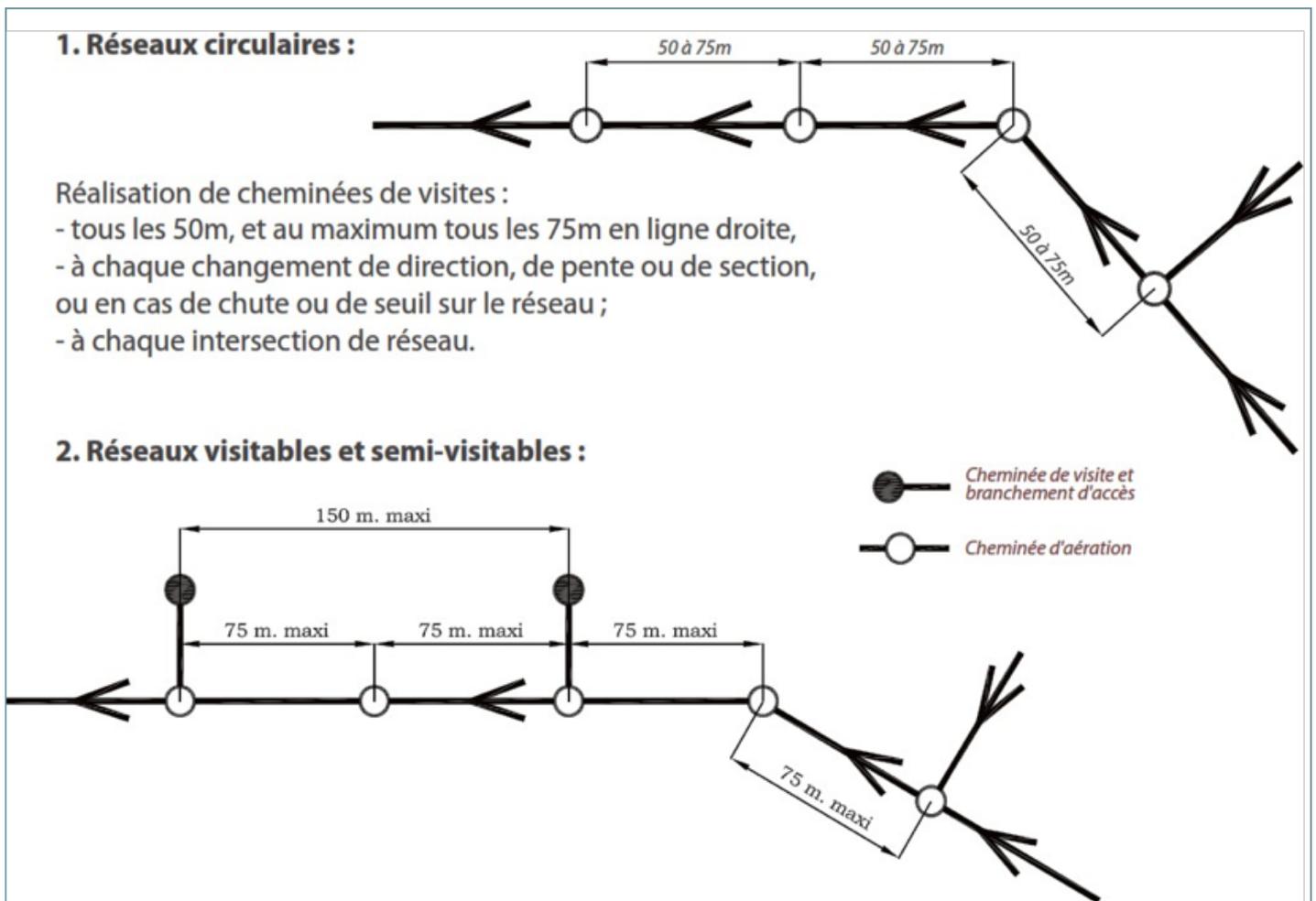
Ce dernier procédé n'est aujourd'hui appliqué qu'aux regards ayant des dimensions particulières ou aux puits d'accès à grande profondeur.

L'implantation des regards de visite, de section carrée ou circulaire, est recommandée dans les cas suivants :

- Tous les 30 à 50 mètres le long de tous les collecteurs ;
- A chaque jonction entre deux collecteurs ;
- A chaque changement de direction ;
- A chaque changement de section ;
- A chaque changement de pente.

Le schéma suivant montre les prescriptions relatives à l'implantation des regards :

Figure 24: Principes d'implantation des regards





3.4. Les ouvrages de collecte des eaux pluviales

Ces ouvrages sont destinés principalement à la collecte et évacuation des eaux pluviales en milieu urbain et périurbain.

3.4.1 Les fosses et caniveaux

Les fossés sont principalement utilisés en zone périurbaine ou en zone rurale. Situés le long des voies, ils ont le double rôle de collecte et de transfert des eaux de ruissellement.

Souvent de forme trapézoïdale, les fossés peuvent être en béton, préfabriqué ou coulé sur place, ou en terre. Dans ce dernier cas, et selon la nature du sol, ils permettent soit de ralentir l'écoulement et de constituer un volume de stockage provisoire des eaux, soit d'assurer l'infiltration des eaux dans le terrain. L'inconvénient majeur réside dans leur entretien qui doit être régulier.

Les caniveaux, comme les fossés, sont des accessoires de la voirie, destinés à recueillir les eaux pluviales ruisselant sur la chaussée. Ils se présentent sous deux formes :

- **Les caniveaux ouverts** : sont placés perpendiculairement à la pente transversale de la chaussée, soit dans l'axe, soit le long de la bordure de trottoir afin d'assurer l'écoulement des eaux jusqu'à une grille ou un avaloir situé en point bas. Le fil d'eau suit la pente de la voie. Ils sont réalisés en béton

coulé en place ou constitués d'éléments préfabriqués (d'une largeur de 20 à 40 cm lorsqu'ils sont contre une bordure de trottoir, et de 40 ou 50 cm, pour les caniveaux placés en milieu de voirie).

- **Les caniveaux fermés** : sont généralement placés en point bas, perpendiculairement à la pente, afin de recueillir les eaux de ruissellement. Ils sont constitués d'un corps en béton ou en PVC en forme de U et d'un système de couverture composé de grilles accolées ou d'un dispositif à fente longitudinale.

3.4.2 Les avaloirs & bouches d'egouts

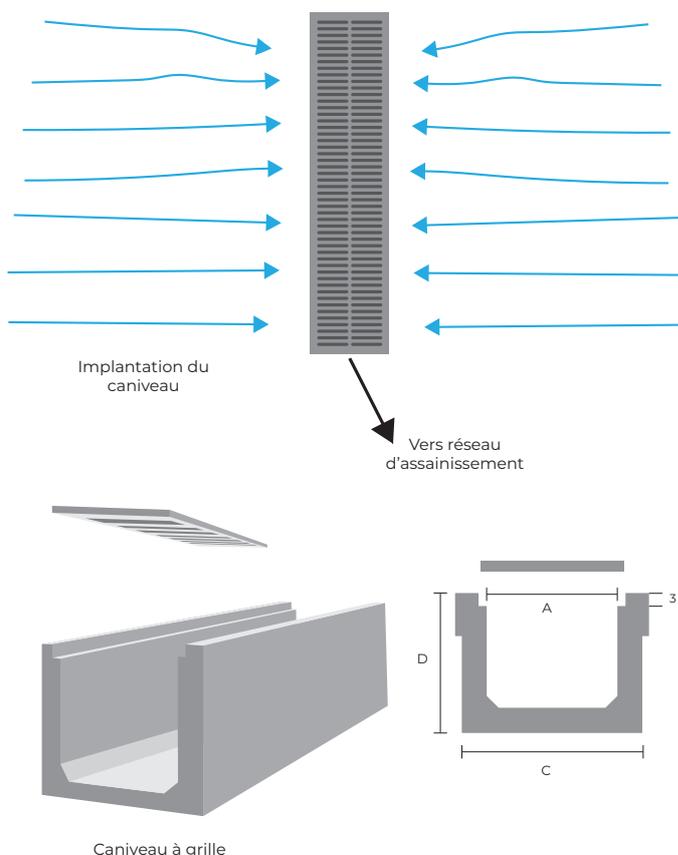
Ils sont des éléments ponctuels placés le long des bordures de trottoirs, permettant l'introduction des eaux de ruissellement dans le réseau. Ils sont généralement en point bas de la voie.

Les avaloirs, de section rectangulaire ou carrée, sont constitués des éléments suivants :

- un **radier** lisse qui présente une pente dirigée soit vers la canalisation d'évacuation, soit du côté opposé lorsqu'une décantation est prévue ;
 - des parois verticales parfaitement lisses, avec des angles arrondis aux jonctions entre parois et entre parois et radier ;
 - un compartiment inférieur éventuel de dessablage ou de décantation muni ou non d'un panier amovible arrêtant les déchets ;

- un dispositif éventuel formant siphon complété d'un by-pass de ventilation ;
- un cadre supportant le dispositif de fermeture
- une bouche d'engouffrement pouvant être munie d'une grille arrêtant les déchets et les feuilles.

Figure 25: Caniveaux fermés



Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur

- des parois verticales parfaitement lisses, avec des angles arrondis aux jonctions entre parois et entre parois et radier
- un compartiment inférieur éventuel de dessablage ou de décantation muni ou non d'un panier amovible arrêtant les déchets ;
- un dispositif éventuel formant siphon complété d'un by-pass de ventilation ;
- un cadre supportant le dispositif de fermeture
- une bouche d'engouffrement pouvant être munie d'une grille arrêtant les déchets et les feuilles.



Figure 26: Exemple d'un avaloir

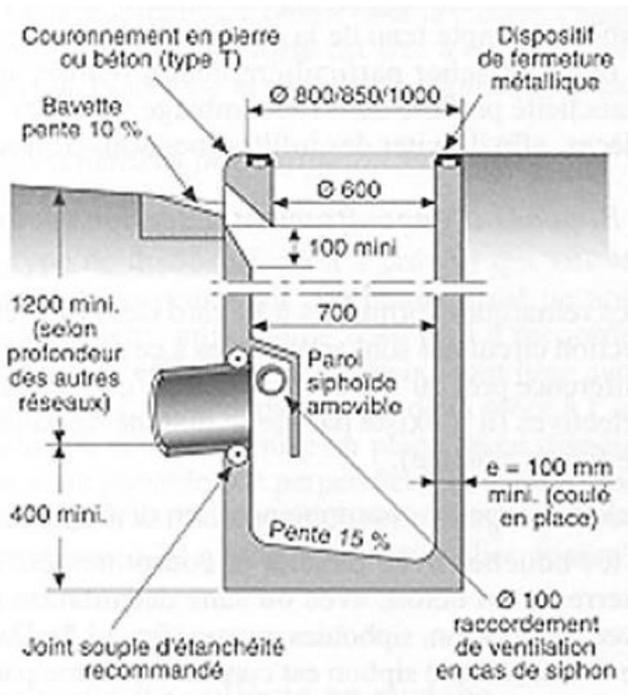


Figure 27: Fonctionnement d'un déversoir d'orage sur un réseau unitaire

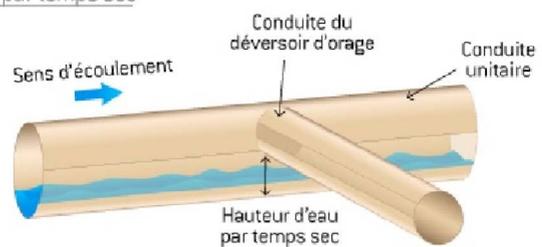
Comme les avaloirs, les regards à grille sont des ouvrages ponctuels dont la couverture est constituée d'une grille permettant la collecte des eaux. Cette grille est en fonte, en acier ou en PVC, selon la zone dans laquelle elle se situe. Les grilles de série légère sont destinées aux zones piétonnes alors que les grilles de série lourde sont réservées aux chaussées et aux aires de circulation importante. Les regards à grille sont placés en point bas des voies, la distance entre deux regards est de l'ordre de 35 à 50 m selon la largeur et la surface de l'aire desservie.

3.4.3 Les déversoirs d'orages

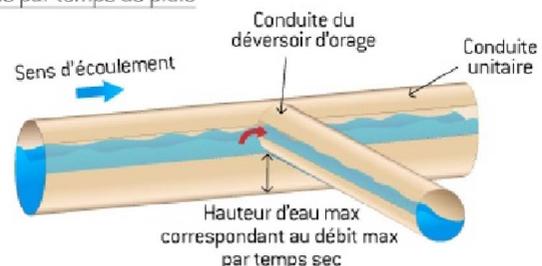
Les déversoirs d'orage sont des ouvrages dont le rôle est d'écrêter les quantités excessives d'eau collectées lors d'orages importants, afin d'éviter un surdimensionnement des canalisations. Leur action consiste à évacuer les eaux excédentaires par un exutoire les dirigeant dans le milieu naturel.

Les déversoirs d'orage sont généralement placés sur les réseaux unitaires de manière à réduire les dimensions du réseau aval et, par conséquent réduire le coût d'investissement. En temps normal, le débit est dirigé vers l'unité de traitement ; En cas de fortes pluies, cette unité ne pouvant pas absorber la totalité de l'effluent, une partie de celui-ci est dirigée vers le milieu naturel.

• Cas par temps sec



• Cas par temps de pluie



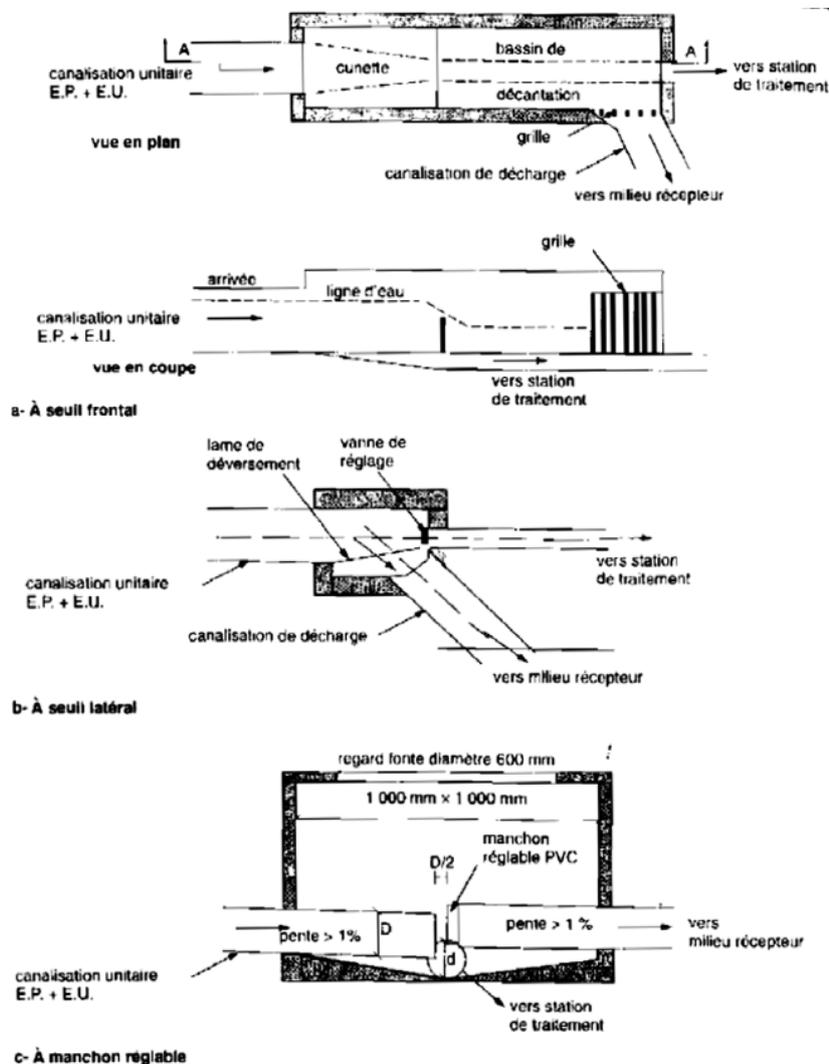
Source : La gestion qualitative des eaux pluviales ; Matthew HEBERT (Cépralmar)

Les déversoirs d'orage sont équipés soit d'un seuil frontal ou latéral, soit d'un manchon ; le réglage des débits s'effectuant par un système de vannes.

La figure suivante montre les principaux types de déversoirs conventionnels :



Figure 28: Types des déversoirs d'orages



Source : Guide pratique des VRD et aménagement extérieur

3.4.4 Les bassins de retenue & bassins d'orages

Les bassins de retenue d'eaux pluviales sont employés plus particulièrement sur les réseaux d'eaux pluviales en système séparatif. Comme les déversoirs d'orage, ils ont pour rôle de maîtriser le ruissellement pluvial, sans surcharger les canalisations. Leur action consiste à stocker les eaux excédentaires pendant un certain temps. Le volume retenu correspond à la différence entre le débit entrant et le débit de sortie (eaux infiltrées dans le terrain et flux évacué). Ils sont classés en trois grandes familles :

- les bassins constamment en eau ;
- les bassins secs se vidant simultanément par infiltration, évaporation et par évacuation ;
- les bassins humides ne conservant qu'un faible volume

d'eau permanent.

Les bassins d'orage jouent un rôle semblable aux ouvrages précédents. La différence essentielle est qu'ils sont traités avec une étanchéité en fond, de manière à éviter les risques de pollution du milieu par infiltration. Ils sont situés à proximité des zones où les eaux sont chargées en hydrocarbure (parcs de stationnement, voies autoroutières...), celles-ci devant être traitées avant leur rejet.

3.5. Autres ouvrages

3.5.1 les passages en siphon

Ce sont des ouvrages spéciaux réalisés pour le franchissement d'un cours d'eau, une route ou une voie ferrée encaissée, lorsque l'on ne souhaite pas avoir recours à un poste de relèvement / refoulement.

Le siphon est fondé sur le principe des vases communicants, auquel il convient, avec la dynamique d'écoulement, d'ajouter la perte de charge entre l'amont et l'aval, elle-même fonction du débit à transiter.

L'énergie autorisant le transit du débit résulte de la dénivellée relative, c'est-à-dire, d'une part, la différence d'altitude entre chambres amont et aval, et, d'autre part, les pertes de charge en tête et dans les passages.

La difficulté principale réside dans l'acceptation par ces ouvrages de variations importantes de débit, comme il peut s'en produire sur des réseaux unitaires.

Les siphons, même installés sur des réseaux séparatifs eaux usées, sont souvent équipés de déversoirs sur la chambre amont, de façon à sécuriser le fonctionnement et à autoriser l'exploitation.

Certains siphons sont équipés sur l'extrémité amont d'un dégrilleur, éventuellement d'un dessableur, pour limiter les risques d'obstruction et de sédimentation.

3.5.2 Les stations de pompage

Les réseaux d'assainissement sont le plus souvent à écoulement gravitaire. Cependant dans le cas d'une contrainte topographique on est amené à relever les eaux vers des étages supérieurs du réseau ou les refouler vers une station d'épuration.

A cet effet, les stations de pompage sont destinées, en assainissement, à élever les eaux d'un niveau à un autre, soit pour le franchissement d'un obstacle, soit pour modifier des tracés devenus inacceptables en réseau gravitaire.

Suivant les cas, on distingue :

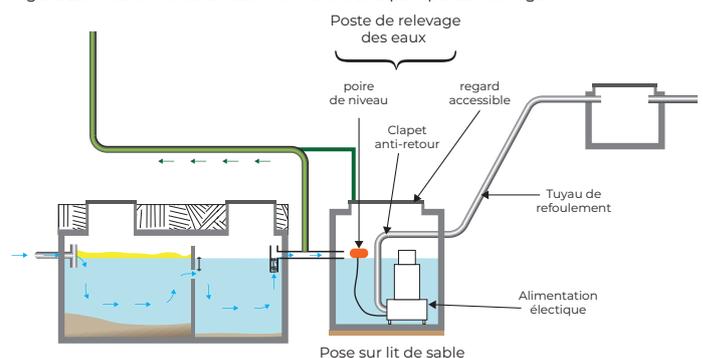
- Les relèvements : Ils sont essentiellement destinés à relever, à faible hauteur et courte distance, les eaux d'un collecteur ne pouvant plus s'approfondir. Les pompes élévatoires les plus fréquemment utilisées pour relever les effluents chargés sont :
 - les pompes centrifuges ou à hélice ou à vortex ;
 - les vis d'Archimède ; ce sont les machines les plus anciennes et elles demeurent très efficaces pour des faibles hauteurs, des débits jusqu'à 2 m³/s, et sont d'utilisation économique ;
 - les aéro-éjecteurs et les pompes à vide.
- Les refoulements : Ils sont destinés à forcer le transport des

effluents d'un point à un autre, souvent sur des grandes distances, voire d'importantes dénivellations, moyennant une mise en pression pour vaincre les pertes de charges ainsi que la hauteur géométrique de franchissement.

Une station de pompage est constituée par :

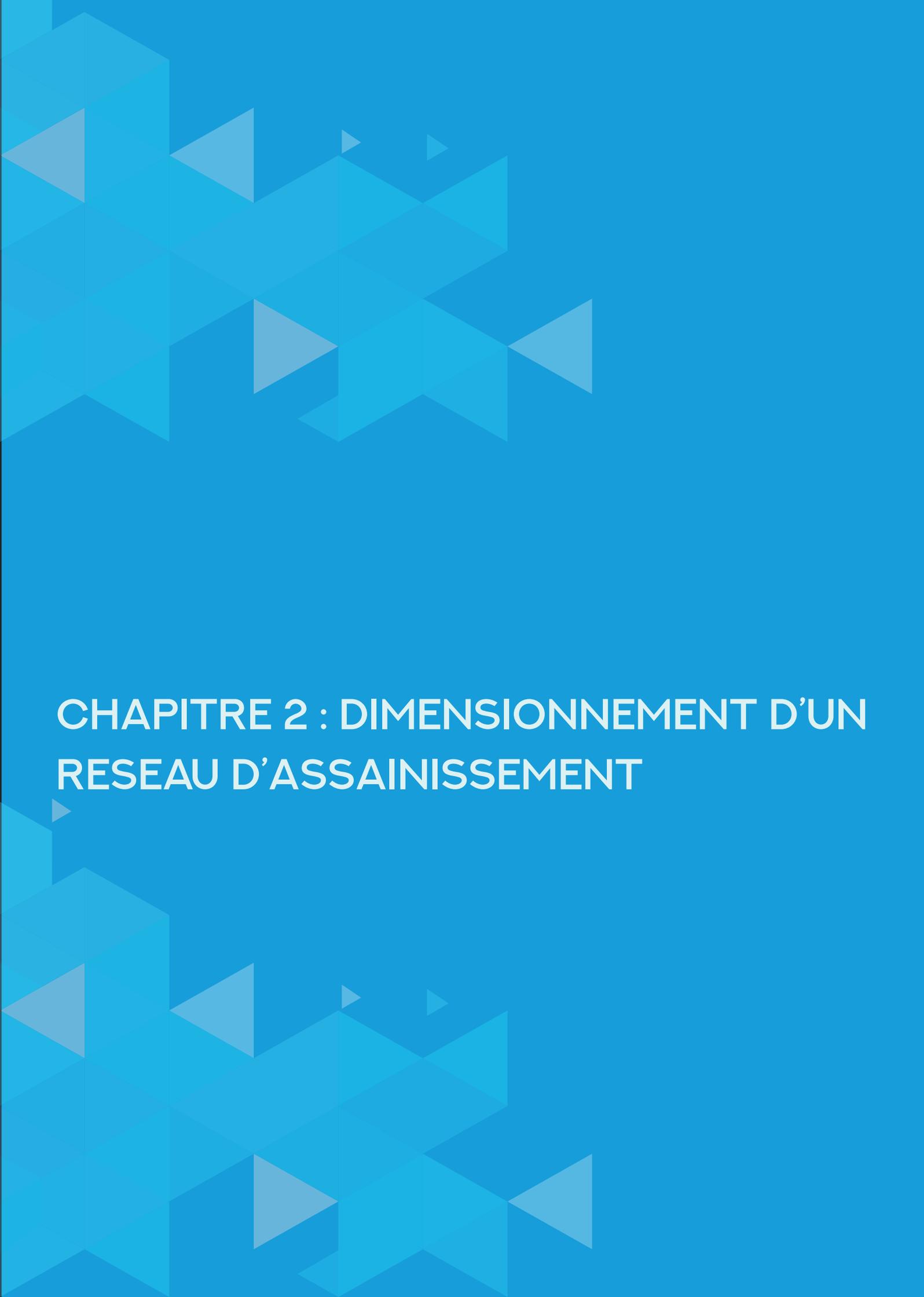
- une bache de stockage temporaire ou de reprise des effluents, équipée, normalement, en amont, d'un dégrillage et d'une chambre de dessablement, ce qui est souhaitable pour limiter les effets abrasifs et assurer la pérennité des matériels hydroélectriques ;
- un ensemble hydroélectrique constitué d'une ou de plusieurs motopompes, immergées ou non, des tuyauteries et appareillages nécessaires à l'exhaure des effluents.

Figure 29: Schéma de fonctionnement d'une pompe de relèvement



Source : www.pomperelavage.com





CHAPITRE 2 : DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'ASSAINISSEMENT

1. Conception d'un réseau d'assainissement

1.1. Les phases d'études d'un projet d'assainissement

Les documents de la planification de l'assainissement s'élaborent à deux niveaux, à savoir : le niveau national qui a la responsabilité d'élaborer le Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL) et le niveau local ou parfois régional qui a la responsabilité de produire le schéma directeur d'assainissement liquide de la région (lorsqu'il s'agit d'un groupement de Commune) ou de la collectivité locale (lorsqu'il s'agit d'une Commune). Vient ensuite les études techniques qui ont pour but de concrétiser le projet.

1.1.1 Le schéma directeur national d'assainissement liquide (Sndal)

Le SDNAL constitue l'outil de référence qui permet aux services gouvernementaux de mener une planification et une organisation cohérente et efficace du secteur de l'assainissement liquide. Ceci englobe les aspects suivants :

- Modalités des services à fournir et les pourcentages d'usagers à servir durant des horizons retenus ;
- Choix de technologies appropriées ;
- Aspects institutionnel, législatif, financier et réglementaire ;
- Gestion et exploitation.

Au Maroc, les pouvoirs publics ont formulé plusieurs objectifs généraux à atteindre dans le cadre de la stratégie adoptée pour le développement du secteur. Parmi ces objectifs :

- Faire suivre le développement de l'eau potable par celui de l'assainissement liquide ;
- Protéger les biens publics et privés en zones urbanisées des inondations ;
- Assurer la gestion en encourageant les collectivités locales à la sous-traiter aux institutions spécialisées ;
- Assurer le financement du service d'assainissement liquide en engageant les usagers à participer financièrement aux coûts d'investissement et d'exploitation du secteur.

