

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche
Scientifique



Ecole Nationale polytechnique

Département d'Hydraulique

Laboratoire de Recherche des Sciences de l'Eau

(LRS-EAU)



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en
Hydraulique

THEME

DIAGNOSTIC ET REHABILITATION DES ANCIENS COLLECTEURS
CAS D'OUED KNISS

Présentée par :

Mlle. TOUMI Fatma Zohra

Dirigé par :

Mr. BERKANI MILOUD

Mr. NEBBACHE NACEREDDINE

Promotion : Juin 2011

Ecole Nationale Polytechnique 10, Avenue Hassan Badi. El-Harrach. Alger

Remerciement

Merci tout d'abord à Allah le tout puissant

Toute ma gratitude pour Mr Nebbache qui m'a aidé, encouragé durant toute cette période de travail, j'adresse mes vifs remerciements pour la pertinence de ces conseils et ces remarques pour sa gentillesse et sa présence.

je remercie également mon promoteur Mr Berkani pour m'a aidé durant toute cette période de travail

Je tiens à remercier Dr Benmamar, et Dr Bermad pour leurs judicieux conseils

Je présente mon respect et mes sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer mon travail

A l'ensemble des enseignants qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude.

Mes remerciements s'adressent également à tous le personnel du DRHEE et plus particulièrement Mm Bouchama .K,

Je remercie également Mlle Rafa. A

Mon remerciements vont aussi à tous ceux qui contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail, qui nous ont encouragé et soutenus, Merci

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A mes très très chers parents, pour tous les sacrifices qu'ils se sont
imposés pour moi*

A mes frères, et mes sœurs

*A mes meilleur amis Imene, Salîha, Amina Avec les quelles je partage
des moments inoubliables.*

A mes amis et à toute la promotion Hydraulique 2011

*A toutes ces personnes spéciales qui ont marquée leur passage dans ma
vie ...*

A tout ceux qui comptent pour moi et que je compte pour eus

ملخص

يدور موضوع هذه المذكرة حول معالجة الأضرار المتعلقة بالقناة الأساسية للمياه المستعملة لواد كنس، و لفعل ذلك يتطلب منا إتباع طريقتين مهمتين: إما ترميم القناة أو تجديدها إذا تطلب الأمر لذلك، لكن هذه الأخيرة قد تؤدي إلى أضرار اجتماعية و اقتصادية، و من اجل التقليل من ذلك و محافظة على البيئة نتبع طريقة الترميم.ولهذه طرق عديدة، ولاختيار إحداها يتطلب منا دراسة دقيقة و مشخصة للضرر.

الكلمات الرئيسية

ترميم، تشخيص، كشف، قناة، بيضوي

Résumé :

Notre étude consiste à remédier les anomalies que présente le collecteur d'Oued Kniss afin de prévoir des travaux d'aménagement, de réhabilitation et éventuellement le remplacement du collecteur existant. Ces deux dernières méthodes sont prises comme des processus pour remettre le collecteur en état. On perçoit tout l'intérêt pour l'environnement urbain et réduisant au minimum les nuisances et les conséquences socio-économiques, en utilisant des techniques de réhabilitation.

Celles-ci sont nombreuses. Le choix s'appuie sur un diagnostic et une étude de faisabilité soigneusement menés.

Mots clés

Ovoïde -diagnostic- réhabilitation - Auscultation- collecteur

Abstract :

Our study consists on to remedy the anomalies presented by Oued Kniss collector in order to envisage the adjusting work, the rehabilitating work, and the possibility of replacing the existing collector. These last two methods are taken as the process for resetting the collector, we perceive all the interest for the urban environment and minimizing the pollution and the socio-economic, by using rehabilitation techniques.

These are numerous. The choice of these techniques is based on a diagnosis and a feasibility study carried out carefully.

Key words

Ovoid - diagnosis - rehabilitation –Auscultation-Collector

Introduction générale.....	1
Chapitre I: Généralité des causes dégradation des ouvrages	
1. Risques endogènes et exogènes.....	2
1.1. Entraînement hydrodynamique des fines.....	2
1.2. Tassement.....	3
1.3. Glissement de terrain.....	4
1.4. Affaissement et Effondrement.....	5
1.5. Gonflement de retrait.....	5
1.6. Dissolution.....	6
1.7. Sismicité.....	7
1.8. Mouvements tectoniques.....	7
1.9. Eboulement rocheux.....	7
1.10. Marnage.....	7
2. Risques hydraulique.....	8
2.1. Action mécanique et physico-chimique de l'effluent.....	8
2.2. Action hydraulique.....	8
3. Risques structurels.....	8
3.1. Les charges statiques et dynamiques.....	8
3.2. Maintenance.....	8
3.3. Construction.....	9
4. Risques d'impact du milieu.....	9
4.1. Interaction avec les usages de surface.....	9
4.1.1. Influence de la végétation en surface.....	9
4.1.2. Influence de vibrations et charges roulantes importantes.....	9
4.2. Modification des usages de surfaces.....	10
4.3. Interaction avec le bât.....	10
5. Pathologies des collecteurs.....	11
5.1. Pathologies de stabilité.....	11
5.1.1. Déformation et rupture de matériaux (grise, béton non armé).....	11
5.1.2. Attaque chimique du béton armé.....	12
5.1.2.1. Attaque par carbonatation.....	12

5.1.2.2. Attaque par des chlorures.....	13
5.1.3. Perte de briques à la voûte.....	15
5.2. Pathologies d'étanchéité.....	16
5.2.1. Détérioration du radier.....	16
5.2.2. Déboitement et rupture d'éléments préfabriqués de toute nature.....	17
5.2.3. Défauts d'étanchéité.....	17
5.3. Pathologies liées à l'écoulement.....	18

Chapitre II :

Présentation de la zone d'étude

1. Historique.....	20
2. Situation géographique.....	20
3. Données naturelles du site.....	21
3.1. Climatologie.....	21
3.1.1. La température.....	21
3.1.2. La pluviométrie.....	22
3.2. Sismicité.....	23
3.3. Géotechnique.....	23
3.3.1. L'étude géologique et de la nature du sol.....	23
3.4. Ressource en eau.....	24
3.4.1 Objectifs à atteindre.....	24
3.4.2. Mobilisation accrue de la ressource.....	24
3.4.3. Transferts d'eau interrégionaux.....	24
4. Population de la wilaya.....	24
5. Situation hydraulique.....	26
5.1. Alimentation en eau potable.....	26
5.2. Assainissement.....	26

Chapitre III :

Auscultation et diagnostic

1. Auscultation des collecteurs.....	27
1.1. Auscultation géométrique.....	27
1.1.1. Inclinomètre.....	28
1.1.2. Capteur d'orientation.....	28
1.1.3. Relevé topographique (ouvrage visitable ou non)	28
1.1.4. Sonar.....	28

Table des matières

1.2. Auscultation géotechnique.....	29
1.2.1. Radar géophysique.....	29
1.2.2. Impédance mécanique.....	29
1.2.3. Sonde gamma.....	30
1.3. Auscultation visuelle.....	30
3. Diagnostic.....	34
3.2. Situation des regards de visite.....	35
3.3. Caractéristiques géométriques de collecteur.....	35
3.4. Evaluation et hiérarchisation de l'état des collecteurs.....	38
Conclusion.....	40

Chapitre IV :

Calcul hydraulique

1. Bassins versants.....	41
1.1. La configuration topographique.....	41
1.2. L'exploitation du terrain.....	42
2. Calcul des débits.....	42
2.1. Calcul des débits maxima d'eaux pluviales.....	42
2.1.1. Période de retour de l'évènement pluvial.....	42
2.1.2. Détermination du coefficient de ruissellement.....	42
2.1.3. La pente moyenne du bassin versant.....	43
2.1.4. Détermination de l'intensité de pluie.....	43
2.1.5. Calcul du temps de concentration.....	45
2.1.6. Calcul des débits d'eaux pluviales.....	46
2.1.6.1. Méthode rationnelle.....	46
2.1.6.2. Méthode superficie.....	47
2.2. Calcul des débits maxima d'eaux usées.....	47
2.2.1. Les eaux usées domestiques.....	47
2.2.2. Les eaux industrielles.....	48
2.2.3. Débits d'eaux usées domestiques.....	48
2.2.3.1. Evaluation du débit moyen journalier.....	48
2.2.3.2. Evaluation du débit de pointe.....	48
3. Calcul hydraulique et paramètres de dimensionnement.....	49
4. Analyse des calculs hydrauliques.....	50

Conclusion.....	57
Chapitre V :	Technique de réhabilitation
1. Réhabilitation et remplacement.....	59
1.1. Définition.....	59
1.2. Objectifs des travaux de réhabilitation.....	59
1.3 Réhabilitation ou remplacement par tranchée à ciel ouvert ?	60
2. Classement des techniques de réhabilitation.....	61
2.1. Classement en fonction de critères techniques.....	61
3. Technique de réhabilitation sans tranche.....	62
3.1 Techniques de rénovation continue.....	62
3.1.1 Chemisage contenu.....	62
3.1.2. Tubage.....	65
3.1.2.1. Tubage par enroulement hélicoïdal.....	65
3.1.2.2. Tubage par tube pré-déformé.....	67
3.1.3. Pose de coques préfabriquées.....	68
3.2. Techniques de revêtement structurant et non structurant.....	68
3.2.1. Projection de béton et de mortier.....	68
3.2. Technique de réparation localisée.....	69
3.2.1. Traitement de surface.....	70
3.2.2. Colmatage de fissure.....	72
3.2.2.1. Injection de résine – largeur de la fissure < 0,2mm.....	72
3.2.2.2. Recharge du béton – largeur de la fissure > 0,5mm.....	75
3.3.3. Réhabilitation de section.....	78
4. Choix de la technique optimale.....	80
4.1. Préconisation technique par type de matériau de conduite.....	80
4.2. Etude comparative des techniques de réhabilitation.....	82
4.3. Etude de rentabilité des techniques de réhabilitation.....	82
4.4. Caractéristiques de la technique de réhabilitation optimale.....	83
4.5 Etapes des travaux.....	85
Conclusion.....	87
Conclusion générale.....	89

Bibliographie

Annexes

Figure I-1: Entraînement hydrodynamique de fines.....	3
Figure I-2: Tassement Différentiel.....	4
Figure I-3: Canalisation mal compactée.....	4
Figure I-4: Glissement de terrain avec rupture plane.....	5
Figure I-5: Gonflement libre d'une argile.....	6
Figure I-6: Dissolution de l'assise d'une canalisation.....	6
Figure I-7 : Affaissement de voute	10
Figure I-8: Exemple de fissures présentes dans le collecteur Oued Kniss.....	12
Figure I-9: Carbonations au niveau du collecteur Oued Kniss.....	13
Figure I-10: Exemple de détérioration du béton dans le collecteur Oued Kniss.....	14
Figure I-11: Exemple au niveau de collecteur Oued Kniss.....	18
Figure I-12: Exemple d'obstacles présents au niveau de collecteur Oued Kniss.....	19
Figure II-1: Plan générale de la wilaya d'Alger.....	21
Figure II-2: Histogramme de la température moyenne.....	22
Figure II-3: Histogramme de la précipitation moyenne.....	23
Figure II-4: Evaluation de la population entre 1962 et 2008.....	25
Figure II-5: Population du commun objet d'étude en 2008.....	26
Figure III-1 : Plan de situation du collecteur Oued Kniss.....	34
Figure IV-1: Ajustement des pluies journalières maximales.....	44
Figure IV-2: Courbe-Intensité-Durée-Fréquence.....	45
Figure V-1: Etapes des travaux de chemisage par inversion.....	64
Figure V-2: Tubage par enroulement en spirale sous l'action de la bobine.....	66
Figure V-3: Assemblage Manuel (canalisation visitable).....	67
Figure V-4: Tubage par tube pré-déformé.....	67
Figure V-5 : Section des la zone fissurée lors de la mise en œuvre des travaux.....	70
Figure V-6: Déroulement des travaux de traitement de surface pour des fissures $> 0,2$	71
Figure V-7: Procédé d'injection de résine.....	73
Figure V-8: Diagramme de déroulement des travaux de colmatage par injection.....	74
FigureV-9: Etapes des travaux de recharge avec armature saine.....	76
Figure V-10: Phasage des travaux de recharge avec armature corrodée.....	77
Figure V-11 : Action générant sur béton et armature corrodée.....	80
Figure V-12: Coupes de principe des ouvrages après rénovation par tubage par enroulement hélicoïdal.....	83
Figure V-13: Principes du tubage par enroulement hélicoïdal.....	84
Figure V-14: Ajustement de la roue mécanique à la conduite porteuse.....	85
Figure V-15 : Diagramme des étapes par typage par enroulement hélicoïdale.....	86
Figure V-16: Schéma des étapes des travaux par tubage par enroulement hélicoïdal.....	87

Liste des tableaux

Tableau II-1: Pluviométrie à Alger (station ONM de Dar E Beida).....	22
Tableau II-2: Evaluation de population des communes concernant la zone d'étude.....	25
Tableau III-1 : Classification de l'état général de l'ouvrage.....	31
Tableau III-2 : Classification des défauts types pour les ouvrages en maçonnerie de pierre.....	32
Tableau III-3 : Classification des défauts types pour les ouvrages en béton et PVC.....	33
Tableau III-4 : Mesuré linéaire par collecteur en fonction des caractéristiques géométriques.....	35
Tableau III-5 : Caractéristique dimensionnelle des tronçons du collecteur Oued Kniss.....	36
Tableau III-6 : Répartition des défauts par tronçon en fonction de leur type.....	39
Tableau III-7 : Hiérarchisation par classe de sévérité d'état de collecteur Oued Kniss.....	40
Tableau IV-1 : Coefficient de ruissellement 'C' en fonction du type d'occupation du sol...	43
Tableau IV-2 : Pluie maximale journalière en mm.....	44
Tableau IV-3 : Valeurs des intensités en (mm/h).....	44
Tableau IV-4 : Les valeurs du coefficient de kerby-Hathaway.....	46
Tableau IV-5 : Valeurs du coefficient de Manning-Strecker.....	49
Tableau IV-6 : Calcul hydraulique de collecteur Oued Kniss.....	51
Tableau V-1 : Caractéristiques des méthodes d'injection sous pression et par aspiration.....	72
Tableau V-2 : Caractéristiques des résines utilisables lors du colmatage par injection.....	75
Tableau V-3 : Classe de sévérité de la carbonatation.....	78
Tableau V-4 : Critères de choix de techniques de traitement du phénomène carbonatation...	79
Tableau V-5: Techniques préconisées par type de matériau.....	81

Introduction générale

L'assainissement consiste à assurer l'évacuation des eaux usées et pluviales, ainsi que leur rejet dans les exutoires naturels, après traitements compatibles avec les exigences de santé publique et de l'environnement.

Le vieillissement et les phénomènes de dégradation des collecteurs sont complexes, et rarement clairement cernés. Cette complexité est parfois due au manque de données fiables, mais elle est surtout due au nombre important de facteurs à prendre en compte :

- ✓ l'étude de conception insuffisante (sous dimensionnement, pentes et profondeurs insuffisantes).
- ✓ le choix de matériaux inadaptés.
- ✓ mauvaise qualité de pose (défauts de pente, d'étanchéité, de la confection du lit de pose, du compactage).

De même, la tenue dans le temps de ces réseaux est compromise par des surcharges anormales de trafic routier, mises en charge et obstructions diverses qui perturbent l'écoulement, par une étanchéité défectueuse, un manque d'entretien, de mauvaises conditions d'exploitation.

Les étapes de notre mémoire sont comme suit :

En première partie nous nous sommes intéressés au volet généralité des causes de dégradation des ouvrages, et diagnostic au niveau du collecteur principal d'Oued Kniss situé à l'ouest d'Alger qui est de création coloniale et qui est présent beaucoup d'anomalies.

En second lieu, on s'intéresse aux calculs hydrauliques ce qui nécessite préalablement un calcul du débit des eaux usées et une étude hydrologique pour évaluer l'intensité moyenne des précipitations, qui nous permettra d'assembler les points noirs le long du collecteur.

Dans le dernier chapitre qui intervient mon Travail de Fin d'Étude, nous avons présentées une mise au point sur les diverses techniques de réhabilitation présentées actuellement.

Le choix d'une technique s'appuie sur une étude diagnostic qui a pour but d'identifier les défaillances qui entravent le bon fonctionnement du collecteur, Pour établir la technique qui vérifie les conditions d'écoulement.

Chapitre I

Généralité des causes dégradation des ouvrages

Les collecteurs épousent la forme naturelle du terrain d'Alger caractérisé par une zone haute et une zone basse. Au niveau de la partie avale, les collecteurs ont des faibles pentes. Les conditions d'auto-curage n'étant pas satisfaites, il y a dépôt de produits solides et envasement des tronçons. On assiste à des désordres de fonctionnement qui se traduisent par un refoulement des eaux en surface et des inondations.

Les produits solides charriés à des vitesses élevées et l'action abrasive des sables véhiculés par les eaux érodent les radiers et engendrent des affouillements qui amorcent le processus de dégradation du collecteur dans le temps et dans l'espace. A travers cela, on assiste à des infiltrations d'eau empruntant un chemin préférentiel le long du collecteur et provoquant l'entérinement des particules fines de leurs assises. Les collecteurs se déstabilisent suite à une modification de l'état d'équilibre des contraintes qui seront le siège des différents désordres de structure.

A cela s'ajoute l'agression chimique des revêtements en mortier de ciment, des joints et des structures en béton dûe à l'action corrosive des sulfates, des acides et principalement l'acide sulfurique, ainsi que les défauts de construction initiaux vis à vis des joints, du dosage du mortier et du béton, de la qualité du ciment employé, et des techniques de mise en œuvre qui altèrent l'état du collecteur.

Il conviendra dans ce chapitre d'exposer les risques endogènes et exogènes pouvant perturber le fonctionnement du collecteur, et de détailler les pathologies causant les dégradations enregistrées lors de l'investigation du réseau.

1. Risques endogènes et exogènes

1.1. Entraînement hydrodynamique des fines

L'écoulement de l'eau dans le sable engendre des forces hydrodynamiques tendant à entraîner les éléments de sol dans le sens de l'écoulement.

Dans le cas d'une canalisation mise en place sous une nappe, ce phénomène peut s'enclencher dès la phase de construction lorsqu'il ya déficience du système de rabattement de la nappe.

Le processus d'entraînement du sol environnant, la canalisation et sa périphérie s'aggravant au cours du temps, les vides créés au voisinage de la canalisation provoquent des désordres dans celui-ci (fissures, assemblages défectueux ...) favorisant la pénétration du sol à l'intérieur et contribuant à l'amplification du phénomène.

Le phénomène peut aussi apparaître ou se développer postérieurement à la phase de construction. C'est le cas lorsque l'environnement perméable immédiat de la canalisation peut constituer un drain. L'origine du drainage de la nappe et donc de l'entraînement de fines peut aussi se trouver ailleurs qu'au droit même de la canalisation :

- Pompes temporaires dans les fouilles proches de l'ouvrage.
- Drains perméables défectueux autour des constructions voisines.
- Proximité d'un réseau d'adduction d'eau non étanche.
- Remontée importante de nappe dans la partie amont de l'ouvrage ou au contraire baisse importante dans la partie aval.

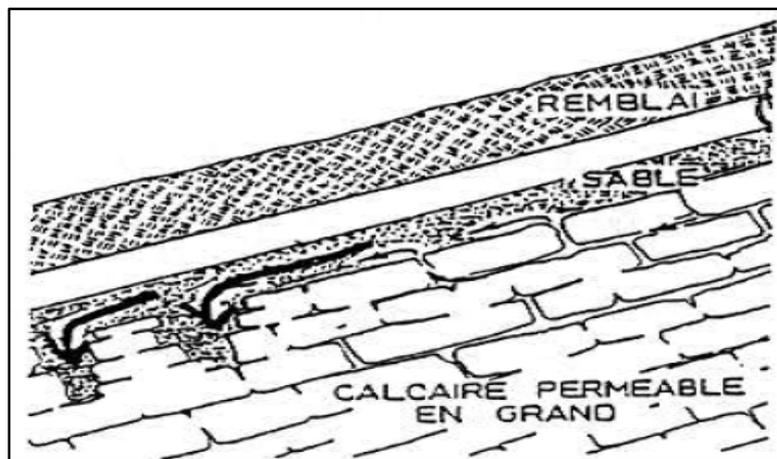


Figure I-1: Entraînement hydrodynamique de fines

1.2. Tassement

Sous l'action de surcharge verticale, certains types de sols ont tendance à tasser, ce qui est en fait la résultante d'une déformation verticale. Les matériaux les plus susceptibles de tasser sont les argiles, les remblais mal compactés.

Nous pouvons définir deux cas :

- Tassements différentiels.
- Tassements absolus suivant le profil en long.

Les premiers sont les plus néfastes pour les canalisations, ils sont dus à la pose de celles-ci à cheval sur deux terrains de compressibilités différentes (en général transversalement).

Les conséquences sont, dans un premier temps l'apparition d'une ou de plusieurs fissures, puis le cisaillement de la canalisation.

Les seconds sont dus au remaniement de fond de fouille, ou à des remblais mal compactés. Ils peuvent être lents ou rapides.

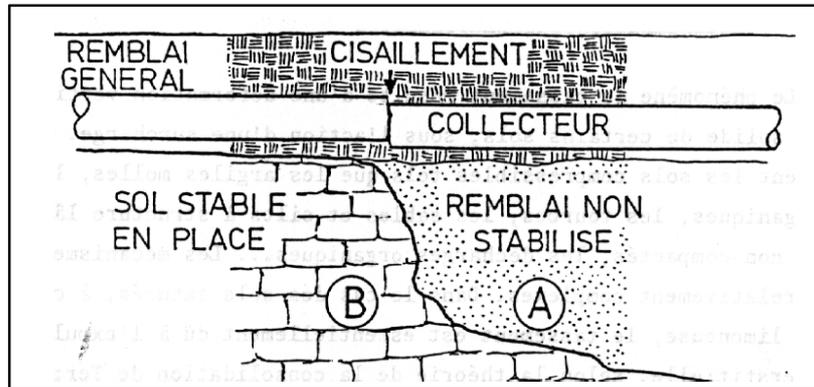


Figure I-2: Tassement Différentiel

Dans les deux cas, la principale conséquence est la formation de contre-pente. De plus suivant l'ampleur du tassement, ainsi que de la qualité du lien tronçon-sol, nous pouvons remarquer un affaissement de radier dans le cas de forme non-circulaire, avec apparition des fissures longitudinales en naissance des piédroits.

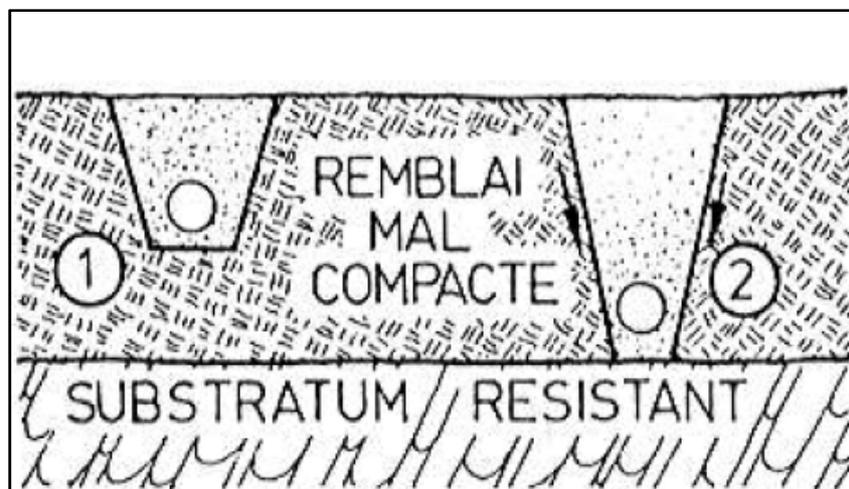


Figure I-3: Canalisation mal compactée

1.3. Glissement de terrain

Les glissements de terrain résultent de la rupture d'un massif lorsque la contrainte de cisaillement, au niveau de la surface de rupture, devient supérieure à la résistance au cisaillement du sol. Ils entraînent, le plus souvent la ruine des ouvrages.

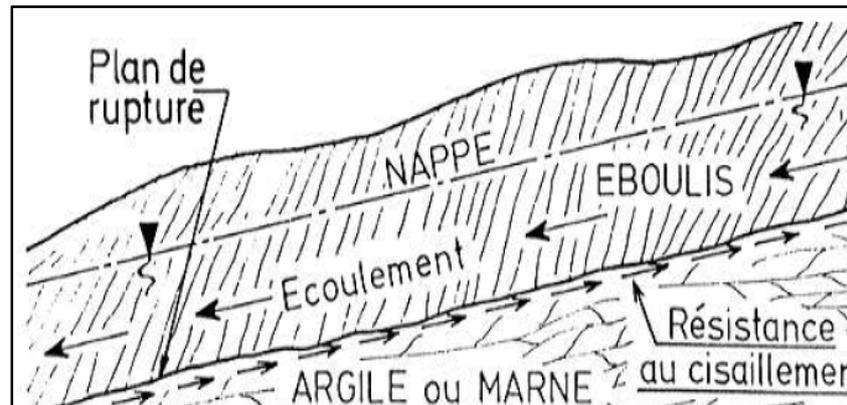


Figure I-4: Glissement de terrain avec rupture plane

Les types de sol concernés sont principalement les couches argileuses, les éboulis. Avec une forte pente.

1.4. Affaissement et Effondrement

L'existence d'un vide souterrain modifie les conditions d'équilibre du massif environnant : sous l'influence des redistributions de contraintes qui en résultent, des efforts complexes (cisaillement, flexion) se produisent dans les terrains formant toit. Dans certains cas, un nouvel état d'équilibre s'établit mais le plus souvent, la stabilité du massif est compromise par suite de la déformation non élastique des terrains de couverture.

Les conséquences peuvent être la ruine de l'ouvrage dans le cas de l'instabilité, ou la formation de cuvette dans le cas de stabilité relative.

1.5. Gonflement-Retraît

Certaines argiles et marnes raides, ont une tendance particulière à augmenter le volume avec leur teneur en eau et inversement à subir un phénomène de retrait quand leur teneur en eau diminue. Pour un collecteur qui traverse des terrains de cette nature et qui est soumis à des cycles gonflement-retrait par suite des fluctuations du niveau de la nappe phréatique ou par des cycles de sécheresse, cela peut se traduire par des soulèvements, des tassements et des efforts de compression à l'origine de déformation de fissures de la structure.

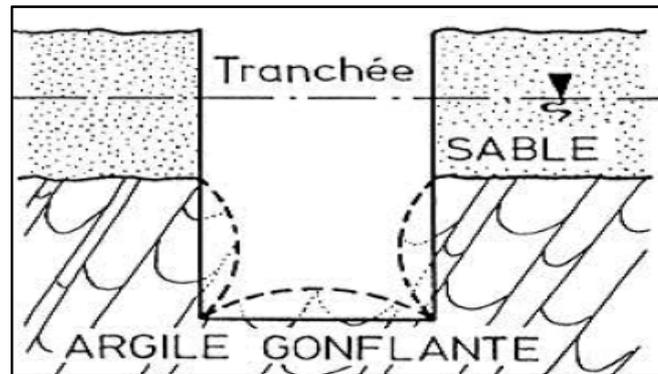


Figure I-5: Gonflement libre d'une argile

1.6. Dissolution

Certains matériaux naturels sont solubles ou très soluble dans l'eau. Sous l'action des circulations d'eau (naturelles ou fuites de canalisations), ils peuvent être progressivement lessivés et éliminés sous forme ionisée.

La dissolution est habituellement considérée comme un phénomène géodynamique lent, que l'on peut négliger vis-à-vis de la pérennité des ouvrages.

Sinon, nous pouvons considérer que les conséquences de la dissolution sont similaires à celles provoquées par l'entraînement de fines, suite à la similitude des vides créés.

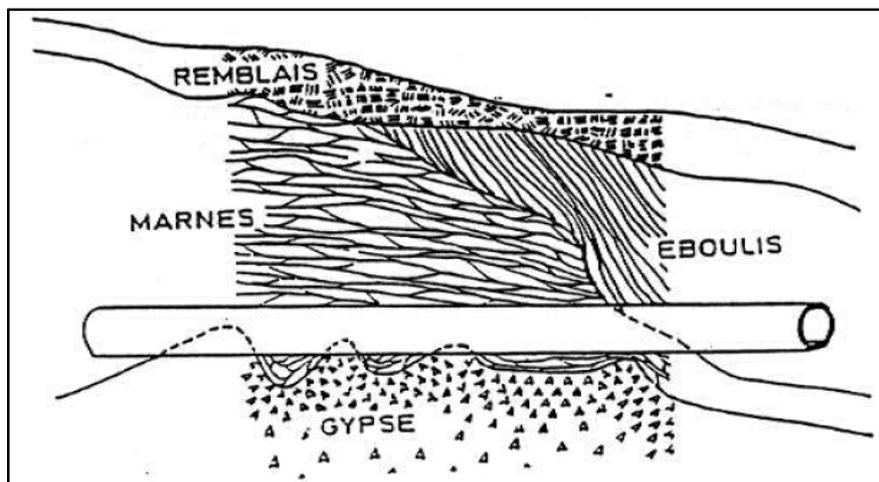


Figure I-6: Dissolution de l'assise d'une canalisation

1.7. Sismicité

Ce risque reste très limité en zone métropolitaine, il faut cependant le prendre en compte dans certaines régions exposées, l'importance des désordres tient aux facteurs suivants :

- Localisation géographique de l'ouvrage (zone de sismicité).
- Nature du terrain encaissant.
- Vulnérabilité de la structure.

1.8. Mouvements tectoniques

L'importance du risque peut cependant être appréciée à partir des schémas structuraux reportés sur les cartes géologiques. Les facteurs influant sur ce type de risque sont :

- La nature et la proximité de l'accident tectonique et sa disposition par rapport à l'axe longitudinal de l'ouvrage.
- La nature du terrain encaissant.
- La nature de la structure de l'ouvrage.
- La qualité du contact entre l'ouvrage et le terrain.

La vitesse d'évolution du phénomène peut varier fortement. Ainsi dans le cas d'une faille il peut s'agir d'une évolution brutale proche de celle d'un séisme, alors que dans le cas de fosse de subsidence il s'agit de mouvements assimilables aux tassements.

1.9. Eboulement rocheux

Le risque d'éboulement rocheux se présente surtout pour un ouvrage situé en crête de falaise, risquant d'être entraîné par la rupture de celle-ci, mais il peut également exister pour un ouvrage peu profond situé au pied d'une falaise rocheuse. Les facteurs intervenant sont liés :

- A la proximité de l'ouvrage par rapport à la crête de falaise et à la hauteur de celle-ci.
- A la nature des terrains concernés, à la fracturation du massif rocheux, à la stratigraphie ou à la schistosité de ces terrains (influence importante des pendages de couche vers la falaise).
- A l'exposition aux intempéries où l'importance des cycles gel/dégel joue un rôle important.

1.10. Marnage

Ce risque est pris en compte pour les ouvrages longeant et/ ou débouchant sur un rivage marin à forte amplitude de marée, sur une berge de rivière avec des variations de niveau cyclique.

Il concerne le phénomène hydraulique engendré par ces variations de niveau dans l'ouvrage lui-même et/ ou dans le terrain environnant l'ouvrage pouvant être, ou non, envahi par les flots.

Les facteurs intervenant sont :

- La position de l'ouvrage par rapport à la berge ou au rivage.
- La nature et la perméabilité de terrain encaissant.
- La rapidité, la fréquence et l'importance des variations de niveau de l'eau.

Le marnage induit un phénomène de fatigue sur la structure.

2. Risques hydrauliques

2.1. Action mécanique et physico-chimique de l'effluent

La vitesse de circulation de l'effluent et/ou la charge solide qu'il transporte provoquent une usure mécanique de l'enduit et des matériaux constitutifs de l'ouvrage.

La composition chimique de l'effluent peut en outre exercer une action corrosive.

Ses conditions de transfert interviennent aussi une zones de fermentation par absence de circulation ou au contraire zones de forte oxygénation résultant d'un violent brassage, source de dégagement d' H_2S .

Ces actions peuvent conduire à une usure locale de l'ouvrage avec plusieurs conséquences :

- Perte de résistance mécanique.
- Perte d'étanchéité, permettant des échanges entre collecteurs et terrain encaissant.

2.2. Action hydraulique

L'effluent exerce une charge hydraulique dynamique ou statique sur l'ouvrage. Lors de crues ou de taux de remplissage inhabituel, l'ouvrage peut subir des charges hydrauliques pour lesquelles il n'a pas été conçu. Il peut avoir à encaisser un déséquilibre de pression différentielle exercé de part et d'autre de ses parois ou des coups de bélier résultant du fonctionnement d'une station de relevage proche.

3. Risques structurels

3.1. Les charges statiques et dynamiques

Cependant un collecteur est d'autant plus sensible aux charges dynamiques et statiques qu'il est plus proche de la surface.

3.2. Maintenance

L'observation régulière et sérieuse des conduites est une condition impérative pour la prévention de sa dégradation et de ses dysfonctionnements. Sa négligence constitue un facteur de

risque aggravant, de même que l'absence de réalisation des mesures préconisées après constat de désordres ou anomalies.

3.3. Construction

La vulnérabilité des ouvrages est fortement aggravée par :

- L'inadaptation des techniques d'exécution.
- La mauvaise maîtrise de ces techniques.
- La rencontre d'aléas géologique, pour lesquels les techniques d'exécution et la structure ont été mal adaptées.

Les modes d'exécution de l'ouvrage défaillant suivant sont aussi générateurs, d'une vulnérabilité accrue des conditions :

- Les travaux à ciel ouvert (en tranchées), où la mise en place du soutènement est décalée par rapport au terrassement et surtout où le rabattement préalable de la nappe n'a pas été réalisé induisant ainsi un remaniement de fouille.
- Les travaux en souterrains, où la décompression du terrain environnant a pu se propager si le soutènement n'a pas été mis immédiatement en place.

Dans les ouvrages récents, avec terrassement mécanisé et soutènement immédiat, les risques proviennent soit de soutirage de sol plus important que le volume théorique, soit d'un mauvais remplissage de l'espace entre le terrain et l'ouvrage.

La vulnérabilité des conduites dépend aussi de la résistance des matériaux constitutifs de la structure, du dimensionnement de celle-ci, mais également de l'altérité des matériaux qui la constituent.

Il convient de souligner ici que l'ancienneté des ouvrages ne constitue pas un risque obligatoire d'accroissement de la vulnérabilité.

4. Risques d'impact du milieu

4.1. Interaction avec les usages de surfaces

4.1.1. Influence de la végétation en surface

Les risques engendrés par la proximité des systèmes racinaires des arbres sont accrus, lorsque les sujets sont âgés, avec un volume foliaire important, dans une structure de sous-sol à agrégat dissociés.

4.1.2. Influence des vibrations et charges roulantes importantes

Ce risque concerne notamment les ouvrages sous voies ferrées et sous chemin de roulement de grues ou portique manutention, battage de pieux ou palplanches de proximité.

4.2. Modification des usages de surfaces

Une variation des charges réparties en surface peut entraîner un changement de comportement du collecteur par rapport aux conditions initiales de réalisation.

Les contraintes peuvent alors dépasser la résistance mécanique de l'ouvrage et entraîner des déformations telles qu'ovalisations, fissurations et même rupture.

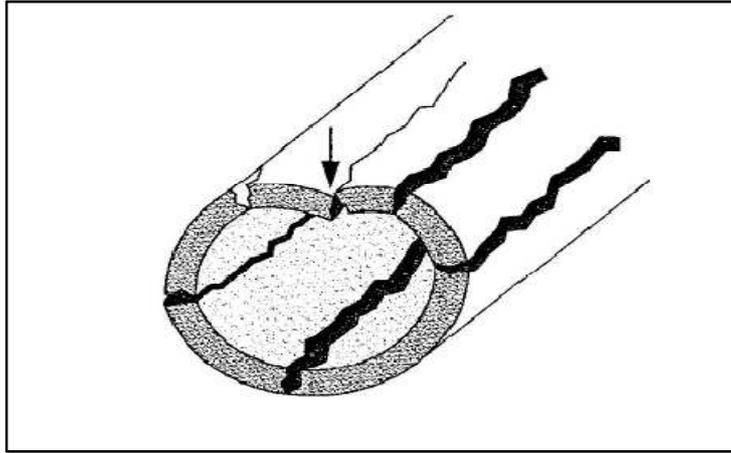


Figure I-7: Affaissement de voûte

4.3. Interaction avec le bâti

C'est l'évolution des contraintes mécaniques sur le collecteur par rapport aux conditions initiales de pose qui est considérée.

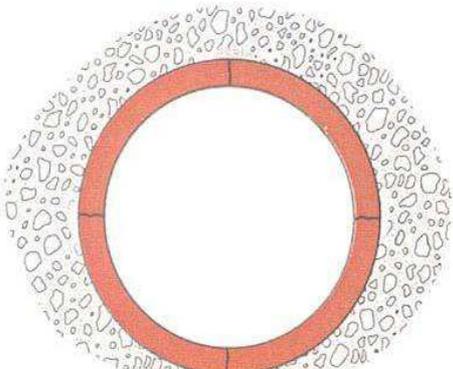
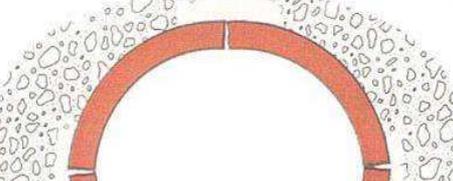
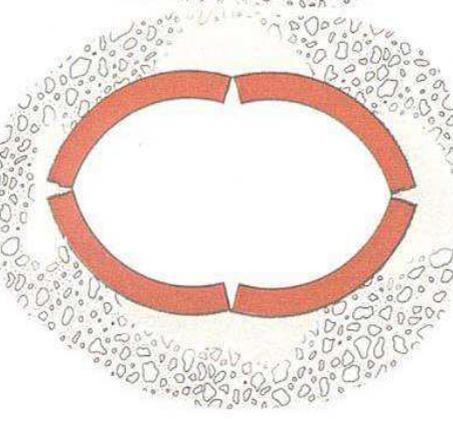
La construction d'un ouvrage aérien ou souterrain à proximité d'un collecteur peut engendrer la modification de l'état d'équilibre du complexe sol/ structure. Une mauvaise réalisation des terrassements peut entraîner une décompression du sol avoisinant et un entraînement de fines s'il y a drainage du terrain.

5. Pathologies des collecteurs

5.1. Pathologies de stabilité

5.1.1. Déformation et rupture des matériaux cassants (grise, béton non armé)

Les déformations, comme les cassures, sont les dégradations les plus liées à des risques structurels. Elles sont à l'origine de désordres fonctionnels : perturbation des écoulements, infiltration / exfiltrations.

	<p>Catégorie 1 :</p> <p>L'égout se fissure soit par défaut de remblayage, soit sous l'effet d'une surcharge, ou par ravinement de la fondation dû à une fuite de l'égout ou d'une canalisation d'eau sous pression dans un environnement proches de la cunette.</p>
	<p>Catégorie 2 :</p> <p>Du fait des infiltrations d'eau, il se produit des pertes de remblais fragilisant encore plus l'égout.</p>
	<p>Catégorie 3 :</p> <p>L'égout se déforme sous l'effet de la charge et du manque du support dû à la perte de matière du remblai par les infiltrations.</p> <p>Il existe une possibilité d'écrasement de l'égout.</p> <p>Il existe également une possibilité de voir apparaître en surface une cavité dans la chaussée.</p>

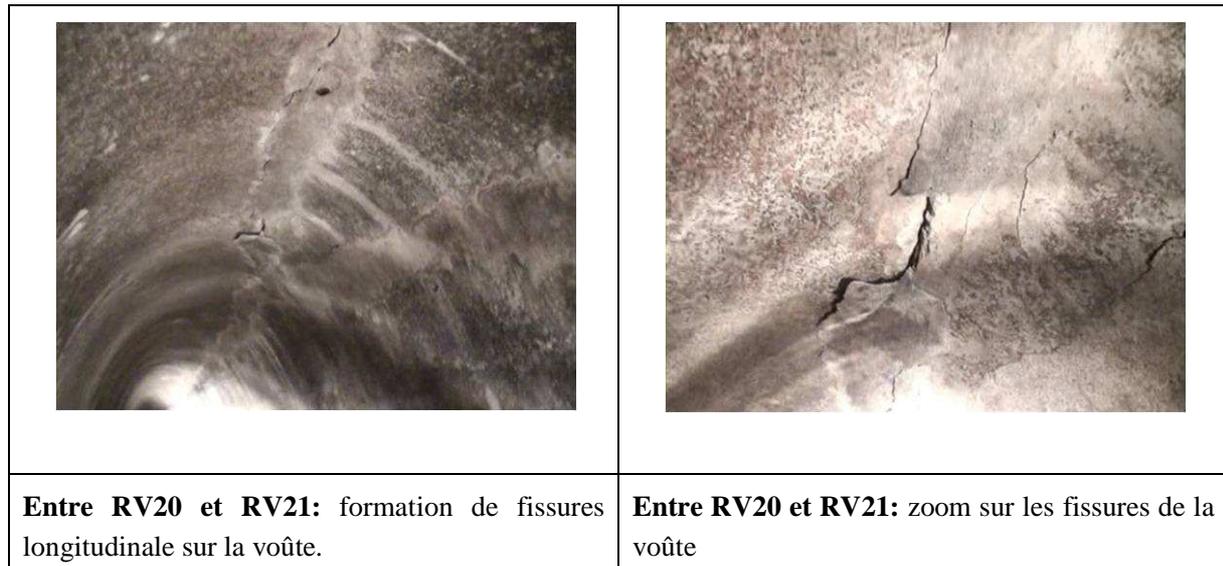


Figure I-8: Exemple de fissures présentes dans le collecteur Oued Kniss

5.1.2. Attaque chimique du béton armé

5.1.2.1. Attaque par carbonatation

Transformation chimique du béton qui a pour conséquence de faire perdre au béton son passivation. Cette conséquence n'a d'importance que pour le béton armé, car sans pouvoir passivant, les armatures du béton armé gonflent sous l'effet de la rouille.

Sous l'effet du CO_2 , la chaux hydratée ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) se transforme en carbonate de calcium (CaCO_3) moins alcalin et pratiquement insoluble qui fait chuter le pH de 12,5 à une valeur inférieure à 9. Cette chute de pH est facilement détectable par l'emploi de phénolphtaléine.

Cette réaction peut s'accompagner d'un écoulement de carbonate de calcium qu'il ne faut pas confondre avec des exsudations de gel provenant d'une réaction alcaline. Une attaque de l'acide permet de distinguer l'un de l'autre : le carbonate de calcium se dissout sous l'action de l'acide, or le gel produit y est insensible.

Le béton d'enrobage éclate sous l'effet d'expansion des armatures, et le transfert des efforts dans l'armature par adhérence acier-béton n'a plus lieu.

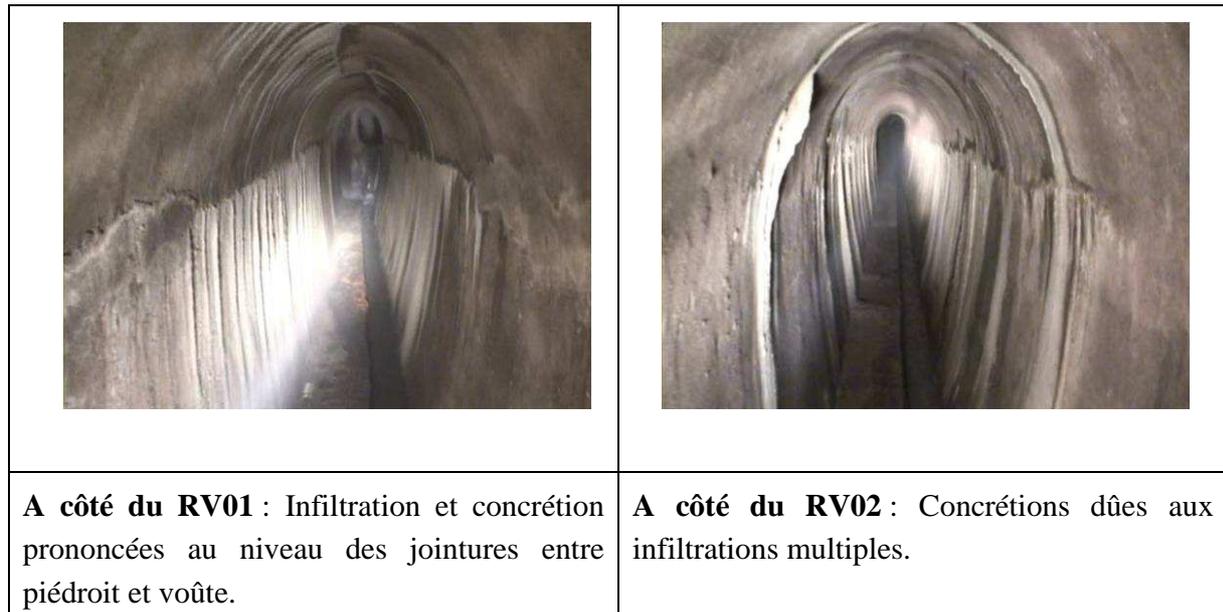


Figure I-9: Carbonations au niveau du collecteur Oued Kniss

5.1.2.2. Attaque par des chlorures

Les ions CL^- véhiculés par l'eau peuvent être présents dans le béton (adjuvants accélérateurs, granulats marins ...) ou provenir du milieu extérieur, par exemple suite à la récolte d'eau de ruissellement contenant du sel.

Si par la présence d'oxygène, les armatures dé-passivées par une carbonatation (ou une fissuration importante) sont atteinte par ces ions CL^- , l'acier est corrodé par piqûre. Le pH du béton nécessaire à la passivation des armatures est d'autant plus élevé que la teneur en ions chlore est importante.

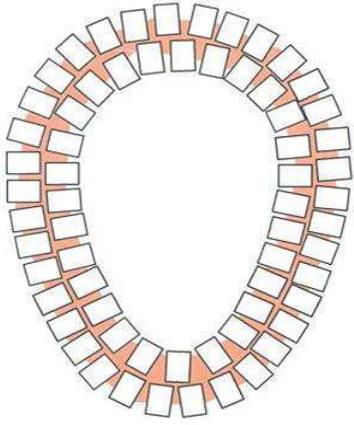
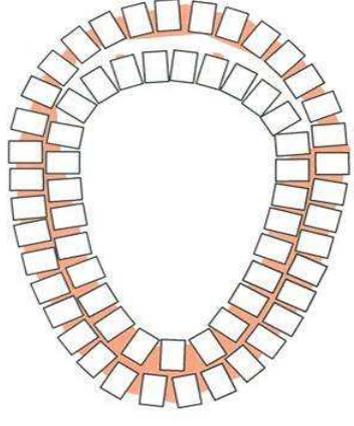
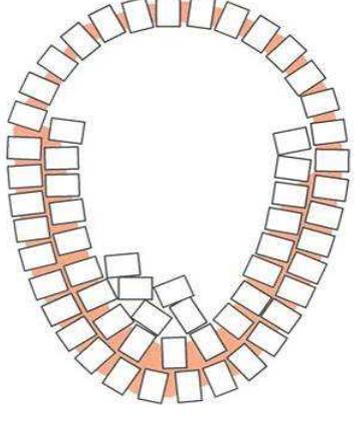
La détection d'une attaque aux chlorures dans un béton armé est rendue aisée par des tâches de rouille concentrées suite à la corrosion par piqûres de l'acier.

	
<p>Entre RV29 et RV30: Fissures et infiltration d'eau souterraine sur la partie supérieure de la paroi gauche</p>	<p>Entre RV30 et RV31: Multiple points d'infiltration le long des piédroits</p>

Figure I-10: Exemple de détérioration du béton dans le collecteur Oued Kniss

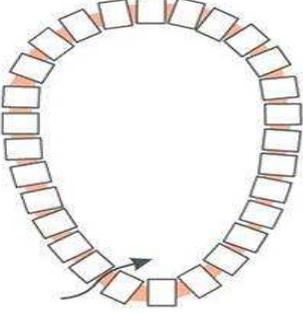
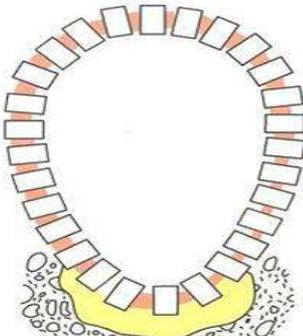
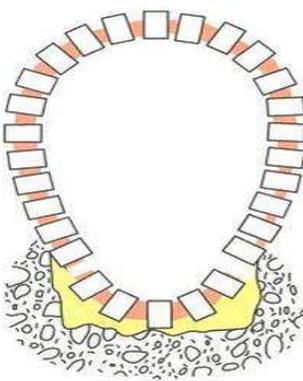
5.1.3. Perte de briques à la voûte

Dans le cas des égouts en maçonnerie, si la brique résiste très bien à la corrosion chimique par l' H_2S , il n'en va pas de même pour les joints en mortier de ciment.

	<p>Catégorie 1 :</p> <p>Les joints de mortier sont attaqués chimiquement, notamment par H_2S. On aperçoit visiblement une perte de ciment entre les briques de la voûte.</p>
	<p>Catégorie 2 :</p> <p>Le mortier a disparu, les briques restent encore en place, mais il y a déformation.</p>
	<p>Catégorie 3 :</p> <p>Les briques tombent formant des obstacles à l'écoulement des eaux.</p> <p>Une perte de résistance de l'égout à la compression apparaît.</p>

5.2. Pathologies d'étanchéité

5.2.1. Détérioration du radier

	<p>Catégorie 1 :</p> <p>La détérioration du mortier permet une infiltration.</p>
	<p>Catégorie 2 :</p> <p>L'infiltration provoque l'apparition d'une cavité par perte de matériaux de remplissage.</p>
	<p>Catégorie 3 :</p> <p>La perte du support provoque l'affaissement de la partie inférieure de l'égout. Il y a perte de la ligne de pente, déplacement des briques et des déformations dans la cunette.</p>

5.2.2. Déboîtement et rupture d'éléments préfabriqués de toute nature

Est considéré comme une déformation, un ensemble de plusieurs assemblages entre les éléments préfabriqués présentant des défauts comme des défaillances des joints, des déboitements.

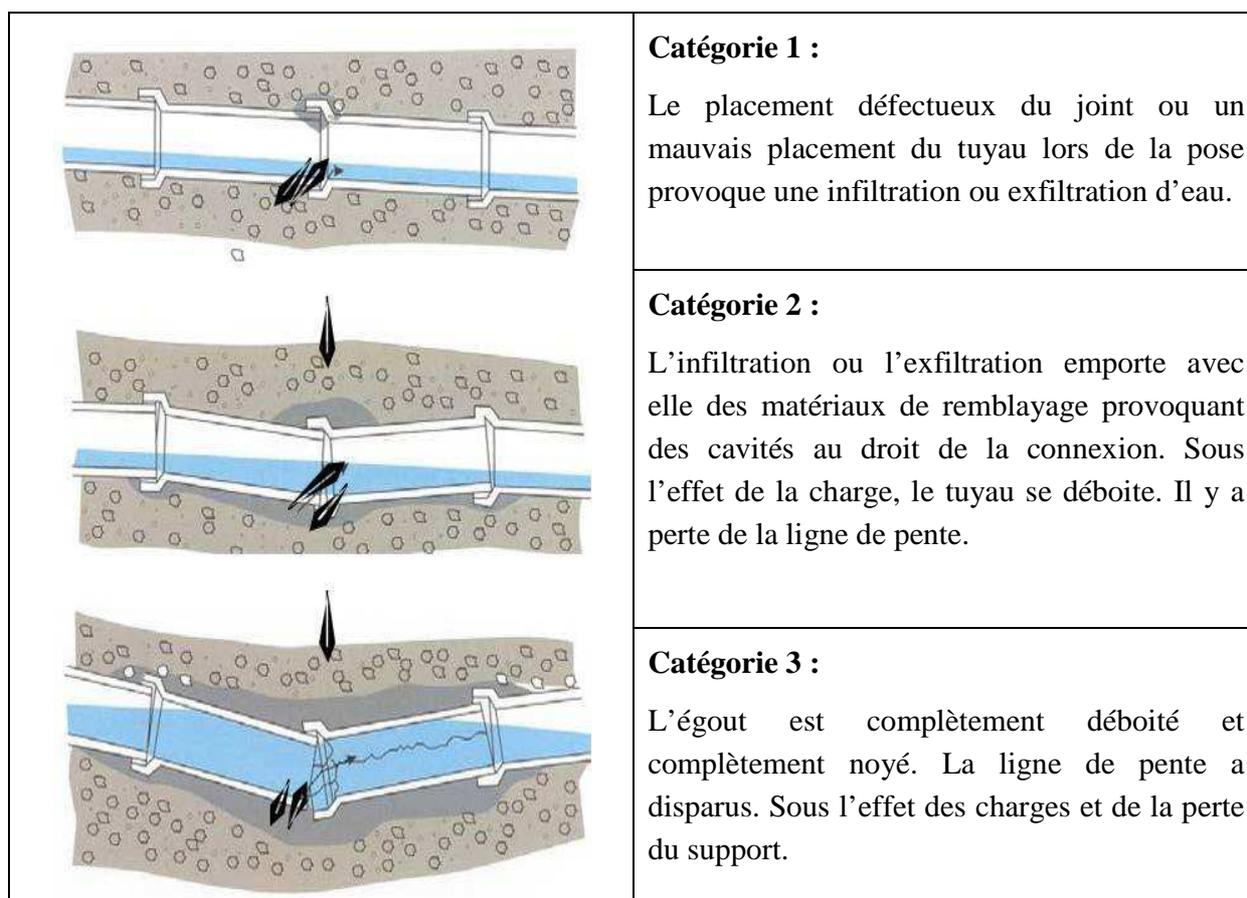


Figure I.