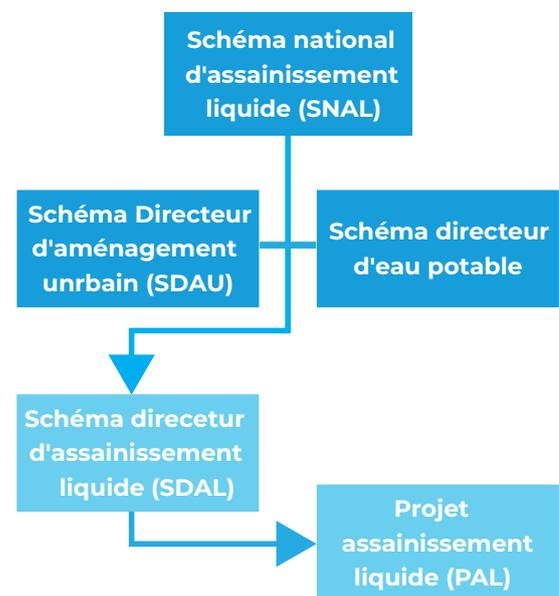
Pour atteindre ces objectifs, les pouvoirs publics ont adopté plusieurs mesures telles que :

- Lancer la préparation du schéma national et des schémas directeurs d'assainissement liquide en commençant par les grandes villes,
- Mettre en place les moyens de financement à la disposition des services d'assainissement.

1.1.2 Schéma directeur d'assainissement liquide d'une agglomération

Le schéma directeur d'assainissement liquide d'une agglomération est surtout lié aux orientations du SDNAL, au schéma directeur d'aménagement urbain (SDAU) et à celui de l'alimentation en eau potable (SDAE).

Figure 30: Interactions du SDAL avec les autres schémas directeurs



Source : Assainissement liquide ; Manuel de référence destinés aux élus et techniciens communaux du Maroc 1999

L'établissement d'un SDAL passe par les étapes suivantes :



Tableau 6: Missions d'établissement d'un schéma directeur d'assainissement liquide

Mission	Sous-mission	Résultats
Investigations préliminaires	<ul style="list-style-type: none"> Collecte et analyse de l'information existante ; Diagnostic du système existant ; Enquête industrielle ; Etude environnementale ; Etude du potentiel de réutilisation des eaux ; Etude des usages des rejets de l'eau ; Etude urbaine ; Examen des sites des stations d'épuration ; Critères de conception et de dimensionnement ; Etablissement des prix unitaires. 	Synthèse de la situation actuelle de l'assainissement liquide.
Etablissement du SDAL	<ul style="list-style-type: none"> Identification des variantes ; Etude des variantes ; Etablissement du schéma directeur. 	Dossier du schéma directeur.
Etudes institutionnelle et financière	<ul style="list-style-type: none"> Etude institutionnelle ; Etude de recouvrement des coûts. 	Plans institutionnel et financier préconisés.

Source : Assainissement liquide ; Manuel de référence destinés aux élus et techniciens communaux du Maroc ; 1999

Les documents produits à l'issu des études concernent les aspects suivants :

- La situation et problématique du secteur ;
- Les tendances actuelles ;
- Les objectifs et stratégies nationaux (politique nationale et SDNAL) ;
- Les grandes lignes des solutions envisagées pour les divers types d'assainissement à mettre en place (public et privé) ;
- Une première évaluation des investissements à réaliser et les coûts récurrents nécessaires à l'exploitation de ces investissements ;
- Les modalités de financement envisageables pour l'investissement public et les particuliers, pour le service de la dette, et pour les coûts récurrents ;
- La définition des mesures institutionnelles éventuellement nécessaires ;
- La définition des mesures réglementaires à prévoir pour obtenir du public, la part de coopération attendue ;
- Le phasage de la réalisation des projets sur une période de 15 à 20 ans avec le détail technique de la première phase des réalisations.

Outre les documents écrits, le dossier du schéma directeur d'assainissement liquide comporte aussi un dossier de pièces graphiques qui sont des plans du réseau existant et projeté à des échelles appropriées (du 1/10 000 au 1/1.000).

L'élaboration du schéma directeur est réalisée sous la supervision d'un comité technique provincial présidé par les autorités locales. Avant leur adoption finale, les documents sont soumis à l'approbation du Ministère de l'Intérieur qui vérifie leur conformité avec les orientations et directives de la stratégie nationale adoptée pour le développement de ce secteur.

1.1.3 Les projets ou avant-projets

quand le schéma directeur est adopté officiellement, la collectivité assure l'étape suivante, qui consiste à préparer les avant-projets, à savoir :

- **L'avant-projet sommaire (APS)**, qui est une description sommaire des travaux à exécuter durant la première phase du schéma directeur ;
- **et l'avant-projet détaillé (APD)**, qui donne une description plus précise des travaux à exécuter.



L'avant-projet sommaire permet d'établir l'enveloppe financière qui sera nécessaire pour la réalisation des travaux de la première phase. Ce document permet de rechercher le financement requis. Une fois qu'un engagement ferme de financement sera obtenu, il convient alors de passer à la préparation de l'avant-projet détaillé.

Pour la préparation de l'avant-projet détaillé, il est généralement nécessaire d'affiner les données topographiques et géotechniques. Ces deux éléments permettent de mieux définir le programme de construction et dresser un calendrier de réalisation.

Les avant-projets sommaire et détaillé sont constitués de pièces écrites (rapports technique et financier) et de documents graphiques, constitués de plans et schémas détaillés dont les plans de réseau sont au 1/1.000 ou même au 1/500 et ceux des ouvrages à des échelles appropriées selon l'ouvrage.

1.1.4 dossier d'appel d'offres

Le dossier d'appel d'offres (DAO), dit aussi « Dossier de consultation des entreprises (DCE) » est généralement constitué des pièces écrites et documents graphiques de l'avant-projet détaillé

1.2. Choix de la configuration

1.2.1 Les schémas d'évacuation

Bien que les réseaux d'évacuation revêtent des dispositions très diverses, ils doivent être adaptés à la topographie du terrain tant que possible.

De manière générale, selon la configuration du terrain, les schémas qui peuvent être adoptés, afin d'éviter d'atteindre des profondeurs excessives se rapprochent des types suivants :

A. Le schéma perpendiculaire

Convient aux terrains courants ; Il est le plus simple par rapport aux systèmes qui reportent le déversement de l'effluent à l'aval de l'agglomération. Le collecteur général visitable reçoit les collecteurs secondaires sur lesquels sont raccordées les antennes, le tout orienté dans le sens des pentes. C'est souvent le schéma adopté dans les villes et communes rurales qui se et les cahiers de prescriptions générales et spécifiques contenant respectivement les conditions générales pour la présentation, la sélection et la passation des marchés y compris les clauses contractuelles techniques, administratives et financières ; et les conditions spécifiques concernant les travaux, les cahiers déchargés, et tout autres articles qui intéressent spécifiquement ce marché.

Les étapes d'étude de l'assainissement liquide d'une agglomération et la durée estimée pour leur réalisation sont présentées ci-dessous :

Tableau 7: Etapes et durées des études d'assainissement liquide

Etape	Durée moyenne
Schéma Directeur	18 – 24 Mois
Avant-Projet Sommaire (APS)	2 – 3 Mois
Avant-Projet Détaillé (APD)	3 – 6 Mois
Dossier de Consultation des Entreprises (DCE)	2 – 3 Mois

Source : Assainissement liquide ; Manuel de référence destinés aux élus et techniciens communaux du Maroc ; 1999

préoccupent de l'évacuation des effluents par les voies les plus économiques et les plus rapides.

B. Le schéma à centre collecteur unique et le schéma radial

Selon que le réseau converge sur un ou plusieurs points bas de l'agglomération, où l'on peut reprendre l'effluent pour le relever ou le refouler dans des émissaires importants de transport à distance, ces schémas s'appliquent plus particulièrement aux zones uniformément plates. Ils permettent de donner artificiellement la pente suffisante aux canalisations.

C. Le schéma à collecteur transversal ou de collecte oblique

Sur les terrains à faible pente, les antennes sont reprises par des collecteurs secondaires qui rejoignent le collecteur général obliquement en aval. Cette configuration offre aux collecteurs une pente plus forte, qui permet de reporter facilement, par simple gravité, l'ensemble des effluents plus loin à l'aval.

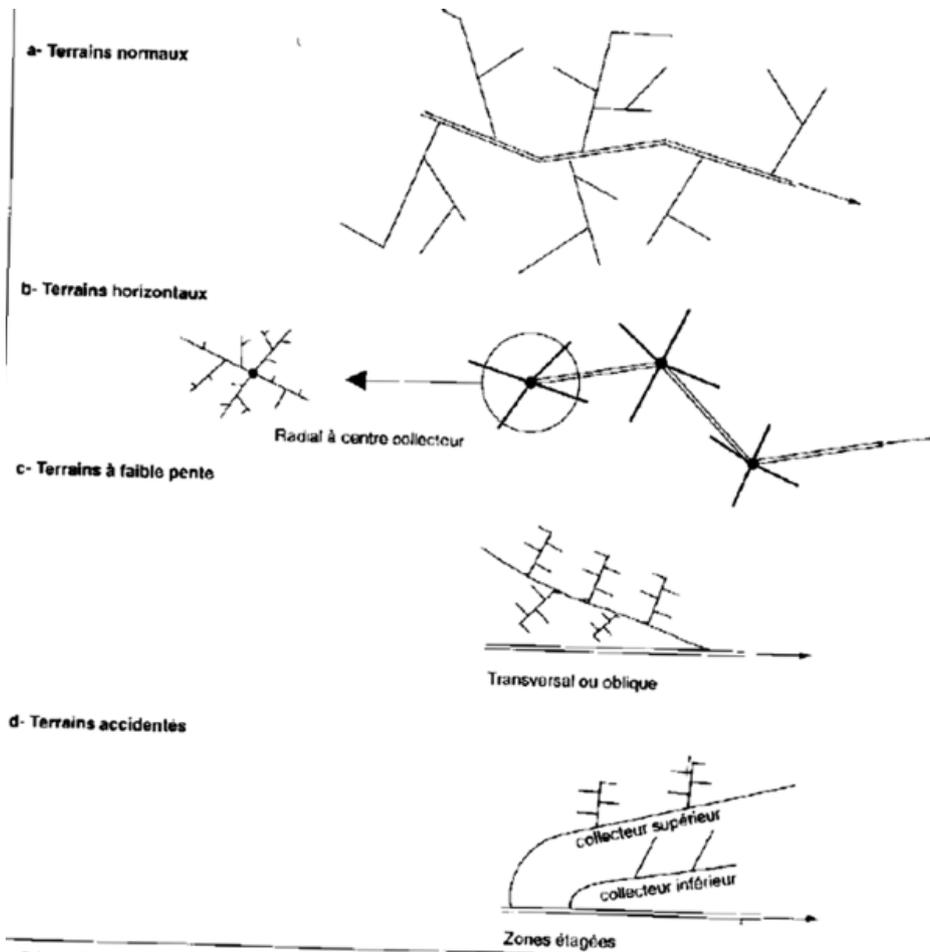
D. Le schéma par zones étagées ou par intercepteur

Sur les terrains accidentés, plusieurs canalisations secondaires collectent les antennes à des niveaux différents (zones étagées) avant d'être raccordées sur le collecteur général. Chacun des bassins de collecte de l'agglomération dispose ainsi d'un collecteur principal indépendant. Les collecteurs bas, qui sont généralement à faible

pente et dont l'effluent doit souvent faire l'objet de relèvement, se trouvent alors soulagés des apports des bassins en amont. Les collecteurs à mi-hauteur du versant pouvant être réalisés initialement ou a posteriori, dans le cadre d'une restructuration, que l'on appelle intercepteurs, sont au contraire plus faciles à projeter parce que la pente du terrain est plus forte.



Figure 31: Schémas des réseaux d'assainissement adaptés à la topographie du terrain



Source : Guide pratique des VRD et aménagements extérieurs

1.2.2 Critères de choix du système

Les missions de l'assainissement collectif d'une agglomération ont constamment évolué, mettant tantôt l'accent sur les eaux usées et tantôt sur les eaux pluviales. Actuellement, on pourrait les définir de la façon suivante :

- évacuer au plus bas coût possible les eaux de ruissellement
- concevoir un écoulement aussi rapide que possible des eaux usées urbaines, pour que celles-ci arrivent à la station d'épuration dans un état de fraîcheur suffisante, ce qui facilite le traitement biologique ;
- respecter les objectifs de qualité des eaux rejetées dans le milieu naturel (choix optimum de la filière d'épuration) ;
- tenir compte des perspectives de développement de la collectivité ;
- estimer l'impact des installations sur le milieu naturel.

Ainsi, le choix du système d'assainissement résulte d'une suite

de considérations :

A. Considérations naturelles

- La topographie : Par leur nombre et leur diversité, il n'est pas possible de dégager une typologie topographique des douars ; Certains sont situés dans un relief plus ou moins accidenté, et d'autres sont sis sur un terrain plat. Ce critère peut être déterminant dans la conception du schéma qui permettra de respecter les vitesses minimale et maximale des effluents dans le réseau.
- Nature du sol (Hydrogéologie) : Ce critère permet d'évaluer le potentiel d'infiltration / perméabilité du sol, qui intervient pour l'estimation des débits de ruissellement d'une part et le choix du système d'épuration d'autre part. Par ailleurs la présence d'une nappe phréatique, guidera le choix des modes opératoires relatifs à l'ouverture des tranchées pour canalisation par exemple ;



- Régime des précipitations : Les données relatives à la pluie (intensité, durée) sont primordiales dans l'estimation des débits d'eaux pluviales à évacuer dans un réseau.

B. Considérations humaines et démographiques

- Habitat : On reconnaît trois catégories de douars : groupé, éclaté et dispersé ; Si ces données sont utiles pour un projet d'assainissement, elles ne sont cependant pas suffisantes, car l'habitat des douars se caractérise par une grande diversité, entre provinces, douars et quartiers de douars :
 - Certains douars présentent un profil semi-urbain, avec habitations à plusieurs étages, voies d'accès asphaltées, caniveaux d'eaux pluviales, etc...
 - A l'inverse, d'autres douars présentent des profils typiquement ruraux : cour non recouverte, bétail sur la parcelle, pisé...
- Démographie : La population des douars ne constitue pas un facteur déterminant de densité. On peut ainsi observer des douars groupés mais petits et peu peuplés, ou à l'inverse de grands douars dispersés, mais où la population est importante. En effet, l'information relative à la démographie doit être couplée, en plus de sa répartition à la consommation d'eau et mode de vie de la population.
- Activités humaines : Pour le milieu rural, on s'intéressera plus à l'activité agricole pratiquée.

C. Considérations liées à la qualité et quantité des rejets

- Dotations en eau et taux de branchement : La quantité des eaux rejetées est proportionnelle à ces deux paramètres, qu'ils convient de déterminer avec précision.
- Qualité des rejets : Outre son importance pour la conception et le dimensionnement de la filière d'épuration, la connaissance de la qualité des eaux usées, intervient également dans le choix des matériaux des composantes du réseau.

D. Considérations urbanistiques

Liées à l'évolution des plans d'aménagements qui donnent une idée sur le développement du réseau par exemple.

E. Considérations économiques

Prenant en compte les dépenses d'investissement et d'entretien, d'exploitation et de gestion de l'ensemble des installations (réseau, pompage et épuration).

En milieu rural, il est très difficile de préconiser des schémas types des systèmes d'évacuation, du fait de la diversité des situations qui résulte d'un habitat peu dense, souvent dispersé dans des zones plates ou montagneuses, où les activités agricoles tiennent toujours une large place. Le choix qu'on peut établir semble d'abord s'orienter vers le système séparatif, puis dans certaines circonstances vers le système pseudo-séparatif et, enfin, dans des cas plus rares, vers le système unitaire. En définitive, il est admis que le réseau est le plus souvent du type gravitaire à écoulement libre ou, dans des circonstances particulières, du type refoulement généralisé ou sous dépression.



2. Dimensionnement d'un réseau d'assainissement

2.1. Estimation des débits de projet

2.1.1 Calcul du débit des eaux usées domestiques

La quantité des eaux usées à collecter varie selon l'urbanisation de la zone concernée et le nombre d'habitants qu'elle accueille. En principe, elle est en rapport étroit avec la consommation d'eau. En zone rurale, elle peut être évaluée sur la base d'une consommation journalière d'eau de l'ordre de 100 à 150 litres par habitant et par jour. En site urbain, pour tenir compte des consommations parallèles, elle est de l'ordre de 180 à 250 litres par habitant pour atteindre 300 ou 500 litres par habitant dans les grands centres urbains.

Toutefois, les quantités d'eau à évacuer prennent en compte un certain pourcentage englobant l'eau consommée non rejetée à l'égout et les pertes sur le réseau d'alimentation.

En un même lieu, cette consommation peut présenter des variations importantes d'une saison à l'autre, voire d'un jour à l'autre. C'est le cas de certaines activités (complexes hôteliers, cités universitaires...) pour lesquelles il convient de retenir les pics de consommation dans le calcul du diamètre des canalisations et des périodes creuses pour déterminer la vitesse d'autocurage.

En outre, la consommation journalière n'est pas répartie de manière uniforme sur les vingt-quatre heures. Il en est de même des rejets qui présentent des périodes de pointe et des périodes creuses (la nuit en particulier), exprimés en pourcentage du débit journalier moyen Q_{mj} , donné par la formule suivante :

$$Q_{mj} = T_{br} \times C \times T_r$$

Avec,

T_{br} : le taux de branchement au réseau d'assainissement.

T_r : le taux de retour à l'égout (variable selon la zone, souvent entre 0,60 et 0,85);

C : la consommation moyenne en eau potable (en litre/jour) ;

Cette consommation de référence est estimée sur la base :

- soit des volumes réellement distribués, par sommation des enregistrements des consommations particulières recensées sur les compteurs des abonnés ;
- soit des enregistrements relevés sur le compteur général du service d'exploitation ;

Le débit de pointe correspond au débit instantané retenu dans

le calcul du diamètre des canalisations ; il est donné par la formule :

$$Q_p = C_{ph} \times Q_{pj}$$

Avec,

Q_{pj} : le débit de pointe journalier (rejet de la journée la plus chargée, exprimé en l/s) ;

C_{ph} : coefficient de pointe horaire qui dépend de l'emplacement du collecteur, de sa section et de l'importance de la ville.

On admet généralement que le coefficient de pointe horaire ne dépasse pas 3 en tête de réseau pour les débits résultant d'une population groupée limitée à 400 habitants et qu'il ne descend pas au-dessous de la valeur 1,5 dans les parties aval. Dans la fourchette ainsi définie, le coefficient C_{ph} varie selon la loi suivante pour les eaux usées domestiques :

$$C_{ph} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{pj}}}$$

Lors de l'évaluation des débits maximaux, il ne faut pas manquer de tenir compte :

- d'une part, de l'accroissement prévisible de la démographie en analysant particulièrement les données des documents d'urbanisme, et plus précisément, les plans d'occupation des sols (POS) qui permettront d'estimer le degré d'évolution à appliquer ;
- d'autre part, du développement probable de la consommation d'eau, notamment si l'on a affaire à des secteurs d'habitat ancien où les progrès de l'équipement amèneront un accroissement des consommations.



A défaut d'informations plus précises, compte tenu notamment des débits parasites (branchements pluviaux non contrôlés, eaux de lavage, d'arrosage, etc.) et des besoins publics courants, le débit moyen journalier futur d'eaux usées peut se situer dans la fourchette de 100 à 250 l/hab/jour dans les secteurs d'habitat nouveau ou rénové. Cette fourchette est d'ailleurs suffisamment large pour laisser aux projeteurs la place à la réflexion toujours indispensable avant d'arrêter les valeurs de

projet.

En milieu rural traditionnel, qui diffère du milieu rural résidentiel, la dose unitaire d'eaux usées est de l'ordre de 100 l/hab/jour.

La démarche consiste à retenir une hypothèse basse et une hypothèse haute, et à contrôler les conditions d'écoulement aux limites.

Exemple d'application :

Pour l'estimation du débit des eaux usées d'une localité rurale, les données suivantes sont obtenues :

- Taux de branchement actuel au réseau d'eau potable (AEP) :
 - Le nombre d'abonnés domestiques est de 105 abonnés, sur un total de 127 ; soit un taux de branchement de 82,7 %.
 - Les abonnés non domestiques sont 4 mosquées et 2 écoles.
- Données démographiques :
 - La population recensée en 2015 est de 900 habitants, répartis sur 127 ménages.
 - L'accroissement de la population calculé sur les statistiques des années précédentes est de 1,4%. On admet dans cet exemple que ce taux est valable pour les projections futures.
- Les dotations unitaires de la population branchée, recueillies auprès du service d'exploitation d'AEP sont comme suit :
 - La dotation moyenne de la population branchée est de 35 l/hab/jour, avec un coefficient de pointe de 1,5 en mois de juillet (dotation moyenne = 52,2 l/hab/jour).
 - La consommation mensuelle moyenne des équipements (écoles et mosquées) est de 40 m³. Cette consommation rapportée à la population totale de la localité donne une dotation non domestique de l'ordre de 1,5 l/hab/j.
- Le taux de raccordement à l'égout est pris égal à celui du taux de branchement à l'eau potable. Le taux de restitution à l'égout est estimé à 80 %.

Estimation des débits d'eaux usées :

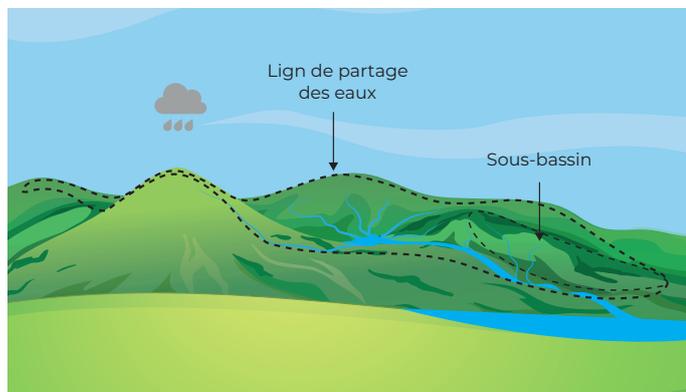
Nous pouvons admettre que, compte tenu du développement de la localité le taux de branchement au réseau passera à 90% pour les années futures, et la consommation moyenne d'eau à 50 l/hab/jour. Les débits des eaux usées à évacuer dans le réseau sont ainsi estimés :

Désignation	Formules	Année			
		2015	2020	2025	2030
Population par année n (P _n)	$P_n = 1,014^4 \times P_{n-5}$	900	965	1034	1108
Consommation en eau potable (en m ³ /j)	$C = 0,05 \times \text{nbre habitants}$	45,0	48,3	51,7	55,4
Débit moyen journalier des eaux usées (en l/s)	$Q_m = 0,9 \times 0,8 \times C$	0,37	0,40	0,43	0,46
Débit max journalier des eaux usées (en l/s)	$Q_{pj} = 1,5 \times Q_m$	0,55	0,60	0,65	0,69
Débit de pointe (en l/s)	$Q_p = 3 \times Q_{pj}$	1,65	1,80	1,95	2,07

2.1.2 Calcul du débit des eaux pluviales

La détermination du débit des eaux pluviales dans un point du réseau (exutoire), commence par la délimitation de la surface drainée par cet exutoire (bassin versant).

Le bassin versant est une surface hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que toutes les eaux de ruissellement s'écoulent vers l'exutoire. Cette surface est délimitée à partir de l'exutoire en suivant la ligne de crête du terrain, dite aussi la ligne de partage des eaux.



Dans la littérature, plusieurs méthodes ont été développées pour l'estimation des débits des eaux pluviales. Deux sont plus particulièrement utilisées. Elles sont assez proches l'une de l'autre :

A. La méthode superficielle

Cette méthode a été mise au point par Caquot sur les bases de la méthode Rationnelle. Adaptée aux petits bassins versants urbains, elle est formulée de la manière suivante :

$$Q_p = K \times I^\alpha \times C^\beta \times A^\gamma$$

Avec,

Q_p : débit de pointe (en m³/s) ;

I : pente moyenne du bassin versant sur le long du parcours de l'eau (en m/m) ;

A : l'aire d'apport (en ha).

K, α, β : des facteurs correctifs en fonction de différents paramètres : intensité et durée de la pluie, temps de concentration, etc.

Elle peut être affectée d'un coefficient m prenant en compte la configuration du bassin et la longueur du plus long cheminement hydraulique.

C : un coefficient de ruissellement pondéré ($0 < C < 1$) ;

Ce coefficient est calculé comme suit :

- On décompose ce bassin en sous-bassins de même

aptitude au ruissellement pour lesquels on calcule les coefficients de ruissellement ;

- On pondère, par la surface, les coefficients de ruissellement de ces sous bassins :

$$C = \frac{\sum_i C_i \times A_i}{\sum_i A_i}$$

A_i : Surface du sous bassin i ;

C_i : Coefficient de ruissellement du sous bassin i .

Le coefficient de ruissellement pondéré C a une influence sur le temps de concentration des eaux, et tient compte de plusieurs paramètres :

- l'urbanisation du site ;
- la topographie du terrain ;
- la perméabilité des sols ;
- la présence ou non de végétation ;

B. La méthode rationnelle

Elle est plus adaptée aux bassins versants ruraux, dont la superficie ne dépasse pas 20 Km². Elle est souvent utilisée pour le dimensionnement des réseaux hors-site. Sa formule s'écrit comme suit :

$$Q_p = \frac{C \times I(T; t_c) \times A}{3,6}$$

de la manière suivante :

Avec,

Q_p : débit de pointe (en m³/s) ;

C : un coefficient de ruissellement pondéré ;

I : l'intensité moyenne de la pluie (mm/h) dont la valeur dépend de la période de retour de l'évènement pluvieux (T) et du temps de concentration (t_c : temps nécessaire pour la goutte d'eau la plus éloigné, qui tombe sur le bassin pour arriver à l'exutoire) ;

A : l'aire d'apport (en ha).