5.2.3. Défauts d'étanchéité

Les défauts d'étanchéité relèvent d'une dégradation qui peut être liée aux cassures et aux branchements défectueux d'infrastructure à l'égout. Ce dysfonctionnement provient du caractère souvent accessoire attribué à cette tâche.

Néanmoins, ces travaux ne sont pas à sous-estimer. Non seulement on fragilise les parois de l'égout sur lequel on se raccorde, mais de plus on fragilise, si on n'y prend pas garde les fondations de celui-ci. Enfin, la pénétration d'un branchement constitué d'un matériau différent se fait rarement dans les règles de l'art (perçement à la cloche diamantée, pièce de piquage permettant des tassements différentiels et assurant une étanchéité parfaite...) car le maître de

l'ouvrage de ce raccordement est un particulier, ou une institution publique, et la compétence de l'entreprise effectuant les travaux sont bien souvent limité dans le domaine de l'égouttage.

Enfin, la mise en œuvre dans un contexte urbain est bien souvent rendue pénible à cause du nombre d'impétrants déjà présents (gaz, télécoms, distribution d'eau...), et ceci a une profondeur moindre que le branchement à réaliser.

	
<p>Au niveau du regard RV12 : Raccordement non étanche provoquant un ravinement aux environs immédiats de la paroi de l'égout.</p> <p>Conséquence à long terme d'une mauvaise réalisation de branchement.</p>	<p>entre RV10 et RV09 : Branchement circulaire sur la partie supérieure de la paroi droite.</p> <p>Etat de la jointure du branchement de niveau faible.</p>

Figure I-11: Exemple au niveau de collecteur Oued Kniss

5.3. Pathologies liées à l'écoulement

La fonction hydraulique de l'égout est de plus en plus surveillée et modélisée afin de répondre à une urbanisation en expansion dont résulte de la multiplication des surfaces imperméables envoyant à l'égout de volume d'eau de précipitation importante.

Lorsque la pente de l'égout est trop faible, ou lorsqu'il se présente une contre pente, ou des amoncellements des briques, les matières véhiculées par les eaux stagnent. Il se produit alors un dépôt de matière qui, suivant leurs natures, peut entrer en putréfaction. Il peut y avoir présence de gaz H_2S et/ou du méthane.

	
<p>Entre RV37 et RV38 : fissure transversale, infiltration d'eau et intrusion des racines d'arbre le long de la section de la jointure entre buses.</p>	<p>A côté du RV19 : traversée d'une canalisation en PVC au niveau de la voute.</p>

Figure I-12: Exemple d'obstacles présents au niveau de collecteur Oued Kniss

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

1. Historique

Occupée par les navigateurs phéniciens dès le III^{ème} siècle, appelée **Icosium** par les Romains, détruite par les Vandales au V^{ème} siècle, reconstruite par les berbères en 960, libéré du joug espagnole par les frères Barberousse en 1492, Alger représente de par sa géographie et sa complexité historique un mélange subtil entre l'Orient, l'Occident et l'Afrique.

A la veille de la conquête française, Alger, endommagée par le tremblement de terre de 1751, n'avait que 30.000 habitants. Le régime colonial introduisit un urbanisme moderne et relia la ville au pays par un réseau routier et ferroviaire. En 1954, Alger comptait 950.000 habitants, dont la moitié était d'origine européenne.

Alger reste marqué par l'épisode colonial caractérisé par une lutte sans merci entre les indépendantistes et les français. Après la proclamation de l'indépendance en 1962, Alger dirigé dès lors par des militaires, devient la capitale de l'Algérie.

A l'heure actuelle, Alger aspire à redevenir une grande capitale africaine et méditerranéenne. Cette volonté s'exprime par le lancement de nombreux projets de restructuration et de développement urbain, routier et hydraulique depuis l'an 2006.

2. Situation géographique

Alger est située au nord du pays, en bordure de la mer méditerranée, sur un linéaire côtier de près de 97,5 km. Elle couvre une superficie de 792.95 km², et est limitée par la wilaya de Blida au Sud, par la wilaya de Boumerdès à l'Est et par la wilaya de Tipaza à l'Ouest.

Le relief de la wilaya d'Alger est composé de plaines et de collines dont les cotes altimétriques varient entre 0 m et 400 m.

La wilaya d'Alger est jalonnée par un réseau d'oueds dont les principaux sont : oued El Harrach, oued Hamiz, oued Mazafran, oued Benis Messouset Oued Kniss qu'est située au nord d'ouest.



Figure II-1: Plan générale de la wilaya d'Alger

3. Données naturelles du site

3.1. Climatologie

Alger bénéficie d'un climat méditerranéen. Elle est connue par ses longs étés chauds et humides, surtout de la mi-juillet à la mi-août, et ses hivers pluvieux de novembre à février. Les pluies sont abondantes et peuvent être diluviennes, comme cela a été le cas des inondations de novembre 2001 à Bab El Oued. Les vents sont généralement de direction Ouest - Nord – Ouest et leur vitesse peut atteindre des pointes de 120 km/h.

3.1.1. Température

L'analyse d'une série d'observations enregistrée au niveau de la station ONM de Dar El Beida, a fait ressortir que la température moyenne à Alger varie entre un minimum de 6 °C et un maximum de 31.8°C (figure II-2).

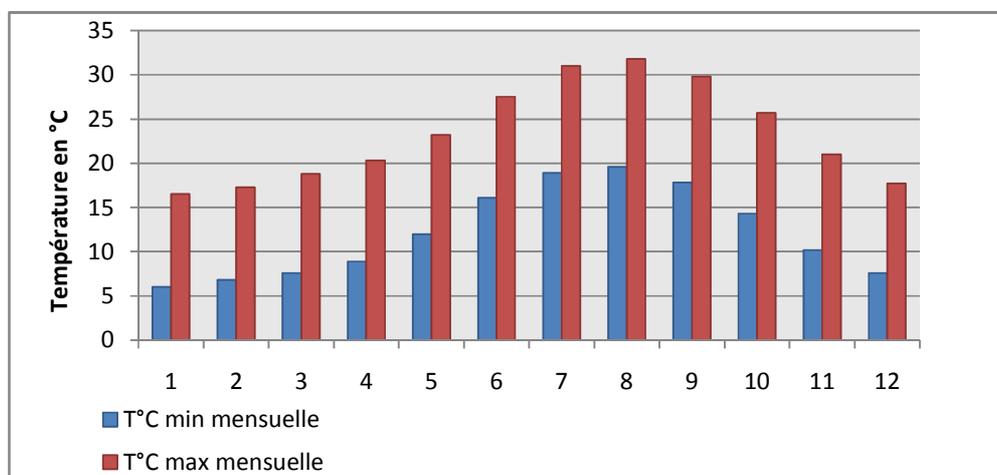


Figure II-2: Histogramme de la température moyenne

3.1.2. Pluviométrie

Le Nord de l'Algérie connaît une pluviométrie relativement abondante. Sur la zone d'Alger, les valeurs de la pluviométrie annuelle varient selon les sources, les sites et les périodes de mesure, L'ONM (Office National de la Météorologie) fournit ainsi les données présentées dans le tableau ci-dessous). Sur une année, deux périodes particulières apparaissent : une période plutôt sèche entre juin et septembre, et une période beaucoup plus pluvieuse entre novembre et février (figure II-3).

Tableau II-1: Pluviométrie à Alger (station ONM de Dar EL Beida)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
Précipitations moyennes (mm)	81.4	72.7	55	58.4	41.9	8.5	4.5	8.2	28.3	58.8	89.6	91	598

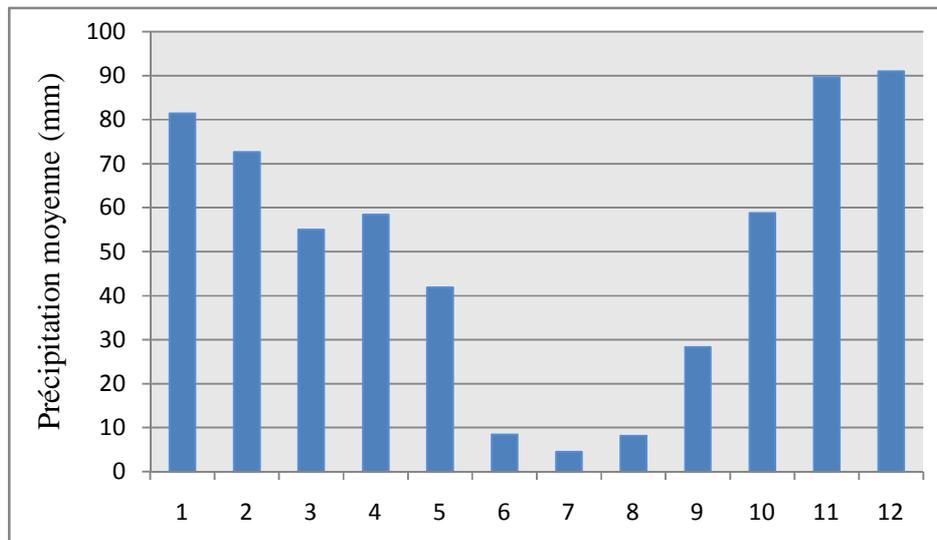


Figure II-3: Histogramme de la précipitation moyenne

3.2. Sismicité

Le contexte géodynamique régional a engendré dans le nord de l'Algérie un ensemble de structure tectonique d'activités sismiques élevées comme l'atteste la fréquence des séismes durant le dernier siècle. L'essentiel de ce risque permanent dans cette partie nord, particulièrement dans les communes côtières.

3.3. Géotechnique

L'objectif de la reconnaissance géotechnique est de préciser les profils géologiques et d'identifier les matériaux rencontrés le long de tronçon de collecteur. Le résultat des analyses et leur interprétation servira de donner la base afin de définir les causes structurelles à la dégradation du collecteur lors du diagnostic.

3.3.1. L'étude géologique et la nature du sol

La zone Ouest concerne la circonscription de Oued Kniss, appelée la molasse d'Alger (hauteur d'Alger), cette zone se compose de sable limoneux avec des grés de couleur jaune, riche en coquilles.

La nature du sol définit d'après sa perméabilité, et le débit de ruissellement qui peut varier lors de précipitations (en fonction de la durée par exemple). En effet, en cas de sol saturé, les précipitations s'écoulent sans infiltration.

3.4. Resource en eau

Les ressources superficielles en eau présentent des signes d'épuisement dans le nord du pays où, représentant une part importante des ressources globales, elles sont exploitées à près de 90%. La durabilité de la ressource en eau est donc un enjeu majeur pour les années à venir.

3.4.1 Objectifs à atteindre

❖ Protéger et valoriser la ressource en eau

L'eau constitue par sa rareté et sa répartition inégale, un des plus grands enjeux auquel est confronté l'Algérie. L'accroissement de la population et le développement des activités économiques risquent de généraliser des situations de stress hydriques dès 2015. Un profond renouvellement des modes de gestion de l'eau ainsi qu'une approche intégrée pour assurer la protection, l'utilisation rationnelle, et la mise en valeur de la ressource est nécessaire.

❖ Satisfaire les besoins en eau à l'horizon 2025

La satisfaction de la demande en eau est susceptible de constituer un enjeu sensible dès 2015 alors même que la dotation en eau par habitant est déjà inférieure aux besoins jugés nécessaires, notamment en zones urbaines à forte densité. A ces ressources limitées correspondent des demandes croissantes en AEP, AEI. Cette situation exige la mise en place d'une politique de gestion de l'eau permettant d'optimiser ses usages et de nouveaux aménagements.

3.4.2. Mobilisation accrue de la ressource

Les ressources en eau sont mobilisées dans la mesure de leur potentiel afin d'éviter l'épuisement des nappes. Le recours à l'exploitation des nappes fossiles du Sahara ainsi que la mise en place d'usines de dessalement complètent la gamme des ressources.

3.4.3. Transferts d'eau interrégionaux

Les transferts d'eau interrégionaux depuis les espaces relativement excédentaires en ressources en eau permettent de faire face aux besoins à venir des espaces en situation déficit et de donner les moyens à la politique d'aménagement du territoire dans les régions déficitaires (Hauts Plateaux, région Nord-Ouest).

4. Population de la wilaya

De 1962 à 1998, la croissance de la population a été spectaculaire sous l'effet d'un exode rural intense et d'une forte croissance naturelle. L'éclatement spatial de la ville est la donnée marquante de cette période.

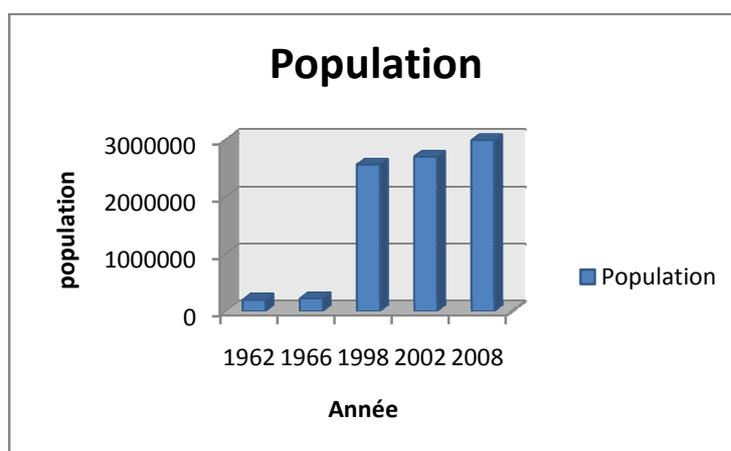


Figure II-4: Evaluation de la population entre 1962 et 2008

En matière de répartition spatiale 90,8 % de la population réside dans les agglomérations chefs-lieux, 7,2 % en agglomérations secondaires et 2,1 % en zone éparse.

Le tableau suivant fournit le nombre d'habitants en 2008 ainsi que le taux d'accroissement pour les communes concernent la zone d'étude.

Tableau II-2: Evaluation de population des communes concernent la zone d'étude

Commune	Population			nombre de famille
	Masculin	Féminin	Total	
El Madania	19789	20512	40301	7914
Bir Mourad Rais	22410	22935	45345	9024
El Biar	22986	24346	47332	9699
Kouba	51793	52914	104707	20739
El Mouradia	11139	11674	22813	4772
Hydra	15296	15836	31132	6575

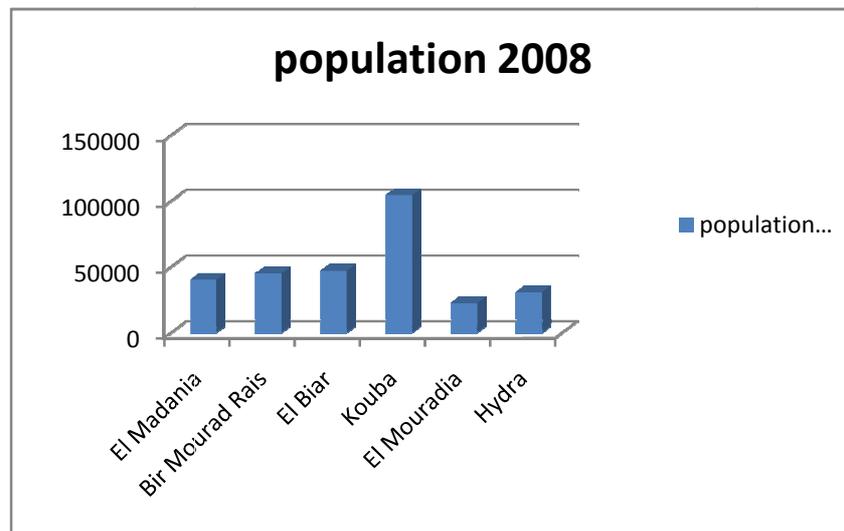


Figure II-5: Population en 2008 des différentes communes de la zone d'étude

5. Situation hydraulique

5.1. Alimentation en eau potable

L'approvisionnement en eau de la ville d'Alger était assuré par l'installation récente du barrage du Taksebt et la station de dessalement d'EL Hamma. Sachant que la station de dessalement de Fouka sera mise en service dès 2010, on peut déjà dire que les ressources en eau pourront satisfaire les besoins de la Wilaya jusqu'en 2025.

En période moyenne, et pour répondre au besoin d'eau potable, la mobilisation des ressources est répartie dans l'ordre de priorité ci dessous :

- Eau dessalées (El Hamma et Fouka).
- Eaux de surface du Taksebt.
- Eaux de surface d'Isser-Keddara.
- Eaux souterraines de la Mitidja.

5.2. Assainissement

La wilaya d'Alger dispose d'un réseau d'égouts ramifié de type unitaire. Les collecteurs principaux correspondent aux oueds canalisés sous forme d'ovoïdes. Et essentiellement le collecteur Oued Kniss qui a été construit entre 1930 et 1950. Leur structure est constituée de maçonnerie de pierres et en béton.

Chapitre III

Auscultation et Diagnostic

L'étude diagnostic peut être préventive au constat d'un dysfonctionnement. Elle a pour but de déceler les anomalies, ensuite les analyses et les interprétations pour les maîtriser et les supprimer. Elle doit donc détailler les origines des problèmes observés.

Le diagnostic est un préalable obligatoire à tous travaux de réhabilitation. Pour permettre d'établir les nombreuses informations sont nécessaires. En effet, plus les renseignements à disposition seront nombreux et précis, plus le diagnostic pourra être fiable.

Le diagnostic global est la réunion de trois types d'investigations :

- Le diagnostic géométrique ;
- Le diagnostic géophysique ;
- Le diagnostic physico-chimique.

Pour obtenir ces diverses informations, une auscultation de l'ouvrage et de son environnement s'impose. Pour prévoir cette opération elle est nécessaire d'utiliser des outils spécifiques d'auscultation adaptée aux besoins. Pour cela, il faut discerner les paramètres principaux dont la connaissance est souhaitable pour estimer les causes, la nature et l'importance des désordres effectuant l'ouvrage.

1. Auscultation des collecteurs

Le choix des techniques de réhabilitation se fait sur la base d'une bonne connaissance de l'origine des dégradations. Afin d'établir un diagnostic de l'état physique de l'ouvrage, les observations et mesures d'auscultation sont réalisées à l'aide des techniques et avec des outils qui diffèrent selon qu'il s'agisse d'ouvrages visitables ou non.

Ces techniques d'auscultation de la structure, des interfaces et de l'environnement, peuvent être regroupées en trois familles: visuelle, géométrique, géotechnique (pour les réseaux visitables)

1.1. Auscultation géométrique

Il s'agit de la mesure du profil en long et du tracé en plan de l'ouvrage et de leur comparaison avec des caractéristiques de référence (issues du projet, de la réception ou des précédent mesure).

L'auscultation géométrique peut comprendre l'évaluation dimensionnelle de défauts ou désordre.

1.1.1. Inclinomètre

Cette technique ne peut être utilisée que pour les ouvrages non visitables de diamètre supérieur à 150 mm.

L'inclinomètre permet de réaliser un profil en long de la canalisation, il mesure en contenu 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 vidéo, le déplacement de l'inclinomètre doit se faire parallèlement à l'axe de la canalisation.

1.1.2. Capteur d'orientation

Cette technique ne peut être utilisée que pour les ouvrages non visitables de diamètre supérieur à 100 mm.

Le capteur d'orientation permet d'établir la vue en plan de la canalisation. Son principe réside en la mesure point par point de la variation angulaire et de la longueur de la canalisation.

Un gyroscope miniature est embarqué sur le chariot d'inspection télévisée. Son déplacement est parallèle à l'axe de la canalisation. Les résultats prennent la forme d'une courbe caractérisant l'orientation de la canalisation dans le plan horizontal.

Le capteur d'orientation s'utilise en complément de l'inspection télévisée et de l'inclinomètre.

1.1.3. Relevé topographique (ouvrage visitable ou non)

Le levé (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. Une vue en plan du réseau et son profil en long sont ensuite réalisés.

L'inconvénient est que les pentes et les déviations angulaires sont données entre regards (pente moyenne). Un tel procédé ne permet pas de disposer des variations ponctuelles de pente.

1.1.4. Sonar

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 les quelles elle se réfléchit. La mesure est réalisée en continu le long des profils transversaux.

Le sonar génère alors sur un écran vidéo une image de la partie immergée de l'ouvrage. La section et les défauts géométriques peuvent ainsi être dimensionnés.

Les résultats se présentent sous forme de profils transversaux positionnés en fonction du déplacement du chariot .

La mise en œuvre de cette technique est soumise aux contraintes suivantes :

- la présence d'eau dans la section étudiée est indispensable ;
- le transducteur doit être stationnaire pendant l'acquisition du profil ;
- la longueur de l'ouvrage doit être inférieure à 300 m ;
- le choix de la fréquence des transducteurs est fonction des dimensions de l'ouvrage.

1.2. Auscultation géotechnique

L'objectif pour suivi se limite à ausculter seulement l'environnement proche qui paraît capable de réagir rapidement sur l'ouvrage enterré, il ne sera pas tenu compte des mouvements géotechniques d'ensemble du site (glissement de terrain, fontis).

1.2.1. Radar géophysique

Au niveau des conduites visitables, l'auscultation par radar géophysique permet de caractériser la structure de l'ouvrage, la nature de l'encaissant, ainsi que la qualité des interfaces. sont détectés par les désordres suivants :

- cavités et poches d'eau ;
- zones d'entraînement de fine et sols décomprimés ;
- géométrie de l'encaissant, suivi d'interface ;
- présence d'armatures, contrôle des emboîtements.

Au niveau des conduites visitables, l'apport est limité à une auscultation en surface qui permet de détecter la présence de cavité.

La mise en œuvre est non destructive. Chaque étude débute par l'adaptation de paramètres aux conditions physiques du site (choix des antennes, de la fréquence...). En outre, la canalisation doit être de préférence auscultée à sec car la présence d'eau diminue sensiblement la portée des ondes électromagnétiques.

1.2.2. Impédance mécanique

L'essai d'impédance mécanique a pour but :

- De mesurer les caractéristiques mécaniques de la structure ;
- D'apprécier les caractéristiques et l'état du sol environnant ;
- De vérifier les conditions de liaison du conduit avec le sol ;
- De localiser et qualifier les désordres dans le conduit ou dans son environnement.

Cet essai dynamique consiste à transmettre une vibration à une structure dont on va étudier le mouvement. Chaque vibration est mesurée et enregistrée. Le dispositif d'essai est composé de deux éléments distincts. Le premier est destiné à produire et à mesurer une force, le second à mesurer le mouvement induit. Les différentes fonctions calculées en un point de la structure

permettent d'extraire la signature d'un défaut ou d'une anomalie caractérisée par un modèle de propagation d'onde ou par un calage in situ.

Cet essai ne peut se faire que lorsque la canalisation est propre. De plus, un bon étalonnage facilite l'interprétation et en augmente la fiabilité.

Cette méthode est très peu utilisée, y compris au niveau des collecteurs visitables.

1.2.3. Sonde gamma

Les sondes, tractées à l'intérieur de la canalisation (diamètre de 50mm, longueur de 1,5 à 2 m), 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 sur le détecteur à faible portée tandis que la nature du sol influence préférentiellement le détecteur à grande portée. Pour connaître la densité exacte des terrains traversés, les sondes sont étalonnées.

Les densités sont d'autant mieux mesurables que :

- Le tuyau est moins épais ;
- La source est puissante ;
- La sonde est proche de la paroi ;
- la sonde est focalisée suivant une génératrice ;
- L'anomalie se rapproche de deux conditions extrêmes (soit un vide, soit un point dur...).

Cette méthode est très peu utilisée, y compris au niveau des collecteurs visitables.

1.3. Auscultation visuelle

L'observation et le relevé de l'état intérieur des ouvrages sont réalisés directement par un personnel spécialisé, ou indirectement par enregistrement sur bande vidéo à l'aide d'une caméra. Ces inspections visuelles ou télévisées permettent de dresser l'état du fonctionnement et de la structure de l'ouvrage. Le matériel principalement utilisé se compose de masque à gaz filtrant, de combinaison étanche protectrice, d'une caméra portative et de plusieurs lampes torches électriques. La visite commence depuis l'intérieur des regards et l'enregistrement se déroule d'un regard à un autre dans le sens de l'écoulement, et assez lentement pour permettre l'observation de toutes les caractéristiques de la canalisation. Les observations enregistrées concernent essentiellement celles pouvant affecter l'intégrité structurelles du réseau comme suit:

- Fissures inacceptables.
- Déformation.
- Déplacement de joints.
- Branchement défectueux.

- Pénétration des racines, infiltration, dépôts, dépôts adhérents, autres obstacles.
- Regards de visite et boîte d'inspection ou de branchement défectueux.
- Dommages mécaniques ou attaque chimique.
- Type et matériau de la conduite.

2. Système de classification

Les données levées lors de l'investigation peuvent être compilées par une évaluation globale sur la base de l'observation directe. Le classement des défauts est proposé en fonction du matériau de la canalisation, une classification allant de 1 à 5 dont chacune fait correspondre à un groupe de défaut qui indique les types d'état global.