Plusieurs tableaux donnent les valeurs du coefficient de ruissellement. Un exemple est donné ci-après :

Tableau 8: Exemple de tableau donnant les valeurs du coefficient de ruissellement pondéré C

Mode d'occupation du sol	C
• Zones urbaines très denses (250 habitants/ha)	0,80 – 0,90
• Zones urbaines denses (150 hab/ha)	0,60 – 0,70
• Zones urbaines moyennement (50 hab/ha)	0,40 – 0,50
• Zones résidentielles (20 hab/ha)	0,20 – 0,30
• Lotissements	0,30 – 0,40
• Zones tertiaires (selon la surface végétalisée)	0,30 – 0,60
• Zones commerciales	0,70 – 0,90
• Zones industrielles	0,70 – 0,90
• Squares, jardins publics	0,05 – 0,25
• Terrains de sport	0,10 – 0,30
• Zones agricoles	0,05 – 0,10
• Zones boisées	0,05
Nature du revêtement du sol	
• Surfaces totalement imperméabilisées	0,90
• Pavages à large joint	0,60
• Surfaces stabilisées (selon la pente)	0,40 – 0,70
• Allées en gravier	0,20
• Zones engazonnées sur sol imperméable (selon la pente)	0,15 – 0,35
• Zones engazonnées sur sol perméable (selon la pente)	0,05 – 0,20
Type de toiture	
• Toitures plates de faible superficie (< 100 m2)	1,00
• Toitures plates à superficie moyenne (< 10 000 m2)	0,80 – 1,00
• Toitures plates de grande superficie (> 10 000 m2)	0,50 – 0,80

Pour déterminer le débit résultant de plusieurs bassins versants, les paramètres équivalents dépendent de l'assemblage de ces bassins (parallèle ou en série) :

Tableau 9: Caractéristiques des bassins assemblés

Type d'assemblage	En série	En parallèle
Surface (A _{éq})	$\sum_i A_i$	
Coefficient de ruissellement (C _{éq})	$\frac{\sum_i A_i * C_i}{\sum_i A_i}$	
Pente du bassin (I _{éq})	$\left(\frac{\sum_i L_i}{\sum_i \left(\frac{L_i}{\sqrt{I_i}} \right)} \right)$	$\frac{\sum_i I_i * Q_{Pi}}{\sum_i Q_{Pi}}$
Allongement du bassin (M _{éq})	$\frac{\sum_i L_i}{\sqrt{\sum_i A_i}}$	$\frac{L(Q_{Pimax})}{\sqrt{\sum_i A_i}}$



2.2. Dimensionnement d'un réseau gravitaire

Après avoir défini le tracé du réseau d'assainissement et les cotes d'origine en amont et de rejet en aval, il convient de calculer la section et la pente des différents tronçons qui le composent. Celles-ci sont déterminées en fonction de plusieurs paramètres :

la quantité d'effluent à évacuer ;

- la nature de l'effluent ;
- les caractéristiques du matériau constituant les tuyaux ;
- la longueur et les différents points singuliers (changements de direction, regards...).

De type gravitaire, le calcul du réseau s'effectue selon le principe de l'écoulement libre. Le débit est donné par la formule :

$$Q = S \times V$$

S : section transversale de la canalisation occupée par l'effluent (en m²) ;

V : vitesse de l'effluent (en m/s).

Le débit varie en fonction des conditions de remplissage des tuyaux. Pour une canalisation de section circulaire, il est maximal pour une hauteur de remplissage égale aux 8/10e du diamètre.

Chézy, Bazin, Manning, Strickler et d'autres chercheurs ont établi des formules applicables aux différents cas de figure qui se présentent : réseau unitaire, eaux pluviales et eaux usées en réseau séparatif, matériau constitutif des tuyaux. Dans un réseau unitaire, la part des eaux pluviales étant prépondérante, il est admis de l'aborder de la même manière que le réseau d'eaux pluviales en système séparatif.

Une des méthodes la plus couramment employée pour le calcul de la vitesse fait appel à la formule de Chézy :

$$V = C \sqrt{R_h \times I}$$

R_h : rayon hydraulique (en m) ;

I : pente moyenne du tronçon de canalisation (en m/m) ;

C : un coefficient déterminé par la formule de Bazin :

$$C = \frac{87}{1 + (\gamma/R_h)}$$

Avec : un coefficient d'écoulement dont la valeur dépend de la rugosité des parois et de l'effluent transporté.

En retenant pour valeur $\gamma = 0,46$ pour les eaux pluviales, et 0,16 pour les eaux usées, la vitesse est donnée par les formules simplifiées suivantes :

Pour les réseaux d'eaux usées	$V = 70 \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$
Pour les réseaux d'eaux pluviales et réseaux unitaires	$V = 60 \times R_h^{3/4} \times I^{1/2}$

Lorsque les parois sont parfaitement lisses (cas des tuyaux en PVC), les joints correctement confectionnés et les conduites correctement entretenues, il est admis de majorer de 20 % les débits calculés à l'aide de ces formules.

Dans les cas simples, la formule de Manning- Strickler peut également être retenue :

$$V = k \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

k : coefficient d'écoulement ou de rugosité ;

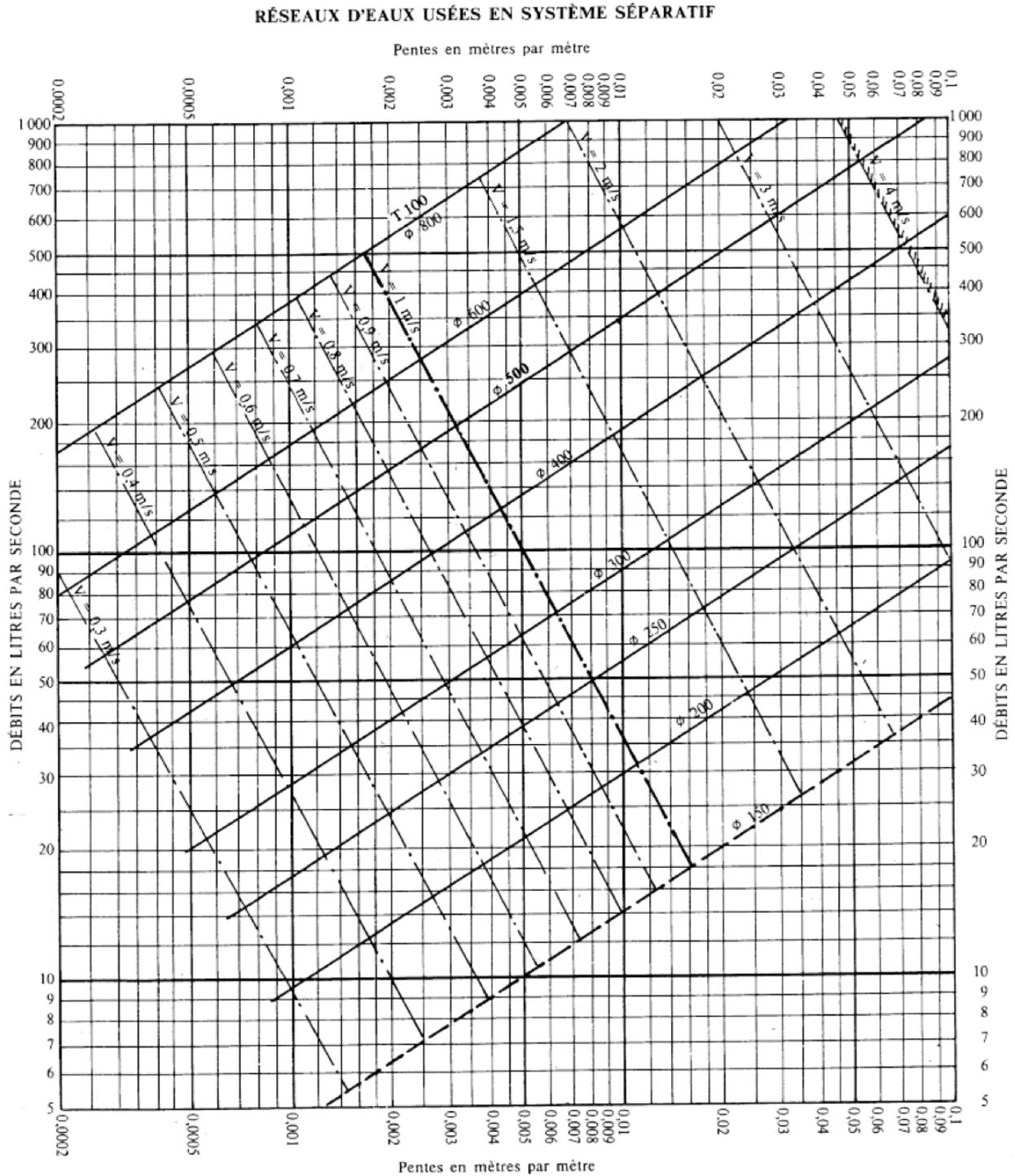
Nature des parois	K	
	Bon état	Mauvais état
Parfaitement lisses	100	77
Béton	83	56
Maçonnerie	59 - 77	33 - 59
Terre unie	40	33
Terre irrégulière	29	22
Terre végétalisée	25	20

Des abaques permettent de déterminer le débit en fonction de la vitesse et la section des conduites pour chaque tronçon, et pour une pente donnée. La canalisation ne doit pas être mise en charge et la vitesse de l'effluent suffisante pour assurer l'autocurage des tuyaux. Dans une canalisation circulaire, elle est comprise entre 0,60 m/s et 4,00 m/s et varie selon le taux de remplissage.

Le diamètre minimal des collecteurs des eaux usées en réseau séparatif est fixé à 0,20 m.



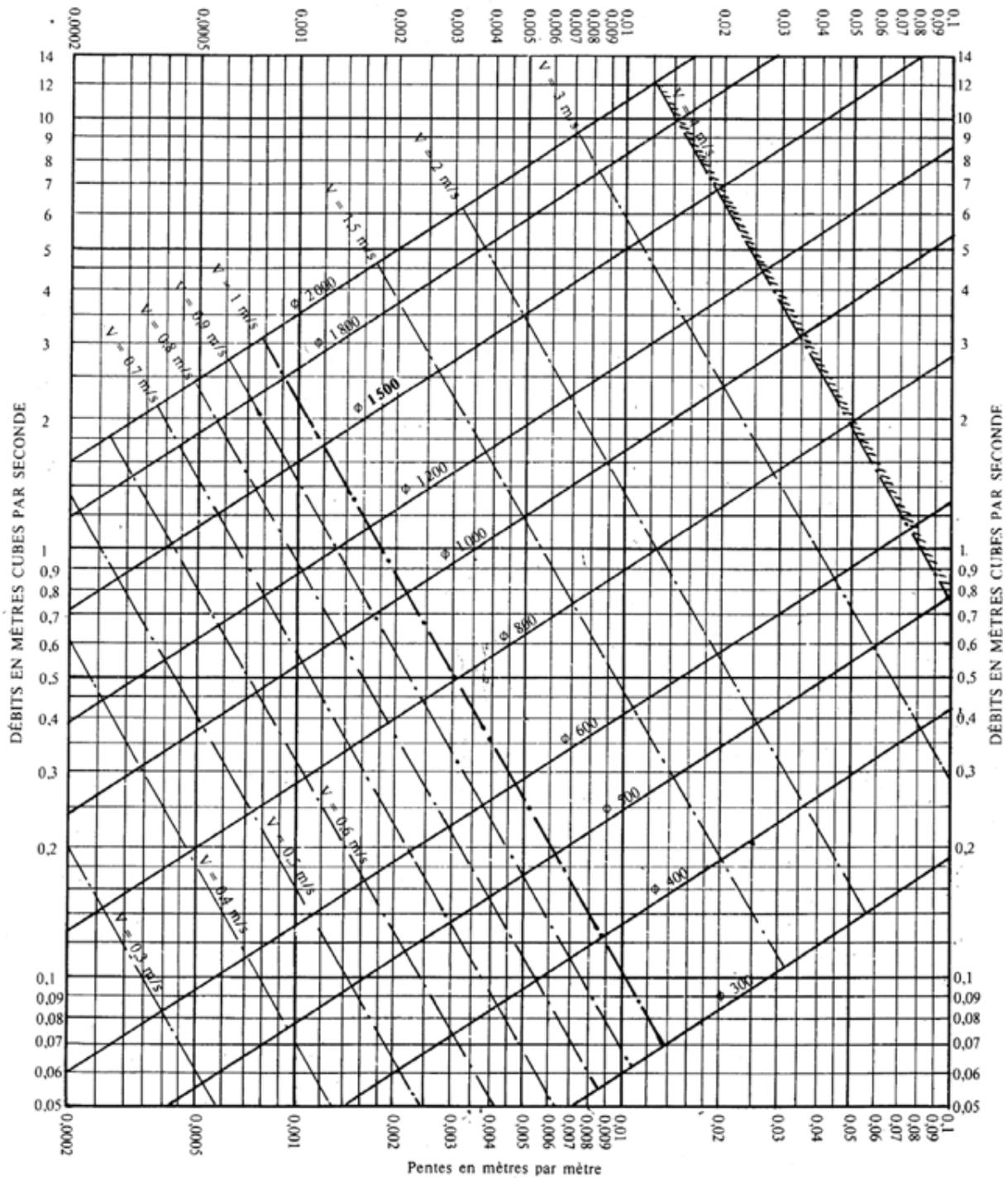
Figure 32: Abaqués pour le dimensionnement des canalisations eaux usées et eaux pluviales



Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,25. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($V' = 0,16$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.



RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations circulaires)

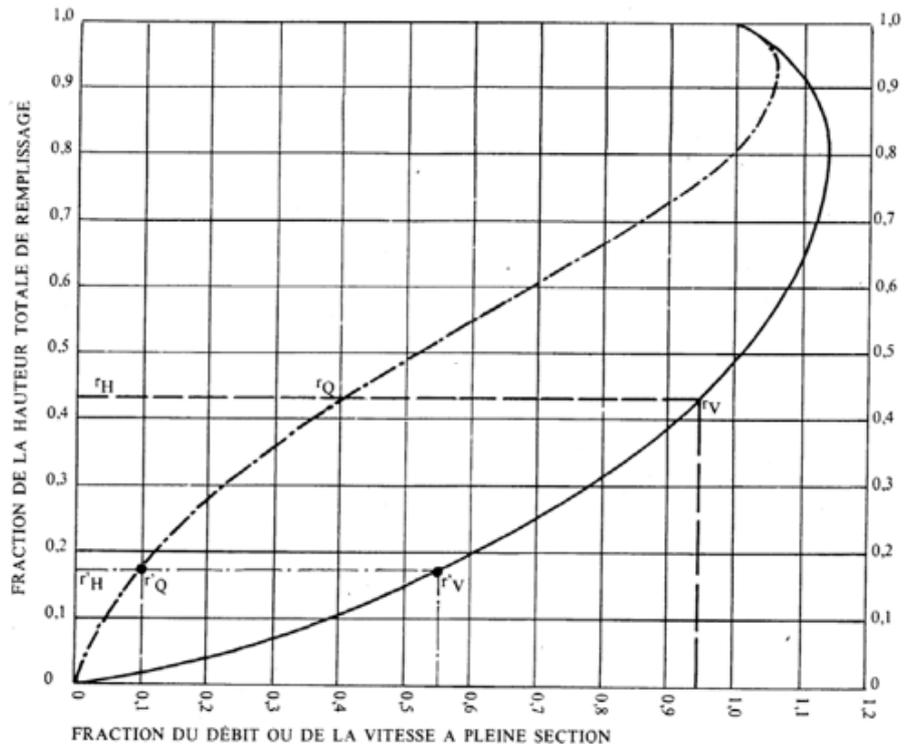


Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($F = 0,30$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.



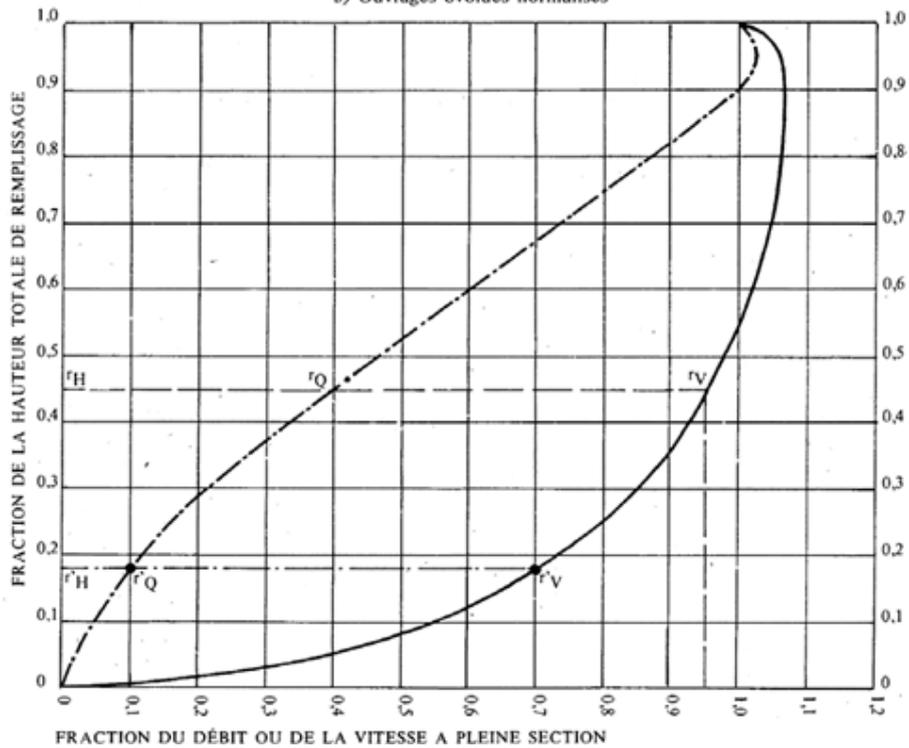
VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

a) Ouvrages circulaires



VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

b) Ouvrages ovoïdes normalisés





2.3. Dimensionnement des réseaux non gravitaires

2.3.1 Réseau sous pression

La conception des réseaux sous pression est menée en fonction des contraintes économiques d'investissement, de fiabilité et d'exploitation.

A. Sections des conduites

La conception du refoulement repose, pour un débit donné, sur un compromis entre une canalisation de faible diamètre (prix réduit) avec une vitesse assurant l'autocurage mais générant de fortes pertes de charge ; et une canalisation de plus grand diamètre (prix plus élevé), mais des coûts d'exploitation du pompage plus avantageux, à vitesse réduite qui risque de ne pas bien assurer l'autocurage.

La vitesse de refoulement doit être de :

- $V \geq 0,60$ m/s, pour assurer l'autocurage des collecteurs. En deçà, il y a sédimentation et encrassement de la canalisation ;
- $V \leq 2$ m/s, vitesse acceptable par les canalisations de refoulement. Au-delà, les conduites peuvent être dégradées, les pertes de charge deviennent très importantes, et des turbulences peuvent se créer aux points singuliers ;

Il est à noter que les secteurs ruraux à population résidente et activités stables produisent des débits peu variables et, par conséquent, entrent dans la plage des vitesses économiques ($0,6 \leq V \leq 1,4$ m/s). Les sites à population très variable comme les zones d'habitat de loisirs, génèrent des débits de pointe saisonniers de courte durée, qui peuvent, par conséquent, admettre des vitesses élevées.

La section S de la conduite est déterminée donc à partir du débit moyen d'eaux usées Q_m et le débit de pointe d'eaux pluviales Q_p :

$$S = \frac{Q_m}{V_1} + \frac{Q_p}{V_2}$$

Avec,

V_1 : Vitesse d'autocurage $\geq 0,60$ m/s ;

V_2 : Vitesse maximale ≤ 2 m/s ;

Pour un débit donné, il existe un diamètre de coût optimal, qui s'obtient par la formule de Vibert :

$$D = 1,547 \times Q^{0,46} \times (t \cdot e)^{0,154} / p$$

Avec,

D : diamètre économique (en m) ;

t : temps de fonctionnement journalier du pompage, divisé par 24 h ;

e : prix du kilowattheure ;

p : prix de la canalisation posée.

Pour respecter la vitesse minimale et éviter une vitesse trop importante, on peut être amené à doubler les conduites. Cette solution offre l'avantage de pouvoir en mettre une en chômage pour en réaliser l'entretien courant.

B. Pertes de charges

Ces pertes de charge imposent aux pompes de fournir une énergie supplémentaire. C'est pourquoi il est important de les déterminer avec précision. On distingue dans les calculs :

- les pertes de charge linéaires, dues aux frottements le long des éléments rectilignes d'une canalisation. Leurs valeurs s'obtiennent à partir des caractéristiques dimensionnelles de la conduite, de son profil en long et en plan, et par l'application de la formule de Darcy :

$$J = \frac{\lambda \cdot L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = \frac{\lambda \cdot L}{D} \times \frac{Q^2}{2g \cdot S^2}$$

Avec,

D : diamètre de la canalisation (en m) ;

L : longueur de la canalisation (en m) ;

V : vitesse moyenne de l'effluent (m/s) ;

g = 9,81 m/s² (pesanteur).

λ : coefficient défini par l'expression :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{k_s}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

Où,

k_s : rugosité des parois de la conduite :

= 0,01 mm pour les tuyaux lisses,

= 0,1 mm pour l'acier et fonte à l'état neuf, et 0,5 mm à l'état usé,

= 1 mm pour le béton et 2 mm pour les tuyaux anciens.

Re : nombre de Reynolds exprimé par :

$$Re = \frac{V \cdot D}{\gamma}$$

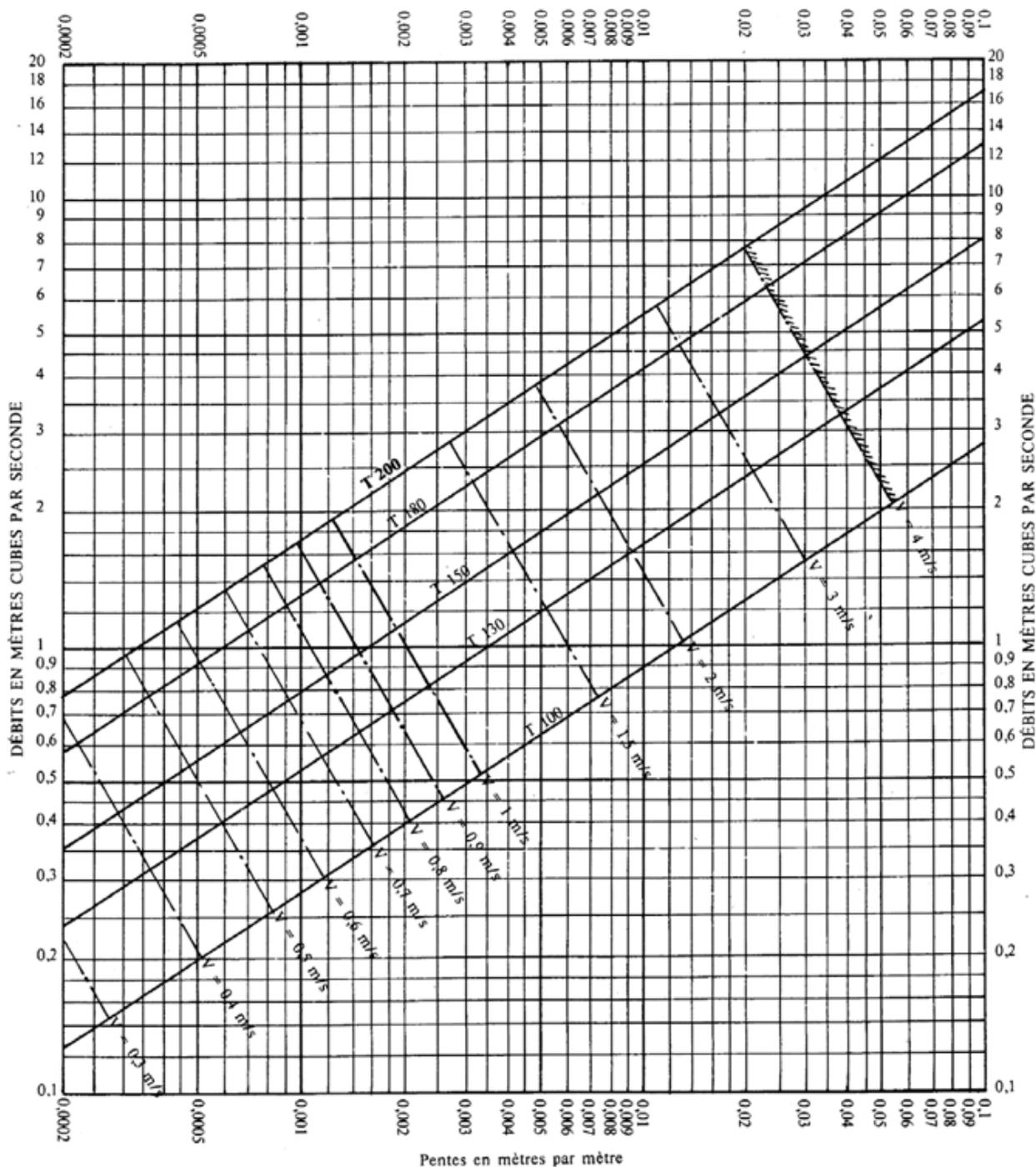
Avec,

γ : viscosité cinématique du fluide (en m²/s), qui dépend de la température (la valeur moyenne pour l'eau est d'environ 1,14.10⁻⁶ m²/s).

- les pertes de charge singulières, dues aux singularités (coudes et autres appareillages) placées le long de la canalisation, peuvent se mettre sous la forme :



RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations ovoïdes)



Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($\gamma = 0,30$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.



$$J = k \times \frac{V^2}{2g} = k \times \frac{Q^2}{2g \cdot S^2}$$

- k = 0,1 pour passage direct en regard et vanne,
- = 0,2 à 0,3 pour un coude à 90° (1/4),
- = 0,5 pour une confluence de collecteur, et 1 pour une diffuence,
- = 1,5 pour changement de direction angulaire à 90° et siphon.

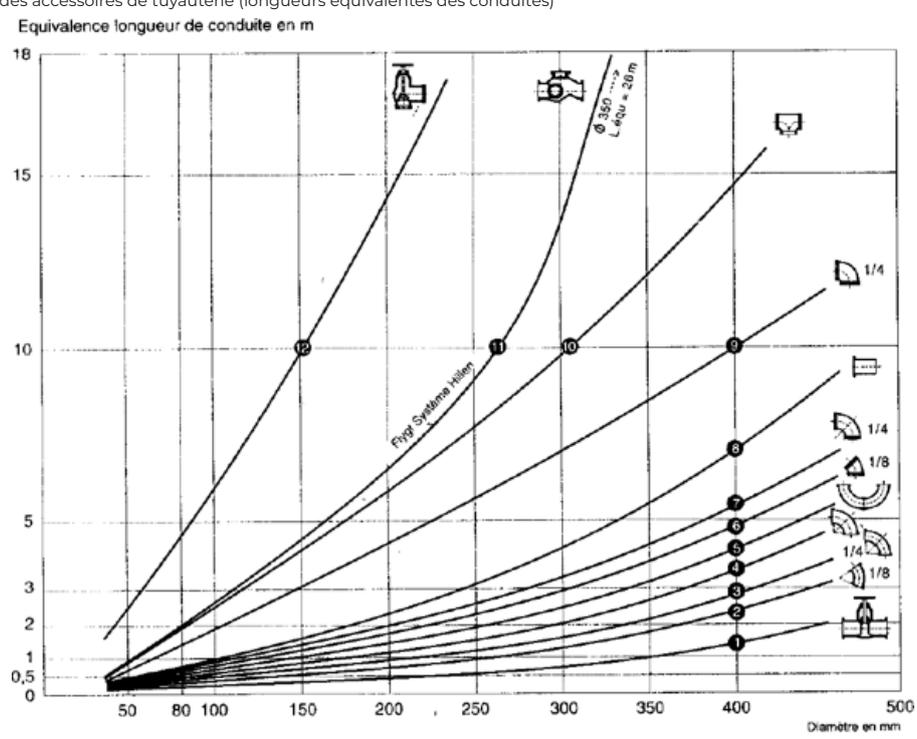
C. Hauteur manométrique de la pompe

La hauteur manométrique totale HMT de la pompe de refoulement est égale à :

$$HMT = H_a + H_r + J$$

Avec,

Figure 33: Pertes de charge des accessoires de tuyauterie (longueurs équivalentes des conduites)



- | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 - Vanne à passage direct à bride | 5 - Coude double normal | 9 - Coude au 1/4 normal vissé |
| 2 - Coude au 1/8 grand rayon à bride | 6 - Coude au 1/8 normal vissé | 10 - Té droit vissé |
| 3 - Coude au 1/4 grand rayon à bride | 7 - Coude au 1/4 grand rayon vissé | 11 - Clapet de non retour à boullet |
| 4 - Coude au 1/4 normal à bride | 8 - Entrée à arêtes vives | 12 - Robinet d'angle vissé |

H_a : hauteur géométrique d'aspiration et pertes locales ($H_a = 0,50$ m) ;

H_r : hauteur géométrique de refoulement (point le plus éloigné - poste secondaire) ;

J : perte de charge totale de la conduite de refoulement de diamètre 60 mm, qui, compte tenu du faible débit, serait au maximum de 0,005 m/m (par exemple, sur une longueur de 100 m, $J = 0,50$ m).