Tableau III-1 : Classification de l'état général de l'ouvrage

Classe	Etat global
5	Déjà effondré ou effondrement imminent
4	Effondrement probable dans un futur proche
3	Effondrement peu probable dans un futur proche mais aggravation des détériorations actuelles à prévoir
2	Probabilité minime d'effondrement à court terme mais possibilité de détérioration plus poussée
1	Condition structurelle acceptable

Tableau III-2 : Classification des différents types des défauts pour les ouvrages en maçonnerie de pierre

Classe	Types des défauts
5	<ul style="list-style-type: none"> - Canalisation déjà effondrée - Effondrement du radier - Déformation > 10% et paroi fracturée - Déplacement/suspension de pierre et déformation <10% - Désenclavement de pierre sur une zone extensive
4	<ul style="list-style-type: none"> - Perte totale de mortier (épaisseur > 50mm) avec déformation > 10% - Déformation jusqu'à 10% et paroi fracturée - Déplacement/suspension de brique - Désenclavement de quelques briques - Baisse du niveau du radier (>20mm) - Diminution modérée du niveau du sol - Paroi endommagée – large épaufrure (perte de brique sur tout une surface) - Paroi endommagée – large usure (perte de brique sur tout une surface)
3	<ul style="list-style-type: none"> - Perte totale de mortier (épaisseur >50mm) sans d'autres défauts - Présence de plus d'une fissure longitudinale (sur un seul emplacement) - Fissures multiples - Déplacement de quelques briques - Déformation < 5%, pas de fracture et perte modérée de mortier - Paroi endommagée – épaufrure de niveau moyen (briques ébréchées sur une large surface) - Paroi endommagée – usure de niveau moyen (perte de brique sur tout une surface)
2	<ul style="list-style-type: none"> - Fissure transversale - Présence d'une seule fissure longitudinale - Perte de mortier (épaisseur < 15mm) - Paroi endommagée – légère épaufrure (perte de petits fragments) - Paroi endommagée – légère usure (augmentation de la rugosité)
1	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de défauts structurels

Tableau III-3 : Classification des différents types des défauts pour les ouvrages en béton et PVC

Classe	Types des Défauts
5	<ul style="list-style-type: none"> - Canalisation déjà effondrée - Déformation > 10% et paroi cassée - Effondrement de la paroi sur une zone extensive - Fracture et déformation > 10%
4	<ul style="list-style-type: none"> - Paroi cassée - Déformation jusqu'à 10% et paroi cassée - Fracture avec déformation de 6~10% - Fracture multiple - Diminution accrue du niveau du sol - Dégradation sérieuse au niveau de la jointure avec ouverture visible sur vide ou sur la terre (ouverture du joint > 50mm, ou travers > 25% du diamètre de la conduite) - Paroi endommagée – large épaufrure (perte de brique sur tout une surface) - Paroi endommagée – large usure (perte de brique sur tout une surface)
3	<ul style="list-style-type: none"> - Fracture sans déformation ou déformation < 5% - Fissure longitudinale ou fissures multiples - Diminution minimale du niveau du sol - Jointure sérieusement défectueuse (large ouverture ou large travers transversal) - Paroi endommagée - épaufrure de niveau moyen (briques ébréchées sur une large surface) - Paroi endommagée – usure de niveau moyen (perte de brique sur tout une surface)
2	<ul style="list-style-type: none"> - Fissure transversale - Jointure modérément défectueuse (ouverture moyenne ou travers transversale moyen) - Paroi endommagée – légère épaufrure (perte de petits fragments) - Paroi endommagée – légère usure (augmentation de la rugosité)
1	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de défauts structurels

3. Diagnostic

L'auscultation s'achève par l'établissement du diagnostic d'état de l'ouvrage. Ce dernier doit :

- Déterminer le caractère évolutif ou non des dégradations constatées.
- Évaluer leurs conséquences dommageables pour l'ouvrage et son environnement.
- Hiérarchiser le niveau des risques encourus par l'ouvrage et son environnement.
- Préciser la nature et les objectifs des actions à entreprendre, leur degré d'urgence et les prescriptions particulières qui y sont attachées (par exemple les conditions d'exploitation, les restrictions ou protections spécifiques...).
- Indiquer la validité des propositions d'action.

Le diagnostic doit conclure soit à la mise sous surveillance de l'ouvrage (valable en particulier pour les ouvrages visitables), soit à sa réhabilitation, soit à son remplacement par tranchée à ciel ouvert, soit à son abandon.

3.1. Situation du collecteur à réhabiliter

Le collecteur est situé essentiellement au milieu urbain sur le terrain de la ville d'Alger qui englobe à l'ouest.



Figure III-1: Plan de situation du collecteur Oued Kniss

3.2. Situation des regards de visite

Sur le collecteur d'Oued Kniss, 91 regards ont été comptabilisés le long des tronçons pour une profondeur moyenne de 4,4 mètre. Environ 60% de ce total, soit 49 regards sont visitables.

Les 42 ouvrages restant sont localisés soit dans des zones administratives protégées ou des propriétés privées difficiles d'accès, soit bitumés lors de pose d'une nouvelle couche de revêtement sur la chaussée.

3.3. Caractéristiques géométriques de collecteur

Les collecteurs d'Alger correspondent aux oueds canalisés sous forme d'ovoïdes et épouse généralement la forme du terrain naturel. Leur structure est constituée en maçonnerie de pierre et de briques pleines dont le liant est la terre rouge où l'argile.

Les cunettes centrales latérales sont généralement constituées en demi-buse. Le revêtement quant il existe, est effectué en mortier de ciment. L'investigation des collecteurs a permis de préciser les caractéristiques géométriques des collecteurs et de ses regards d'accès, incluant leur longueur, leur forme, leur dimensions et les matériaux utilisés.

Tableau III-4 : Mesures linéaires de collecteur en fonction des caractéristiques géométriques

La longueur totale					8,746.0	
		longueur				
OUED KNISS	OVOÏDE	longueur	1.80X1.20(0,80)	~	4.00X4.00(1,20)	8,214.9
		H ≤ 2.0m	1.80X1.20(0,80)			1,153.0
		H > 2.0m	2.10X1.20(0,90)	~	4.00X4.00(1,20)	7,061.9
	CADRE	longueur	1.95X1.50	~	2.94X2.25	181.5
		H ≤ 2.0m	1.95X1.50	~	2.00X1.60	18.0
		H > 2.0m	2.30X1.95	~	2.94X2.25	163.5
	ARCHE	longueur	3.00X1.95			6.5
		H ≤ 2.0m	~			-
		H > 2.0m	3.00X1.95			6.5
	CIRCULAIRE	longueur	D3100			297.1
		H ≤ 2.0m	~			-
		H > 2.0m	D3100			297.1
DEMI CIRCULAIRE	longueur	2.50X4.0			46.0	
	H ≤ 2.0m	~			-	
	H > 2.0m	2.50X4.0			46.0	

Les collecteurs ont été construits au fur, et ne peuvent être définis par des caractéristiques homogènes. Chacun se différencie par leur forme variant entre le type ovoïde, cadre, circulaire et voûte en arc, ainsi que par leurs dimensions. Les caractéristiques géométriques changent également au sein même d'un seul collecteur. Les caractéristiques les plus répandues au niveau de collecteur oued kniss sont celles de forme ovoïde dont la taille varie.

Tableau III-5 : Caractéristique dimensionnelle des tronçons du collecteur Oued Kniss

Numéro de tronçon	Regard		Distance (m)	Conduite			Classe
	amont	aval		type	Dimension	matériau	
11	RV 01	RV 02	100.00	ovoïde	1.80X1.20(0.80)	Béton	4
	RV 02	RV 03	82.33	ovoïde	1.80X1.20(0.80)	Béton	1
12	RV 03	-	5.66	ovoïde	1.80X1.20(0.80)	Béton	4
	-	-	10.57	cadre	1.95X1.5	Béton	
	-	RV 04	113.44	ovoïde	1.80X1.20(0.80)	Béton	
13	RV 04	RV 06	208.90	ovoïde	1.80X1.20(0.80)	Béton	2
	RV 06	RV 08	253.10	ovoïde	1.80X1.20(0.80)	Béton	4
14	RV 08	RV 09	4.30	ovoïde	1.80X1.20(0.80)	Béton	1
	RV 09	RV 12	386.10	ovoïde	1.80X1.20(0.80)	Béton	4
	RV 12	-	131.60	ovoïde	1.80X1.20(0.80)	Béton	
	-	RV 21	478.80	ovoïde	2.10X1.20(0.80)	Béton	
	RV 21	RV 23	266.50	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	3
	RV 24	RV 24	123.20	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	4
	RV 24	RV 25	42.60	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	2
	RV 25	RV 27	228.80	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	4
	RV 27	RV 28	9.90	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	2
15	RV 28	RV 29	102.70	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	1
	RV 29	RV 30	106.30	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	5
	RV 30	RV 31	83.60	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	3
16	RV 31	RV 32	90.60	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	4
	RV 32	-	1.40	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	1
	-	-	6.50	arche	3.00X1.95	Béton	
	-	-	6.70	cadre	2.30X1.95	Béton	
-	RV 36	453.80	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton		
17	RV 36	RV 37	94.00	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	4
18	RV 37	RV 38	129.00	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	3
	RV 38	-	92.40	ovoïde	2.20X1.95(1.80)	Béton	1
	-	-	7.00	cadre	2.00X160	Béton	
	-	-	297.10	circulaire	D 3100	Béton	
	-	RV 41	68.00	ovoïde	3.20X2.95(2.80)	Béton	
	RV 41	RV 42	68.00	ovoïde	3.20X2.95(2.80)	Béton	2
	RV 42	RV 43	72.90	ovoïde	3.20X2.95(2.80)	Béton	1
RV 43	RV 44	115.10	ovoïde	3.20X2.95 (2.80)	Béton	3	

	RV 44	RV 45	205.80	ovoïde	3.20X2.95(2.80)	Béton	4
--	-------	-------	--------	--------	-----------------	-------	---

Numéro de tronçon	Regard		Distance (m)	Conduite			Classe
	amont	aval		Type	Dimension (HxL) m	matériau	
19	RV 45	RV51	518.50	ovoïde	3.20x2.95(2.80)	Béton	4
	RV 51	RV52	135.70	ovoïde	3.20x2.95(2.80)	Béton	1
	RV 52	RV58	679.10	ovoïde	3.20x2.95(2.80)	Béton	
	RV 58	RV59	91.20	ovoïde	3.20x2.95(2.80)	Béton	4
	RV 59	RV63	470.10	ovoïde	3.20x2.95(2.80)	Béton	
	RV 63	RV64	101.40	ovoïde	3.20x2.95(2.80)	Béton	2
	RV 64	RV68	538.20	ovoïde	3.20x2.95(2.80)	Béton	4
	RV 68	RV69	168.40	ovoïde	3.20x2.95(2.80)	Béton	1
	RV 69	RV71	111.10	ovoïde	3.20x2.95(2.80)	Béton	4
	RV 71	RV72	96.50	ovoïde	3.20x2.95(2.80)	Béton	
	RV 72	RV74	88.00	ovoïde	3.20x2.95(2.80)	Béton	
	RV 74	-	44.90	ovoïde	3.30x2.95(2.80)	Béton	3
20	-	RV75	38.30	ovoïde	3.30x2.95(2.80)	Pierre	4
	RV 75	-	108.80	ovoïde	3.30x2.90(1.20)	Pierre	2
	-	RV78	91.60	ovoïde	3.30x2.90(1.20)	Pierre	4
	RV 78	-	13.50	ovoïde	3.30x1.90(1.20)	Pierre	2
	-	RV79	4.00	ovoïde	3.00x2.60(1.20)	Pierre	1
RV 79	-	3.40	ovoïde	3.00x2.60(1.20)	Pierre	5	
21	-	-	86.80	cadre	2.94x2.25	Béton	3
22	-	RV80	0.30	ovoïde	3.70x2.90(1.45)	Pierre+brique	4
	RV 80	-	150.50	ovoïde	3.70x2.90(1.45)	Pierre+brique	1
	-	-	31.00	ovoïde	4.00x4.00(1.20)	Pierre+brique	
	-	RV84	145.00	ovoïde	3.70x2.90(1.45)	Pierre+brique	
	RV 84	-	275.20	ovoïde	3.70x2.90(1.45)	Pierre+brique	
	-	-	14.80	ovoïde	3.43x1.85(1.45)	Béton	4
	-	RV88	2.00	ovoïde	3.70x2.90(1.45)	Pierre+brique	3
RV 88	-	84.30	ovoïde	3.70x2.90(1.45)	Pierre+brique		
23	-	-	17.60	Demi-circulaire	2.40x4.00	Béton	1
	-	-					
	-	-	56.10	cadre	3.20x4.00	Béton	1
	-	-	17.00	Demi-circulaire	2.40x4.00	Béton	
	-	RV91	24.00	cadre	2.50x4.00	Béton	

	RV 91	final	46.0	Demi-circulaire	2.50x4.00	Béton	1
			3.50	cadre	2.60x3.50	Béton	3
			42.50	cadre	2.60x3.50	Béton	4

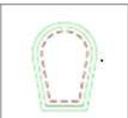
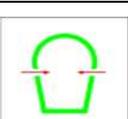
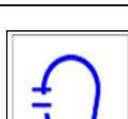
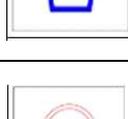
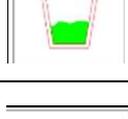
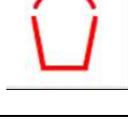
3.4. Evaluation et hiérarchisation de l'état du collecteur

L'investigation du collecteur a permis de localiser, identifier et comptabiliser tous les défauts présents au sein d'ouvrage. Les points défectueux ont été répartis sur 8 catégories de type de défaut. Les résultats montrent que :

- La quantité de défaut augmente avec la longueur du collecteur. Par conséquent, Oued Kniss comptabilise le plus grand nombre de défaut avec 574 points défectueux.
- Le plus grand nombre de branchements défectueux a été répertorié sur le tronçon Oued Kniss avec 262 points localisés. Il convient de préciser que ces branchements défectueux sont en grande partie dus à un défaut de réalisation lors des travaux d'installation des branchements.

Le tableau ci dessous récapitule la répartition des points de défaut par type de défaut dans le collecteur Oued Kniss :

Tableau III-6 : Répartition des défauts par tronçon en fonction de leur type

	Défauts	Description	Oued Kniss
1	Fissuration		52
2	Concrétion		38
3	Corrosion du béton		25
4	Infiltration		94
5	Branchement défectueux		262
6	Dépôt		26
7	Désenclavement de brique		9
8	Perte de mortier		68

A l'issue de l'étude comparative de classification d'état, la norme Européenne EN 13508-2 a été jugée comme étant la mieux adaptée pour hiérarchiser les données de l'auscultation. L'évaluation de l'état de chaque tronçon de collecteur a donc été effectuée, conformément à une méthode dite objective, affectant une classe à chaque défaut et à chaque classe un nombre de points. Ci dessous la classification d'état utilisée pour le diagnostic.

Tableau III-7 : Hiérarchisation par classe de sévérité d'état de collecteur Oued Kniss

Classe	1	2	3	4	5	Total
Oued Kniss	3,631.7	525.6	897.5	3,093.9	597.3	8,746.0

Conclusion

L'état des tronçons de classe 4 et 5 étant considérés comme structurellement critique, il a été conclu que sur une longueur total de la conduite est de 8.746,0 mètre, 3.691,2 mètre nécessitent une intervention prioritaire.

Chapitre IV

Calcul hydraulique

Dans ce chapitre on s'intéressera à la partie hydrologique qui est très importante dans le calcul des réseaux d'assainissement pour déterminer le débit des eaux pluviales.

Les calculs hydrauliques consistent dans un premier lieu à évaluer les débits maxima passant par les collecteurs d'assainissements, les vitesses d'écoulements, ainsi que les capacités, en tenant compte de l'influence de la réhabilitation sur les sections des ouvrages existant. Les étapes suivies pour le calcul hydraulique sont les suivantes :

- Délimitation des bassins versants et des sous bassins versants, suivant leur caractéristiques : urbanistiques, topographiques, relief et géologiques en temps sec.
- Répartition des populations et consommations d'eau potable sur les sous bassins versants d'assainissement.
- Evaluation des débits des eaux usées.
- Etude de débit et capacité hydraulique des collecteurs pour différentes périodes de retour.
- Détermination des débits et vitesses d'écoulements des différents tronçons.

1. Bassins versants

C'est la surface sur laquelle toute eau météorique qui tombe s'écoule vers un point unique appelé exutoire. C'est donc une surface hydrologiquement close. Les lignes de partage des différents bassins versants sont appelées lignes de crête. En hydrologie urbaine le bassin versant est une surface de ruissellement telle que le réseau qui la draine possède un exutoire. On parle de bassin versant urbain. La détermination de la superficie du bassin versant est nécessaire au dimensionnement de l'ouvrage hydraulique.

Le bassin versant doit être délimités en tenant compte des lignes de crête, de la situation d'exploitation du terrain, de la géologie et de la nature du sol.

1.1. La configuration topographique

Le bassin hydrographique peut généralement être considéré pendant la saison pluviale. Le plan d'assainissement est établi par l'intermédiaire de l'étude sur le terrain en cherchant tout le réseau hydrographique. La déclivité et la coupe de cours d'eau sont les facteurs principaux influençant le plan de drainage.

1.2. L'exploitation du terrain

Le changement artificiel du terrain génère la modification du débit de ruissellement. L'urbanisation et le défrichement forestier diminuent la surface perméable dans la zone des bassins versants et augmentent le débit de ruissellement.

2. Calcul des débits

Le réseau d'assainissement est de type unitaire. Il évacue dans une même canalisation les eaux usées domestiques et les eaux pluviales. Dans ce qui suit, nous allons présenter les étapes de calcul des débits des eaux usées et pluviales.

2.1. Calcul des débits maxima d'eaux pluviales

Les ouvrages d'assainissement doivent assurer un degré de protection suffisant contre les inondations ou la mise pression des réseaux. On sera ainsi amené à apprécier le caractère plus ou moins exceptionnel des orages sachant que les paramètres de dimensionnement des ouvrages en dépendent fortement.

2.1.1. Période de retour de l'évènement pluvial

Une période de retour c'est le temps que met une averse d'une intensité donnée pour se manifester. Une pluie de période de retour de 10 ans est une pluie qui peut se manifester un fois tous les 10 ans au moins.

Le choix d'une période de retour est le résultat d'un compromis entre le coût du réseau, l'entretien et la protection de ce dernier contre les risques pour les riverains, les risque pour l'environnement de l'ouvrage et pour l'ouvrage lui même, en considérant que le degré de protection est d'autant plus élevé que la période de retour est longue. L'ensemble du réseau principal chargé d'évacuer des eaux pluviales devrait être capable d'évacuer au minimum une pluie décennale.

2.1.2. Détermination du coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est fonction principalement du type d'occupation du terrain mais aussi de la nature des sols, de leur degré de saturation en eau, de la pente du terrain et de l'intensité de la pluie. Il est compris entre 0 et 1.

Pour un bassin versant comportant plusieurs surfaces de perméabilité différent (bassin versant hétérogène), le coefficient de ruissellement est donné par la formule suivante :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i.C_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

C : Coefficient de ruissellement total.

C_i : Coefficient de ruissellement de chaque sous bassin.

A_i : Surface élémentaire de chaque sous bassin.

Tableau IV-1 : Coefficient de ruissellement 'C' en fonction du type d'occupation des sols

Type d'occupation des sols	Coefficient de ruissellement 'C'
Habitations très denses	0,90
Habitations denses	0,60 à 0,70
Quartiers résidentiels	0,20 à 0,50
Revêtement modulaires à joints larges	0,60
Zones cultivées	0,10 à 0,35
Zones boisées	0 à 0,15

2.1.3. La pente moyenne du bassin versant

Elles interviennent dans le calcul du temps de concentration et dans celui du débit de pointe.

La longueur du bassin permet de définir le rectangle équivalent, c'est-à-dire un rectangle ayant versant comme surface du bassin versant. La pente moyenne est une caractéristique importante qui renseigne sur la carte topographique du bassin.

2.1.4. Détermination de l'intensité de pluie

L'évolution de l'intensité de la pluie en fonction de sa durée et de sa période de retour est calculée à partir de la formule suivante établie par L'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) :

$$\frac{P(t)}{P_{j \max}} = a \cdot t^b \quad (\text{IV.2})$$

Avec :

$P(t)$: Pluie de durée t (temps de concentration) (mm/mn).

$P_{j \max}$: Pluie journalière maximale (mm).

t : Temps de concentration (mn).

a et b : Paramètres climatiques.

Où : $a = 0,406$ $b = 0,327$

Les pluies journalières maximales ont été ajustées à une loi de Gumbel.

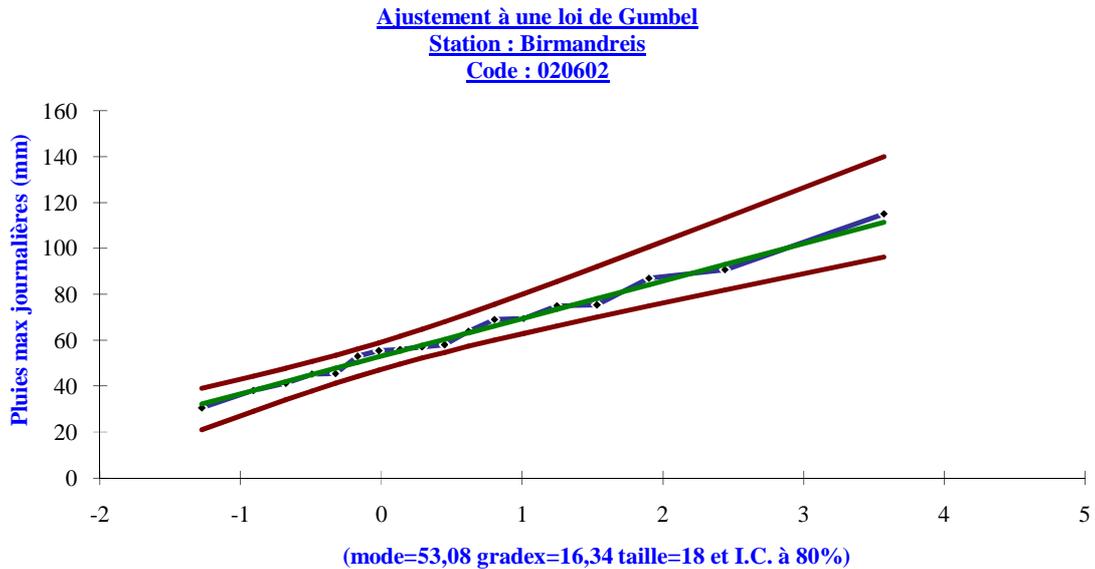


Figure IV-1: Ajustement des pluies journalières maximales

Dans le tableau IV-2 sont présentées les pluies journalières maximales de la station de Birmandreis pour différentes fréquences.

Tableau IV-2 : Pluies Maximal journalières en mm

Période de retour	Fréquence	Variable de Gumbel	Pluies Birmandreis (mm)
5 ans	0,800	1,5	77.6
10 ans	0,9	2,25	89.8
20 ans	0,95	2,97	101.6
50 ans	0,98	3,90	116.8
100 ans	0,99	4,60	128.2

Tableau IV-3 : Valeurs des intensités en (mm/h)

Période de Retour	Temps	15mn	30mn	1h	2h	3h	6h	12h	24h
	Fréquence								
5 ans	0,800	74,80	47,29	29,89	18,90	14,45	9,14	5,78	3,65
10ans	0,900	91,32	57,40	36,08	22,68	17,29	10,87	6,83	4,29
20 ans	0,950	107,16	67,10	42,01	26,30	20,00	12,52	7,84	4,91
100ans	0,990	143,02	89,02	55,41	34,49	26,13	16,27	10,12	6,30

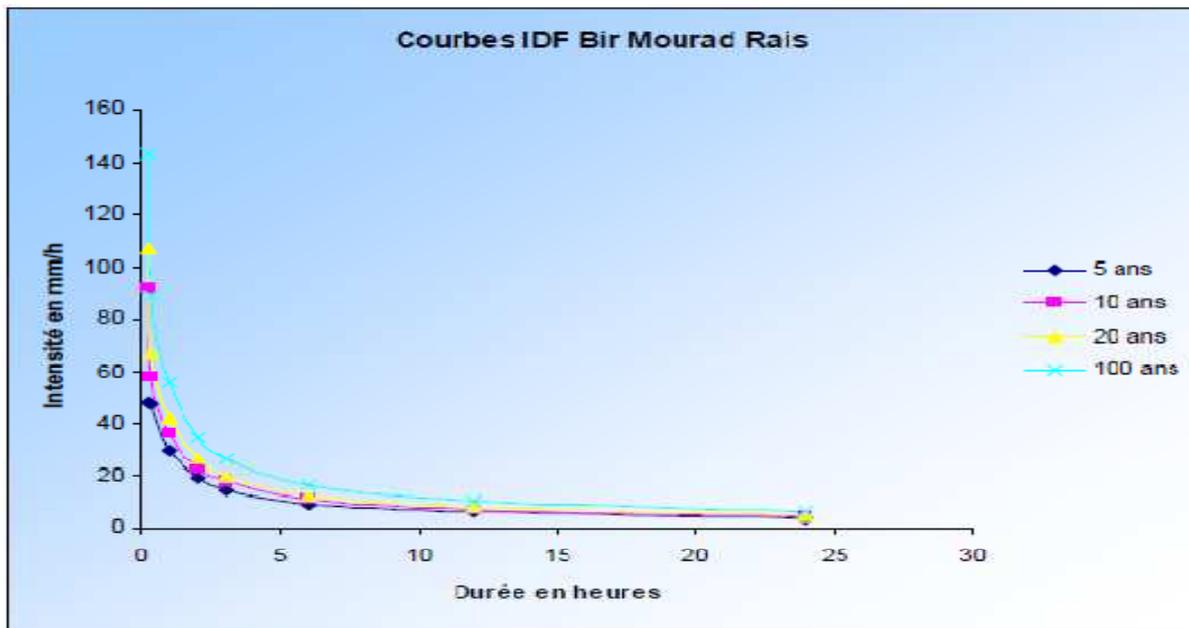


Figure IV-2: Courbe-Intensité-Durée-Fréquence

2.1.5. Calcul du temps de concentration

Il correspond au temps nécessaire pour permettre à l'eau de ruisseler du point le plus reculé du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

Dans le contexte de l'hydrologie urbaine, le temps de concentration t_c est considéré comme la somme du temps d'écoulement superficiel t_1 et du temps d'écoulement en réseau t_2 .

$$t_c = t_1 + t_2 \quad (\text{IV.3})$$

- ❖ Le temps d'écoulement superficiel t_1 est déterminé par la méthode de Kerby-Hathaway qui est donnée par la formule suivante :

$$t_1 = 1.44 \left(\frac{L \cdot n}{I_b \frac{1}{2}} \right)^{0.467} \quad (\text{IV.4})$$

Avec :

t_1 : Temps d'écoulement superficiel (mn).

L : Longueur maximal du parcours de l'eau dans le bassin versant (m).

I_b : Pente du bassin versant (m/m).

n : la rugosité de la surface.

Tableau IV-4: Les valeurs du coefficient de Kerby-Hathaway

Type de surface	n
Terrain imperméable glissant	0.02
Terrain non cultivé glissant	0.10
Terrain cultivé ou terrain non cultivé avec relief	0.20
Forêt moyennement dense	0.50
Surface en gazon	0.40
Forêt dense	0.80

- ❖ Le temps d'écoulement en réseau t_2 peut être obtenu par utilisation des formules de calcul des écoulements à surface libre en conduite :

$$t_2 = \frac{L_c}{V} \quad (\text{IV.5})$$

Avec :

t_2 : Temps d'écoulement en réseau en seconde (s).