La puissance absorbée (en kW) par la pompe est :

$$P = 9810 \times HMT \times (Q_i / 0,75)$$

Q_i : débit de la pompe i ou des n pompes en fonctionnement simultané (m^3/s).



2.3.2 reseau avec aero-ejecteurs

Le nombre d'utilisateurs à affecter par aéro-éjecteur dépend de la topologie des branchements et des possibilités de raccordements gravitaires en amont. On distingue deux schémas de distribution :

- Le réseau ramifié qui, depuis les aéroéjecteurs, dont l'exutoire peut se trouver à la station d'épuration, n'est alors qu'un réseau de transfert sous pression.
- Le réseau en série, qui assure simultanément le transfert et la collecte. L'idée est d'utiliser les aéro-éjecteurs comme des pompes de relèvement en ligne. L'avantage des aéroéjecteurs sur les pompes tient au fait qu'il n'y a pas d'organe mécanique d'entraînement et que seul le poste de production d'air comprimé doit être alimenté, alors que chaque pompe est, en principe, raccordée à une armoire de commande. En revanche, les aéro-éjecteurs sont des appareils d'un très faible rendement énergétique ; il n'en demeure pas moins qu'ils sont vivement recommandables pour le relèvement des faibles débits, notamment en raison de leur sécurité de fonctionnement.

La canalisation d'air comprimé est posée en parallèle des conduites sous pression de transfert. Chaque aéro-éjecteur crée des écoulements dans la conduite (régimes transitoires).

A. Sections des conduites

Le coefficient de simultanéité des fonctionnements est défini par l'expression :

$$p = \frac{n}{\sqrt{n-1}}$$

Avec,

p : nombre d'aéro-éjecteurs en fonctionnement simultané ;

n : nombre d'aéro-éjecteurs total au point de calcul considéré.

Le débit nominal Q_{ni} de l'appareil i de tête doit être au minimum supérieur à 10% du débit de pointe Q_p des branchements gravitaires.

Dans les antennes, le débit de pointe Q_{pi} correspondant à l'aéro-éjecteur i est :

$$Q_{pi} = 4Q_{ni}$$

Dans les tronçons de transfert, le débit moyen Q_m préconisé est égal à :

$$Q_m = 2 \sum_i^n Q_{ni}$$

Le calcul devrait opérer une pondération par application du coefficient de simultanéité, de la manière expliquée ci-après :

- Sur la branche amont, en tenant compte du fonctionnement alternatif de l'aéro-éjecteur i, le débit nominal Q_n est égal à :

$$Q_{ni} = Q_{pi}/4$$

- Sur la branche en aval, au point de calcul j, le débit maximum est égal à :

$$Q_{mj} = \sum_i^n Q_{pi}/n \times n/\sqrt{n-1}$$

n, étant le nombre d'aéro-éjecteurs situés en aval du réseau.

B. Hauteur manométrique de la pompe

La hauteur manométrique totale (HMT) est égale à la somme des hauteurs géométriques, auxquelles s'ajoutent les pertes de charges :

$$HMT = Z1 - Z0 + h1 + h2 + \dots$$

Avec,

Z1 : cote à l'extrémité

Z0 : cote à l'origine

h1, h2, h3 : différences de dénivelées

J : pertes de charges, données par :

$$J = 6,35 \times (k.V)^2 \times D^{-4/3} \times L$$

Où ;

k = 0,01

V : vitesse en (m/s),

D : diamètre (en m)

L : longueur de la branche



C. Le réseau d'air comprimé

Le débit d'air comprimé nécessaire est fonction de la HMT et du débit de pointe des eaux usées admises dans l'aéro-éjecteur. Le débit du compresseur doit être au moins égal à la somme des débits des différents aéro-éjecteurs :

$$Q_{air} = k \times Q_{pi}$$

Avec,

Q_{air} : débit d'air comprimé (en m³/h)

k : coefficient du volume d'air nécessaire pour élever 1 litre d'effluent. Il est calculé par :

$$k = \frac{7}{30} \times HMT ; k \geq 2$$

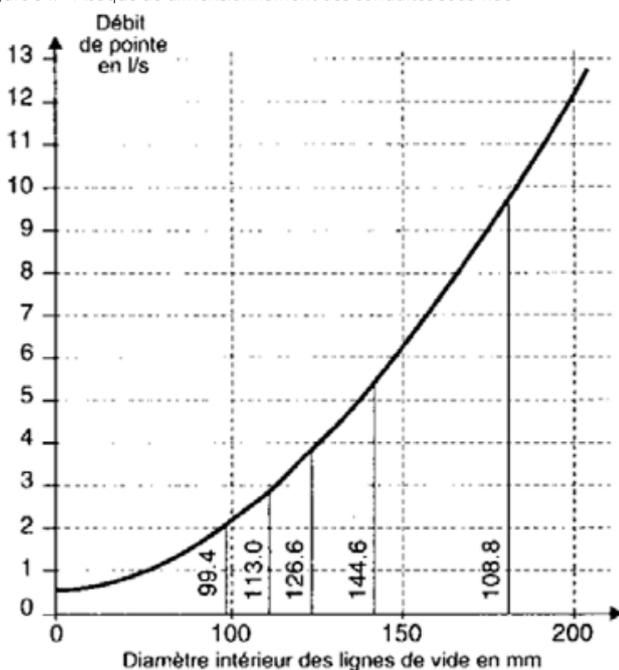
2.3.3 Réseau sous vide

Le mode de calcul repose sur :

- la longueur maximale d'une ligne de vide (< 4 000 m) ;
- la perte d'énergie par frottement, qui varie selon les diamètres 75 à 200 mm, de 0,20 à 3,50 m pour 1 000 m ;
- la perte d'énergie consommée dans chaque vague de transport est évaluée à la moitié de la hauteur de celle-ci.

le débit de pointe à transporter donné par l'abaque ci-dessous :

Figure 34: Abaque de dimensionnement des conduites sous vide



2.4. Dimensionnement des ouvrages de collecte des eaux pluviales

2.4.1 Deversoir D'orage

La longueur du seuil déversant est déterminée par la formule d'Engels, recommandée par le SDNAL, pour les déversoirs à seuil latéral :

$$L = \left[\frac{Q}{\frac{2\mu}{3} \times \sqrt{2g} \times H^{1.67}} \right]^{1/0.83}$$

Avec,

L : longueur de seuil (m).

Q : débit déversé (m³/s).

μ : coefficient pris généralement égal à 0,3. H : hauteur de la lame déversante.

g : accélération de la pesanteur = 9,81 m/s².

La hauteur H dépend des conditions amont et aval et des types d'écoulement.

2.4.2 Fosses et caniveaux

La hauteur d'eau dans un fossé ou caniveau est définie à partir de la formule Manning - Strickler :

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times S^{1/2} \times R_h^{2/3}$$

Les vitesses d'écoulement sont définies par :

$$V = \frac{Q}{A}$$

Avec :

n : Coefficient de rugosité de Manning.

A : Surface mouillée en m²

S : Pente longitudinale en m/m.

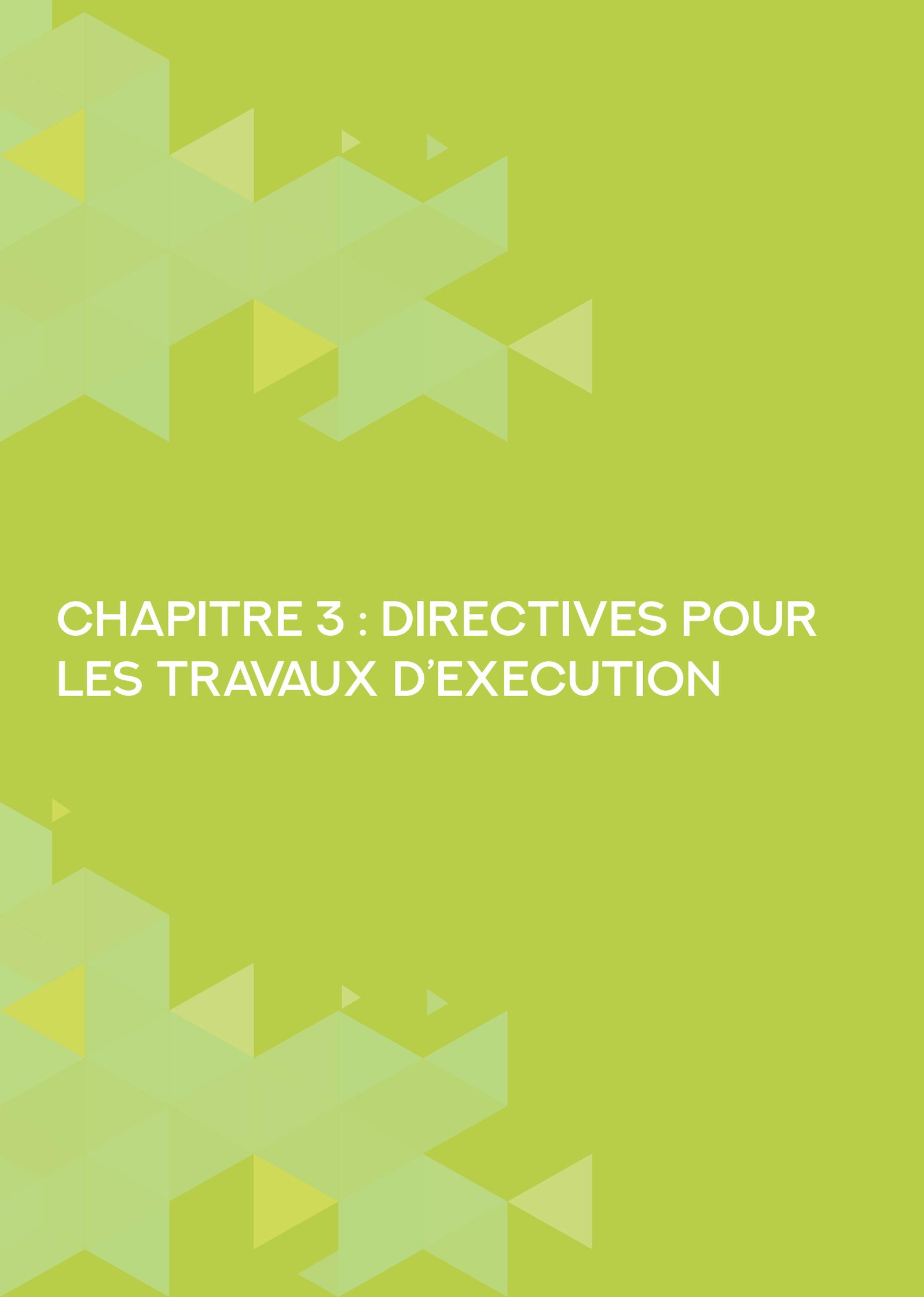
R_h : Rayon hydraulique en m.

V : Vitesse d'écoulement en m/s.

Le calcul s'opère de telle sorte que la vitesse soit comprise entre 0,6 m/s et ne dépasse pas la vitesse admissible pour le matériau en place (4 à 5 m/s pour les fossés bétonnés par exemple).







CHAPITRE 3 : DIRECTIVES POUR LES TRAVAUX D'EXECUTION

1.1. Organisation d'un chantier

1.1.1 Responsabilités des intervenants

Les intervenants sont appelés à assurer l'ensemble des missions depuis le lancement de l'opération jusqu'à sa réalisation et à la mise à disposition des usagers. Chacun a une fonction particulière à remplir et doit faire face à des responsabilités plus ou moins grandes :

A. Le maître d'ouvrage

C'est la personne morale pour laquelle l'ouvrage est construit. Il peut s'agir de l'État, des communes, de promoteurs, de sociétés d'économie mixte, d'industriels ou de particuliers. Le maître d'ouvrage a la responsabilité d'identifier et de définir le besoin à satisfaire. Il lui appartient donc d'arrêter pour cela des spécifications techniques appropriées et il a la responsabilité totale du choix des objectifs et des performances requises. Il appartient donc au maître d'ouvrage :

- de mener les études préalables nécessaires à la définition des programmes de travaux ;
- d'assurer l'information auprès des utilisateurs et des riverains ;
- d'identifier les besoins, en intégrant les contraintes de délai et les obligations à satisfaire ;
- de faire procéder aux études géotechniques et topographiques nécessaires ;
- d'envisager les aspects économiques de la réalisation des travaux puis de l'exploitation.

B. Le maître d'œuvre

C'est la personne morale ou physique retenue par le maître d'ouvrage pour transformer le programme en projet d'exécution et pour le faire réaliser au meilleur rapport qualité prix. Il lui appartient :

- de concevoir les ouvrages et d'élaborer les projets, conformément au fascicule n° 70 du CCTG notamment ;
- de calculer les sections des équipements d'assainissement ;
- de dresser un calendrier d'exécution et d'établir un devis estimatif général ;
- d'élaborer le dossier de consultation des entreprises ;
- de dépouiller et d'analyser les offres des entreprises ;
- d'assurer la direction des travaux d'exécution et en particulier, d'établir les situations en vue du règlement des travaux engagés ;
- de coordonner l'intervention des différentes entreprises concernées.

C. L'entreprise

C'est la personne morale chargée d'exécuter les travaux définis par le maître d'œuvre pour le compte du maître d'ouvrage. Il appartient à l'entreprise :

- de signaler au maître d'œuvre toute difficulté soulevée par l'application des documents du marché ;
- de respecter le projet prévu et d'assurer un autocontrôle des travaux exécutés.

Il est admis qu'une partie des travaux soit sous-traitée à d'autres entreprises, à condition que la sous-traitance soit transparente, prévue à la remise des offres et acceptée par le maître d'ouvrage. Le cas échéant, il faut préciser les travaux sous-traités, leur montant et l'entreprise chargée de les exécuter.

Lorsque plusieurs lots de travaux sont prévus, ceux-ci sont traités

- par des entreprises séparées, chacune ayant les qualifications requises pour ses travaux ;
- par un groupement d'entreprises, conjointes ou solidaires, représenté par un mandataire (souvent l'entreprise qui a le lot le plus important ou qui sera présente sur le chantier) ;
- par une entreprise générale qui, titulaire du marché unique de travaux, a les qualifications requises ou peut éventuellement en sous-traiter une partie.

D. Le contrôleur extérieur

Fonction assurée par une personne morale ou physique indépendante du maître d'œuvre et de l'entreprise, qui effectue pour le compte du maître d'ouvrage un contrôle extérieur des travaux exécutés et de leurs conditions de réalisation, en fonction d'un référentiel défini initialement.

E. Autres intervenants

- Fournisseurs : ce sont les sociétés de services, les négociants en matériaux et les fabricants de composants. Ils sont en général choisis par l'entrepreneur.
- Coordinateur des travaux (OPC) : intervient dans l'ordonnancement, le pilotage et la coordination des travaux contenant plusieurs lots ou plusieurs entreprises.
- Coordonnateur sécurité - prévention - santé (SPS) : peut être désigné par le maître de l'ouvrage afin d'organiser la coordination en matière de sécurité et de santé des travailleurs, dès que le chantier requiert la présence de plusieurs entreprises.



Tableau 10: Missions des différents intervenants dans un projet d'assainissement

Phase	Missions	Intervenants
Etudes préalables	<ul style="list-style-type: none"> Analyse des besoins Programmation Etude de faisabilité Acquisition des terrains (si requise) Bornage et relevé topographiques Sondages géotechniques Etudes et estimation préliminaires 	Maîtrise d'ouvrage Maîtrise d'ouvrage Ingénierie spécialisée Maîtrise d'ouvrage Topographe géomètre Géotechnicien Maîtrise d'œuvre
Avant-projet sommaire et détaillé	<ul style="list-style-type: none"> Contact administrations et services Avant-projet Documents écrits et graphiques Estimation Approbation 	Maîtrise d'œuvre Maîtrise d'œuvre Maîtrise d'œuvre Maîtrise d'œuvre Maîtrise d'ouvrage
Appel d'offres	<ul style="list-style-type: none"> Consultation des entreprises Devis quantitatif et estimatif Choix des entreprises 	Maîtrise d'ouvrage Maîtrise d'œuvre Maîtrise d'ouvrage
Exécution	<ul style="list-style-type: none"> Ouverture de chantier Adaptations éventuelles Travaux Direction de l'exécution Liaison avec les intervenants 	Entreprise Entreprise ou Maîtrise d'œuvre Entreprise Maîtrise d'œuvre Entreprise ou Maîtrise d'œuvre
Réception	<ul style="list-style-type: none"> Réception des ouvrages Mise en service Dossier de récolement 	Maîtrise d'Ouvrage Entreprise Entreprise



1.1.2 Documents de référence

Les travaux d'assainissement, comme tout autre type de travaux, sont régis par un nombre important de normes et lois, qui fixent les conditions dans lesquelles chaque opération est réalisée, et fournissent les caractéristiques des matériaux, les techniques et les méthodes de fabrication, d'analyse ou d'essais qui devraient

accompagner cette opération.

Ces documents de référence sont très souvent rappelés dans les cahiers des clauses techniques particulières (CCTP) du marché travaux. Les plus importants sont présentés ci-après :

Tableau 11: Normes et lois relatives à l'exécution des travaux d'assainissement

Application	Réglementations
Calcul et dimensionnement des conduites	<ul style="list-style-type: none"> • C.P.C. pour le calcul statique des tuyaux enterrés pour canalisations • Annexe C - NF EN 598 : Conduites d'assainissement en fonte ductile • Fascicule 70 - chapitre 3 : « Règles de conception et de calcul des ouvrages »
Éléments préfabriqués pour travaux d'assainissement	<ul style="list-style-type: none"> • Norme européenne EN 598 - Décembre 1994 : Tuyaux, accords et accessoires en fonte ductile pour canalisations d'assainissement • NM 10.1.027 : Canalisation d'assainissement en Béton Armé et non Armé • NFP 16-352 : Canalisations en PVC non plastifié pour l'assainissement • NFA 48-730 (Décembre 1987) : Tuyaux et pièces accessoires en fonte, sans pression pour branchement d'assainissement série à bouts unis (UU) • NF EN 295-1 (Février 1992) : Tuyaux et accessoires en grès et assemblages de tuyaux pour les réseaux de branchement et d'assainissement • NM 10.09.1001 : Dispositifs de fermeture et de couronnement • NFP 16-422 (Mai 1970) : Éléments de canalisations en grès - Dimensions et masses des raccords et pièces diverses • NFP 16-343 (Novembre 1990) : Éléments fabriqués en usine pour boîtes de branchement en béton sur canalisations d'assainissement • NFP 16-342 (Novembre 1990) : Éléments fabriqués en usine pour regards de visite en béton sur canalisations d'assainissement
Éléments préfabriqués pour canalisations avec pression	<ul style="list-style-type: none"> • NM 01.4.047 : Éléments de canalisations en fonte ductile • NM 10.1.026 : Tuyaux joints et accessoires en amiante-ciment • NM 05.6.046 : Tubes et raccords en PVC non plastifié • NF EN 639 (P41-400) : Prescriptions communes pour tuyaux pression en béton y compris joints et pièces spéciales • NF EN 641 (P41-402) : Tuyaux pression en béton armé à âme en tôle y compris joints et pièces spéciales • NF EN 642 (P41-403) : Tuyaux pression en béton précontraint, avec ou sans âme en tôle y compris joints et pièces spéciales • NF EN 642 (P41-403) : Tuyaux pression en béton précontraint, avec ou sans âme en tôle y compris joints et pièces spéciales • FT 54063 : Tuyaux en polyéthylène haute densité pour distribution d'eau • NFA 49150 : Tubes en acier-tube soudés destinés à être revêtus ou protégés pour canalisations d'eau
Electricité pour les équipements électromécaniques	<ul style="list-style-type: none"> • NM de la série 06.1 : Installations électriques • NM de la série 06.3 : Conducteurs nus et isolés • NM de la série 06.4 : Mesure - Commande - Régulation • NM de la série 06.5 : Matériel produisant, transformant l'énergie électrique • NM de la série 06.6 : Appareillage - Matériel d'installation • NM de la série 06.7 : Matériel utilisant l'énergie électrique



1.2. Les travaux préliminaires

1.2.1 Installation de chantier

Même si les travaux d'assainissement, et particulièrement en milieu rural, sont de courte durée, il est indispensable de prévoir une installation qui répond aux besoins du chantier (salle de réunion, espace de stockage des matériaux...) et qui assure les conditions d'hygiène et de santé des ouvriers (sanitaires, accès à l'eau potable...).

Le projet d'installation de chantier doit faire l'objet de validation par le Maître d'Ouvrage avant le démarrage des travaux. Ce projet, présenté souvent dans le cadre d'un mémoire technique doit préciser entre autres :

- L'implantation des locaux de chantier : bureaux (de l'entreprise, des représentants de la Maîtrise d'œuvre, et intervenants particuliers), salle de réunions, sanitaires...
- L'implantation des surfaces réservées au stockage ;
- L'implantation des accès au chantier et la signalisation correspondante ;
- Le stationnement du matériel et engins ;
- Les ateliers de réparation du matériel et de montage des fournitures ;
- L'installation de laboratoire d'essais de l'Entreprise (si nécessaire) ;
- L'alimentation en eau, électricité et air comprimé de l'ensemble des installations ;

L'entreprise est responsable du maintien en état de fonctionnement de cette installation, depuis le démarrage des travaux jusqu'au repliement de chantier.

1.2.2 Mémoire technique

L'entreprise prépare avant de commencer les travaux, un mémoire technique décrivant le mode de réalisation des ouvrages et les moyens utilisés, accompagné de renseignements d'ordre général. Ce document contient au minimum les indications définies ci-après :

- Le projet d'installation de chantier détaillé précédemment
- La liste des moyens humains affectés au chantier (personnel d'encadrement et main d'œuvre), leurs qualifications et missions ;
- La liste des moyens matériels avec descriptif de leurs caractéristiques (marque et type, année de fabrication, détails techniques...) ;

Les procédures d'exécution des travaux :

- Mode de transport, de mise en œuvre et de conservation ;
- Système de coffrage, blindage...

- Modes de contrôle qualitatif des matériaux et ouvrages ;
- Conditions de stockage des matériaux ;
- Fiches techniques des équipements...
- Programme général des travaux : accompagné de programmes détaillés par nature des travaux et par ouvrage distinct et indiquant, pour chaque activité, les cadences prévues et les moyens alloués pour les atteindre.
- Plans d'accès des riverains en cas d'ouverture de grandes tranchées (passerelles de service établies aux endroits nécessaires).
- Les dispositifs de sécurité publics, notamment au droit des fouilles et tranchées (balisage, garde-corps, barrières...) ;
- Dispositifs de protection du chantier contre les venues d'eau (fossés et déviation provisoires, rabattement en présence de nappe...) ;
- Modes de préservation des réseaux existants (réseaux téléphoniques, électricité, eau potable...) :

1.2.3 Préparation du terrain

Les travaux préparatoires d'un chantier d'assainissement varient selon son environnement : les chantiers en milieu urbain sont souvent caractérisés par l'encombrement des réseaux et une emprise limitée par la présence de constructions... En milieu urbain, ces contraintes sont relativement moindres, étant donné la faible densité des agglomérations.

Il convient toutefois, de présenter les travaux préparatoires majeurs d'un chantier d'assainissement :

A. Le repérage des réseaux existants

C'est une opération indispensable dès que certains travaux sont exécutés à proximité de canalisations de transport ou de distribution (fluides, électricité, télécommunications...).

Le problème se pose lors de la réalisation des travaux en bordure de voirie importante ou de l'exécution des raccordements de groupes d'habitations sur les canalisations en place ; plus rarement lors des travaux en zone rurale.

La démarche à effectuer par l'entreprise chargée des travaux consiste à prendre contact avec les administrations et organismes concernés pour demander l'autorisation et arrêter avec eux les mesures conservatoires à prendre, de manière provisoire ou définitive pour l'ouverture des tranchées de reconnaissance (généralement, en gradin jusqu'au niveau du projet).

B. Démolition des constructions existantes

Les travaux de démolition et de déconstruction portent souvent sur les constructions situés dans l'emprise du projet, si les travaux d'assainissement accompagnent la création de nouvelles voies par exemple. Le cas échéant, la procédure d'expropriation devrait être engagée et l'autorisation de démolir obtenue au préalable par le Maître d'Ouvrage.

Préalablement à l'intervention de l'entreprise, il est souhaitable de faire procéder à un relevé de l'existant afin de connaître aussi parfaitement que possible la nature du bâti et l'imbrication des structures. De plus, un constat contradictoire, illustré de photographies, doit être dressé par une personne agréementée pour éviter tout litige ou tout recours ultérieur de la part des propriétaires riverains.

Les travaux de démolition sont exécutés selon différentes techniques déterminées en fonction de la complexité de la construction, de sa situation, isolée ou en d'agglomération, de la nature des matériaux employés et de la technicité de l'entreprise ; Ils peuvent donc être exécutés à la main, par sape ou à l'aide d'engins mécaniques. L'emploi des explosifs n'est pas très justifié en milieu rural.

C. Débroussaillage, défrichage ou abattage des végétaux et arbres

Ces opérations consistent à éliminer tous les végétaux de petite taille, arbustes, taillis qui se trouvent sur le terrain.

Le débroussaillage nécessite l'emploi d'engins spécialisés, débroussailleuses, giro-broyeurs qui déchiquettent les végétaux à quelques centimètres au-dessus du sol. Puis les déchets sont évacués ou rassemblés dans une zone éloignée de toute habitation afin d'être brûlés.