L_c : Longueur du conduite parcourue (m).

V : La vitesse qui peut être obtenue par la formule de Manning Strickler (m/s).

2.1.6. Calcul des débits d'eaux pluviales

Les débits des eaux pluviales sont calculés en fonction de la superficie du bassin versant. Leurs estimations sont faites par deux méthodes principales :

- Méthode rationnelle
- Méthode superficielle

Dans ce qui suit, nous allons présenter les étapes de calcul des deux méthodes.

2.1.6.1. Méthode rationnelle

Le principe de cette méthode consiste à estimer les débits à partir d'un découpage du bassin versant en secteurs d'apport de superficies respectives A_1, A_2, \dots, A_n correspondant à chaque tronçon de la canalisation considérée. Cette méthode suppose que la durée de la pluie est égale au temps de concentration. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$Q_{ep} = C.I.A \quad (\text{IV.6})$$

Dans laquelle :

Q_{ep} : Débit de pointe (l/s)

C : Coefficient de ruissellement compris entre 0 et 1

I : Intensité de précipitation (l/s/h)

A : Aire recevant la chute de pluie mesurée horizontalement (ha).

2.1.6.2. Méthode superficielle

Cette méthode a été proposée par M.CAQUOT. Elle tien compte de l'ensemble des paramètres qui influent sur le ruissellement, elle se traduit par l'équation suivante:

$$Q_{ep} = K.I^u.C^v.A^w.\alpha \quad (IV.7)$$

Avec :

K, u, v, w : Varient selon la région considérée et la fréquence donnée.

Q_{ep} : Débit de pointe en (m³/s).

I : Pente moyenne du collecteur du sous bassin considéré (m/m).

C : Coefficient de ruissellement.

A : Superficie du bassin versant (ha).

α : Coefficient d'allongement du bassin versant.

➤ Remarque

En l'absence d'une méthode spécifique pour les aires de plus de 200 hectares, on se propose travailler avec la méthode rationnelle pour le calcul des débits des eaux pluviales.

2.2. Calcul des débits maxima d'eaux usées

Pour les débits d'eaux usées à considérer dans l'étude des réseaux d'assainissement, il conviendra d'apprécier, à partir des données relatives à l'alimentation en eau de l'agglomération ou du secteur industriel, le débit qui parviendra au réseau étudié au jour de la plus forte consommation de l'année en distinguant les eaux usées domestiques des eaux usées industrielles dont les caractéristiques peuvent être très différentes. Lorsque cela est inévitable, il convient également d'ajouter les débits parasites.

3.2.1. Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau .Elles sont essentiellement porteuses de pollutions organiques. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de

solvants, de débris organiques, et en eaux "vannes" : il s'agit des rejets chargés de diverses matières organiques azotées.

2.2.2. Les eaux industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à une autre.

En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte.

2.2.3. Débits d'eaux usées domestiques

Pour l'évaluation des débits maxima, on partira de la consommation d'eau par habitant et par vingt-quatre heures correspondant aux plus fortes consommations journalières de l'année, estimées ou calculées à partir des volumes d'eau produits.

2.2.3.1. Evaluation du débit moyen journalier

Le débit moyen journalier rejeté est calculé par la relation suivante:

$$Q_{moy,j} = (K_r \cdot D \cdot N) / 86400 \quad (IV.8)$$

Avec :

$Q_{moy,j}$: Débit moyenne rejetée (l/s) ;

D : Dotation journalière (l/j/h) ;

N : Nombre d'habitants (hab) ;

K_r : Coefficient de rejetée.

2.2.3.2. Evaluation du débit de pointe

Comme la consommation, le rejet des eaux usées est aussi variable dans la journée, d'où on est appelé à déterminer le débit de pointe qu'il est donné par la formule qui suit :

$$Q_p = K_p \cdot Q_{moy,j} \quad (IV.9)$$

Avec:

Q_p : débit de pointe;

$Q_{moy,j}$: débit moyen journalière ;

K_p : coefficient de pointe.

Où : $K_p \cdot K_r = 1,66$

3. Calcul hydraulique et paramètres de dimensionnement

Cette partie consiste à calculer la vitesse et le débit d'écoulement pour chaque tronçon du collecteur afin de vérifier le bon fonctionnement et localiser les points de débordements.

L'écoulement dans les collecteurs est un écoulement à surface libre régi par la formule de la continuité :

$$Q = V.S \quad (IV.10)$$

Avec :

Q : Débit (m³/s).

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

S : Section mouillée (m²).

Pour le dimensionnement on utilise la formule de Manning Strickler

$$V = K_s . R^{2/3} . I_c^{1/2} \quad (IV.11)$$

Avec :

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

K_s : coefficient global d'écoulement ou coefficient de Manning (m^{1/3}/s).

R : rayon hydraulique (m)

I_c : pente de la canalisation (m/m)

Les pentes moyennes des différents tronçons uniformes du collecteur est déterminé à partir des profils en long.

Les valeurs du coefficient K_s sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV-5 : Valeurs du coefficient de Manning-Strickler

Type de matériau	Coefficient de Manning (K _s)	Coefficient de Manning-Strickler (n)
Fossé à paroi en herbe	30	0.033
Fossé à paroi en terre	40	0.025
Conduite en maçonnerie	60	0.016
Conduite en béton	75	0.013
Conduite en fibre ciment	80	0.0125
Conduite en fonte ou en grés	90	0.011
Conduite en PVC	100	0.010
Conduite en pierre	70	0.014

Les paramètres de calcul sont estimés par suite :

$$R_q = Q_t / Q_{ps} \quad (\text{IV.12})$$

R_q : Rapport du débit effectif d'écoulement Q_p au débit à pleine section Q_{ps} .

$$R_v = V / V_{ps} \quad (\text{IV.13})$$

R_v : Rapport de la vitesse d'écoulement V à la vitesse à pleine section V_{ps} .

$$R_h = H / H_r \quad (\text{IV.14})$$

R_h : Rapport de la hauteur de remplissage H à la hauteur de la conduite H_0

$$V = R_v \cdot V_{ps} \quad (\text{IV.15})$$

V : Vitesse moyenne d'écoulement.

4. Analyse des calculs hydrauliques

L'objectif de calcul hydraulique est de faire ressortir les points de collecteur les plus sensibles aux risques de débordements.

Dans ce qui suit nous allons présenter les éléments nécessaires qui caractérisent l'écoulement dans le collecteur, pour une période de retour de 10 ans.

Tableau IV-6 : Calcul hydraulique de collecteur Oued Kniss

Tronçon courant	Tronçon suivant	Qtotal (m ³ /s)	Type et dimensions de la section	la longueur du tronçon (m)	Qt/Qp (%)	v (m/s)	Matériau de la paroi
		Qeu+Qep					
OK-01 02	OK-02 03	1,8248	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	100,0	95,2%	1,26	Béton
OK-02 03	OK-03 03a	1,8153	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	82,3	21,2%	5,84	Béton
OK-03 03a	OK-03a 03b	3,0679	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	5,7	35,8%	6,75	Béton
OK-03a 03b	OK-03b 04	3,0657	Cadre (1.95X1.50)	10,6	10,6%	5,60	Béton
OK-03b 04	OK-04 05	3,0391	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	113,5	26,2%	5,77	Béton
OK-04 05	OK-05 06	4,3251	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	105,4	42,8%	5,59	Béton
OK-05 06	OK-06 07	4,2921	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	103,5	36,6%	6,32	Béton
OK-06 07	OK-07 08	4,2635	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	89,2	38,0%	6,19	Béton
OK-07 08	OK-08 09	6,7702	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	163,9	84,9%	7,13	Béton
OK-08 09	OK-09 10	6,7684	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	4,3	99,9%	7,75	Béton
OK-09 10	OK-10 11	6,7137	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	112,1	82,4%	6,83	Béton
OK-10 11	OK-11 11c	8,7196	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	139,2	82,4%	6,01	Béton
OK-11 11c	OK-11c 12	9,7888	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))	130,0	94,1%	7,52	Béton
OK-11c 12	OK-12 13	9,7859	Ovoïde (2.10X1.20 (0.90))	4,8	93,5%	7,6	Béton

OK-12 13	OK-13 14	9,7511	Ovoïde (2.10X1.20 (0.90))	50,3	92,7%	6,85	Béton
OK-13 14	OK-14 15	9,6945	Ovoïde (2.10X1.20 (0.90))	82,9	39,9%	6,85	Béton
OK-14 15	OK-15 16	9,6372	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	108,0	44,0%	7,18	Béton
OK-15 16	OK-16 18	12,6173	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	76,7	49,3%	7,24	Béton
OK-16 18	OK-18 19	12,5587	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	72,6	32,2%	6,79	Béton
OK-18 19	OK-19 20	12,5350	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	25,5	36,0%	6,05	Béton
OK-19 20	OK-20 21	12,4776	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	91,8	37,8%	8,10	Béton
OK-20 21	OK-21 22	13,9714	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	102,5	39,6%	8,34	Béton
OK-21 22	OK-22 23	13,9102	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	85,8	41,7%	8,09	Béton
OK-22 23	OK-23 24	14,5869	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	180,8	45,2%	8,19	Béton
OK-23 24	OK-24 25	14,4936	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	123,3	44,9%	7,94	Béton
OK-24 25	OK-25 26	15,7330	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	42,6	44,7%	8,10	Béton
OK-25 26	OK-26 27	15,6233	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	136,1	49,7%	8,09	Béton
OK-26 27	OK-27 28	15,5497	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	92,7	49,5%	8,08	Béton
OK-27 28	OK-28 29	15,5418	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	9,9	54,2%	8,00	Béton
OK-28 29	OK-29 30	15,4604	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	102,6	53,9%	7,99	Béton
OK-29 30	OK-30 31	16,9443	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	97,3	46,8%	8,17	Béton
OK-30 31	OK-31 32	16,8654	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	92,6	46,7%	8,16	Béton
OK-31 32	OK-32 32d	16,7932	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	90,6	46,7%	8,51	Béton

OK-32 32d	OK-32d 32e	17,0004	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	1,4	46,7%	8,55	Béton
OK-32d32e	OK-32e 32f	16,9957	Arche (3.00X1.95)	6,5	46,4%	8,56	Béton
OK-32e 32f	OK-32f 33	16,9905	Cadre (2.30X1.95)	6,7	46,1%	8,55	Béton
OK-32f 33	OK-33 34	16,8919	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	125,3	46,0%	8,54	Béton
OK-33 34	OK-34 35	16,8144	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	99,8	45,9%	8,53	Béton
OK-34 35	OK-35 35-1	16,7793	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	45,5	85,0%	4,30	Béton
OK-35 35-1	OK-35-1 36	16,7328	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	60,7	84,2%	4,29	Béton
OK-35-1 36	OK-36 37	17,4921	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	123,1	83,2%	4,56	Béton
OK-36 37	OK-37 38	17,3572	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	94,0	84,4%	4,55	Béton
OK-37 38	OK-38 39	17,1762	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	128,9	84,2%	4,54	Béton
OK-38 39	OK-39 39g	17,4521	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	60,6	84,1%	4,56	Béton
OK-39 39g	OK-39g 39h	17,4077	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	31,9	84,1%	4,55	Béton
OK-39g39h	OK-39h 39i	17,3969	Cadre (2.00X1.60)	7,1	14,1%	4,55	Béton
OK-39h39i	OK 39-1 40	17,3901	Conduite circulaire Φ 3100	5,2	25,2%	4,55	Béton
OK 39-1 40	OK-40 40i	17,6396	Conduite circulaire Φ 3101	281,7	14,6%	11,41	Béton
OK-40 40i	OK-40i 41	19,1457	Conduite circulaire Φ 3102	10,3	26,0%	8,20	Béton
OK-40i 41	OK-41 42	19,0951	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	67,9	16,0%	7,67	Béton
OK-41 42	OK-42 43	19,0447	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	68,0	15,9%	7,66	Béton
OK-42 43	OK-43 44	18,9909	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	73,0	15,9%	7,66	Béton

OK-43 44	OK-44 45	18,9069	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	115,1	15,8%	7,65	Béton
OK-44 45	OK-45 46	20,3357	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	205,8	16,8%	7,87	Béton
OK-45 46	OK-46 47	20,2861	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	46,6	23,4%	6,18	Béton
OK-46 47	OK-47 47-1	20,2807	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	6,1	19,8%	6,98	Béton
OK-47 47-1	OK-47-1 48	21,4594	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	32,4	14,9%	9,05	Béton
OK-47-1 48	OK-48 49	48,9853	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	55,7	33,6%	10,00	Béton
OK-48 49	OK-49 50	48,8098	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	68,0	57,3%	7,54	Béton
OK-49 50	OK-50 51	48,2947	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	203,2	56,7%	7,52	Béton
OK-50 51	OK-51 52	49,1809	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	106,7	75,4%	6,09	Béton
OK-51 52	OK-52 53	48,9067	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	135,6	46,4%	8,92	Béton
OK-52 53	OK-53 54	48,7049	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	99,0	47,1%	8,77	Béton
OK-53 54	OK-54 55	48,4563	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	123,3	46,9%	8,76	Béton
OK-54 55	OK-55 56	52,4391	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	133,3	45,9%	9,64	Béton
OK-55 56	OK-56 57	52,1811	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	132,2	46,1%	9,56	Béton
OK-56 57	OK-57 58	51,9912	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	105,4	42,9%	10,00	Béton
OK-57 58	OK-58 59	54,7493	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	86,0	46,7%	9,93	Béton
OK-58 59	OK-59 60	54,5725	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	91,2	46,5%	9,92	Béton
OK-59 60	OK-60 61	54,3714	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	107,0	45,4%	10,00	Béton
OK-60 61	OK-61 62	54,7638	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	141,8	45,0%	10,00	Béton

OK-61 62	OK-62 63	54,5388	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	122,9	44,8%	10,00	Béton
OK-62 63	OK-63 64	54,3658	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	98,4	43,3%	10,00	Béton
OK-63 64	OK-64 65	54,1821	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	101,4	44,8%	10,00	Béton
OK-64 65	OK-65 66	54,4336	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	167,9	45,1%	10,00	Béton
OK-65 66	OK-66 67	54,1359	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	151,7	49,2%	9,44	Béton
OK-66 67	OK-67 68	53,9028	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	120,3	48,9%	9,43	Béton
OK-67 68	OK-68 69	54,1884	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	98,3	29,6%	10,00	Béton
OK-68 69	OK-69 70	65,4902	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	168,4	35,8%	10,00	Béton
OK-69 70	OK-70 71	65,4290	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	43,9	35,7%	10,00	Béton
OK-70 71	OK-71 72	65,7723	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	67,2	30,9%	10,00	Béton
OK-71 72	OK-72 73	65,6564	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	96,5	30,9%	10,00	Béton
OK-72 73	OK-73 74	65,6470	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	7,9	30,9%	10,00	Béton
OK-73 74	OK-74 74j	65,5511	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	80,2	30,8%	10,00	Béton
OK-74 74j	OK-74j 74h	67,4013	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	23,6	46,5%	10,00	Pierre
OK-74j 74h	OK-74h 75	67,3616	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	21,6	50,4%	10,00	Pierre
OK-74h 75	OK-75 76	67,2918	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	38,0	50,4%	10,00	Pierre
OK-75 76	OK-76 76k	66,9447	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	106,5	89,7%	7,69	Pierre
OK-76 76k	OK-76k 78	66,9392	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	2,9	52,7%	10,00	Pierre

OK-76k 78	OK-78 78m	66,7549	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	91,1	68,2%	10,00	Pierre
OK-78 78m	OK-78m 79	66,7271	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	13,8	68,2%	10,00	Pierre
OK-78m 79	OK-79 79n	66,7271	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	0,0	55,6%	10,00	Pierre
OK-79 79n	OK-79n 79m	67,5593	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	3,3	56,3%	10,00	Pierre
OK-79n79m	OK-79m 80	67,5502	Cadre (2.94X2.25)	3,7	98,5%	10,00	Béton
OK-79m 80	OK-80 81	67,2880	Cadre (2.94X2.25)	86,8	120,7%	8,44	Béton
OK-80 81	OK-81 81p	66,9938	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	131,0	57,1%	9,90	Pierre+brique
OK-81 81p	OK-81p 81q	33,4747	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	19,9	28,6%	8,47	Pierre+brique
OK-81p81q	OK-81q 82	33,4430	Ovoïde (4.00X4.00 (1.20))	31,0	19,5%	8,37	Pierre+brique
OK-81q 82	OK-82 83	33,4083	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	31,4	27,9%	8,47	Pierre+brique
OK-82 83	OK-83 84	33,3418	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	60,4	27,8%	8,46	Pierre+brique
OK-83 84	OK-84 85	33,2609	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	52,8	38,7%	6,57	Pierre+brique
OK-84 85	OK-85 86	33,5612	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	105,5	31,9%	7,69	Pierre+brique
OK-85 86	OK-86 86r	33,4631	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	78,9	31,8%	7,68	Pierre+brique
OK-86 86r	OK-r86 86s	33,4549	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	91,0	36,4%	6,92	Pierre+brique
OK-r86 86s	OK-86s 88	33,4322	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	14,7	66,7%	6,86	Béton
OK-86s 88	OK-88 89	33,4293	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	2,0	36,4%	6,92	Pierre+brique
OK-88 89	OK-89 89t	33,3380	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	65,0	36,3%	6,92	Pierre+brique

OK-89 89t	OK-89t 89u	33,2751	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	19,2	85,0%	3,50	Pierre+brique
OK-89t 89u	OK-89u 89v	33,2226	Demi circulaire (3.20X4.00 (1.50))	17,7	64,3%	3,86	Béton
OK-89u89v	OK-89v 89w	33,0851	Cadre (4.07X6.00)	56,4	27,7%	3,74	Béton
OK-89v89w	OK-89w 89x	33,0568	Demi circulaire (3.20X4.00 (1.50))	9,7	64,0%	3,85	Béton
OK-89w89x	OK-89x 89y	33,0360	Demi circulaire (3.20X4.00 (1.50))	7,1	64,0%	3,85	Béton
OK-89x89y	OK-89y 89z	32,9572	Cadre (2.50X4.00)	24,0	91,9%	3,85	Béton
OK-89y89z	OK-89z 91	32,8076	Demi circulaire (2.50X4.00)	45,9	91,5%	3,85	Béton
OK-89z 91	OK- 91 92	32,8119	Cadre (2.60X3.50)	3,5	86,3%	3,85	Béton
OK- 91 92	OK-92 92za	32,7215	Cadre (2.60X3.50)	28,6	86,1%	3,84	Béton
OK-92 92za	décharge	32,7267	Cadre (2.60X3.50)	13,9	100,9%	3,82	Béton

➤ **Remarque**

- Les coefficients de Manning-Strickler utilisés pour les calculs hydrauliques du collecteur OUED KNISS sont : 0.013 pour les tronçons en béton, 0.014 pour les tronçons en maçonnerie de brique+Pierre et 0.016 pour les tronçons en Pierre.
- L'amont du tronçon RV80-RV81 est réhabilité ce qui a diminué la section d'écoulement en favorisant des mises en charges de l'ovoïde.
- Le collecteur OUED KNISS est connecté au "doublement de OUED KNISS" au niveau de dernière tronçons qui a permis de renforcer la capacité d'évacuation des débits.

Conclusion

A partir de résultat de l'examen fonctionnel par le collecteur, en répartissent les linéaires par vitesse d'écoulement et capacité de pluie décennale. Il apparaît que :

- 100 ML ont une vitesse d'écoulement inférieur à 3m/s.
- 8646,1 ML ont une vitesse supérieure à 3 m/s.

- 5506,5 ML ont une capacité de pluie décennale inférieure à 50% de la capacité de pleine section.
- 3153 ML ont une capacité de pluie décennale comprise entre 50 et 100% de la pleine section.

Pour les tronçons qui contiennent de vitesses supérieures ou égales à 10 m/s, on propose de raccorder à l'amont de ces tronçons une nouvelle conduite afin de diminuer la vitesse des ouvrages. Les dimensions des conduites sont données dans l'annexe (04).

Chapitre V

Techniques de réhabilitation

L'étude diagnostic nous a permis de faire une mise au point sur l'état, le fonctionnement, et les conditions d'exploitation du réseau d'assainissement existant. Ce préalable est nécessaire pour établir des préconisations de travaux.

Les techniques de réhabilitation sont nombreuses. Leur choix est fonction des caractéristiques du réseau (nature, matériau, section), de la nature, de l'importance et de la fréquence des désordres de structure, d'étanchéité et/ou d'écoulement. Outre ces critères techniques, le procédé choisi devra également tenir compte de critères économiques, sociaux et environnementaux.

1. Réhabilitation et remplacement

1.1. Définition

Par techniques de réhabilitation on entend « toutes mesures entreprises pour restaurer ou améliorer les performances d'un réseau d'assainissement existant ».

La réhabilitation des ouvrages se justifie lorsque leur état n'est pas suffisamment grave pour conduire à un remplacement à ciel ouvert, et que les conditions d'écoulement demeurent satisfaisantes. Cependant, 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 réhabilitation des réseaux d'assainissement sont toujours réalisées sans tranchée, par l'intérieur du collecteur. Elles ne nécessitent pas l'ouverture d'une fouille.

1.2. Objectifs des travaux de réhabilitation

Les objectifs à atteindre par la réhabilitation doivent toujours être indiqués. En effet, ce sont eux qui conditionnent le choix de la technique ainsi que les préconisations de contrôles.

Les principaux objectifs sont les suivants :

- Rétablir les caractéristiques mécaniques compatibles avec les sollicitations auxquelles l'ouvrage est soumis ;
- Rétablir le bon fonctionnement hydraulique pour un écoulement correct des effluents ;
- Rétablir l'étanchéité de l'ouvrage existant ;
- Lutter contre l'abrasion et la corrosion ;
- Améliorer les conditions d'exploitation.

1.3 Réhabilitation ou remplacement par tranchée à ciel ouvert ?

Pour remédier aux désordres constatés, deux solutions sont possibles : le remplacement de l'ouvrage défectueux ou sa réhabilitation. Les deux ont leur place dans un processus de remise en état. Mais on perçoit tout l'intérêt pour l'environnement urbain de développer des techniques par voie interne, réduisant ainsi au minimum les nuisances et les conséquences socio-économiques de l'ouverture d'une tranchée. La problématique « avec ou sans tranchée » se pose de plus en plus aux décideurs urbains.

❖ D'un point de vue socio-économique

L'intervention sur un ouvrage se situant en centre ville pose de nombreux problèmes qui ne sont pas liés à l'assainissement et qui viennent compliquer la réalisation du chantier.

L'ouverture d'une tranchée touche nécessairement l'environnement du site par le bruit, la poussière, l'impact visuel du chantier, le trafic des camions et engins de travaux publics, ainsi que le gêne de la circulation automobile. Ces nuisances occasionnées par l'ouverture d'une tranchée en site urbain encombré sont de plus en plus mal supportées par le public.

De plus, le chantier par sa présence peut avoir un retentissement sur l'activité commerciale de la rue. Enfin, malgré les précautions prises, des risques d'accidents existent, que ce soit pour les ouvriers, les automobilistes ou les riverains.

❖ D'un point de vue technique

La réhabilitation par l'intérieur se justifie pleinement en présence d'obstacle tels que :

- La présence des nappes.
- La nature spécifique du sol (instabilité...).
- L'encombrement du sous-sol par les concessionnaires (gaz, eau, électricité...) et autres ouvrages.
- Un habitat dense.
- Le respecte d'une chaussée récente.

Lorsque les conditions d'écoulement demeurent satisfaisantes malgré la présence de défauts structurels et fonctionnels (absence de joints, porosité, fissures...), lorsque le réseau ne présente ni défauts de conception (sous dimensionnement, contres pentes, pentes et profondeurs insuffisantes...), ni mise en charge, ni ovalisation excessive, ni effondrements, et qu'à priori il a conservé sa résistance mécanique, la réhabilitation par l'intérieur sera souvent la solution.

En revanche, des réseaux qui cumulent des défauts de conception, de choix du matériau, de mise en œuvre, d'entretien, et qui ont perdu leur résistance mécanique sur presque toute leur longueur, seront abandonnés ou remplacés sans tranchée).

2. Classement des techniques de réhabilitation

2.1. Classement en fonction de critères techniques

Les techniques de réhabilitation peuvent être classées selon divers critères et être dites structurantes ou non structurantes, continues ou ponctuelles, destructives ou non destructives.

Il est important de noter que certaines techniques peuvent satisfaire à plusieurs objectifs ou que des techniques différentes peuvent être associées sur le même chantier.

❖ Techniques structurantes ou non structurantes

Les techniques de réhabilitation sont classées en deux catégories, selon leur aptitude à reprendre ou non les charges dynamiques et statiques appliquées sur le tuyau enterré. Ces techniques sont dites structurantes ou non structurante.

Ainsi, les techniques structurantes doivent pouvoir reprendre la totalité des efforts mécanique qui s'exercent sur la canalisation :

- Pression verticale du remblai (elle est fonction du poids volumique du remblai, de la hauteur de couverture, du coefficient de concentration).
- Pression verticale due aux charges d'exploitation :
 - roulantes routières.
 - permanentes.
- Pression horizontale résultant des remblais et des charges d'exploitation.
- Pression hydrostatique éventuelle (canalisation située dans une nappe phréatique).
- Poids propre du tuyau et de l'eau véhiculée.
- Réaction du sol.

Les techniques non structurantes quant à elles, ont essentiellement pour but de rétablir l'hydraulicité (élimination des obstacles empêchant ou réduisant l'écoulement normal du réseau) et l'étanchéité de la canalisation. Elles n'impliquent pas d'apport mécanique.

❖ Techniques ponctuelles ou continues

Les techniques sont dites ponctuelles ou continues selon qu'elles réparent l'ouvrage localement, au droit de chaque dégradation, ou qu'elles réhabilitent l'ensemble du tronçon.

❖ Techniques destructives ou non destructives

Les techniques dites non destructives concernent les méthodes dont la mise en œuvre ne nécessite pas la destruction de l'ouvrage en place. L'ouvrage dégradé est conservé en l'état.

Par opposition, les techniques dites destructives impliquent la destruction totale du collecteur dégradé et son remplacement par l'intérieur, sans ouverture d'une tranchée.