Le défrichage peut être effectué à l'aide d'engins mécaniques courants, pelles hydrauliques ou, plus souvent, boteurs ou chargeurs. Ils décapent la couche superficielle de terre végétale sur une faible profondeur et la retroussent sur le terrain où s'effectue un tri sommaire pour éliminer les végétaux et leurs racines superficielles.

Selon l'importance des arbres, leur essence et leur localisation, cette intervention peut nécessiter un accord préalable des autorités compétentes. Dans ce cas, un relevé précis est effectué, sur lequel sont indiqués tous les arbres à abattre, ainsi que les mesures prises pour leur remplacement.

1.2.4 Travaux topographiques & études d'exécution

Avant l'ouverture des travaux, l'Entreprise doit procéder à l'implantation des ouvrages à réaliser, et notamment les axes et limites de tranchées. Le plan d'implantation général est vérifié en présence du représentant du Maître d'œuvre.

Cette vérification est indispensable pour la réalisation des

plans d'exécution, qui constituent une adaptation, faite par l'entreprise, des plans initiaux réalisés dans le cadre de l'avant-projet à la réalité du terrain (modification éventuelle des côtes, contraintes dues au repérage de nouveaux réseaux...). Pour cela, l'entreprise peut être amenée à réaliser des relevés topographiques supplémentaires là où les données ne suffisent pas.

Les plans d'exécution peuvent aussi comprendre des détails d'ouvrages tels les raccordements, branchements particuliers, regards...





2. l'exécution des travaux

2.1. travaux de terrassement

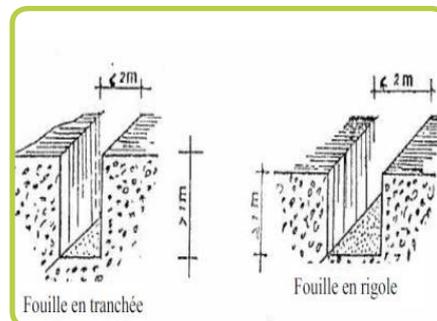
Dans le cadre des travaux d'assainissement, les terrassements ont pour objet la création des tranchées pour canalisations, ainsi que la réalisation des fouilles pour ouvrages (regards, bassins...). Ces travaux nécessitent une modification de la topographie du terrain, par enlèvement de terre : « déblais » ou « fouilles » ; et par apport de terre : « remblais ».



Les fouilles en pleine masse : sont exécutées sur la totalité de l'emprise des ouvrages afin d'en atteindre le niveau le plus bas (dans le cas d'un bassin par exemple).
Les fouilles ou excavations superficielles : sont une variante des fouilles précédentes dont la profondeur n'excède pas la moitié de la largeur de l'ouvrage à réaliser.

Les fouilles en rigole : sont des terrassements linéaires droits ou courbes dont la largeur est généralement comprise entre 0,40 et 2,00 m pour une profondeur n'excédant pas 1,00 m. Elles reçoivent, entre autres, les canalisations à faible profondeur.

Les fouilles en tranchée : sont plus profondes que les fouilles en rigole avec une fonction similaire (fondation de murs, canalisation d'assainissement). Leur largeur dépend généralement des conditions de travail (sécurité des ouvriers, blindage...).

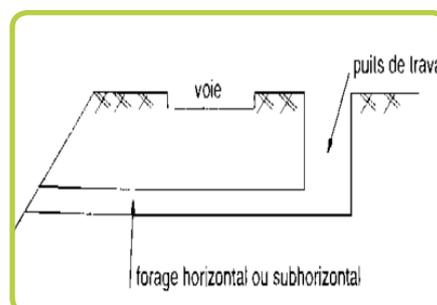


Les fouilles en puits : ont des dimensions telles que leur section (de l'ordre de 1 à 4 m²) est faible par rapport à la profondeur qui peut atteindre 10 m ou plus. Leur emploi est réservé aux captages des eaux ou au rejet d'eaux non polluées en milieu naturel.

Les forages : sont des fouilles cylindriques de faible diamètre (0,10 à 0,50 m) par rapport à la profondeur qui peut atteindre des dizaines de mètres. Elles sont utilisées parfois pour les stations de pompage.

Les fouilles en galerie : sont exécutées sous terre. De grandes sections, elles nécessitent la pose d'étaie et de blindage, parallèlement à l'avancement des travaux. Lorsqu'elles sont de faibles dimensions et selon la nature du sol, elles sont réalisées à l'aide d'un engin de forage équipé d'une tarière, d'un trépan ou d'une trousse coupante. La mise en place s'effectue depuis une cheminée d'accès créée à l'une des extrémités.

D'un coût relativement élevé, elles permettent le passage de canalisations sous voiries existantes sans interruption de trafic.





B. Les classes des sols

Les sols rencontrés lors des travaux de terrassement sont très variés. Il convient de pouvoir définir leurs caractéristiques dès la phase d'études (consistance et cohésion, angle de frottement, présence d'eau...);

D'où l'intérêt de lancer des campagnes géotechniques, en cette phase, et si nécessaire, des sondages complémentaires en cours de travaux.

Les deux classifications des sols, les plus couramment employées sont comme suit :

Tableau 12: Classification des sols selon la recommandation pour les terrassements routiers

Classe	Définition	Caractéristiques	Désignations
A	Sols fins	Dimensions des gros éléments < 50 mm Tamisats à 80 µm > 35%	Silts Limons Argiles
B	Sols sableux ou graveleux avec fines	Dimensions des gros éléments < 50 mm 5% < Tamisats à 80 µm < 35%	Sables Graves Argiles
C	Sols comportant des fines et des gros éléments	Dimensions des gros éléments > 50 mm Tamisats à 80 µm > 5%	Argiles à silex Alluvions grossières
D	Sols et roches sensibles	Tamisats à 80 µm < 5%	Sables et graves propres Matériaux rocheux sains
E	Roches évolutives	Fragilité et altérabilité définies par des essais dépendant de la nature des matériaux	Craies Schistes
F	Matériaux putrescibles, combustibles, solubles	Critères caractéristiques dépendant de la nature des matériaux	Tourbes Schistes houillers Résidus industriels

Tableau 13: Classification des sols selon la difficulté d'exécution

Classe	Désignations	Engin de terrassement
Terrain ordinaire	Terres végétales Sables alluvionnaires Remblais récents	Tout engin de terrassement
Terrain argileux ou caillouteux non compact	Sols argileux ou caillouteux Tufs Marnes fragmentées Sables agglomérés par liants argileux	Tout engin de terrassement
Terrain compact	Argiles compactes Sables limoneux et argileux Sables fortement agglomérés	Engin de terrassement mécanique
Roche attaquant au pic	Grès désagrégé Calcaire tendre Craie	Engin de terrassement mécanique
Roche dure se délitant	Calcaires grossiers Schistes Grès Gypse	Marteau-piqueur, Ripper
Roche très dure	Calcaires durs Roches volcaniques Granites.	Explosif



C. Les engins de terrassement

Il existe une grande diversité d'engins de terrassement qui peuvent être polyvalents ou affectés à une tâche précise. Automoteurs ou tractables, ils sont montés sur roues et pneumatiques ou sur chenilles.

À poste fixe ou mobile, certains peuvent remuer un cube de terre important alors que d'autres, de petites dimensions, interviennent sur des zones ponctuelles. C'est la raison pour laquelle l'analyse de la consistance des travaux est indispensable afin de retenir l'engin adapté à leur exécution :

Tableau 14: Les engins de terrassement courants

Tâche	Engins	Mode de fonctionnement	Illustration
Excavation	La pelle hydraulique (sur roues ou sur chenilles)	Creusement, soulèvement, rotation et déchargement sur place ou dans un engin de transport. Tous types de fouilles dans des terrains relativement tendres.	
	La chargeuse - pelleteuse (Tractopelle)	Godet à l'avant, relevable comme une chargeuse et pelle montée en rétro à l'arrière, pour les excavations. Employée pour la réalisation de tranchées.	
	La trancheuse	Creusement et évacuation des terres sur le côté. Utilisée pour creuser des tranchées de faible largeur et peu profonde.	
Compactage	Compacteurs	Le compactage s'opère par une action de roulage complétée, éventuellement, par un dispositif de mise en vibration.	



Tâche	Engins	Mode de fonctionnement	Illustration
Nivellement	Le tracteur à lame ou boteur (Bulldozer)	Travaux de défrichage, décapage, terrassement sur de faibles épaisseurs, de mise en tas, ainsi que de régalage et de nivellement des remblais, en poussant les terres par mouvement de l'engin vers l'avant.	
	La décapeuse	Arasement, chargement, transport, déchargement et épandage des matériaux.	
	La niveleuse	mise en position, abaissement de la lame, nivellement, régalage des terres puis relèvement de la lame.	
Chargement	La chargeuse	Remplissage du godet, levage, transport sur de courtes distances et déchargement.	
Transport	Le camion ou la semi-remorque à benne ou multi-bennes	Permet le transport sur des moyennes ou des grandes distances. Capacité de 10 à 30 m ³ .	
	Tombereau ou Moto-basculeur	Chargement assuré par des moyens extérieurs au tombereau, le transport et le déchargement. La capacité de l'ordre de 15 à 30 m ³ , voire plus.	



2.1.2 L'exécution des fouilles

Avant toute intervention, il est nécessaire de procéder au piquetage de la surface à terrasser ou de l'axe des tranchées. L'emprise du terrassement doit tenir compte des talutages et des sur-largeurs de travail en fond de fouille et au niveau du terrain naturel.

La manière selon laquelle sont exécutés les travaux diffère en fonction de plusieurs paramètres : la nature de la fouille (en pleine masse, en rigole, en tranchée...), la nature du sol et sa cohésion (argileux, graveleux, rocheux), les moyens mis en œuvre, la présence éventuelle d'eau ou de nappe phréatique...

A. Les fouilles en tranchée pour canalisations

Les fouilles en tranchées suivent généralement le tracé et le profil en long des canalisations qu'elles reçoivent. Elles sont réalisées par tronçons dont la longueur est définie en accord avec les services concédés et l'entreprise chargée de la pose ;

La largeur retenue, fonction de la profondeur de la tranchée, du type de blindage, du diamètre nominal du tuyau (DN) et de son diamètre extérieur (De), est telle qu'il est aisé d'y placer les tuyaux et autres éléments, d'y réaliser les assemblages et d'y effectuer convenablement les remblais et les opérations de compactage autour de la canalisation en toute sécurité.

Tableau 15: Largeur minimale de la tranchée prescrite par le fascicule 70

Profondeur (m)	Type de blindage	DN ≤ 600 (mm)	DN > 600
0,00 à 1,30	Sans blindage	De+(2x0,30); min 0,90m	De+(2x0,40); min 1,70m
0,00 à 1,30	Caisson	De+(2x0,35); min 0,90m	De+(2x0,45); min 1,80m
1,30 à 2,50	Caisson	De+(2x0,55); min 1,40m	De+(2x0,60); min 1,90m
1,30 à 2,50	Coulissant simple Glissière	De+(2x0,60); min 1,70m	De+(2x0,65); min 2,00m
2,50 à 3,50	Coulissant simple Glissière	De+(2x0,60); min 1,80m	De+(2x0,65); min 2,10m
2,50 à 3,50	Coulissant double Glissière	De+(2x0,65); min 1,90m	De+(2x0,70); min 2,20m
3,50 à 5,50	Coulissant double Glissière	De+(2x0,65); min 2,00m	De+(2x0,70); min 2,30m
≥ 5,50 m	Coulissant double Glissière	De+(2x0,70); min 2,10m	De+(2x0,80); min 2,60m

Si la largeur minimale de la tranchée en fond de fouille ne peut pas être respectée, une solution consiste à utiliser de la gravette ou un matériau auto-compactant lié, voire à réaliser un serrage hydraulique. Il en va de même si un espace de 0,50 m ne peut être respecté de part et d'autre des regards. Si aucune de ces solutions n'est possible, on considérera pour le dimensionnement mécanique des canalisations, que le niveau de compactage de l'enrobage est de type "non contrôlé".

Par ailleurs, la largeur ne doit pas dépasser le maximum spécifié dans le calcul de résistance mécanique des canalisations, car elle a une influence notable sur la charge de remblai supportée par celles-ci (cas des tranchées étroites).

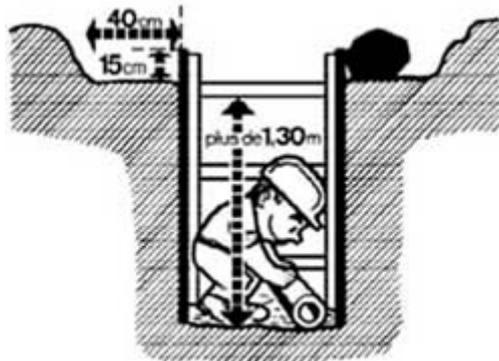
Les fouilles en tranchées d'une profondeur supérieure à 1,30 m et d'une largeur égale ou inférieure aux deux tiers de la profondeur doivent, lorsque leurs parois sont verticales ou quasi

verticales, être blindées ou étayées.

Le blindage est réalisé à l'aide d'un platelage jointif ou non jointif, composé de planches maintenues par des madriers, de panneaux en contreplaqué ou de caissons métalliques monoblocs. Il est maintenu en place par des raidisseurs et des étais ou par des étrépillons à vérins qui prennent appui de paroi à paroi. Cette disposition est prise avant toute intervention d'ouvriers en fond de fouille (Figure ci-après).



Figure 35: Blindage des tranchées



Lorsque deux ou plusieurs canalisations sont parallèles, l'espace (e) séparant celles-ci est déterminé en fonction du diamètre extérieur (De) des tuyaux :

- $e \geq 0,35$ m pour $De \leq 0,70$ m ;
- $e \geq 0,50$ m pour $De > 0,70$ m.

Le fond de tranchée doit être arasé à la pente spécifiée. Tout matériau déstructuré par le terrassement doit être purgé et remplacé par le même matériau que celui utilisé pour réaliser le lit de pose. Les matériaux qui sont extraits et ne sont pas réutilisés doivent être évacués à l'avancement de la fouille.

B. Conditions particulières des fouilles

Qu'il s'agisse d'ouverture de tranchées ou de fouilles, dans le sens large, il existe certaines conditions qui nécessitent des précautions particulières d'exécution. Les plus prépondérantes sont :

- Les terrassements en limite de propriété :

En limite de propriété, le terrassement impose de prendre des précautions afin de ne pas causer de dommages aux ouvrages voisins. Préalablement à toute intervention, il est recommandé de faire établir un constat contradictoire par une personne agréée. La durée d'intervention est réduite au minimum et la profondeur de fouilles/tranchée ne peut pas être supérieure à celle des fondations de l'ouvrage.



Dans le cas contraire, des dispositions sont prises, tel que l'éloignement de la tranchée. Pour des terrassements plus importants, d'autres procédés sont retenus en fonction de la nature des travaux, de la profondeur à atteindre et les techniques disponibles. Les solutions les plus courantes sont la paroi moulée et la paroi berlinoise qui permettent d'effectuer des terrassements de plusieurs mètres de profondeur.

L'utilisation de ces techniques dans le milieu rural reste limitée, étant donné le coût onéreux de mise en œuvre. Elles restent toutefois, très envisageables en présence de venues d'eau ou d'une nappe phréatique.

- Les venues d'eau :

À défaut de stipulations du CCTP, l'entrepreneur doit, sous sa responsabilité, organiser ses chantiers de manière à les débarrasser des eaux de toute nature (eaux pluviales, eaux d'infiltration, nappe phréatique, etc.). Une telle organisation, nécessite l'avis d'un géotechnicien avant d'arrêter la méthode et les solutions à mettre en place, dont les plus courantes sont :

- Le pompage en fond de tranchée : cette technique est la plus simple. Dans les sols où il y a un risque d'entraînement des matériaux fins par l'eau, il peut être nécessaire de limiter la vitesse d'écoulement, par exemple en utilisant un blindage jointif descendant à un niveau inférieur au fond de la tranchée.
- Les pointes filtrantes verticales : il s'agit de tubes perforés en partie basse, mis en place par fonçage. Les pointes filtrantes sont habituellement mises en place sur une ligne parallèle à la tranchée prévue, en général à des espacements compris entre 0,60 m et 3,00 m en fonction du sol et des caractéristiques de la nappe. Les pointes sont ensuite connectées à une pompe à vide.
- Les tubes horizontaux : des tubes de plastique perforés sont mis en place dans le sol par une trancheuse ou par forage dirigé, le long d'une ligne parallèle à la tranchée prévue et à un niveau inférieur à celui du fond de tranchée. Les tubes sont ensuite connectés à une pompe à vide.

- Les terrassements dans le rocher

Les terrassements dans le rocher sont toujours des opérations délicates qui entraînent un surcoût des travaux. Toutefois, il convient de distinguer les roches moyennement dures et les roches délitables, qui sont attaquables avec des engins de chantiers ou au marteau-piqueur

Dans les travaux d'assainissement, l'emploi d'explosifs est très rare et constitue l'ultime solution, d'une part à cause des dimensions relativement réduites des tranchées/fouilles, et d'autre part pour des raisons liées à la sécurité publique et individuelle. Le cas échéant, cette tâche est sous-traitée à une entreprise spécialisée et qualifiée pour tels travaux ;



- **Le blindage des fouilles**

Comme pour les tranchées, le blindage et l'étalement des fouilles, de façon générale, sont obligatoires dès que l'excavation atteint une certaine profondeur par rapport à sa largeur, afin que le talutage n'occupe pas une emprise importante et que la sécurité des ouvriers soit garantie. La mise en place des blindages impose une sur-largeur pour permettre une

intervention normale en fond de fouille (coffrage de mur, pose de canalisations, etc.).

Différentes techniques sont utilisées en fonction du type de terrassement à exécuter, de la profondeur des fouilles ou de la technicité de l'entreprise. Les plus usuelles sont les suivantes :

Tableau 16: Techniques de blindage des fouilles

Techniques	Emplois	Présence d'eau	Points importants
Platelage	Fouilles pleine masse, en tranchées et en puits Solution provisoire	Hors nappe	Gêne dans les travaux de terrassement
Tubage	Fouilles en puits Solution provisoire	Présence de nappe admise	Emploi aisé avec des cercles métalliques ou en béton armé
Parois moulées	Fouilles pleine masse Solution définitive	Présence de nappe admise	Emploi en site urbain, Installation de chantier lourde et coûteuse
Parois Berlinoises	Fouilles pleine masse Solution provisoire ou définitive	Hors nappe, terrain drainable	Emploi en site urbain, Coffrage coûteux de la paroi
Rideaux de palplanches	Fouilles pleine masse et en tranchées Solution provisoire ou définitive	Présence de nappe admise	Nuisances pour les riverains, Récupération aléatoire
Parois clouées	Fouilles pleine masse Solution provisoire	Hors nappe	Emploi en site urbain, Installation peu coûteuse



2.1.3 L'exécution des remblais

Les travaux de remblaiement sont exécutés selon l'un des deux principes suivants :

- par le réemploi des terres provenant de fouilles voisines (solution économique) ;
- par l'apport de matériaux extérieurs au chantier lorsque les caractéristiques des terres d'origine ne conviennent pas.

Le remblaiement ne peut s'effectuer qu'après essais des

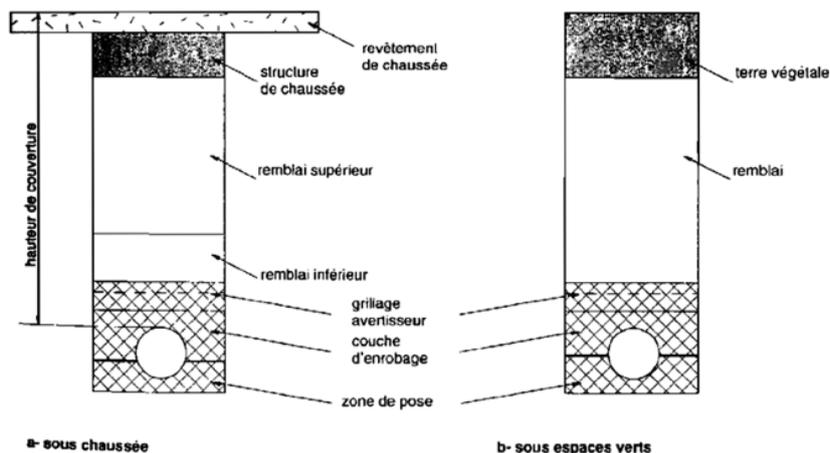
canalisations et accord du maître de l'ouvrage ou du maître d'œuvre. Il suit des règles précises selon le type de canalisation posée et la localisation (sous chaussée, trottoir ou espaces verts). Le remblai comporte plusieurs couches et s'effectue suivant trois étapes :

1. Enrobage de la conduite : jusqu'à la hauteur du diamètre horizontal et jusqu'au rein pour les tuyaux ovoïdes, pour assurer la protection et la stabilité de la canalisation. Le matériau utilisé est poussé et damé à la main sous les flancs de la canalisation; il faut insister sur l'importance du bourrage des deux onglets de coin ; cela rend nécessaire le contrôle des taux de compactage. On utilise, pour l'enrobage les mêmes matériaux que le lit de pose ; c'est précisément à ce stade du remblaiement que l'on exécute les essais, s'il y a lieu.

2. Remblaiement et damage : sont exécutés par couches successives uniformes de 0,10 à 0,20 m.
Ces épaisseurs sont adoptées de façon générale, puisqu'il est difficile d'appliquer les règles de compactage définissant une épaisseur de couche élémentaire et une énergie de compactage dans un certain état hydrique, ou encore vis-à-vis des difficultés liées aux zones de raccords encombrés par les réseaux.

3. Compactage de la couche supérieure : le remblai peut être poursuivi à l'aide d'engins mécaniques avec la terre des déblais débarrassée de certains éléments (pierres supérieures à 30 mm) ; puis l'ensemble est compacté. Cette couche a le rôle de reprendre les surcharges éventuelles occasionnées par la structure de la chaussée. Dès lors, le degré de compactage est d'autant plus élevé que la voie reçoit une forte circulation.

Figure 36: Remblaiement des tranchées





Par ailleurs, il convient de préciser quelques dispositions constructives nécessaires pour remblaiement des tranchées dans des conditions plus ou moins courantes :

- Mise en place d'un dispositif avertisseur : De couleur marron pour les réseaux d'assainissement d'eaux usées, il est constitué par une bande ajourée ou, plus généralement, par un grillage en PVC, de largeur appropriée, déroulé au-dessus de la canalisation, à une hauteur de l'ordre de 20 cm.

Ce dispositif a pour rôle de prévenir et d'identifier la nature du réseau lors de l'exécution de fouilles ultérieures. Le matériau retenu doit être stable au vieillissement, insensible aux micro-organismes et avoir une résistance mécanique qui permette une mise en œuvre sans risque de rupture.

- Tranchée sous voie circulaire et sous espace vert : Lorsque la tranchée est réalisée sous voie circulaire, il est impératif d'éviter tous les matériaux gélifs ou susceptibles de provoquer ultérieurement des tassements irréguliers. Le remblaiement est réalisé avec un grave naturel ou traité, mise en œuvre par couches régulières convenablement compactées. Pour des tranchées étroites, où

il est impossible de procéder à un compactage correct ou dans les zones exigeant une remise en circulation rapide, il est possible d'utiliser, en couche supérieure, un matériau auto-compactant à base de grave-ciment.

Sous les espaces verts, le remblaiement est réalisé par le réemploi des matériaux extraits de la fouille, à l'exception des déchets ou des matières organiques.

- Enlèvement de blindage : S'il est utilisé, le blindage doit être enlevé au fur et à mesure du remblaiement est effectué section par section pour éviter la décompression des terrains.
- Portance de sol insuffisante : Lorsque le fond de tranchée ne présente pas une portance suffisante pour soutenir l'ouvrage (ex. : tourbe, sable bouillant), il est nécessaire de prendre des mesures spéciales notamment, la substitution du sol par d'autres matériaux, cloutage, traitement du sol à la chaux et au ciment, renforcement au moyen de géosynthétiques ou de géo-grilles, réalisation d'un radier. Ces types de pose ne sont utilisés qu'après justification par des calculs de résistance mécanique spécifiques.

2.2. Les travaux du réseau d'assainissement

La réalisation d'un réseau d'assainissement se décompose en plusieurs phases étroitement liées. La pose de canalisations qui transporte l'effluent vers le milieu naturel ou vers la station d'épuration en constitue la partie principale. Elle porte également sur la construction de différents regards et ouvrages complémentaires.

2.2.1 La pose des conduites

A. Conditions normales de pose

La pose des conduites s'effectue sur un fond de fouille nivelé de manière régulière. La mise en œuvre doit respecter plusieurs règles :

- Première règle : Respecter les dimensions minimales et maximales de la tranchée, pour assurer la sécurité des ouvriers, garantir l'espace nécessaire de travail. Ces dimensions sont déterminées dans le paragraphe relatif à l'exécution des tranchées.
- Deuxième règle : Effectuer la pose des tuyaux de l'aval vers l'amont, disposition qui permet de respecter la cote de rejet dans l'exutoire et d'assurer une mise en service des tronçons déjà en place. Les conduites sont alignées à l'aide

d'un guidage au laser, afin de respecter la pente, surtout lorsqu'elle est très faible.

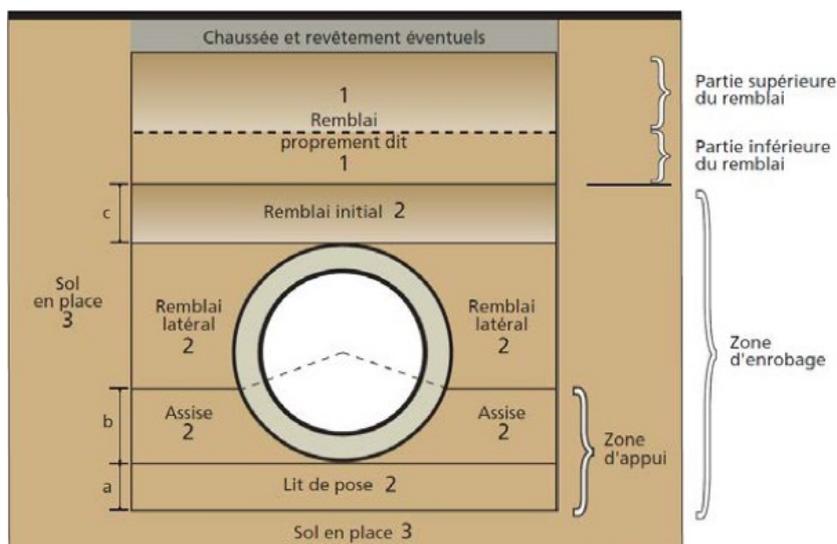
Il est important de signaler que les conduites doivent être manipulées et stockées dans des conditions non susceptibles de les détériorer, en appliquant les recommandations du fournisseur. Une attention particulière doit être portée aux extrémités (emboîtements). En particulier, l'élingage des conduites par l'intérieur est proscrit.