3. Technique de réhabilitation sans tranche

Suivant le classement de la norme européenne n° EN 155 W1 209, les techniques de réhabilitation sans tranchée peuvent s'assimiler respectivement aux dites **techniques de rénovation**, soient les travaux utilisant tout ou partie de l'ouvrage existant en améliorant ses performances actuelles, ainsi qu'aux **techniques de réparation** relatifs aux travaux pour la rectification de défauts localisés. Au sein de la catégorie rénovation, il est également possible de définir deux groupes de techniques : celles dites **continues** incluant toutes les techniques de chemisage et de tubage avec projection ou non de béton, mortier ou résines dans l'espace annulaire, et celles de l'insertion de coques préfabriqués fixés les unes aux autres pour former un nouveau tube avec espace annulaire. Une classe de techniques de **revêtement structurant et non structurant** peut être considérée, pouvant aussi bien s'inclure dans les techniques de rénovations continues que dans celles des réparations en fonction de l'étendue de leur application.

3.1 Techniques de rénovation continues

D'après la classification de la norme EN 155 W1 209, la rénovation inclue six catégories d'appellation technique.

- Chemisage continu.
- Tubage par tuyau continu avec espace annulaire.
- Tubage par enroulement hélicoïdal avec espace annulaire.
- Tubage par éléments préfabriqués avec espace annulaire.

Cette classification n'est pas universelle et certaines appellations peuvent inclure plusieurs techniques, ou une technique peut s'inclure dans plusieurs appellations en fonction de leur application sur le terrain. Il sera donc convenu de présenter chaque technique indépendamment de l'ordre donné par la classification.

3.1.1 Chemisage contenu

La technique du chemisage continu consiste à insérer à l'intérieur du collecteur dégradé une enveloppe souple constituée d'une armature souple fortement imbibée d'une résine, et ce sans laisser subsister d'espace annulaire.

❖ Domaine d'utilisation

Le chemisage peut être employé pour remédier aux problèmes d'étanchement, de corrosion ou d'abrasion.

Il s'agit d'une réhabilitation de type continu qui concerne essentiellement les canalisations non visitables et qui s'emploie couramment sur des diamètres de 200 à 800 mm. Cette technique s'emploie plus rarement sur des canalisations visitables de sections variables (ovoïde, circulaire ou rectangulaire) et de diamètres allant jusqu'à 2000 mm.

❖ Composants

Le chemisage, qui équivaut à un véritable tuyau sans joints, est préformé en usine aux dimensions du tronçon à réhabiliter. Il est constitué de matériaux composites de :

- Les résines utilisées sont en polyester, époxy, ou vinylester.
- Les armatures en fibres de verre ou de polyester tissées ou non.
- Les films en polychlorure de vinyle (PVC), polyuréthane (PU), polyéthylène (PE).

❖ Mise en œuvre

La mise en œuvre du chemisage se fait le plus souvent par inversion en faisant avancer une gaine souple imprégnée de résine dans l'ancienne canalisation par air comprimé et en la plaquant contre la paroi. Le durcissement est obtenu par chauffage avec de la vapeur ou de l'eau chaude. Cette technique consiste à introduire, en la retournant, une gaine souple imprégnée de résine à partir d'un regard de visite, au moyen d'air comprimé (ou d'eau) qui plaque la gaine contre la paroi. La gaine est ensuite polymérisée en place grâce à la circulation de vapeur sous pression ou par le chauffage de l'eau.

Une autre méthode : le chemisage continu par traction, qui consiste à tirer la gaine dans la canalisation, puis à la gonfler. Le durcissement peut alors être obtenu grâce à un robot émettant des UV. La gaine est mise en place à l'aide d'un treuil qui la tire d'un regard au regard suivant. La mise en pression de l'ensemble est ensuite réalisée à l'air. Dès lors que la gaine épouse parfaitement la forme de la canalisation, il est procédé à son durcissement par polymérisation au moyen de lampes ultraviolet ou d'une autre méthode.

Etapas des travaux :

- Imprégnation de la chemise.
- Dérivation ou stockage des effluents.
- Introduction de la chemise par traction ou inversion.
- Polymérisation de la résine et durcissement.
- Autocontrôle de l'étanchéité.
- Découpage et raccordement des extrémités de la chemise.
- Réouverture des branchements.
- Inspection télévisée ou visuelle d'autocontrôle.
- Remise en service de l'ouvrage sans délai d'attente.

❖ Avantages

- Emprise réduite à une semi-remorque.
- Pas d'espace annulaire.
- Application sur de très grandes longueurs, en présence de coudes, de rétrécissements.
- Réparation structurante possible.
- Mise en œuvre rapide.
- Particulièrement adapté pour des terrains mous.

❖ Inconvénients

- Stockage ou dérivation des effluents nécessaires.
- Manipulation délicate.
- Risque de brûlure ou d'absence de polymérisation avec un durcissement aux UV.
- Techniques dépendant du terrain environnant et de la nature des effluents (pH compris entre 5.5 et 8.5, température maximale de 30°C).
- Ovalisation maximale de 8 % du diamètre nominal de la canalisation.
- Pas de présence de contre pentes créant des dysfonctionnements tels que la formation de graisses sur les parois.
- Limite de décalage de 8 à 10 % du diamètre nominal pour éviter les efforts de cisaillement.

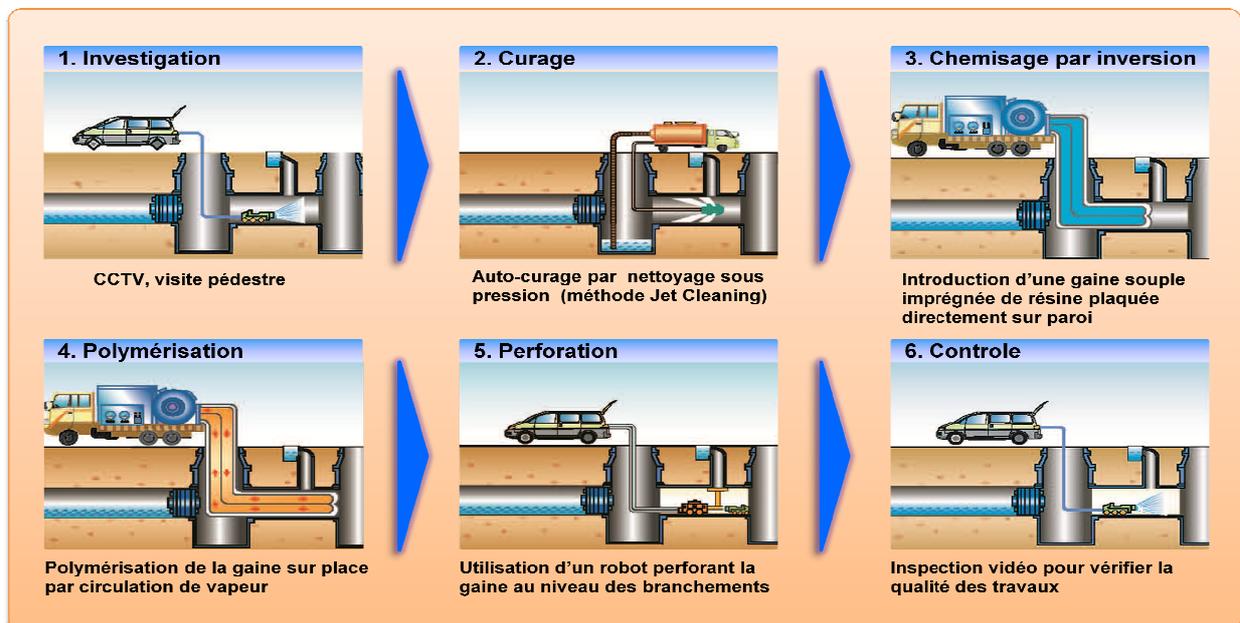


Figure V-1: Etapes des travaux de chemisage par inversion

3.1.2. Tubage

Cette technique consiste à mettre en place dans la canalisation à réhabiliter une nouvelle conduite d'un diamètre inférieur. Cette réhabilitation permet de maintenir, d'améliorer ou de rétablir les performances de l'ouvrage existant.

❖ Domaine d'utilisation

Le tubage peut s'effectuer sur une partie ou sur la totalité des collecteurs. Il s'applique à des ouvrages visitables et non visitables.

D'une manière générale cette technique ne peut pas être mise en œuvre sur de trop petits collecteurs en raison de la diminution de la section qu'elle entraîne. Le diamètre minimal semble être de 300 mm bien que certains procédés proposent une mise en œuvre à partir de 100 mm. Le diamètre maximal est de 3000 mm.

Sont concernés les ouvrages de toutes sections, de toutes natures, et véhiculant des eaux de toutes sortes : eaux usées, industrielles ou pluviales.

❖ Composants

En général, des matériaux plastiques (PEHD, PVC) sont utilisés. Pour la rénovation de grands diamètres le PRV (Polyester Renforcé de Verre) est apprécié pour sa légèreté, sa résistance à la corrosion et à l'abrasion.

❖ Mise en œuvre

Nous ne traiterons ici que les techniques les plus utilisées. De manière générale, la nouvelle conduite est insérée par tractage ou par poussage ou encore par enroulement hélicoïdal. L'ouverture d'une fosse de travail peut s'avérer nécessaire.

3.1.2.1. Tubage par enroulement hélicoïdal

Cette technique concerne les ouvrages visitables (quelque soit le type de section) comme non visitables et s'emploie couramment sur des diamètres de 150 à 2500 mm. Elle consiste en la fabrication mécanique in situ d'un tuyau, par enroulement hélicoïdal d'un profilé spécial assemblé par clipsage. L'étanchéité est assurée par la compression de joints en caoutchouc ou par collage. L'espace entre la canalisation existante et le tube est rempli par injection de coulis. L'épaisseur du coulis est ajustée en fonction de la résistance mécanique à obtenir et de la section finale désirée.

Il y a également deux méthodes d'installation qui peuvent être employées. Une utilise un système de bobinage automatisé depuis la surface pour former le tube à l'intérieur de la conduite, l'autre, une roue mécanique pour former manuellement le tube depuis l'intérieur. Le système de bobinage est généralement appliqué pour les conduites non visitable, même si la bobine peut opérer sur un diamètre pouvant être considéré comme visitable. L'installation mécanique permet

d'intervenir sur des diamètres variant de 150mm à 1.800mm. Le tube fabriqué manuellement est applicable sur de plus grand diamètre variant de 1.200 à 3.600mm. Une technique récente utilise des bandes en polyéthylène haute densité qui, après déroulement, sont soudées transversalement afin de garantir une parfaite imperméabilité des joints.

❖ Tubage hélicoïdal mécanique

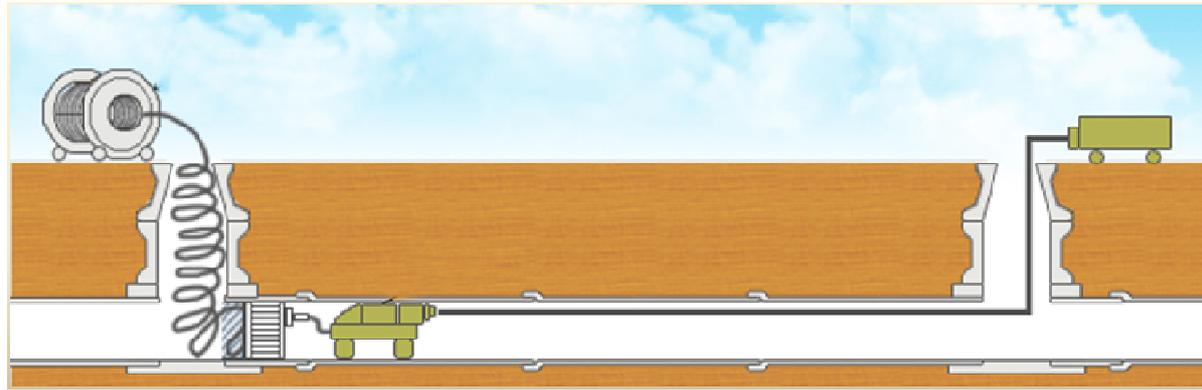


Figure V-2: Tubage par enroulement en spirale sous l'action de la bobine

Souvent connu sous le nom de tubage par enroulement en spirale, le tube est formé par un système de bobinage actionné par la force hydraulique normalement installé depuis un regard ou une petite fosse d'accès. L'extrémité en aval du tube avance au sein de la conduite au fur et à mesure que l'enroulement en tour d'hélice s'ajoute en amont. Sachant que le tube tourne sur lui-même pendant l'insertion, la friction et le poids du tube que le dispositif est capable de tourner peuvent représenter des obstacles à l'installation. La flottation peut être utilisée afin de réduire la charge de friction.

Une alternative au tubage en spirale est d'utiliser un dispositif d'enroulement qui voyage le long de la conduite porteuse en fabriquant le tube, permettant d'éviter ainsi la rotation du tube et les frictions qui en découlent. En utilisant une cage mécanique dont la section peut se conformer à celle de la conduite existante, les ouvrages non circulaires sont réhabilitables, incluant les types, ovoïde, arc et cadre.

❖ Tubage hélicoïdal manuel

Les tubages hélicoïdal manuels comprennent des matériaux à ceux utilisés pour le tubage mécanique mais sont fabriqués pour une plus grande facilité d'application dans les conduites aux grands diamètres.

Les bandes PVC sont introduites au sein de la conduite visitable avec les bandes additionnelles pour sceller les joints. Les intervenants fabriquent manuellement le tube suivant la forme de la section existante, et insèrent les bandes scellantes au fur et à mesure de leur

progression. L'avantage de ce système est qu'il permet d'opérer sur des conduites aux sections irrégulières, minimisant la quantité nécessaire pour le remplissage.

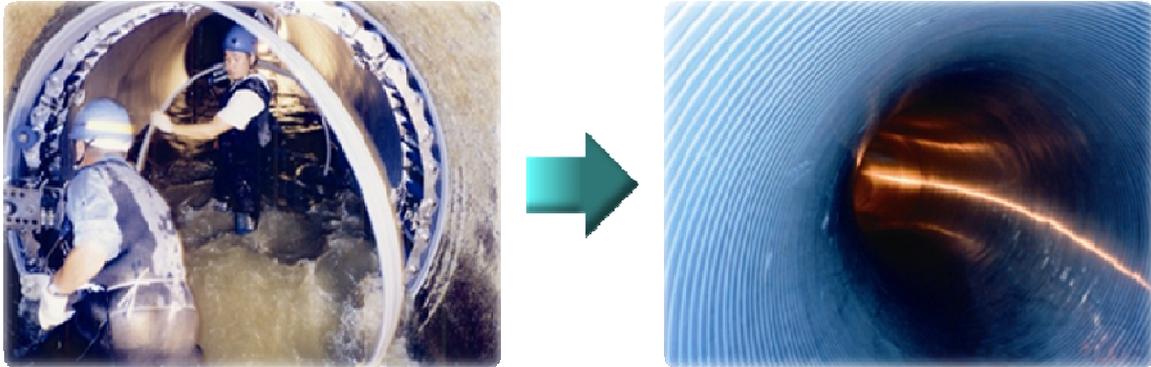


Figure V-3: Assemblage Manuel (canalisation visitable)

3.1.2.2. Tubage par tube pré-déformé

La technique du tube pré-déformé concerne uniquement les ouvrages non visitables de diamètre 150 à 800 mm ; il s'agit d'un tubage par tuyau continu sans espace annulaire. Cette technique est destinée à la réhabilitation de tronçons de réseaux droits, légèrement courbés, pouvant atteindre de grandes longueurs. Elle consiste en l'insertion par traction :

- d'un profil au diamètre réduit dans un gabarit conique.
- ou bien d'une section déformée à chaud en usine, sous la forme d'un U si bien que le diamètre extérieur est réduit d'environ 30 %.

Le tube est introduit dans la canalisation par un regard ou une fouille de départ à l'aide d'un treuil. Il est alors coupé à la longueur souhaitée. Il reprend ensuite sa forme initialement ronde et se plaque contre la paroi intérieure de la canalisation existante soit spontanément, soit par mise sous pression à la vapeur ou à l'eau (après obturation des extrémités). Le rapport entre le diamètre intérieur du tube à réhabiliter et le diamètre extérieur du nouveau tube est préalablement défini afin de garantir une bonne adhérence.



Figure V- 4:Tubage par tube pré-déformé

3.1.3. Pose de coques préfabriquées

Cette technique a été conçue pour rénover toutes les formes d'égouts et de grands ouvrages. Elle consiste à mettre en place des coques mono-segment ou multi-segments, rigides ou flexibles, adaptables à tout gabarit d'ouvrages existants. Les éléments peuvent en effet recouvrir soit seulement le radier, soit les pieds-droits et la voûte, soit enfin tout le périmètre de l'ouvrage.

Structurant comme non structurant selon les objectifs fixés, ce procédé permet de rétablir l'étanchéité et l'hydraulicité de l'ouvrage dégradé ainsi que de lutter contre l'abrasion et la corrosion.

Les coques sont composées de matériaux souples (plastiques de type PVC, PEHD...) ou rigides (PRV...). Elles sont construites en usine aux dimensions de la conduite (ces dimensions doivent d'ailleurs être relevées très précisément sur le terrain).

Les coques sont descendues dans le réseau à partir de puits de travail ou d'aménagement de regards. Elles sont ensuite réglées puis raccordées entre elles. Pour finir, un coulis de blocage en ciment est injecté dans le vide annulaire pour solidariser la nouvelle canalisation à l'ancienne et ainsi permettre le report des charges. Dans le cas où l'ouvrage présente des réseaux divers fixés à sa paroi, ceux-ci devront être déposés puis reposés.

Des travaux d'adaptation (de cunette par exemple) peuvent précéder la pose de ces éléments préfabriqués tout au long du projet.

Enfin, la pose des coques entraîne une réduction significative de la section utile de l'ouvrage, mais ne nuit pas pour autant à sa capacité hydraulique. Au contraire, celle-ci s'améliore du fait de la diminution du coefficient de rugosité.

3.2. Techniques de revêtement structurant et non structurant

Le revêtement in situ augmente la solidité de la conduite et la protège contre les attaques corrosives et abrasives afin d'accroître sa durée de vie. Il permet également d'améliorer la capacité hydraulique de l'ouvrage. La pose de revêtement in situ se réalise soit par projection soit par coulage de béton sur place dans des ouvrages dont le diamètre dépasse 1.200m. On parle de revêtement structurant lorsqu'il s'agit d'injections d'étanchement, et non structurante lorsqu'elles ont pour objectif de consolider la structure de l'ouvrage, voire même de stabiliser les terrains environnants (mélange à base de ciment). La présence de nombreuses infiltrations représentant un obstacle au déroulement de l'intervention, des mesures préventives sont à prendre avant et pendant la durée des travaux.

3.2.1. Projection de béton et de mortier

Les projections de béton ont pour objectif de parfaire l'étanchéité et/ou consolider la structure d'ouvrage en béton et maçonnerie quelque soit leur type de section (circulaire, ovoïde, carré, rectangulaire). Ce revêtement équivaut à un chemisage de l'ouvrage.

❖ Mise en œuvre

La projection à la lance ne peut s'effectuer que dans des collecteurs d'une taille suffisante, puisqu'un recul d'environ 0,50 à 1 m est nécessaire dans la plupart des procédés. Cette projection est réalisée par voie sèche ou par voie mouillée (bétons et mortier), la distinction étant le point d'introduction de l'eau dans la chaîne et la vitesse de transport du matériau.

La projection de béton utilise la 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 sur la paroi.

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 sur 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 petites galeries que sont les égouts visitables, on préférera les procédés par voie mouillée. Des renforts éventuels peuvent être mis en place avant la projection (treillis soudé, fibre...).

❖ Etapas des travaux

- projection d'une ou de plusieurs couches (30 à 40 mm en moyenne par couche).
- lissage de finition.
- traitements des raccordements (réouverture et étanchement).
- évacuation des pertes de matériaux.
- nettoyage de l'ouvrage.
- autocontrôle de l'étanchéité des raccordements.
- inspection visuelle d'autocontrôle.
- délais de remise en service du réseau dépendent directement des produits mise en œuvre et peuvent varier de quelques heures après la projection (selon la nature du ciment).

La capacité d'avancement, pour un ouvrage de 1,80 m de hauteur, est de l'ordre de 5 à 20 m par jour selon l'importance des travaux préparatoires et l'épaisseur du matériau à projeter.

Les réseaux divers fixés à la paroi de l'ouvrage (s'il y en a), devront faire l'objet d'une dépose puis d'une repose.

3.2. Technique de réparation localisée

Alors que la plupart des techniques sans tranchée visent des opérations allant de regard à regard, la rénovation ne requiert pas nécessairement. Quand un mouvement de sol ou une attaque chimique localisé se produit, il est préconisé d'utiliser des systèmes pouvant répondre au problème. Considérant le type et l'environnement du réseau étudié, il conviendra de présenter les techniques corrigeant les défauts dont les causes sont identifiées comme suit :

- Séparation des matériaux dûs à un coulage de béton défectueux.
- Mise à découvert des armatures due à une épaisseur insuffisante de revêtement
- Effritement et éclatement du béton suivant l'expansion de la corrosion des armatures
- Dégradation due aux charges exercées par les véhicules en surface
- Fissure, mise à découvert des armatures, corrosion générées par une mauvaise exécution des joints entre buses.
- Corrosion, fissure et mise à découvert des armatures dues aux attaques des effluents sur paroi.

3.2.1. Traitement de surface

Le traitement de surface comme son nom l'indique s'applique sur des défauts superficiels tels que les fissures supérieures à 0,2 mm de largeur comme les réparations défectueuses. Ces défauts sont mesurables en termes de longueur, largeur ou superficie. Le principe est de couvrir la zone endommagée par un matériau dont les caractéristiques propres permettront de protéger et prévenir l'aggravation du défaut. Quatre types de matériaux sont utilisés :

- Pâte de ciment polymérisant.
- Mortier minéral à base de ciment.
- Etanchement (résine acrylique).
- Etanchement (résine uréthane).

Ci dessous un aperçu du traitement de surface en cas de fissure de largeur supérieure à 0,2mm.

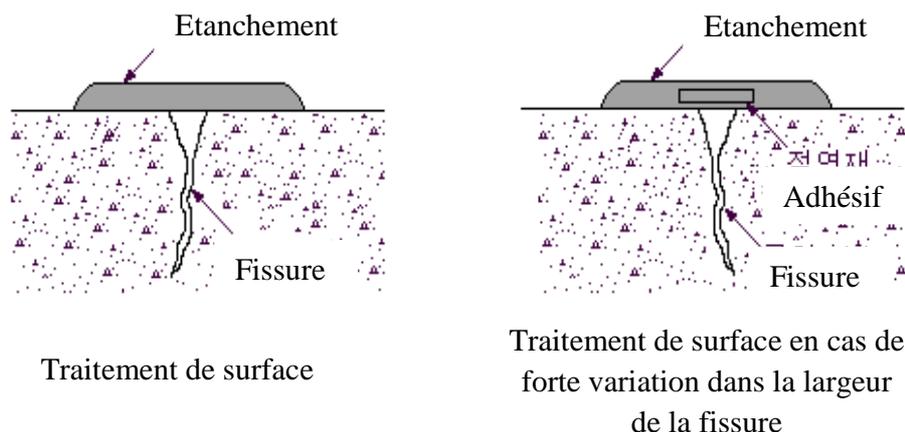


Figure V-5: Section de la zone fissurée lors de la mise en œuvre des travaux

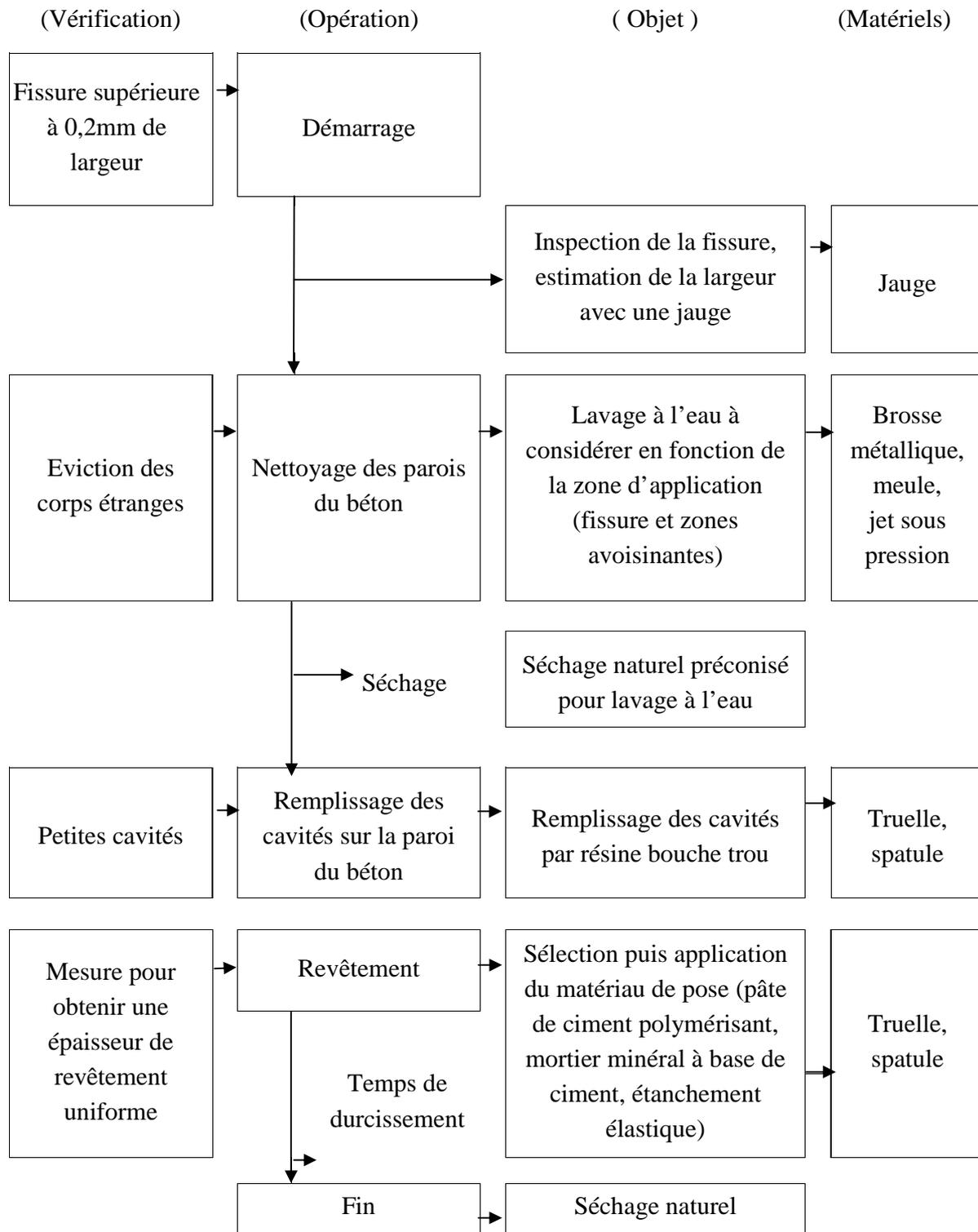


Figure V-6: Déroulement des travaux de traitement de surface pour des fissures > 0,2mm

3.2.2. Colmatage de fissure

Le colmatage consiste à introduire un matériau dans l'espace de la fissure afin d'augmenter la capacité d'étanchéité du béton et prévenir efficacement la corrosion des armatures et la dégradation de paroi. Deux techniques sont à disposition en fonction de la largeur de la fissure.