- Troisième règle : Positionner des conduites en fond de tranchée dont la pente est sensiblement la même que celle de l'égout. Les fûts reposent sur un lit de pose et une assise de part et d'autre. Le remblai latéral comble l'espace entre la canalisation et les parois de la tranchée. Les conduites sont recouvertes d'une première couche de remblai (remblai initial), puis du remblai proprement dit, sur lequel viennent se poser les couches constitutives du sol (voirie, espace vert...).

Par convention, on considère :

- (1) la zone de remblai proprement dit, composée de la partie inférieure et supérieure du remblai ;
- (2) la zone d'enrobage constituée par le lit de pose, le remblai latéral, l'assise, et le remblai initial ;
- (3) le sol en place.

Figure 37: Définition des zones de remblai d'une tranchée pour canalisation



$c \geq 150$ mm au-dessus de la génératrice supérieure du tuyau ou 100 mm au-dessus du collet

$a \geq 100$ mm ou 150 mm en cas de sol dur ou rocheux

Source : Ouvrages d'assainissement en béton - Tome 1 ;

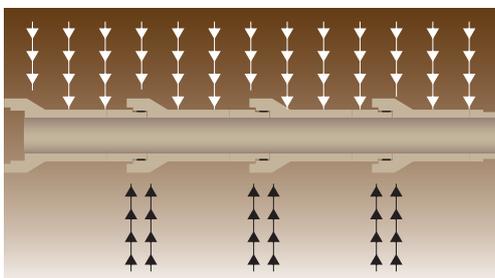


D'une manière générale, le lit de pose forme l'appui de la génératrice inférieure sur la totalité de la longueur du fût. Il est adapté au matériau constituant la conduite, à son diamètre, à la nature du terrain et aux indications fournies par le fabricant. Respectant ces conditions, le lit de pose est constitué par l'un des trois éléments suivants :

- une couche de sable d'une épaisseur de 10 cm pour les sols courants et de 15 cm en présence de sol dur ou rocheux ;
- le fond de tranchée égalisé et mis en forme, dans lequel la base de la canalisation est encastrée, lorsque le sol d'assise est homogène, suffisamment meuble et à granularité fine ;
- le fond de tranchée égalisé et mis en forme, lorsque le terrain est homogène et à granularité fine.

Le lit de pose est dressé suivant la pente prévue au projet. La surface est dressée et tassée afin que le tuyau ne repose sur aucun point dur ou faible. Il y a lieu de prévoir des niches au droit des collets, qui permettront de disposer d'un espace suffisant pour réaliser un bon assemblage et éviter que le tuyau ne repose sur l'emboîture.

Figure 38: Conséquences de l'absence de niches pour les collets du tuyau



Source : Ouvrages d'assainissement en béton - Tome 1 ;

L'épaisseur de la couche d'assise est déterminée par les calculs de la résistance mécanique. Elle est constituée par un matériau de granularité appropriée (terrain en place, sable, gravier, tout venant, etc.).

Le remblai latéral participe au maintien de la canalisation et joue un rôle non négligeable dans l'emploi de tuyau semi-rigide. Il se compose du même matériau que l'assise et doit être convenablement compacté.

Le remblai initial est de même composition. Son épaisseur est de l'ordre de 15 cm au-dessus de la génératrice supérieure du fût. Le sol d'origine peut convenir si l'analyse qui en est faite montre qu'il a les aptitudes correspondantes (possibilité de compactage, absence de gros éléments et de matériaux organiques, pourcentage d'argile compatible).

Le remblai proprement dit est constitué soit du réemploi du sol d'origine, soit de matériau d'apport, gravier tout venant ou autre. La première solution est retenue dans les mêmes conditions que pour le remblai initial ou lorsque l'égout est situé

sous des espaces verts. La seconde solution est généralement imposée lorsque les canalisations sont implantées sous une voirie.

- **Quatrième règle** : Exécuter les assemblages entre deux éléments successifs. Point faible des réseaux d'assainissement, cet assemblage doit être étanche et constituer une parfaite continuité du fil d'eau sans former de bourre-let ni de creux empêchant le bon écoulement de l'effluent.

Lorsque les tuyaux sont à bouts unis, la liaison est réalisée à l'aide d'un manchon. Lorsqu'il est muni d'une emboîture, celle-ci est dirigée vers l'amont et reçoit le bout uni de l'élément suivant. L'emploi de garniture élastomère, qui tend à se généraliser, permet de garantir l'étanchéité ainsi qu'une certaine flexibilité de la liaison.

- **Cinquième règle** : Prévoir des essais d'étanchéité et d'écoulement avant la mise en service du réseau d'assainissement. En fin de travaux, l'entreprise établit un plan de récolement de manière à repérer les différents composants du réseau par rapport à des points fixes (limites de propriété, angles de bâtiments...).

B. Conditions spéciales de pose

- **La pose en terrain peu porteur (sol instable, sable bouillant, tourbe...)** : nécessite la substitution du sol en place par d'autres matériaux (sable, gravier, béton maigre) sur une épaisseur déterminée par les calculs de résistance mécanique avec l'interposition d'un géotextile. Cette couche peut être remplacée par des berceaux en béton armé sur lesquels la canalisation est posée. D'autres solutions plus onéreuses consistent à placer les tuyaux sur des longrines en béton armé prenant appui sur des fondations profondes.
- **La pose sur remblai frais** : vivement déconseillée compte tenu des tassements qui occasionnent des désordres dans les joints, voire des ruptures de conduites. Il convient donc, au préalable, d'effectuer un compactage convenable ou, en cas d'impossibilité, de procéder comme précédemment. La liaison entre la canalisation posée sur remblai et celle posée sur un terrain normal est réalisée à l'aide d'un joint souple.
- **La pose le long d'un bâtiment** : correspond sensiblement au problème précédent. Deux cas peuvent se présenter :
 - La construction ne possède pas de sous-sol. Il suffit de remblayer la partie inférieure avec un grave ciment sur laquelle est posée la canalisation ; attention, celle-ci ne doit jamais se trouver à un niveau inférieur à celui de

l'assise des fondations.

- La construction possède un sous-sol et donc la présence d'un mur enterré permet le scellement de corbeaux qui servent de support aux conduites ;

- **La présence d'eau** : Plusieurs méthodes sont applicables selon l'importance des venues d'eau. Dans la majorité des cas, la plus simple consiste à procéder au blindage des parois et à pomper en fond de tranchée.

La pose des canalisations dans une nappe phréatique s'avère plus délicate à mettre en œuvre. Quelques techniques peuvent être appliquées, toutes relativement onéreuses sont présentées dans le paragraphe relatif à l'exécution des fouilles.

- **La pose avec une hauteur de couverture insuffisante** : entraîne la mise en place de matériaux suffisamment stables pour éviter une dégradation de la conduite. En général, sa protection est obtenue par un enrobage en béton maigre.

2.2.2 Assemblages & raccords

L'étanchéité des canalisations aux joints de liaison et des raccords aux ouvrages particuliers ainsi qu'à toutes les installations sanitaires est une règle absolue.

Les dispositifs préconisés dans l'ensemble du système constructif sont constitués de pièces appelées manchon ou manchette ou biellette (canalisation de courte longueur avec joints souples). Le manchon est scellé dans l'ouvrage de visite et la biellette assure la liaison souple avec le réseau.

Figure 39: Raccordement des tuyaux EU à la sortie des habitations



Avant l'assemblage des conduites, les abouts mâle et femelle sont nettoyés. Les conditions d'emboîtement doivent être conformes aux prescriptions du fabricant. Il convient d'utiliser les appareils et lubrifiants conseillés. Pour les éléments de regards et les boîtes de branchement, le jointoiment au mortier est proscrit,

de même que pour le raccordement des canalisations à ces ouvrages.

Figure 40: Nettoyage du tuyau et application du lubrifiant sur son about mâle



Source : Pose des tuyaux en béton ; FEBELCO

L'assemblage des tuyaux commence par emboîter l'embout mâle dans le manchon du tuyau précédent. L'extrémité du tuyau est légèrement insérée dans l'ouverture. On peut ensuite emboîter les tuyaux par différentes méthodes :

- **A la main, pour l'assemblage des petits diamètres** : Cette méthode peut être appliquée de deux façons : en intercalant un levier entre le sol et le tuyau pour exercer la poussée, ou bien à l'aide d'un appareil d'insertion ;
- **Avec la pelle de l'excavatrice** : Cette méthode présente un risque d'endommager le tuyau sous l'action des mouvements incontrôlés. La poussée est appliquée transversalement sur le tuyau, côté manchon.
- **Avec des outils de traction (Tire-fort)** : Cette méthode convient surtout pour les tuyaux de grandes dimensions : on utilise un ou plusieurs tire-fort ou un système de serrage pour tirer les tuyaux l'un dans l'autre. L'avantage majeur de ce système est que la force est appliquée dans l'axe de la canalisation en l'absence de tout mouvement incontrôlé.
- **Avec machines et élingues** : Le tuyau est suspendu par des chaînes ou des élingues et déposé dans le fond de la tranchée ; dès que l'embout mâle est positionné à hauteur



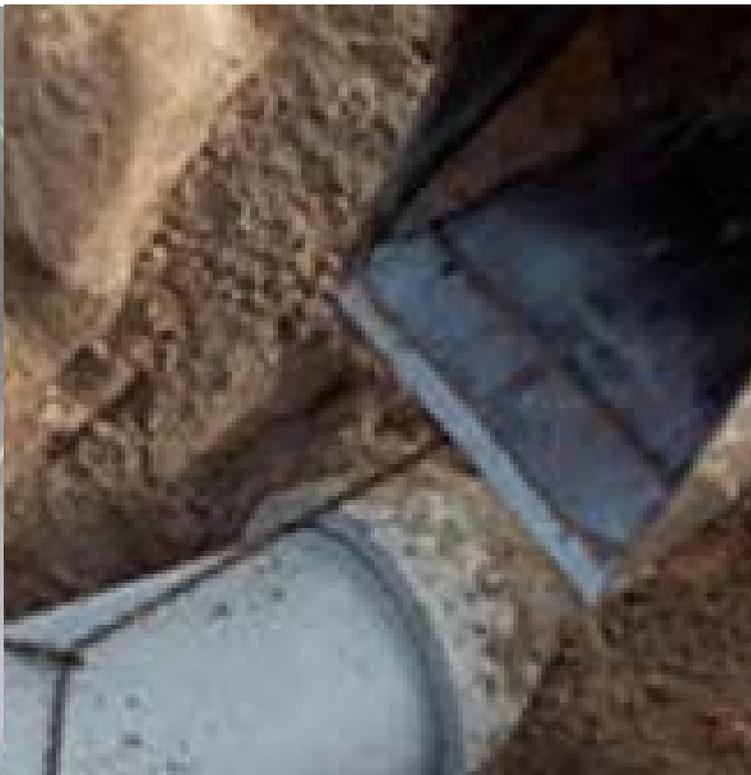
du manchon, le tuyau est inséré par traction d'une grue. La chaîne ou l'élingue est serrée au plus près sur le tuyau

à insérer et une force de traction est appliquée par le bras de la grue.

Figure 41: Méthodes d'emboîtement des tuyaux en béton



a) Avec tire-fort



b) Avec machine et élingues

Source : Pose des tuyaux en béton ; FEBELCO

Les raccordements à un collecteur sont obligatoirement obligatoirement de l'un des types suivants : sur regard visitable, sur regard non visitable appelé boîte de branchement, sur culottes mises en même temps que la canalisation principale, sur raccord de piquage par collage, ou par mortier adhésif, ou par autre moyen assurant l'étanchéité, par tulipe de branchement sur collecteur en place sans saillie et avec étanchéité assurée.

Les branchements à exécuter et leur implantation sont validés par le maître d'œuvre au moment du piquetage des ouvrages. Les branchements gravitaires ne doivent pas être réalisés en diamètre nominal inférieur à 150 mm.

La pente doit être au moins égale à 3 %.

Les branchements comprennent, de l'aval vers l'amont :

- un dispositif de raccordement de la canalisation de branchement à la canalisation principale (regard, culotte...) ;
- la canalisation de branchement proprement dite ;
- éventuellement, un regard collecteur de branchements ;

Sur chaque branchement individuel, la boîte de branchement est implantée à la limite du domaine public.



Figure 42: Branchements particuliers



a) Branchement sur un regard de façade

b) Branchement particulier raccordé par culotte

2.2.3 Les regards

Les regards sont implantés conformément aux plans du projet. Ils sont réalisés soit en béton coulé sur place, soit en béton préfabriqué, soit en résines de synthèse.

En béton coulé sur place, l'épaisseur minimale du radier est de 15 cm et celle des parois de 12 cm lorsque la profondeur est inférieure à 3,00 m et de 15 cm si elle est supérieure. Selon la position du regard et sa fonction, le fond peut être plat, incliné ou avoir une cunette de mêmes dimensions que la canalisation sur laquelle il est placé. Les enduits intérieurs doivent être parfaitement lisses et les angles arrondis « à la bouteille ».

En béton préfabriqué, les éléments sont mis en place successivement les uns sur les autres en calfeutrant soigneusement les joints de manière à les rendre étanches.

L'élément de fond est posé sur une couche de sable après réglage du fond de fouille. Ce type de regard est d'un emploi courant et occasionne moins de contraintes que ceux coulés in situ.

En résines de synthèse (PVC ou polyéthylène), les regards sont monoblocs. La pose est effectuée sur un lit de sable conformément aux directives fournies par les fabricants.

Dans les regards, le raccordement des diverses branches sur le collecteur est réalisé avec un angle qui favorise le sens de l'écoulement.



3. Contrôles et réceptions des travaux

3.1. Contrôle des matériaux

3.1.1 Les essais d'écrasement

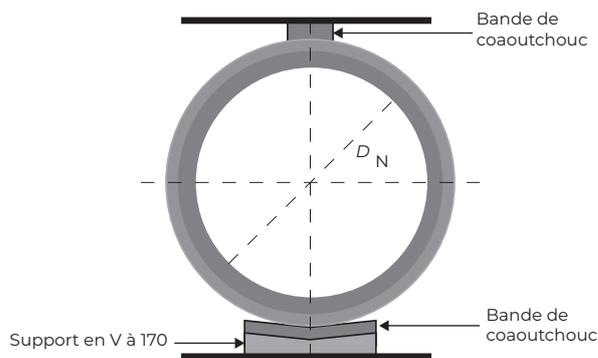
Les canalisations doivent résister d'une part aux charges permanentes des remblais, en admettant un matériau de masse volumique de 800 kg/m³, et aux surcharges du trafic routier, d'autre part.

Il est donc impératif de tester les tuyaux en béton à la réception, avant d'entamer la pose. L'essai d'écrasement est exécuté généralement sur des tuyaux prélevés au hasard, à raison de cinq éléments par lots de 1000 éléments par exemple.

Cet essai s'effectue en présence de la maîtrise d'œuvre, dans les conditions indiquées sur les figures suivantes :



Figure 43: Principe de l'essai d'écrasement des tuyaux



3.1.2 Les essais sur autres matériaux

Le contrôle des matériaux utilisés sur chantier est indispensable pour maîtriser la qualité des travaux. La qualité d'un matériau, se définit par un nombre d'essais, dont le but est de comparer ses caractéristiques à celles préconisées par la norme de référence.

être contrôlés pour un chantier d'assainissement ; Le rythme et la fréquence des essais dépendent généralement de l'enjeu du projet et de son environnement :

Le tableau suivant, montre les principaux matériaux, devant

Tableau 17: Quelques matériaux à contrôler sur chantier

Matériaux	Caractéristiques contrôlées
Matériaux pour remblais	Teneur en matière organique Teneur en eau Analyse granulométrique Equivalent de sable Limites d'Atterberg
Bétons pour regards et autres ouvrages	Etude de formulation (composantes du béton) Résistance selon la classe exigée (Essai d'écrasement) Étanchéité

3.2. Essais et contrôle des travaux

Les travaux d'exécution d'un réseau d'assainissement font l'objet d'une procédure de réception confirmée par un nombre d'essais obligatoires pour s'assurer de la conformité des travaux et des matériaux mis en place. Ces examens font chacun l'objet d'un procès-verbal, établi au plus tard à la date des opérations préalables à la réception. Ils comprennent :

3.3.1 Les essais de compactage

Les exigences de compacité du remblai sont fixées dans les CCTP en référence aux études géotechniques et au dimensionnement mécanique des ouvrages ; la régularité de la mise en œuvre des remblais et leur compacité sont vérifiées par un laboratoire agréé par le maître d'ouvrage. Ces exigences sont le plus souvent données par référence à un pourcentage de l'Optimum Proctor Normal (OPN).

Le contrôle doit permettre de tester la totalité des remblaiements ainsi que la zone d'enrobage et le lit de pose. En cas d'une hauteur de couverture importante, il est conseillé de réaliser ces essais en deux étapes : zone d'enrobage puis zone de remblai proprement dit.

Les points de contrôle sont généralement effectués à raison d'au moins un tous les 50 mètres linéaires et au moins 1 par tronçon (élément de canalisation entre deux regards). En ce qui concerne le contrôle de compactage autour des dispositifs d'accès sur les canalisations, la fréquence pourra être, par exemple, d'un essai sur trois dispositifs.

En pratique, le contrôle du compactage des remblais de tranchée est le plus souvent réalisé par la méthode du pénétromètre dynamique. Son principe consiste à mesurer l'enfoncement dans le sol d'un train de tiges terminé par une partie conique, en fonction de l'énergie de battage mise en œuvre.

Tout contrôle du compactage réalisé dans le cadre d'une réception de travaux fait l'objet d'un rapport qui constitue une pièce contractuelle.

3.3.2 Les essais d'étanchéité

Un réseau d'assainissement mal exécuté est non étanche ; il peut polluer la nappe phréatique et, en cas d'arrivée d'eaux extérieures, le fonctionnement des stations de pompage et des unités de traitements peut être gravement perturbé.

Les essais d'étanchéité réalisés dans le cadre d'une réception de travaux sont exécutés après vérification des niveaux et des cotes des ouvrages, après remblaiement total des tranchées. Ils sont effectués par tronçons de réseau (canalisation, regard, branchement et boîte de branchement), sur la totalité des tronçons pris séparément, en présence du maître d'œuvre et de l'entrepreneur. Les tests font l'objet d'un procès-verbal constaté.

L'essai d'étanchéité recommandé et le plus courant est réalisé à l'eau. L'épreuve sous faible pression d'air est aussi utilisée, car plus économique :

A. Essai d'étanchéité à l'eau

Les épreuves à l'eau, seules prescrites au fascicule 70, sont des essais à la pression interne de service des tuyaux. La durée du test est de 30 minutes, délai d'imprégnation des canalisations et de remplissage d'eau du tronçon considéré (le remplissage de la canalisation est effectué à partir des points bas, afin de permettre à l'air de s'échapper par le point haut) ; la pression est de 0,4 bar minimum, n'excède pas la colonne d'eau (4 m) au-dessus du tampon du regard amont ; on mesure le volume d'eau nécessaire pour maintenir la pression, les éventuels débits de fuite en fonctionnement normal.

Le volume d'eau d'appoint maximum que l'on doit ajouter durant le temps de l'épreuve est le suivant :

- Regard de visite : 0,50 litre/m² de paroi
- Béton armé ou non, ≤ 400 mm : 0,40 litre/m² de paroi
- Béton armé, > 400 mm : 0,40 % du volume de la conduite
- Grès : 0,07 litre/m² de paroi
- Fonte, PVC : 0,04 litre/m² de paroi

Les délais d'imprégnation préalable aux essais sont de 24 heures pour le béton et de 1 heure pour les autres matériaux ; après les réparations rendues nécessaires par les tests, il faut recommencer les essais pour confirmer l'efficacité des réparations ;

B. Essai d'étanchéité à faible pression d'air

Un test sous pression d'air consiste à vérifier l'étanchéité d'un tronçon de canalisations ou d'un joint sur les sections importantes (évitant l'apport d'un volume d'eau élevé du test à l'eau), en le soumettant à une pression d'air de 0,5 bar et à mesurer, à l'aide d'un manomètre, l'éventuelle baisse de pression durant le temps de l'épreuve. Le débit de fuite spécifique permis est de 1 litre d'air/mn/m² de paroi ;

3.3.3 Vérification de la conformité topographique

La conformité des ouvrages aux plans d'exécution est vérifiée contradictoirement par le maître d'œuvre et l'entreprise ou par un organisme de contrôle, au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Pour le repérage géographique des ouvrages, la tolérance altimétrique dans l'axe du regard (fil d'eau) est de ± 10 % de la plus faible différence altimétrique entre deux regards avec un minimum de ± 10 mm.



3.3.4 La vérification des conditions d'écoulement

Avant la réception des canalisations, il est exécuté un essai général du réseau qui porte sur les conditions d'écoulement.

Après l'épreuve à l'eau, au moment de la vidange des ouvrages essayés, on vérifie le bon écoulement dans la conduite visuellement.

Dans le cas où la canalisation est située dans la nappe phréatique, on fixe une quantité d'eau qu'on verse depuis l'extrémité amont, afin de s'assurer du bon écoulement vers l'aval.

3.3. La réception des ouvrages

La réception des ouvrages est l'acte par lequel le maître de l'ouvrage déclare accepter les ouvrages avec ou sans réserves. Cet acte est important car il correspond, d'une part, au transfert de propriété de ceux-ci et, par voie de conséquence, des responsabilités afférentes ; d'autre part au départ des garanties dues par les entreprises.

La réception est demandée par les entreprises et se déroule en présence du maître de l'ouvrage, du ou des maîtres d'œuvre et des entreprises concernées par les travaux. Après avoir effectué les essais prescrits dans le cahier des clauses techniques, un procès-verbal est dressé afin de constater la bonne exécution des travaux.

Les services publics et d'exploitation du réseau sont aussi invités à assister à la réception afin de donner leur accord sur l'exécution de ces travaux.

À noter que la réception peut être prononcée en une seule fois pour l'ensemble des ouvrages et des lots de travaux, quel que soit le mode de passation des marchés (entreprise générale, groupement d'entreprises avec un mandataire ou entreprises séparées). Lorsque les marchés sont traités par lots séparés, la réception peut être prononcée indépendamment pour chacun des lots de travaux. Cette dernière solution est plus complexe à mettre en pratique.

Des réserves peuvent être formulées. Elles sont notées sur le procès-verbal. Un délai est donné à l'entreprise afin d'y remédier. Dès que celle-ci informe le maître de l'ouvrage ou le maître d'œuvre de leur achèvement, ces réserves sont levées après vérification.

Le dossier des ouvrages exécutés (DOE), dit dossier de récolement, est remis au maître de l'ouvrage lors de la réception des travaux ou dans la durée fixée, qui suit. Il contient tous les plans de l'ensemble des ouvrages réellement exécutés, enterrés ou non, ainsi que les schémas renseignés et les notices techniques. Dans le cadre des marchés publics, ces documents sont établis par les entreprises concernées, et transmis au maître d'œuvre qui a la charge de les réunir et de les vérifier. Le dossier comprend un support papier et un support informatique.





CHAPITRE 4 : CONSIGNES D'EXPLOITATION, D'ENTRETIEN & DE REHEBILITATION



1. Service d'exploitation du réseau d'assainissement

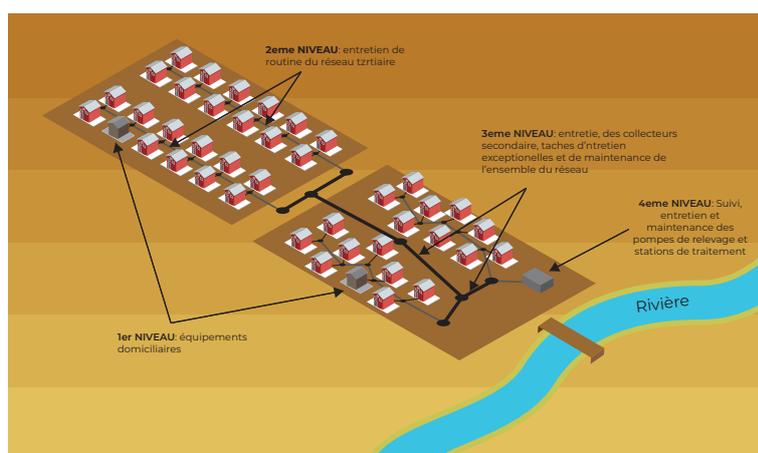
On peut définir 4 niveaux d'exploitation du réseau d'assainissement, schématisés dans la figure ci-dessous.

Si l'entretien des installations domiciliaires est de la responsabilité des usagers, l'exploitation des autres niveaux du réseau revient aux services publics ou régies locales. L'exploitant peut aussi intervenir au premier niveau pour vérifier la conformité des branchements et assurer son entretien, par convention et moyennant redevance, ce qui a l'avantage de garantir le bon fonctionnement du branchement interne.

Le service d'exploitation nécessite plusieurs opérations indispensables à son bon fonctionnement, notamment les

contrôles, l'entretien des réseaux, la révision des équipements, et la réhabilitation des ouvrages. Ces interventions requièrent une organisation et une planification des moyens et dispositifs appropriés, faute de quoi le réseau se colmate ou se dégrade, le matériel se détériore et la remise en état, devient de plus en plus coûteuse.

Figure 44: Niveaux d'exploitation d'un réseau d'assainissement



Source : Guide méthodologique ; Service d'assainissement par mini-égouts ; Programme Solidarité Eau

1.1. Organisation d'un service d'exploitation

1.1.1 Les tâches d'un exploitant

Le rôle principal d'un exploitant de réseau est de s'assurer du bon fonctionnement du réseau et de son contrôle. Les principaux points auxquels il doit veiller sont :

- empêcher l'ensablement des ouvrages du réseau (collecteurs, regards, avaloirs, etc.) provoqué par des dépôts dus souvent aux eaux pluviales ;
- assurer le maintien en état des ouvrages du réseau (collecteurs, regards, déversoirs, rejets, stations de relèvement, etc.);
- empêcher le développement de nuisances dues à des mauvaises odeurs, à la prolifération de moustiques, à des

- mises en charge intempestives ou à des débordements;
- assurer la conformité des branchements suivant le type de réseau et la surveillance de leur bon fonctionnement ;
- empêcher l'arrivée des eaux parasites dans le réseau.
- Pour atteindre ces objectifs, l'exploitant doit effectuer plusieurs tâches, dont les principales sont présentées dans le tableau suivant :



Tableau 18: Tâches principales d'un exploitant de réseau d'assainissement

Objectifs	Tâches
Evacuation des eaux usées et pluviales	Inspection et contrôle de l'encrassement du réseau, des branchements et des ouvrages; Repérage des points singuliers du réseau (obstructions des collecteurs, pente faible ou forte...); Entretien et curage périodique du réseau; Garantie du bon fonctionnement des stations de relèvements Elimination des eaux parasites; Contrôle des débits des eaux;
Satisfaction des exigences de la santé publique et de de l'environnement	Mêmes tâches ci-dessus ; Surveillance de la qualité des eaux usées rentrant au réseau; Entretien et surveillance des déversoirs ; Exploitation de la station d'épuration...
Garantie de la pérennité des ouvrages	Surveillance du réseau et élimination des risques d'accidents ; Elimination des eaux corrosives et de l'émanation du gaz H ₂ S; Réparation des canalisations, joints et ouvrages défectueux; Réhabilitation des portions du réseau ; Contrôle de la confection des branchements au réseau...