3.2.2.1. Injection de résine – largeur de la fissure < 0,2mm

L'injection de résine concerne les fissures relativement peu importantes dont la largeur ne dépasse pas 0,2 mm. Elle peut s'effectuer par la pression ou l'aspiration du matériau de remplissage. La technique d'injection et le matériau injecté seront choisis en fonction des paramètres de colmatage requis tels que la vitesse d'injection, le coefficient de viscosité et la vitesse de durcissement pour répondre aux caractéristiques de la fissure (largeur, profondeur et forme). Le tableau ci dessous présente les spécifications de chaque technique.

Tableau V-1 : Caractéristiques des méthodes d'injection sous pression et par aspiration

Injection sous pression
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Injection manuelle ➤ Mécanisme d'injection : pression de l'air, pression hydraulique, engrenage mécanique ➤ Injection basse pression/vitesse : caoutchouc, ressort, pression de l'air
Injection par aspiration
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Injection d'un matériau de remplissage entre les deux extrémités de la fissure par utilisation d'une pompe aspirante.

Par tradition, l'injection se fait au moyen d'un dispositif manuel à pression poussant la résine à l'intérieur de la fissure. L'utilisation de cette méthode ne permet pas de contrôler précisément la quantité injectée, et en cas de fissure trop étroite pour introduire la tête du tube injectant, la résine ne pourrait pénétrer jusqu'aux coins de la fêlure. A cet effet, l'injection à basse pression/vitesse est appliquée afin de mieux contrôler la quantité d'injection et les performances de colmatage. Cette dernière consiste à installer dans la fissure un récipient cylindrique injectant la résine au moyen d'un ressort, d'un support en caoutchouc ou de la pression de l'air. La résine injectée sous pression pénètre en profondeur pour occuper tout l'espace vide laissé par la fissure.

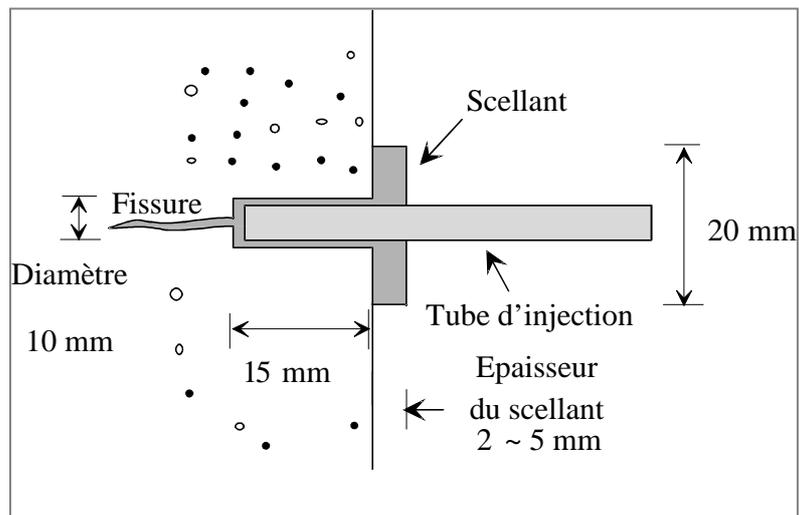


Figure V-7: Procédé d'injection de résine

Les opérations d'injection se déroulent de la manière suivante :

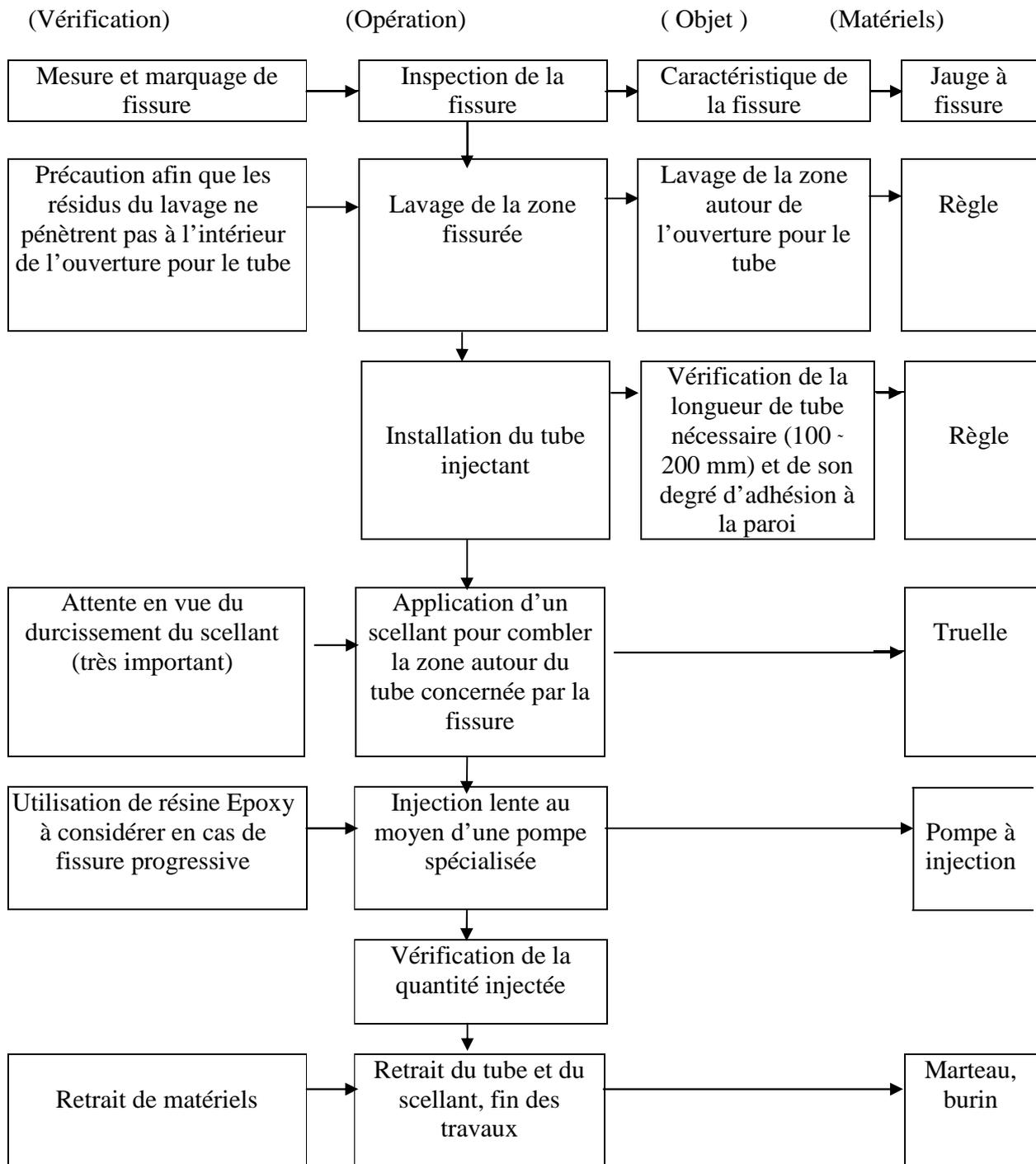


Figure V-13: Diagramme de déroulement des travaux de colmatage par injection

En dehors de la résine Epoxy, il est possible d'utiliser de la boue minérale applicable dans un environnement humide. Les caractéristiques des différents types de résines sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau V-2 : Caractéristiques des résines utilisables lors du colmatage par injection

Matériaux	Composant principal	Caractéristiques
Résine d'injection Epoxy	Résine Epoxy	.Fissure, bonne capacité d'adaptation .Applicable sur fissure entre 0,2 ~ 2,0mm de largeur
	Résine Epoxy flexible	.Procédé de durcissement flexible adapté au type de fissure progressive .Adapté aux réparations de fissure et aux baisses de performance découlant de réaction Alkali-Granulat
	Résine Epoxy auto-microémulsion	.Réactif à l'humidité résidant entre le béton et l'agent de polymérisation .Solidité de caractéristiques supérieures .Applicable sur fissure supérieure à 0,15mm de largeur
	Résine Epoxy, Ciment Portland	. Effervescence due à la réaction du ciment en contact avec la résine Epoxy polymérisable sous l'eau .Applicable sur fissure entre 1mm ~ 10mm de largeur
Scellant de remplissage	Résine uréthanique	.Applicabilité supérieure due à une composition du matériau à élément unique .Module d'élasticité faible favorable à une bonne adaptation à la fissure .Utilisé au niveau des jointures dans le cas de de nouvel ouvrage
Agent polymérisant à base de ciment	Ciment ultra résistant à base d'émulsion de résine Epoxy	.Applicable sur fissure supérieure à 5,0mm de largeur .Adhésion supérieure sur surface humide .Adapté aux réparations de baisse de performance découlant de réaction Alkali-Granulat

3.2.2.2. Recharge du béton – largeur de la fissure > 0,5mm

La recharge du béton concerne les fissures relativement importantes dont la largeur dépasse 0,5 mm. En fonction des caractéristiques de la fissure, il conviendra de recouvrir la paroi d'un mortier de protection, ou d'extraire après sectionnement le volume de paroi dégradée, puis de recharger l'espace creux avec un agent réparateur. La procédure de réparation peut également varier en fonction de la présence de rouille sur les aciers : recharge par un scellant en forme de

U, recharge par un mortier Epoxy à base de résine synthétique, recharge par du mortier à base de ciment polymérisant.

❖ Recharge avec armature saine

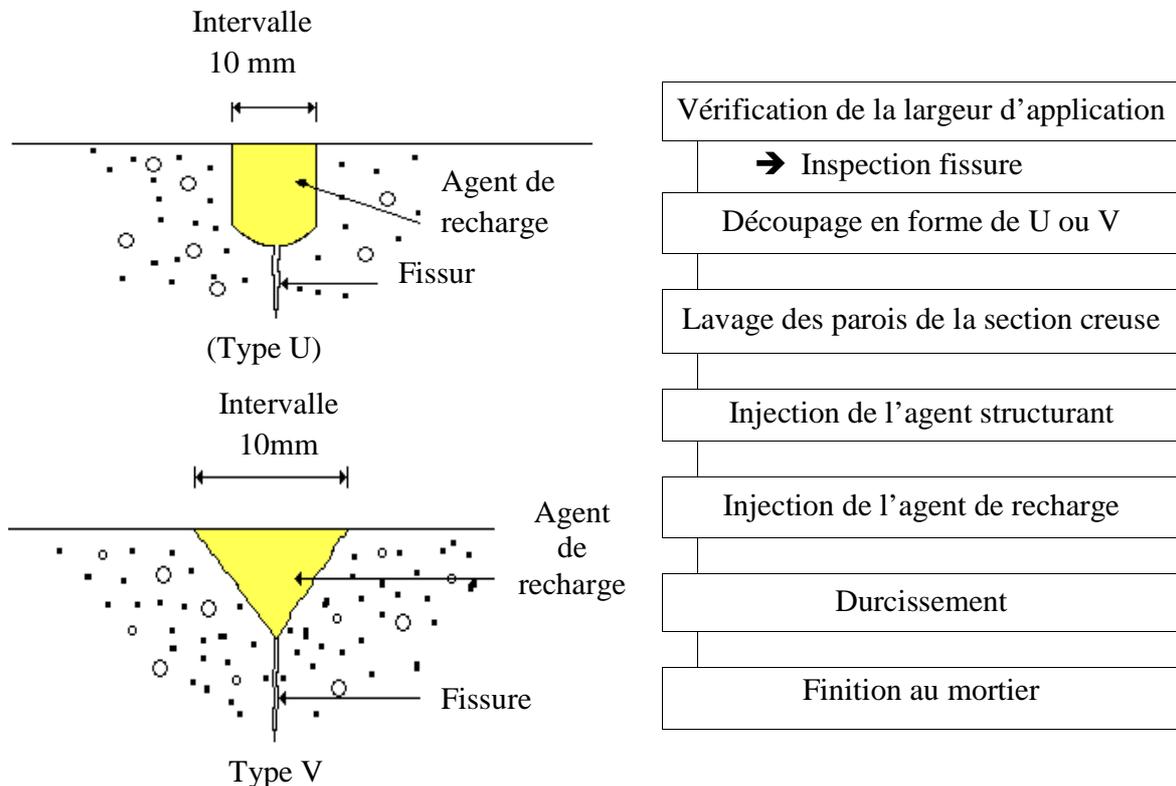


Figure V-9 : Etapes des travaux de recharge avec armature saine

L'incision de la section fissurée s'effectue en U ou en V sur une largeur d'environ 10mm. Après extraction le remplissage peut se faire avec de la résine Epoxy flexible ou du mortier à base de ciment. Dans le cas d'un découpage en V, l'exécution est plus simple mais moins performante si l'on utilise du mortier comme recharge à cause du risque plus élevé de détachement des matériaux.

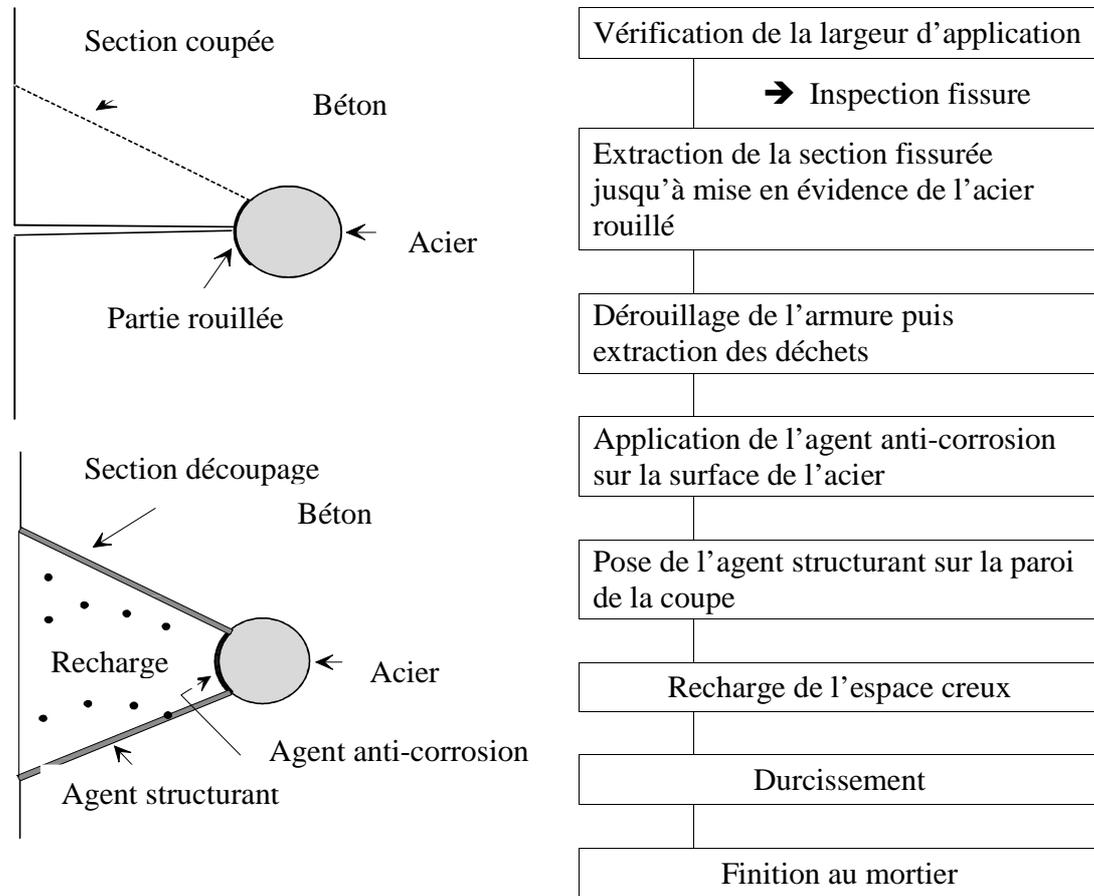
❖ Recharge avec armature corrodée

Figure V-10 : Déroulement des travaux de recharge avec armature corrodée

Si l'armature est corrodée, par principe il faut en premier lieu dérouiller la partie corrodée par brossage ou ponçage mécanique. Deuxièmement, les environs immédiats de l'armature doivent être dégagés, et ceci, sur toute la longueur de l'armature rouillée jusqu'à minimum 5cm au delà des traces de rouilles visibles. Cette opération est nécessaire dans la mesure où la rouille se propage souvent au delà de la région exposée. Troisièmement, si la fissure présente les caractéristiques d'une dégradation progressive, il est fortement recommandé d'appliquer un agent de recharge assez flexible pour s'adapter aux altérations physiques. On doit souligner que de l'eau entre dans la composition du béton, et que par conséquent, les parois des crevasses se trouvent souvent dans un état humide. Dans ce cas, on préconise l'utilisation d'un agent à base de résine Epoxy pour le colmatage de fissure.

3.3.3. Réhabilitation de section

La réhabilitation de section inclue les techniques ayant pour but de rétablir la forme de la section de base. Ses défauts concernent les dégradations ou les motifs suffisamment importants pour modifier transversalement la forme de l'ouvrage, c'est à dire les gonflements du béton et les corrosions de paroi avec ou sans mise en évidence des armatures. Les opérations de réhabilitation sont diverses et impliquent aussi bien l'application de revêtement préventif que des procédures lourdes dites 'chirurgicales' nécessitant le retrait, le traitement puis le rechargement d'une section de béton.

Parmi les motifs de dégradation de section, la carbonatation est un phénomène chimique récurrent dans la conduite d'assainissement qui s'attaque au béton armé de l'intérieur par la corrosion des armatures métalliques et l'éclatement du béton qui les recouvre. Une intervention se décide en fonction de la sévérité du phénomène, c'est à dire, si celui ci diminue la fonctionnalité de la conduite et menace la sécurité et la durabilité de l'ouvrage. La réparation utilise deux techniques distinctes qui peuvent être combinées considérant le niveau de dégradation du béton et les causes de l'occurrence du phénomène : action préventive à l'encontre du phénomène de carbonatation et action régénérant des armatures corrodées. Les critères de choix de ces deux techniques sont récapitulés dans les tableaux 3 et 4.

Tableau V-3 : Classe de sévérité de la carbonatation

Carbonatation	Caractéristiques visuelles
Légère	Fissures de corrosion invisibles à l'endroit des armatures qui deviennent visibles dues au retrait par séchage sous forme de petites fissures mesurant moins de 0,3mm ou de trace de rouille
Normale	Fissures visibles inférieures à 0,5mm découlant de la corrosion des aciers
Sévère	Fissures supérieures à 0,5mm, effritement du béton et mise à découvert des armatures dus à la corrosion des armatures

Tableau V-4 : Critères de choix de techniques de traitement du phénomène de carbonatation

Carbonatation	Etat de la paroi (profondeur de la dégradation)		
	Faible	Moyenne	Elevée
Légère	Pas nécessaire	Action préventive	Action préventive
Normale	Etude des causes	Réparation des fissures + Action préventives	Action régénérant des armatures + Action préventive
Sévère	Etude des causes	Etude des causes	Action régénérant des armatures + Action préventive

❖ Action préventive

Dans le cas où la carbonatation ne génère que très peu de dégâts, on préconise l'application d'un traitement de surface consistant, soit à empêcher l'infiltration au sein du béton des substances susceptibles de générer la carbonatation (humidité, oxygène, dioxyde de carbone), soit à ré-alcaliniser le béton et recréer un environnement fortement basique autour des armatures par infiltration de substances alcalines.

Dans le premier des cas, le principe est de couvrir la porosité du béton par application de verni, mortier ou autres matériaux utilisés pour le traitement de surface. Dans le deuxième cas, on applique contre la surface à traiter un manteau composé d'une pâte cellulosique, imbibée d'une solution alcaline, installée contre un treillis métallique. Une circulation électrique est mise en place entre l'armature du béton et le manteau. En deux à trois semaines, la solution alcaline est passée dans le béton. Le milieu est à nouveau non corrosif.

❖ Action régénérant

L'action régénérant est conseillée quand la carbonatation génère des éclatements de la paroi de béton et met en évidence les armatures. Les étapes de restauration sont les suivantes:

- Lavage, bouchardage, hydro-démolition du béton afin de détacher toutes les parties non solidaires de l'ensemble
- Décapage par sablage des armatures, coupage et retrait de celles très corrodées
- Protection des fers par un revêtement alcalin
- Réalisation de l'adhérence à la structure par l'emploi de mortiers de résine
- Application d'un enduit de finition micro-perméable et éventuellement d'une peinture microporeuse.

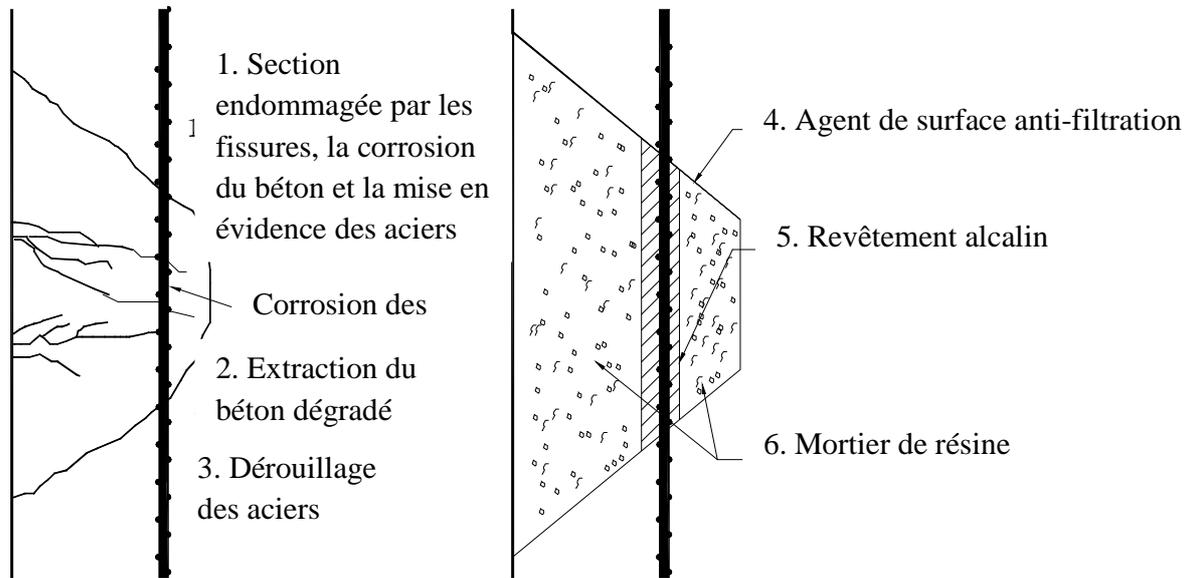


Figure V-11: Action régénérante sur béton et armature corrodés

4. Choix de la technique optimale

L'objet de cette partie est de proposer parmi celles présentées dans le chapitre précédent les techniques qui permettront de réhabiliter chaque tronçon de collecteur en renforçant la stabilité structurelle, l'étanchéité, la longévité et la fonctionnalité hydraulique des ouvrages tout en considérant de manière optimale la sévérité des dégradations, les conditions du terrain et la rentabilité des travaux.

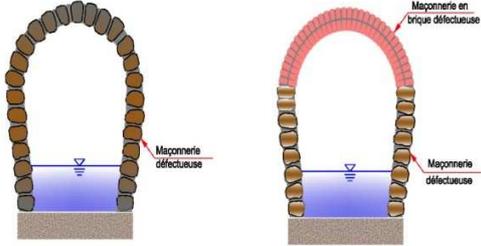
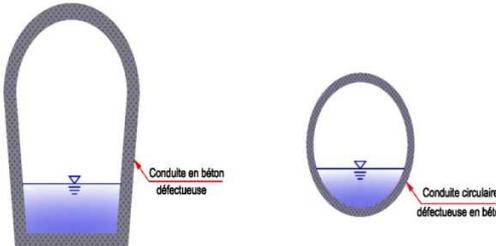
4.1. Préconisation technique par type de matériau de conduite

L'investigation de collecteur en intrados a permis de souligner la corrélation entre les classes d'état, la sévérité de certain type de défaut et les matériaux de la conduite. Dans les conduites en maçonnerie qui sont toutes de type ovoïde, les dégradations du radier sont importantes, les pertes de mortier sont nombreuses, les désenclavements de brique, les infiltrations et les déformations de section faisant obstacle à l'écoulement sont soulignent la récurrence de défauts sévères dus aux effets de charge et l'urgence de la situation.

Une corrélation existe également dans les conduites en béton où des défauts localisés comme les fissures, les infiltrations et les corrosions de paroi dues aux vitesses d'écoulements élevées sont plus notables. Nous préconisons donc une réparation localisée pour la plupart des tronçons en béton.