1.1.2 Dispositions et procédures de gestion de l'exploitation

L'exécution des tâches d'entretien et de maintenance du réseau d'assainissement, dépend en premier lieu des constatations relevées par l'exploitant à l'occasion des inspections et contrôles systématiques, et des réclamations et plaintes des usagers. Ainsi, pour une bonne gestion de ce service, il convient d'établir des fiches de diagnostic pour les différents points singuliers du réseau (les avaloirs et branchements, les regards, les dessableurs et déversoirs, les stations de relèvement et de pompage, les bassins d'orage, et tout autre ouvrage spécial) et pour les points où des dysfonctionnements sont relevés (débordements, casse, effondrement, etc.).

Ces fiches constituent l'information de base qui permet de repérer les points problématiques du réseau et de planifier les interventions nécessaires en temps opportun, notamment avant et après les périodes de pluie (périodes où les incidents ont généralement lieu).

Pour une meilleure organisation de ces interventions, il est important de :

- faire des prévisions pluriannuelles des moyens matériels et humains nécessaires ;
- disposer d'un personnel compétent et formé sur les pratiques traditionnelles et nouvelles des services d'entretien ;
- posséder les plans de gestion du réseau (plan de récolement) donnant les caractéristiques et la localisation exacte des collecteurs et des ouvrages. Plans qui sont à tenir à jour en permanence ;
- connaître l'historique des interventions d'entretien et de réparations effectuées ;
- suivre les informations relatives à l'évolution du réseau

(taux de collecte, nature des effluents, valeurs de son exploitation...).

- Les exploitants des réseaux d'assainissement utilisent et développent de plus en plus, des outils pertinents qui permettent d'informatiser l'ensemble des données citées ci-dessus et de les aider à une programmation raisonnée des travaux d'entretien. On cite par exemple :
- La cartographie : Les cartes offrent en appui du plan de gestion, des strates d'informations relatives à l'exploitation, qui peuvent être visualisées sous forme thématique :
 - Carte des contraintes et des points noirs du réseau (obturations de réseau, secteurs de pollution, points de débordements, etc).
 - Carte des risques, qui permettent de déterminer un indicateur de risque (IR) sur chaque tronçon de réseau, à partir de données relatives à son environnement (trafic des poids lourds, travaux à proximité...), aux caractéristiques des canalisations (âge, nature, résistance, profondeur, etc.) et aux conditions d'exploitation (qualité des effluents, curage, entretien particulier).
 - Carte des résultats d'inspection et d'auscultation, qui fait état des anomalies détectées et des défauts structurels, permettant les prévisions de travaux de réhabilitation, de renouvellement, etc.
- Les matrices de décision : Ce sont des outils simples permettant une hiérarchisation des actions à mener. Le principe consiste à noter de 1 à 3, par exemple, l'importance des dégradations relevées et les risques et effets sur le réseau et son environnement. La sommation (ou le produit) des notes de l'état et du risque permet de dégager les travaux d'entretien prioritaires.

Exemple : si on a un effondrement important au niveau du réseau (note = 3) avec un risque d'obturation fort (note = 3), on a une valeur de décision maximale égale à $3 + 3 = 6$ (ou $3 \times 3 = 9$).

- Les systèmes experts : Ils incorporent le savoir-faire, les pratiques et l'expérience des techniciens dans les différents domaines d'études et d'exploitation sous la forme de règles de diagnostic et de règles de décision fournies par les responsables des services d'assainissement.

1.1.3 Les besoins en matériels et personnels

L'exploitant doit définir ses besoins en personnels en fonction de la longueur du réseau et la diversité des ouvrages. À titre indicatif, il est mentionné ci-après certains effectifs propres à assurer la bonne marche du service :

- le personnel nécessaire à l'entretien du réseau est constitué de deux à trois égoutiers pour un module de 20 km de canalisations ;
- en cas d'alerte de pollution ou d'inondation de exigeant une intervention rapide en tout temps, il est nécessaire de maintenir une équipe d'astreinte ;
- pour l'entretien des postes de pompage, souvent éloignés les uns des autres, on peut, prévoir pour dix postes de pompage, un électromécanicien et deux égoutiers pour les dégrillages et les nettoyages ;
- Le service d'études et de suivi des travaux (un ingénieur et un technicien) ne semble nécessaire qu'à partir d'une ville de 30 000 habitants ou 100 km de réseau ; au-dessus de cette taille, tout dépend de la complexité du réseau et de la filière de traitement.

Les besoins en matériels dépendent également de la nature du réseau et des techniques d'entretien adoptées.

Toutefois, il convient de signaler que les travaux de curage exécutés en milieu rural se rapportent souvent à des canalisations de faible diamètre (0,20 m à 0,80 m). L'entretien mécanisé de celles-ci est recommandé au moyen d'engins de curage, d'aspiratrices et d'appareils combinés. Les appareils combinés curent environ 400 m par jour en 6 h de travail et 550 m par jour en 8 h de travail.

Les autres véhicules sont le plus souvent des camions et des véhicules de transport du personnel (On admet un véhicule utilitaire, deux à trois camions de pour 100 km de réseau).

Les matières consommables sont surtout constituées des réactifs, des charbons, des sables, des adjuvants, utilisés pour l'épuration des eaux, ainsi que des carburants, huiles, pièces de

rechange, etc.

1.2. Inspection et auscultation du réseau

1.2.1 Surveillance et inspection télévisée

La surveillance et l'analyse de l'état des réseaux permettent d'appréhender ses parties vulnérables (pentes faibles ou trop fortes, obstacles, etc.), et d'établir des programmes d'entretien périodiques de ces points singuliers. Elles permettent aussi de repérer les désordres qui peuvent survenir à l'intérieur du réseau, tels que :

- Les dépôts sur le radier et les parois des éléments du réseau ;
- Les cavités, effondrements, et fissures au niveau des canalisations ;
- La baisse d'étanchéité au droit des joints (décalage, déboîtement...) ;
- Le poinçonnement des regards sur les canalisations ;
- Les dégradations dues aux émanations gazeuses (du H₂S en particulier) ;
- L'introduction de racines, obstructions, décantations, stratifications, concrétions, etc.

L'inspection peut se faire par examen visuel direct depuis la surface du sol pour les boîtes de branchements, et depuis l'intérieur de l'ouvrage pour les réseaux d'assainissement visitables et les regards de visite,

En revanche, le diagnostic des désordres pour les canalisations non visitables n'est possible qu'à l'aide du procédé d'inspection par caméra vidéo, car il est pratiquement impossible d'avoir une vue directe simple sur un tronçon de canalisation entre deux regards espacés de 40 à 50 m, même avec miroir et source lumineuse.

En effet, l'inspection dite « télévisée » consiste à introduire dans le réseau une caméra fixée sur un support automoteur opéré depuis la surface. La caméra utilisée est à tête rotative, c'est-à-dire qu'elle permet à l'opérateur de visionner les faces perpendiculaires à l'axe de la conduite, et ce, sur toute sa circonférence. Les images captées par la caméra sont recueillies par un poste de contrôle situé à la surface. La visualisation des anomalies constatées permet donc de les analyser et d'en programmer la réhabilitation.

Le linéaire inspecté par journée de travail varie entre 300 et 500 m. Bien entendu, le procédé n'est pas applicable à des canalisations encrassées et il est nécessaire de procéder à un curage préalable « à blanc » avant l'observation du réseau par télévision : le réseau doit alors être mis à « sec ».



Figure 44: Exemples de caméra d'inspection télévisée pour conduites non visitables



L'inspection télévisée présente cependant certaines limites : sauf défauts graves tels que grosses fissures, casses et effondrements, il est difficile de conclure au défaut d'étanchéité de la canalisation ; L'expérience de l'opérateur est ici très importante.



1.2.2 Auscultations géométrique et géotechnique

L'objectif de ces techniques est d'ausculter la géométrie et l'environnement proche des conduites qui paraît capable de réagir rapidement sur l'ouvrage enterré.

Les outils utilisés sont très variés et ne cessent d'évoluer. On en cite :

L'inclinomètre : permet de réaliser un profil en long d'une canalisation non- visitable de diamètre supérieur à 150 mm. Il mesure en continu ou point par point la pente entre deux regards d'accès, grâce à un capteur d'inclinaison qui est embarqué sur une caméra d'inspection ; le déplacement de l'inclinomètre se fait parallèlement à l'axe de la canalisation. De plus, la distance parcourue est évaluée électroniquement, ce qui permet d'établir automatiquement le profil en long.

Le capteur d'orientation : permet d'établir la vue en plan d'une canalisation non visitable de diamètre supérieur à 100 mm. Son principe réside en la mesure point par point de la variation angulaire et de la longueur de la canalisation avec un gyroscope miniature embarqué sur le chariot d'inspection télévisée.

Le levé topographique (tachéomètre), en trois dimensions des points d'accessibilité du réseau (regards d'accès) permet de connaître la position en plan et en altitude des canalisations et des branchements. Les pentes et déviations angulaires sont données entre regards (pente moyenne).

Le sonar : peut être utilisé dans les ouvrages immergés et semi-immergés de 150 à 4000 mm. Il permet de localiser et visualiser les défauts géométriques et les zones d'entartrage et de sédimentation. L'appareillage est constitué d'un laboratoire d'acquisition sonar de surface et de transducteurs étanches embarqués sur un chariot motorisé. Une onde acoustique est émise vers les parois internes et immergées de la canalisation sur lesquelles elle se réfléchit. Le sonar

Outils d'auscultation géotechnique

Le Radar géophysique : permet de caractériser la structure de la conduite visitable, la nature de l'encaissant, ainsi que la qualité des interfaces (cavités et poches d'eau, contrôle des emboîtements, etc.) Au niveau des conduites non visitables, l'apport est limité à détecter la présence de cavités essentiellement.

La sonde Gamma : Les sondes, tractées à l'intérieur de la canalisation, sont équipées de deux détecteurs : un détecteur à faible portée situé à 15-20 cm de la source et un détecteur à longue portée situé à 30-40 cm de la source. La paroi de la canalisation influence surtout le détecteur à faible portée tandis que la nature du sol influence préférentiellement le détecteur à grande portée. Cette méthode est très peu utilisée.

L'impédance mécanique : a pour but de mesurer les caractéristiques mécaniques de la structure et le sol environnant et de localiser et qualifier les désordres dans le conduit (ou dans son environnement). Cet essai consiste à transmettre une vibration à une structure dont on va étudier le mouvement. Chaque vibration est mesurée et enregistrée pour y extraire la signature d'un défaut ou d'une anomalie.

L'essai MAC : consiste à ovaliser un conduit par un dispositif de véringage interne, et à mesurer la déformation tridimensionnelle résultante. Il peut être utilisé pour toute forme d'ouvrage. Il permet de renseigner sur le comportement mécanique de la structure et du sol. Il peut également déceler les vides mais pas forcément leurs dimensions.

Outils d'auscultation géotechnique



1.3. Hygiène et sécurité

Le personnel chargé de l'exécution des travaux d'entretien et de réhabilitation des réseaux est souvent exposé à un certain nombre de risques pour sa santé et sa vie, liés aux conditions insalubres du milieu et parfois au travail en profondeur. Les dangers à craindre sont essentiellement :

- Les accidents dus aux chutes sur les parois glissantes, explosion, effondrement, arrivée brutale d'eaux, défaut de communication avec ou encore au trafic sur la voie publique ;
 - L'intoxication, danger le plus fréquent dans des lieux où l'aération artificielle est difficile et longue, par la présence de gaz toxiques, notamment le méthane et l'hydrogène sulfureux, ou de liquides volatils qui surnagent à la surface de l'effluent (hydrocarbures légers, solvants chlorés, etc.) ;
 - L'électrocution au niveau des installations électromécaniques ;
 - L'infection et la contamination de maladies ; Pour prévenir ces risques il est recommandé de :
 - Mesurer la teneur en oxygène à l'intérieur des égouts visitables avant toute intervention (l'atmosphère à l'intérieur des égouts devrait contenir de 17 à 21 % d'oxygène pour que l'air soit respirable ; La mesure de cette teneur se fait facilement à l'aide d'un oxymètre portatif).
 - Contrôler la présence d'un gaz toxique, notamment l'hydrogène sulfuré H₂S (odeur d'œuf pourri). Celui-ci est mortel à 3 mn à 2 000 ppm (partie par million : un milligramme par litre) et le seuil acceptable ne dépasse pas 10 ppm.
 - Vérifier la ventilation des égouts pour éviter le risque d'explosion, qui peut se produire par une simple étincelle provoquée par une lampe, outil ou moteur ; pour contrôler l'atmosphère, on utilise un explosimètre qui déclenche une alarme sonore ou lumineuse dès que la marge de sécurité est atteinte.
 - Etablir une liaison permanente et sûre, entre l'équipe qui travaille dans l'égout et celle de garde à l'extérieur près du regard de visite ;
 - Equiper le personnel d'exécution de vêtements de travail avec brassards réfléchissants et brillants, de bottes cuissardes étanches et de gants ; les compléments indispensables sont le casque muni de la lampe de travail du type antidéflagrante (type lampe des mineurs) et le masque à cartouche (dans les zones dangereuses et les fosses profondes), etc. ;
 - Mettre en œuvre toutes les mesures propres à améliorer l'hygiène du travail et l'hygiène courante du personnel (douches, désinfection périodique, vaccination contre certaines maladies telle que la leptospirose, etc.) ;
- Former et informer le personnel et les riverains à la sécurité (barrages de rues, tranchées ouvertes, etc.) et assurer le contrôle des dispositifs mis en place ;
 - Il convient de signaler qu'il existe sur le marché des détecteurs qui assurent simultanément la protection permanente du personnel dans toutes les atmosphères dangereuses par leur déficience en oxygène, ou la présence d'hydrogène sulfuré et risques d'explosivité ; ces appareils donnent l'alarme avant les seuils critiques.



2. Entretien du réseau d'assainissement

2.1. Approches de l'entretien

L'encrassement et l'ensablement des réseaux d'assainissement, provoquent une réduction de la capacité des ouvrages pouvant entraver les conditions normales d'écoulement.

A cet égard, l'entretien du réseau peut se concevoir sous la forme « préventive » ou « curative » :

- La première solution, qui semble la meilleure, consiste à engager des actions systématiques et régulières dans le temps, telles les inspections, surveillances, diagnostics et auscultations des ouvrages.
- La seconde solution, moins efficace, consiste à engager au minimum des interventions sur des points singuliers du réseau, où des dysfonctionnements sont constatés.
- Si l'entretien curatif est déclenché par des incidents, dysfonctionnements constatés par l'exploitant ou l'utilisateur, l'entretien préventif, quant à lui, nécessite une surveillance régulière et des interventions, que seule l'expérience pourrait en définir la cadence.
- Toutefois, il convient d'établir les règles suivantes pour la programmation du curage préventif :
- Il peut se programmer à l'échelle annuelle et biannuelle, voire plus, par exemple sur :
 - les secteurs critiques à l'entrée ou à la sortie de l'hiver (avaloirs, déversoirs...) ;
 - les réseaux et ouvrages de dessablement, où l'on a périodiquement un ensablement attendu.
- Il doit intervenir sur :
 - l'apparition du dépôt, avant qu'il n'ait le temps de trop durcir ;
 - les sections critiques, avant que cela n'entraîne des désordres dans les canalisations ;
 - les singularités telles que changement de section, zone mortes, pente faible, etc.
- En général, on peut tabler, en réseau eaux usées, sur un volume de dépôts dans les canalisations de 5 à 10 l par usager et par an.

L'approche correcte consiste donc à optimiser les interventions dans le temps (cycles d'entretien) et dans l'espace (priorité aux sections critiques).

2.2. Entretien du réseau

2.2.1 Curage des collecteurs non visitables

L'entretien des collecteurs comporte des travaux de curage et de ramonage visant à extraire les dépôts de produits divers puis les évacuer jusqu'à la décharge. Pour les collecteurs de petits diamètres, souvent utilisés en milieu rural, un matériel adapté est nécessaire ; L'utilisation des pelles et des seaux n'étant envisageable que pour les ouvrages accessibles tels que les regards, les avaloirs, les dessableurs et les déversoirs d'orage.

Pour des collecteurs de petits calibres (< 400 mm), on peut procéder à des chasses à partir des réservoirs de chasses s'ils existent, ou à des chasses artificielles en remplissant d'eau un tronçon obstrué à l'aval par un batardeau qu'on enlève ensuite. L'inconvénient de ce procédé est qu'il provoque des dépôts supplémentaires pendant l'interruption du fonctionnement du collecteur. Ceci est la cause que l'application du ramonage par matériel hydraulique est préférable. Cependant, cette application n'est possible que pour les collecteurs (jusqu'à 800 mm) qui résistent à la pression de l'eau.

Pour les collecteurs supérieurs à 800 mm, le curage se fait généralement à l'aide d'un matériel mécanique motorisé ou mobile ou soit à partir de treuils manuels ou mécanisés.

Chacune des méthodes utilisées pour le curage des collecteurs, nécessite des précautions particulières, selon l'état du réseau. Celles-ci sont détaillées ci-après :



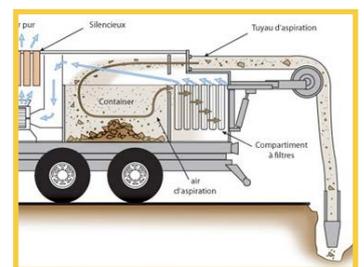
Le tringlage manuel ou mécanique : Le plus simple consiste à déplacer entre deux regards un appareil (curette, boule de curage, vrille ou hérisson) tiré ou poussé par des cannes ou des câbles mécaniques. Ces appareils sont manœuvrés à la main, au moyen d'une manivelle ou de treuils à main. Le travail est pénible et le rendement faible. Ce matériel trouve son utilisation pour tous les travaux de désengorgement des embranchements.

Les racloirs métalliques : Ce dispositif de curage est constitué d'un châssis en acier de la forme d'un piston, autour duquel les lames en acier trempé sont disposées à différents angles. Il est poussé en avant dans la canalisation sous l'effet de la pression d'eau à des vitesses de 0,5 à 3 m/s, ce qui déclenche une action de raclage ou de brossage contre la paroi de la canalisation. Ce dispositif est généralement utilisé pour retirer des dépôts durcis. Il peut être déconseillé de les utiliser dans des conduites fragiles ou fissurées.



Le curage hydrodynamique : un tuyau en caoutchouc armé de nylon peut débiter 1,5 à 6 l/s d'eau, à une pression comprise entre 40 et 200 bars/cm² ; par une buse spéciale, un jet central dirigé vers l'avant désagrège les boues et les matières ; des jets latéraux dirigés vers l'arrière assurent l'évacuation de celles-ci et l'avancement de l'appareil ; la portée d'auto-progression varie avec le diamètre du collecteur et son engorgement ; elle atteint 80 à 100 m. La réserve d'eau est contenue dans une cuve de 4 à 10 m³.

L'aspiration par le vide : est utilisée chaque fois que les dépôts peuvent être atteints directement à partir des ouvrages sur le réseau (regards, bouches d'engouffrement, bassins, etc). Les aspiratrices de boues sont des véhicules spéciaux complémentaires des cureuses hydrodynamiques. Elles sont équipées d'une cuve à boues de 5 à 15 m³. Cette cuve est mise en dépression par une pompe à air aspirant 200 à 500 m³/h sous pression de 0,7 bar/cm². Les boues sont aspirées par un tuyau suspendu à une potence articulée et le travail peut s'exécuter malgré le stationnement des véhicules.



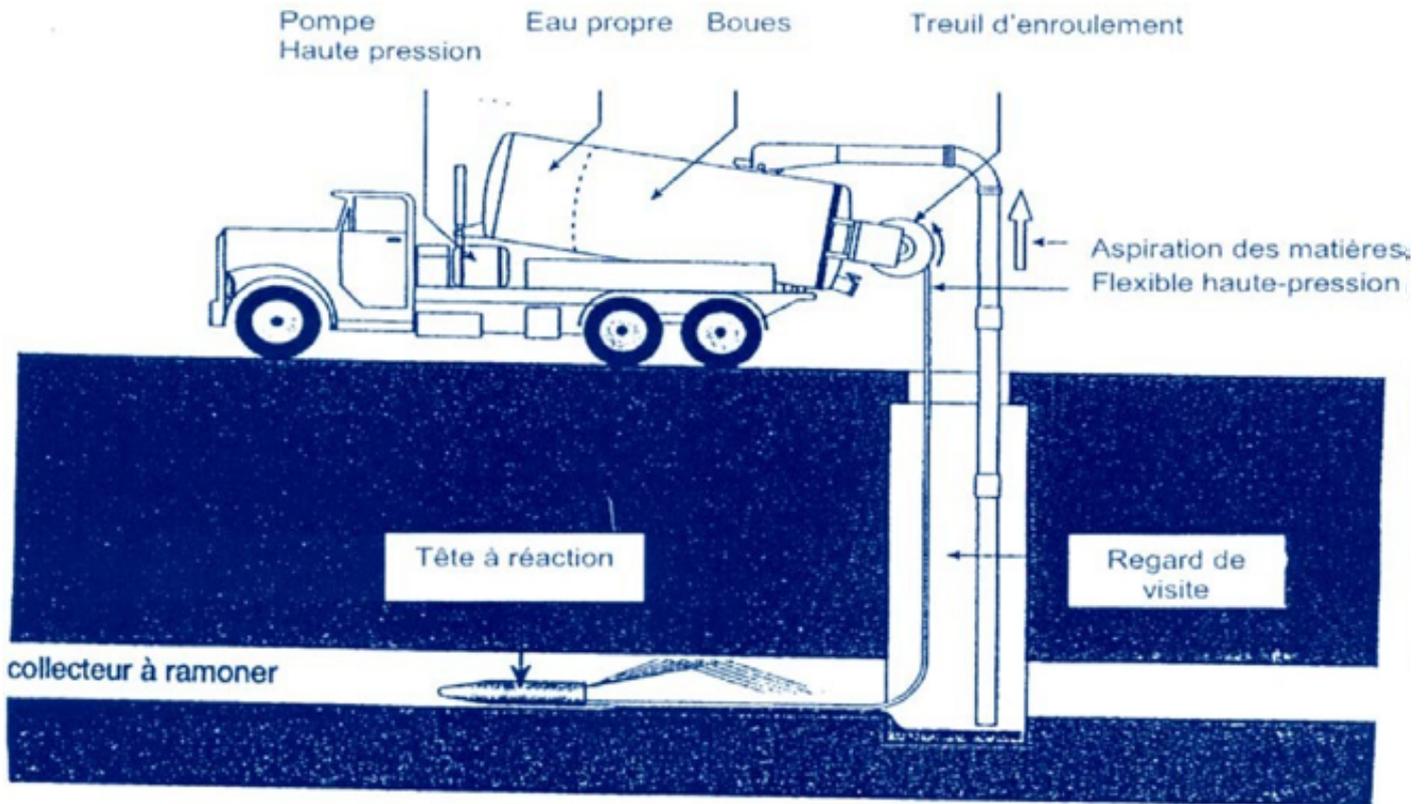
Le curage hydrodynamique est la méthode la plus conventionnelle. L'hydro-cureuse est souvent combinée à une aspiratrice ; Les deux étant montées sur un châssis traditionnel de camion.

mètres (500 m environ), sous réserve que les réseaux soient périodiquement entretenus.

Le travail de curage s'effectue de l'aval vers l'amont. L'entraînement des boues se fait jusqu'au regard aval et, après son obturation, les boues sont aspirées. On peut aussi laisser les boues émulsionnées s'écouler vers l'aval si les pentes sont suffisantes. L'efficacité du jet est inversement proportionnelle au diamètre du collecteur et on peut nettoyer des canalisations jusqu'à 0,80 m de diamètre. Il faut régler la pression des jets d'eau pour ne pas désagréger les tuyaux en ciment. Par jour, une équipe peut curer parfaitement plusieurs centaines de



Figure 45: Schéma de principe de l'hydrocurage



Source : *Manuel du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement*, Lyonnaise des eaux, 1977

2.2.2 Curage Des Collecteurs Visibles

Lorsqu'on est en présence de collecteurs unitaires de gros diamètres, on dispose, pour l'exécution des curages de ces conduites, de divers moyens fondés sur l'utilisation de l'eau ou d'un bouclier mobile en provoquant des effets de chasse. Ces appareils sont de véritables vannes mobiles, souvent en bois, qui épousent la forme de la cuvette et avancent très lentement pour permettre une remise en suspension des boues ;

2.2.3 Autres Entretien Possibles

- La ventilation des réseaux : La présence de l'air dans les réseaux et ouvrages est la meilleure garantie contre la fermentation putride des matières dont les eaux sont chargées. Par une inspection régulière, chaque trimestre, il faut veiller à ce que :

- les tampons de regards soient munis d'orifices non obstrués ;
- les bouches sous chaussées soient nettoyées ;

- les tuyaux de chute et de descente des immeubles aient une ventilation primaire à l'air libre.

- L'entretien des branchements : Le curage des branchements sur la section comprise sous le domaine public est à la charge de la collectivité. Le curage des branchements particuliers en terrain privé est laissé à l'initiative et aux frais du propriétaire.
- L'entretien des bouches d'engouffrement : L'entretien des bouches est à assurer par des aspirateurs à boues. Il peut aussi être effectué par un matériel à application manuelle (pelles et seaux). Cependant ceci demande au moins 1 heure pour une équipe de deux ouvriers, alors qu'un aspirateur à boue permet la vidange de 60 bouches/jour.
- Le curage de siphon : Une boule en bois dur, d'un diamètre légèrement inférieur au diamètre de la canalisation à curer, est introduite à l'amont est récupérée à l'aval. La boule roule et avance, sous la pression du courant, en créant une surverse qui entraîne les dépôts vers un regard ; à partir de cet ouvrage, on retire les boues ;



2.3. Entretien des ouvrages particuliers

2.3.1 Entretien des stations de pompage

Un entretien périodique des stations de pompage est essentiel. Cet entretien est aussi déclenché par des visites d'inspection à la suite de constatation de mauvais fonctionnement ou soit par programmation. L'entretien consiste essentiellement au curage et aux réparations des éléments de génie civil, de tuyauterie, et des équipements électromécaniques (pompes, moteurs, et mécanismes).

Le procédé le plus efficace de protection du système de pompage est la mise en place, en amont, d'une ou plusieurs grilles dont l'écartement des barreaux est inférieur aux sections de passage des aubes de la pompe.

La durée d'amortissement de relèvement des eaux usées est de l'ordre de 15 ans en général, mais le renouvellement des organes de pompage peut être plus fréquent. L'entretien des équipements suit généralement les consignes du fabricant pour les graissages, les démontages et les changements de pièces.

Une révision générale s'impose pour remplacer les pièces usées ou détériorées, tous les deux ans.

2.3.2 Entretien des fosses

Les ouvrages superficiels d'assainissement des eaux pluviales, tels les fossés et caniveaux, entraînent peu de contraintes d'exploitation, surtout en milieu rural. En revanche, s'ils constituent l'exutoire de collecteurs pluviaux, ils peuvent exiger un nettoyage après chaque événement pluvieux significatif.

2.3.3 Entretien des réseaux équipés d'aéro-ejecteurs ou sous vide

L'exploitation d'un réseau sous pression ou sous vide, dont le fonctionnement est autocontrôlé, offre une bonne fiabilité, mais en revanche entraîne des sujétions d'entretien courant des organes de production d'énergie et de dépannage des divers appareillages.

2.3.4 Entretien d'autres ouvrages

Les ouvrages de génie civil d'un réseau d'assainissement, tels que les dessableurs, les déversoirs d'orage et les bassins d'orage sont généralement curés lorsque les dépôts intempestifs sont décelés soit grâce aux fiches diagnostiques ou par programmation d'intervention. Ces dépôts sont extraits pendant le fonctionnement à l'aide d'une hydro-cureuse (si elle est disponible), sinon ces ouvrages peuvent être mis à sec et curés manuellement.

2.3.5 Entretien d'un réseau d'assainissement autonome

Quoique l'exploitation des systèmes d'assainissement privés ne soit pas sous la responsabilité directe des services publics, elles ont cependant un intérêt à ce que tout système d'assainissement liquide privé soit bien entretenu afin que les résultats escomptés de tels systèmes soient atteints.

Etant donné que la quasi-totalité des systèmes autonomes de l'assainissement liquide sont des fosses septiques munies d'éléments épurateur approprié, les propriétaires devraient procéder à l'inspection de leurs fosses au moins une fois par an. L'inspection consistera à la mesure de la hauteur des boues et des déchets accumulés à la surface de l'eau et à déterminer si les canalisations d'arrivée et de sortie ne sont pas obstruées.

L'entretien commence généralement par une inspection des conditions de fonctionnement du système et de la hauteur des boues. La hauteur des boues ne devrait jamais être supérieure à 30% de la hauteur d'eau d'une fosse septique et celle des matières flottantes ne devrait pas être à moins de 7,5 cm du bas de la canalisation de sortie. Dans les cas où l'une de ces deux conditions n'est pas remplie, l'utilisateur doit procéder au nettoyage de la fosse, généralement, par pompage des boues dans un camion vide-fosses exploité soit par la Commune soit, de préférence, par une entreprise privée.

3. Réhabilitation des ouvrages

3.1. Justification et approche de la réhabilitation

La réhabilitation des ouvrages est justifiée lorsque leur état n'est pas suffisamment grave pour nécessiter un remplacement et que les conditions d'écoulements demeurent satisfaisantes. Mais la technique utilisée doit garantir une qualité de réalisation telle que la durée de vie de l'ouvrage ainsi réhabilité doit pouvoir être comparée avec l'ouvrage neuf.

Les techniques de réhabilitations des réseaux d'assainissement sont toujours réalisées sans tranchées, par l'intérieur du collecteur. Elles ne nécessitent pas l'ouverture d'une fouille, mais dans certains cas un puits de travail peut être utile. Bien qu'attrayantes, ces techniques sont encore peu utilisées au Maroc à cause de leur coût et de leur encombrement en surface.

Par ailleurs, lorsque l'état d'un collecteur nécessite une réhabilitation et que cet ouvrage se situe en centre d'une agglomération (en ville généralement), de nombreux problèmes, viennent compliquer la réalisation du chantier, notamment :

- Les nuisances de chantier, dues à l'ouverture d'une tranchée. Celles-ci touchent l'environnement du site par le bruit, la poussière, l'impact visuel, le trafic des camions et engins, ainsi que la gêne de la circulation automobile, sans exclure les risques d'accidents qui peuvent se produire pour les ouvriers, les automobilistes ou les riverains ;
- Les réactions du sol en place : Les risques liés au sol sont principalement le glissement de terrain, l'effondrement, le tassement ou le gonflement/retrait des argiles, auxquels il faut rajouter l'impact des charges roulantes. Dans ces cas, la réouverture d'une tranchée ne ferait que renvoyer à ces problèmes.

Dans d'autres cas, la réhabilitation par l'intérieur ne réglerait pas le problème correctement ; il s'agit des risques liés à la migration des fines de la tranchée, à la présence de cavités de dissolution (dans le gypse). En revanche, lorsque les défauts d'étanchéité (absence de joints, porosité, etc.) sont les seuls problèmes constatés, la réhabilitation par l'intérieur sera souvent la solution.

Ainsi, lorsque les conditions de stabilité des sols et de résistance mécanique et les nuisances de chantier sont des obstacles non négligeables, la réhabilitation par l'intérieur se justifie. Mais lorsque les dégâts sont trop importants, par exemple un effondrement passager, les travaux à ciel ouvert s'imposent.

3.2. Réhabilitation du réseau

3.2.1 Réhabilitation des collecteurs non visitables

Le choix des techniques à mettre en œuvre dépend, avant tout, des informations dont on dispose pour analyser les causes du sinistre ou des dysfonctionnements. Celles-ci permettront de définir le meilleur rapport qualité/prix. Outre la localisation précise des anomalies et leur nature, l'inspection télévisée permet donc de définir correctement la technique adaptée aux défauts du collecteur.

Ces techniques sont classées en deux catégories, selon leur aptitude à reprendre ou non les charges dynamiques et statiques appliquées sur le tuyau : techniques non structurantes et techniques structurantes. Ces deux catégories sont dites « non destructives », par opposition à la troisième, « destructive », qui détruit le tuyau avant de le remplacer.

A Techniques non structurantes

- Le colmatage par injection : est utilisé pour sceller des fissures et autres défauts causant des infiltrations dans les conduites gravitaires d'égout. Il est réalisé par injection sous pression de résines (en particulier époxy). L'opération est menée sous contrôle vidéo et sans dérivation des effluents (à condition que la canalisation ne soit pas trop remplie). L'intérêt majeur de cette technique est la suppression des infiltrations ou exfiltrations d'eau entre le sous-sol et le collecteur.

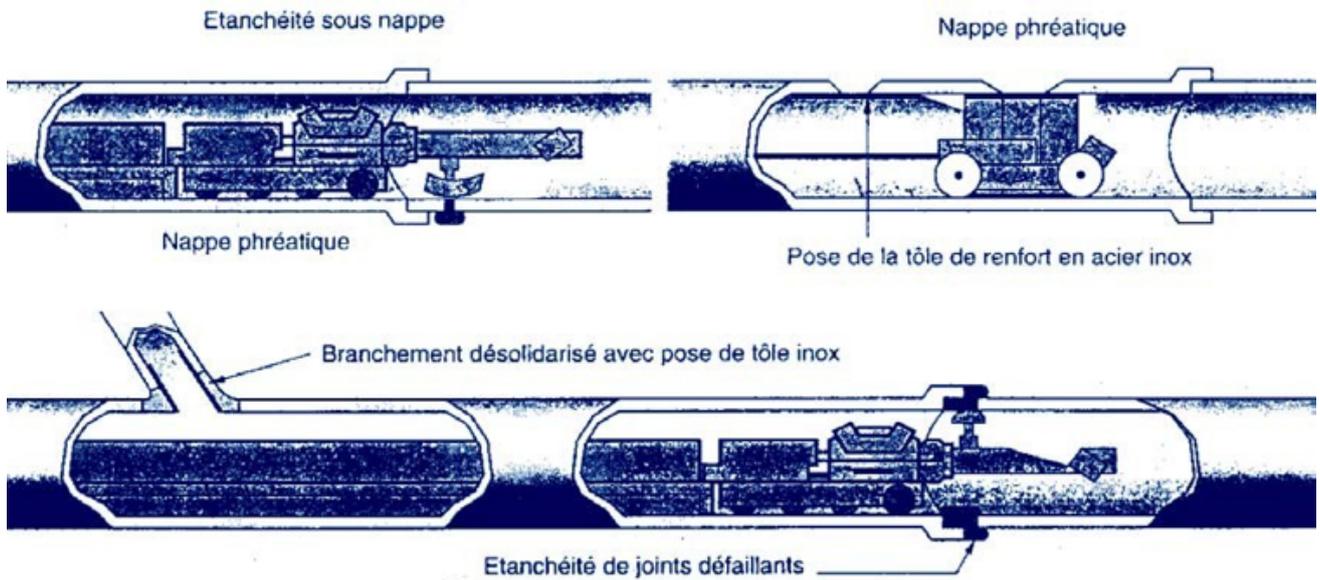
La mise en œuvre se fait à partir d'un véhicule équipé d'une installation vidéo et d'une télécommande des outils. Ceux-ci sont descendus dans le réseau par un regard. Le robot s'arrête au droit de chaque défaut, et injecte la résine et son catalyseur jusqu'au refus, ce qui colmate totalement la fissure. Avant séchage du produit, un lissage doit être réalisé pour qu'aucune rugosité ne subsiste à l'intérieur de la section d'écoulement. Après, le robot se déplace vers le défaut suivant.

Ces outils peuvent donc intervenir sur les fissures, joints défectueux et sur des fuites situées sur des branchements désolidarisés, par la pose de tôle inoxydable (Figure ci-dessous).

D'une manière générale, on considère qu'il est possible, avec ce type de matériel, d'étancher, selon les cas, entre 10 et 40 défauts par jour.



Figure 46: Schéma de principe de colmatage par injection



Source : Guide technique de l'assainissement ; 3ème Edition

- L'Alésage des obstructions : vise à éliminer les obstructions dans une conduite (racines, graisse, dépôts calcaires, joints d'étanchéité déplacés, etc.). Lors de cette opération, les

outils spécialisés sont fixés à l'extrémité du boyau de l'unité de nettoyage et sont activés par la pression d'eau.

Figure 47: Exemples d'outils pour aléser les obstructions dans une conduite



Source : Guide technique de l'assainissement ; 3ème EditionB. Techniques structurantes

Les deux techniques utilisées en collecteurs non visitables sont le chemisage et le tubage. Néanmoins, il faut noter que, dans certains cas, le chemisage de simple étanchement ou le tubage sans remplissage du vide annulaire seraient plutôt à classer dans les techniques non structurantes.

- Le chemisage : consiste à insérer une gaine composée de fibres de verre ou de polyester non tissé et imprégnée de résine dans la conduite. Deux méthodes sont utilisées pour insérer la gaine :
- La première consiste à introduire la gaine par inversion, à partir d'un puits d'accès. Une extrémité de la gaine est fixée à un collet rigide qui la maintient et permet de l'inverser

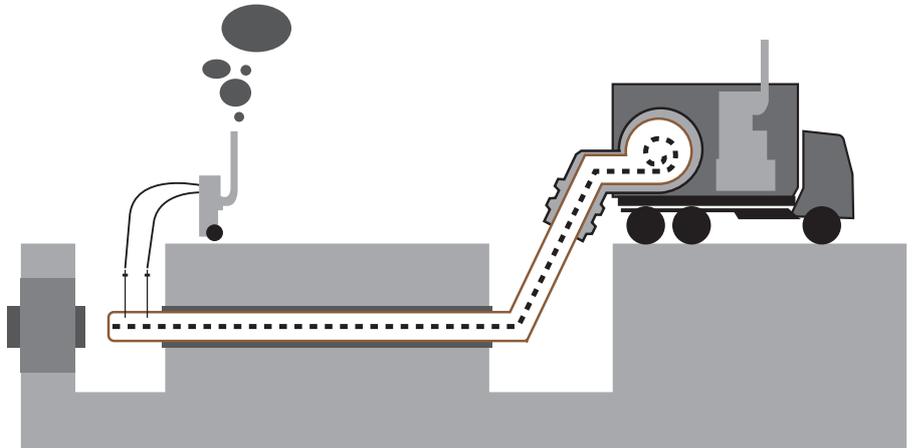
graduellement dans la conduite d'accueil. Lorsque la gaine est totalement déployée dans la conduite, la pression de mise en place de la gaine est conservée. L'eau ou l'air (Figure ci-dessous) est utilisé afin de déployer la gaine et de la chauffer pour déclencher le mûrissement de la résine. Lorsque le cycle est complété, la gaine est refroidie, les deux extrémités sont coupées et les embouts sont scellés.



Figure 48: Schéma de principe de la technique de chemisage par inversion de la gaine



Installation avec colonne d'eau



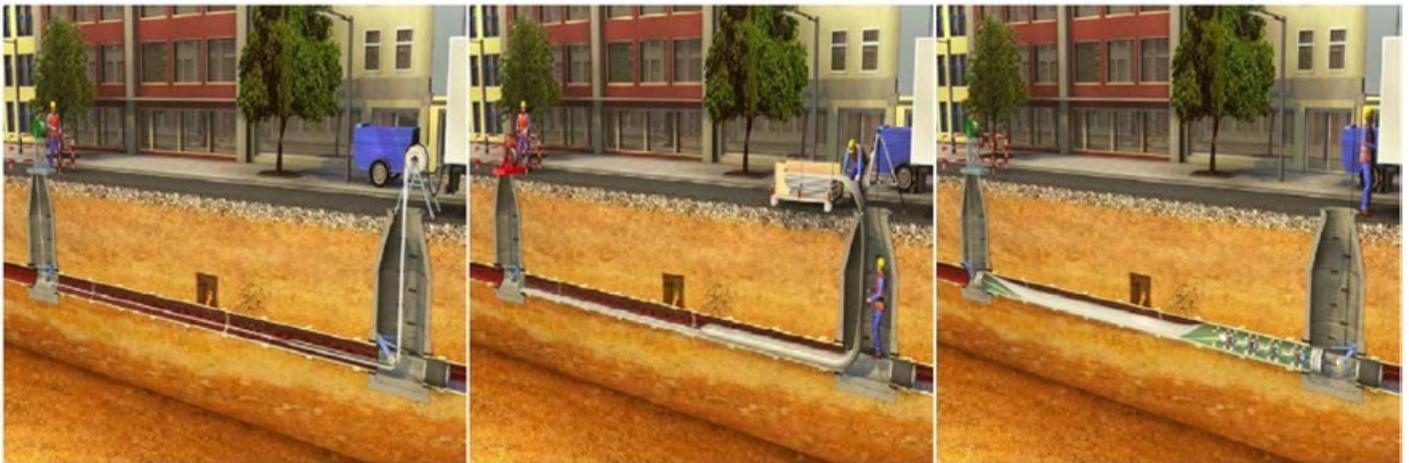
Installation avec de l'air comprimé

- La deuxième technique est le tirage : Après avoir été imprégnée de résine, la gaine, dont les extrémités sont scellées, est simplement tirée à l'aide d'un treuil à l'intérieur de la conduite, entre les deux puits d'accès.

Lorsque la gaine est bien positionnée, une pression est

appliquée à l'intérieur de la gaine afin de la déployer et de la plaquer sur la surface interne de la conduite d'accueil. Une fois cette opération complétée, il est possible de débiter le mûrissement de la résine, selon le même principe que le chemisage invers

Figure 49: Schéma de principe de la technique de chemisage par tirage



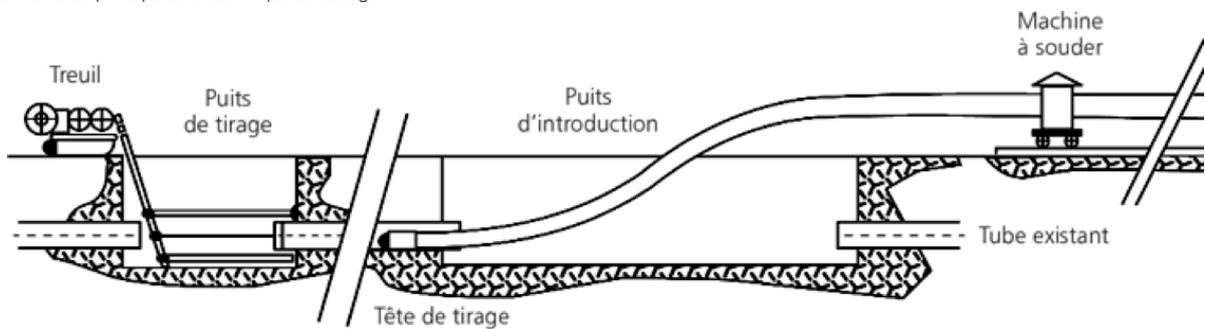
Source : Chemisage des conduites ; Frauenknecht Patrick / 1470 Estavayer-le-Lac / Ch. Vy-Neuve 11

- Le tubage : consiste à insérer un tuyau flexible ou rigide à l'intérieur de la conduite à réhabiliter. Il est utilisé pour améliorer les capacités hydraulique et structurale, et permet aussi de corriger les anomalies présentes dans les conduites telles que l'infiltration, les fissures, les racines, etc.

Le tubage est réalisé selon plusieurs techniques, qui nécessitent toutes, le détournement des effluents et la reprise par fraisage des piquages existants. D'une manière générale, on ne peut pas mettre en œuvre ces techniques sur de trop petits collecteurs en raison de la diminution de la section qu'elles entraînent, le diamètre 400 semble être le diamètre minimal. La figures suivante illustre au principe du tubage



Figure 50: Schéma de principe de la technique de tubage



C. Techniques destructives

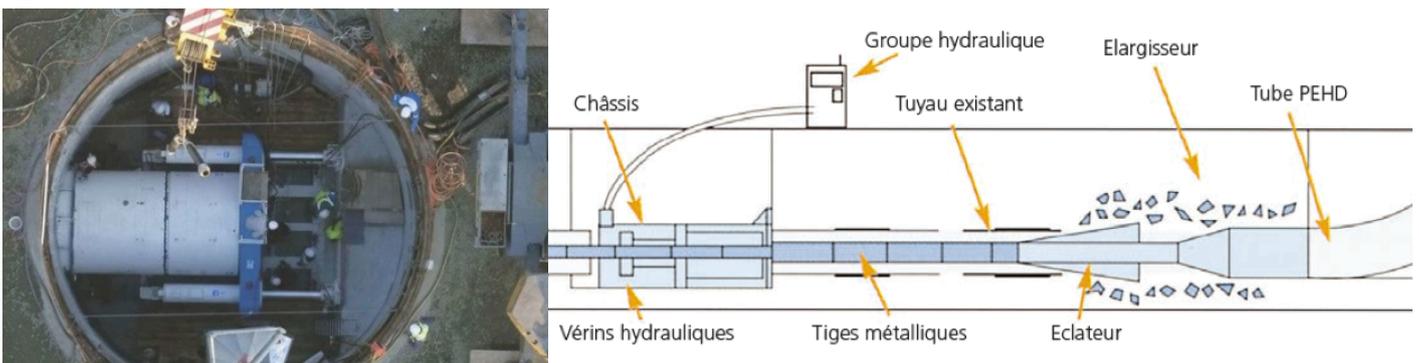
Par opposition aux techniques présentées précédemment, elles sont fondées sur la destruction totale du collecteur dégradé et son remplacement par l'intérieur, toujours sans ouverture de tranchée. L'exécution est réalisable selon deux catégories de procédés :

- Le micro-tunnelier : Utilisé aussi en travaux neufs ; A partir d'un puits de travail, un ensemble de tuyaux précédé d'une tête de forage orientable est poussé en continu vers un puits de sortie. La tête de forage est guidée par laser à partir du poste de pilotage. Elle broie le terrain en place et surtout le collecteur existant. Ainsi, on peut installer des tuyaux de diamètre supérieur. Les déblais

sont évacués par un circuit de marinage vers un bac de décantation.

- Les éclateurs : Ils peuvent être pneumatiques ou hydrauliques et sont soit poussés, soit tirés. L'ensemble de tuyaux neufs (en PVC ou PEHD) est mise en place dans la continuité de l'éclateur qui détruit le collecteur à l'avancement. Il a été montré que la mise en œuvre d'un éclateur entraînait un soulèvement du sol en place, bien que le diamètre installé ne soit pas différent du diamètre détruit. Des phénomènes de dilatation, compression, cisaillement et fracturation du sol en place ont été mis en évidence, ce qui implique de bien connaître le sous-sol avant d'intervenir.

Figure 51: Schéma de principe des techniques destructives



Principe d'éclatement de la conduite 3.2.2 Rehabilitation des collecteurs visitables

Un certain nombre de techniques (injections, tubages, etc.) applicables dans les collecteurs visitables peuvent être mise en service dans les collecteurs visitables. Le présent paragraphe concernera surtout les procédés strictement utilisables dans les visitables. Ces procédés permettent de réaliser des revêtements intérieurs afin de parfaire la structure de l'ouvrage et d'assurer son étanchéité. L'intervention peut être effectuée selon plusieurs procédés, dont les principaux sont :

- le renforcement traditionnel : pour un collecteur peu dégradé, mais présentant des fissures ou des détériorations de joints, l'injection de produits, du type résines, est possible, à l'image de ce qui est réalisé dans les petits diamètres par les robots. Mais là, le travail est effectué manuellement.
- la projection à la lance de mortiers ou de résines : Ce procédé demande des collecteurs d'une taille suffisante, puisqu'un recul d'environ 0,50 m est nécessaire dans la plupart des tâches. La lance peut projeter du mortier, du béton, des liants hydrauliques renforcés de fibres ou encore des résines. Cette projection est réalisée :
 - par voie sèche, le produit est dosé, malaxé, puis transporté dans un tuyau par pression d'air jusqu'à la lance. Juste avant l'éjection du produit, on rajoute de l'eau sur-pressée et le mélange est projeté vers la paroi.
 - ou par voie mouillée, le produit est dosé, malaxé avec de l'eau et propulsé vers la lance, où l'on injecte de l'air, afin que le tout soit projeté vers la paroi.

Les inconvénients de la voie sèche sont la présence de poussières, l'importance des retombées et une certaine fissuration de l'enduit. Ainsi, dans les égouts visitables, on préférera la voie mouillée.

Figure 52: Projection à la lance de mortier



Figure 53: Pose de coque préfabriquée



- la pose de coques préfabriquées : permet un chemisage de tout ou partie d'un collecteur ancien (radier, paroi ou tout le périmètre). La nature des matériaux composant les coques est très variée : on trouve surtout des liants hydrauliques renforcés de fibres de verre et des plastiques types PVC. Les coques sont construites de façon précise en usine, pour le collecteur à réhabiliter. La pose des coques est simple dans son principe, mais demande qualification et rigueur. A partir de puits de travail (ou d'aménagements de regards), les coques sont descendues dans le réseau, réglées et raccordées entre elles. Elles sont finalement bloquées par injection d'un coulis de ciment entre l'élément et la paroi du collecteur.

3.3. Réhabilitation des ouvrages particuliers

Si l'on se préoccupe surtout du fonctionnement correct des bassins de stockage, des stations de pompage et des stations d'épuration, il ne faut pas pour autant négliger l'entretien du génie civil et des parties métalliques. Or, un éclatement de béton non réparé à temps peut entraîner, à terme, des réparations très coûteuses. Il existe des techniques pour réaliser des « petites » réparations sur les ouvrages, avant d'être en face de dégradations sérieuses.

Il s'agit de reprendre des défauts courants qui sont :

- les fissurations du béton, structurelles ou superficielles ;
- les éclatements du béton survenant après les fissurations ;
- les altérations surfaciques du béton ;
- les dégradations des enduits d'étanchéité et des peintures ;
- les corrosions des équipements métalliques.

Les fissures de structures doivent être obturées, en particulier pour éviter toute infiltration d'eau. Dans ce cas, il s'agit d'injecter sous pression sur un béton propre et dépoussiéré des résines époxy. Les polyesters et polyuréthanes ainsi que les rebouchages au mortier traditionnel, sont à déconseiller.

La difficulté, sur des bassins, réside dans le fait de travailler hors



d'eau. De même, l'obturation superficielle par collage d'une bande de résine ou d'un cordon de mastic souple est à faire côté eau, donc dans un bassin vide. Cet inconvénient disparaît lorsqu'il s'agit simplement d'un éclatement superficiel, puisque des applications à la spatule de mastics de résine, sur un support très soigneusement préparé, permettent d'éviter la poursuite de la dégradation et donc, à terme, la corrosion des aciers.

On remarquera néanmoins que certaines fissurations de structures, parmi les plus importantes, peuvent être dues à des affouillements ou des affaissements sous les ouvrages. Dans ces cas, les techniques de réhabilitation ne sont plus adaptées.

Tous les organes métalliques des ouvrages d'assainissement sont en permanence en atmosphère fortement humide, créant des conditions très favorables à la corrosion. Dans les locaux fermés, une peinture ne résiste que quelques années, même sur les équipements peints directement en usine, donc les plus résistants.

Un ouvrage ancien peut ainsi être remis à neuf après décapage et brossage soignés suivis d'applications de peinture spécifique, notamment des peintures dites « maritimes » et « en immersion en eau agressive », qui sont particulièrement bien adaptées aux bassins et stations d'épuration.

Les « durées de vie » de ce type de réhabilitation sont de l'ordre de 3 à 5 ans.

REFERENCES

Dimensionner les canalisations d'assainissement pour assurer leur performance hydraulique ; Centre d'étude et de recherche de l'industrie du béton (CERIB)

Cahier des clauses techniques générales ; Fascicule 70

Guide pratique des VRD et aménagements extérieurs ; Gérard KARSENTY

Ouvrages d'assainissement en béton – Tome 1 : Assainissement collectif, conception et réalisation ; CERIB – FIB – CIM Béton.

Guide technique de l'assainissement ; Régis BOURRIER, Marc SATIN et Béchir SELMI Guide de l'assainissement des communes rurales ; Agence de l'Eau Artois Picardie

Assainissement liquide – Manuel de référence destiné aux élus et techniciens communaux au Maroc ; Préparé par Technical Support Services, Inc. Pour l'Agence Américaine pour le Développement International (USAID)

Guide pour l'assainissement liquide des douras marocains ; Version Octobre 2005 – Office Nationale de l'Eau Potable (ONEP) & La Banque Mondiale

Service d'assainissement par mini-égout ; Programme Solidarité-Eau

Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017 Manuel pratique : Pose de tuyau en béton ; FEBELCO

Réhabilitation des réseaux d'assainissement en zone rurale ; Jean-Marc BERLAND pour l'Office International de l'Eau (SNIDE)

Guide technique pour l'inspection des réseaux d'assainissement existants par les organismes accrédités ; TSM, Revue mensuelle des spécialistes de l'environnement

Les alternatives à l'assainissement gravitaire ; Article paru dans N° 329 du revue « L'Eau, l'Industrie, les Nuisances »

Présentation du Programme National d'Assainissement et de Réutilisation en milieu Rural au Maroc ; Atelier de formation ECOSAN, Rabat le 24-06-2013

Étude d'assainissement en milieu rural au Maroc ; Un projet financé, par l'Union Européenne et effectué par Euronet Consortium ; Avril 2014