Ci dessous le tableau des préconisations techniques par choix de matériaux

Tableau V-5: Techniques préconisées par type de matériau

Matériau de conduite	Maçonnerie de Pierre, brique + mortier	Béton armé, béton sans acier
Forme		
Dégradations principales	<ul style="list-style-type: none"> - Désenclavement de pierre et de brique - Perte de mortier - Erosion due à la force d'écoulement - Infiltration d'eaux souterraines 	<ul style="list-style-type: none"> - Carbonatation, corrosion - Erosion due à la force d'écoulement - Fissures dues à un excès de charge - Jointure des branchements latéraux défectueux - Infiltration d'eaux souterraines - Séparation au niveau des joints
Techniques préconisées	<ul style="list-style-type: none"> - Rénovation continue afin de renforcer la stabilité structurelle (chemisage, tubage) : fabrication d'une conduite au sein de la conduite 	<ul style="list-style-type: none"> - Réparation ponctuelle pour la plupart des tronçons (traitement de surface, colmatage, réhabilitation de section, fixation des joints) - Rénovation pour les tronçons instables (chemisage, tubage) : fabrication d'une conduite au sein de la conduite)
Motifs	<ul style="list-style-type: none"> - Etat vétuste généralisé nécessitant une rénovation continue - Durée de vie de l'ouvrage prolongée grâce à une meilleure stabilité structurelle - Blocage des infiltrations par une meilleure étanchéité - Utilisation de matériau anti-abrasif et résistant aux attaques chimiques - Technique fiable largement utilisée 	<ul style="list-style-type: none"> - Réparation ponctuelle plus rentable qu'une rénovation - Application de techniques de rénovation pour les tronçons dont la stabilité structurelle est affaiblie - Techniques de réparation fiables largement utilisées pouvant garantir une réalisation de qualité standard

4.2. Etude comparative des techniques de réhabilitation

L'étude comparative des techniques de réhabilitation présentées dans le chapitre précédent permet de souligner 4 points :

- Le remplacement par ouverture de tranchée sera toujours évité au profit des techniques de rénovation qui sont plus performantes, moins lourdes en termes d'impact, et moins chères.
- Parmi les techniques de rénovation étudiées, seules les techniques de tubage permettent le remplissage de l'espace annulaire afin de créer un ouvrage composite solidaire de la conduite porteuse, et donc plus résistant aux effets de charge. Après réhabilitation, l'ouvrage composite devient plus résistant qu'une nouvelle conduite en béton.
- Le Tubage hélicoïdal et le Tubage par tuyau continu sont également les seules techniques permettant de rénover des conduites au diamètre supérieur à 1500 mm, et de ne pas détourner les eaux lors des travaux. En revanche, le Tubage par tuyau continu nécessite de creuser et aménager une fosse à l'extrémité du tronçon afin d'insérer le tube, et de bloquer une partie du trafic, ce qui est difficile en plein centre ville.
- Le Tubage hélicoïdal est plus coûteux que le Tubage continu et les autres techniques de Chemisage, mais son coût reste inférieur à celui du remplacement avec tranchée. Il faut également souligner que cette technique est la plus apte à s'adapter aux irrégularités des sections ovoïdes, grâce à l'utilisation d'une roue mécanique déroulant et fabriquant un tube PVC tout en épousant les formes de la conduite porteuse. En revanche, le Tubage par tuyau continu insérant une conduite de diamètre uniforme, l'application de cette technique nécessiterait de réhabiliter au préalable la forme de base de la conduite porteuse avant d'introduire le tube, ce qui semble délicat au vu de la vétusté de collecteur.

Le tableau comparatif récapitulant la comparaison des techniques en annexe

4.3. Etude de rentabilité des techniques de réhabilitation

Afin de justifier les coûts d'intervention mentionnés dans le tableau ci-dessus, il est nécessaire de prendre un peu de recul et d'analyser la rentabilité des variantes proposées.

Le problème principal concernant l'estimation des coûts et leur comparaison est de définir lequel de ses éléments sont à prendre en compte. Le second problème est le temps pendant lequel les coûts sont à considérer. Si l'objet de l'étude est de faire une comparaison entre les techniques d'ouverture ou non de tranchée, on va orienter notre étude vers des techniques sans tranchée.

L'étude technico-économique des variantes tend à montrer que le Tubage par enroulement hélicoïdal est la technique la mieux adaptée pour la réhabilitation du collecteur.

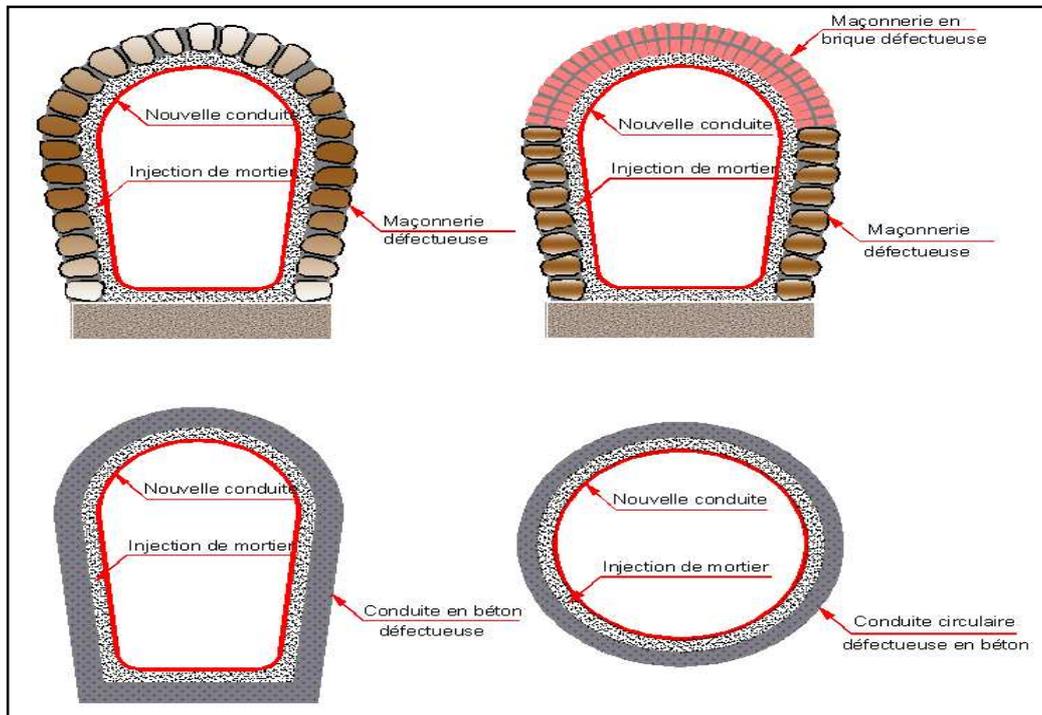


Figure V-12: Coupes de principe des ouvrages après rénovation par tubage par enroulement hélicoïdal

4.4. Caractéristiques de la technique de réhabilitation optimale

Le résultat de l'étude comparative des différentes variantes de réhabilitation ainsi que leurs coûts suggère que les méthodes de rénovation continue sont mieux adaptées aux besoins de certains tronçons de collecteur. Le Tubage par enroulement hélicoïdal est le type de rénovation continue retenue pour les tronçons dont l'état est le plus critique.

Comme expliqué dans le chapitre précédent, le Tubage par enroulement hélicoïdal est une technique permettant de fabriquer un tube neuf en PVC au sein de la conduite porteuse. La nouvelle conduite se fusionne à la conduite existante par injection de mortier dans l'espace annulaire. L'ensemble forme un ouvrage composite très résistant aux effets de charge, d'autant plus que le côté extérieur des bandes PVC sont renforcées par des nervures en acier afin de mieux supporter la pression extérieure.

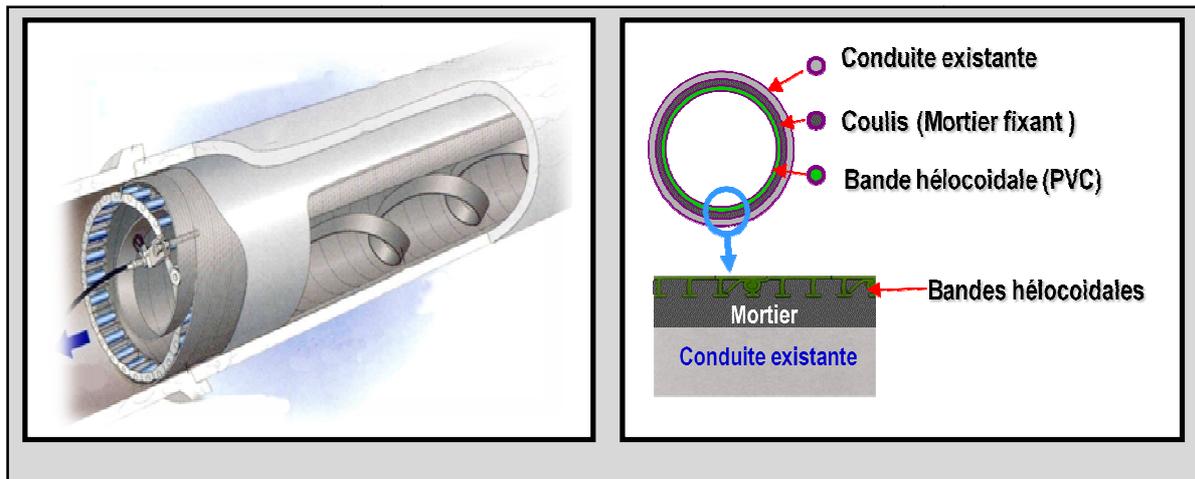


Figure V-13 : Principes du tubage par enroulement hélicoïdal

La surface intérieure du tube est très résistante aux attaques corrosives. Les essais expérimentaux montrent qu'une conduite réhabilitée par cette méthode a une durée de vie supérieure à 50 ans.

Il faut noter que l'application de cette technique implique un rétrécissement de la section, mais le rétrécissement est largement compensé par une vitesse d'écoulement plus importante. En effet, les parois du tube utilisent un enduit qui diminue significativement la rugosité des parois.

Le résultat obtenu est plus résistant à la corrosion et aux charges extérieures qu'une conduite neuve, et assure la parfaite imperméabilité de l'ouvrage grâce à l'absence de jointure. Un rappel des caractéristiques de cette technique :

- Faible répercussion sur le trafic et sur l'environnement local.
- Exécution des travaux sans interrompre l'écoulement des effluents.
- Section du tube modifiable suivant la forme de la conduite porteuse.
- Formation d'un ouvrage composite 1,5 fois plus résistant qu'une nouvelle buse en béton.
- Tube garantissant l'imperméabilité de l'ouvrage grâce à l'absence de jointure.
- Ouvrage résistant à la corrosion.
- L'intervention au moyen d'une roue mécanique ajustable permet de réhabiliter toutes les formes de conduites.



Figure V-14: Ajustement de la roue mécanique à la conduite porteuse

Dans le cas de conduite dont les défauts ne menacent pas la stabilité de l'ouvrage, une réparation ponctuelle et différenciée sera appliquée en fonction des caractéristiques du défaut rencontré, conformément aux spécifications du chapitre précédent.

4.5 Etapes des travaux

Le tubage par enroulement hélicoïdale requiert de suivre le déroulement suivant :

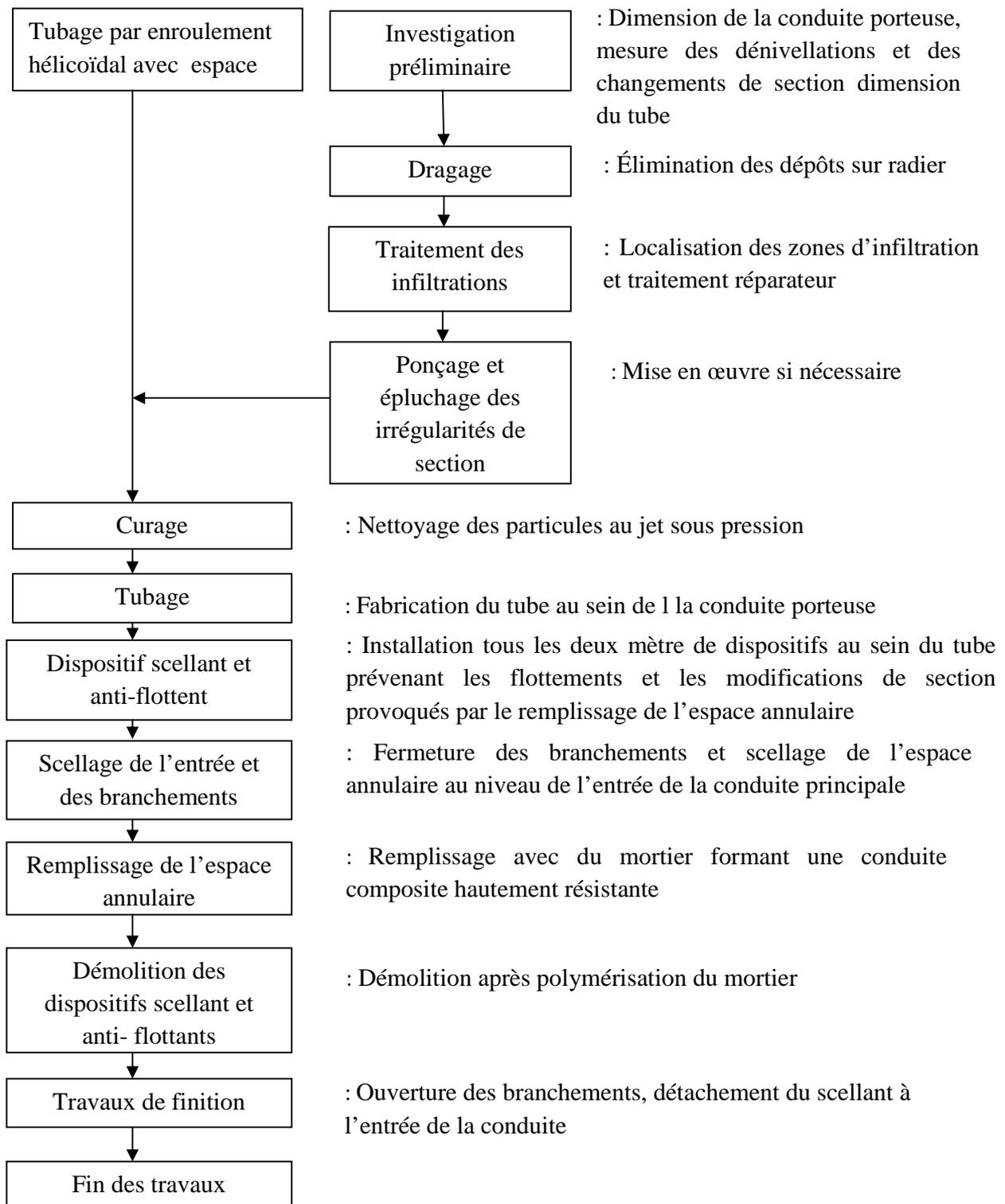


Figure V-15 : Diagramme des étapes par tubage par enroulement hélicoïdal

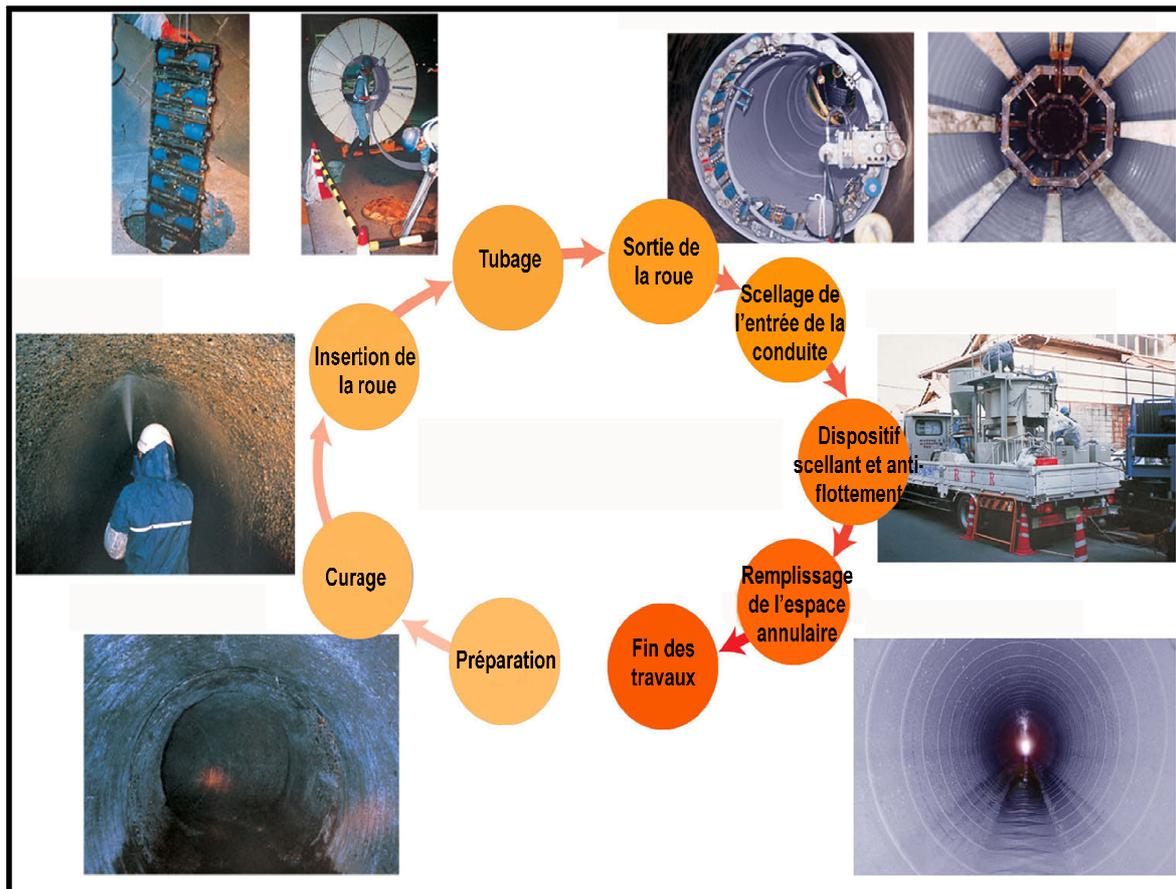


Figure V-16: Schéma des étapes des travaux par tubage par enroulement hélicoïdal

Il faut préciser que la fabrication du tube peut se faire depuis la surface à l'entrée d'un regard existant à l'aide d'un système automatisé, ou manuellement dans le cas de grande conduite au moyen de la roue mécanique et de la main d'œuvre de techniciens entraînés.

Tous les équipements nécessaires à l'exécution des travaux sont réunis dans un seul véhicule afin de simplifier le déroulement des opérations. L'impact des travaux sur l'environnement local est quasi nul d'autant plus que la durée des travaux est courte et que l'intervention ne nécessite pas d'interrompre les effluents.

Conclusion

Les techniques d'entretien ou de maintenance des collecteurs ne cherchent qu'à reprendre des défauts localisés tels que des infiltrations aux joints ou des casses ponctuelles. Il se produit souvent un phénomène de report des défauts à l'issue d'une réparation ponctuelle sur les éléments voisins de la zone traitée. Ce phénomène ne se produit pas avec les techniques de réhabilitation continue.

Il est donc très important dans une étude de réhabilitation de bien définir les objectifs du traitement. Si le but est de masquer une infiltration ponctuelle ou de traiter une casse ponctuelle, les techniques de maintenance (ou réparations ponctuelles) sont parfaitement adaptées. Si par contre le but est de remettre à neuf une canalisation, avec des essais d'étanchéité et une demande de garantie ou de longévité, les techniques de réhabilitation continue sont préférables.

Conclusion générale

Dans notre travail, l'établissement d'un diagnostic détaillé du collecteur de Oued Kniss existant a pour but d'identifier, d'analyser et d'interpréter les anomalies. On doit donc détailler les origines des dégradations observées afin de conclure la réhabilitation ou le remplacement à neuf de la canalisation. En effet, l'étude de faisabilité technique de la ou les solutions envisagées, a pour objectif de sélectionner le procédé de réhabilitation le plus approprié au cas étudié. L'analyse du contexte technique doit recenser les éléments qui peuvent influencer le type de travaux à entreprendre.

Le problème actuellement est de pouvoir établir de façon systématique des préconisations des travaux adaptées aux conclusions du diagnostic. En effet, pour un collecteur à réhabiliter, plusieurs solutions sont possibles.

La complexité d'un tel chantier s'étalant sur plusieurs années et comprenant différentes phases accentue l'importance d'une bonne organisation. Pour que les observations obtenus par l'étude comparative, il faut prendre connaissance des éléments existants et alors définir les meilleurs choix techniques qui seront approuvés.

Lorsque la réflexion sera plus avancée, il sera alors possible de s'orienter vers des choix techniques de réhabilitation précis.

Référence bibliographique

Aballeche, D. & Dahbi, M. (1996), Dimensionnement des collecteurs principaux et ouvrages annexe de la ville de Skikda. Mémoire de Fin d'étude de l'Ecole Nationale polytechnique d'Alger, 115 pages.

APD ; « Avant projet détaillé de Diagnostic et Réhabilitation des ancienne collecteurs», documentation de DRHEE (Direction des Ressources Hydrique en Eau).

Berland, J. (2004), (Fonds national pour le développement des adductions d'eau), documentation technique. www.siarl.fr/diagnostics.htm, 47 pages.

Bounader, E. (1998), Thèse pour obtenir le grade de Docteur, « Conduit de diagnostic, et évaluation des collecteurs des infrastructures urbaines », Formation doctorale: conception en bâtiment, et techniques urbaines, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 187 pages

Fall, B. (2006). «Plan directeur d'assainissement de la ZAC DE ZGUINCHOR», Conception et dimensionnement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et de collecte des eaux usées par COVADIS. Projet de Fin d'Etude, 80 pages.

RERAU ; Restructuration des collecteurs visitables « Guide technique Tome1 » éditeur, Lavoisier (2002), Paris, 152 pages.

Messid, I. (2009), « Conception du réseau pluvial de Ghardaïa » Mémoire de Fin d'Etude de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 102 pages.

Tourchi, F. (2008), Extension et réhabilitation du réseau d'assainissement de la ville de Tazoult (W-Batna). Projet de Fin d'Etude l'Ecole Nationale Supérieur Hydraulique de Blida, 209 pages.

Triantafillou, C. (1987) Thèse pour obtenir le grade de Docteur, « La dégradation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement France - Angleterre - Etats-Unis, Ecole Nationale des ponts et Chaussées –Université Paris Val de Marne, 612 pages.

Yahiaoui, F. (2000), Réhabilitation des réseaux d'assainissement visitable et non visitable, Mémoire de Fin d'Etude en France, 66 pages

Site Web

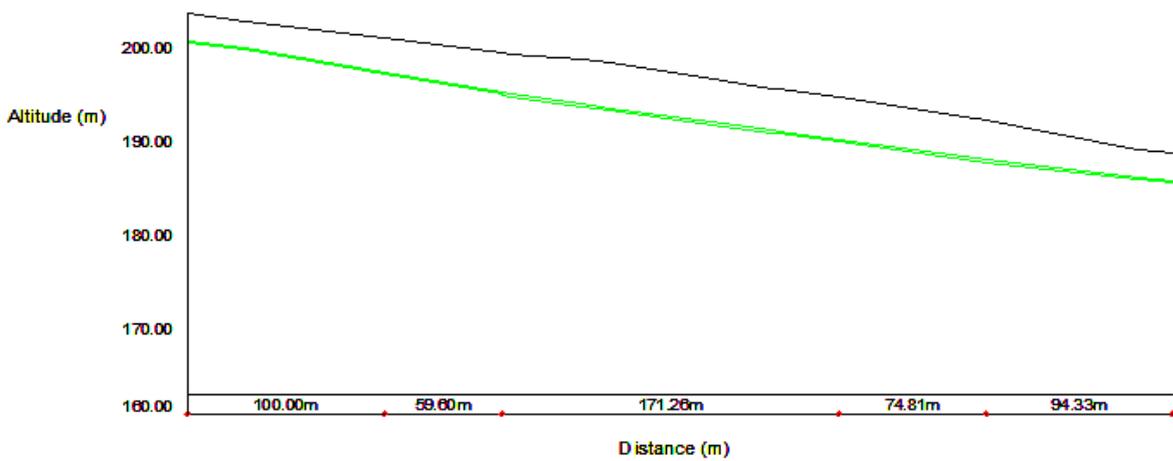
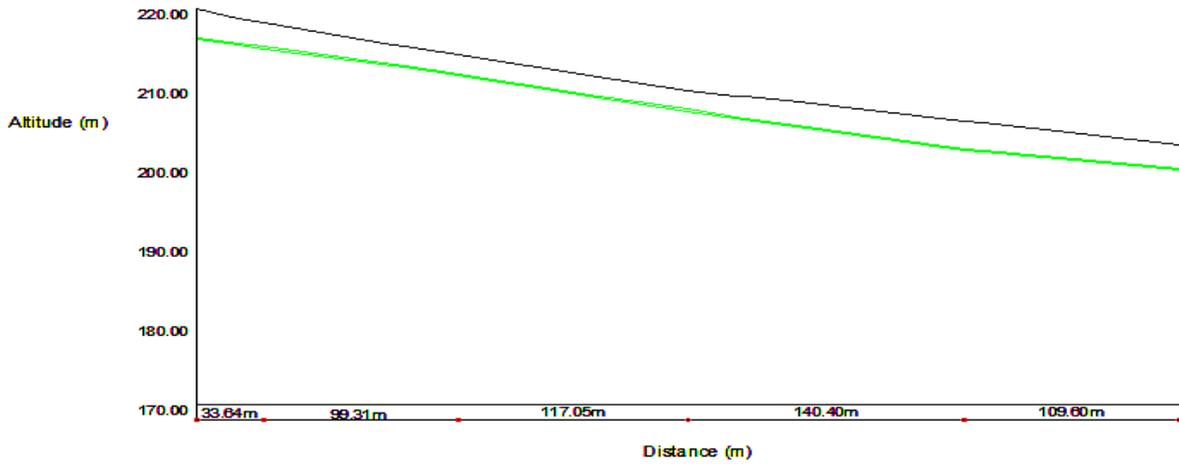
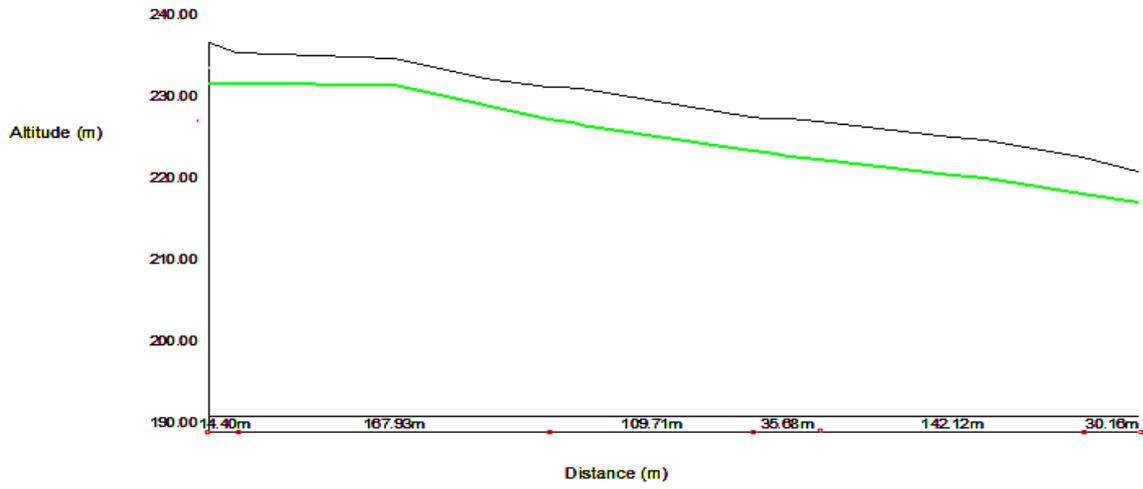
<http://www.sciences.univ>

[Technique de l'ingénieur.htm](#)

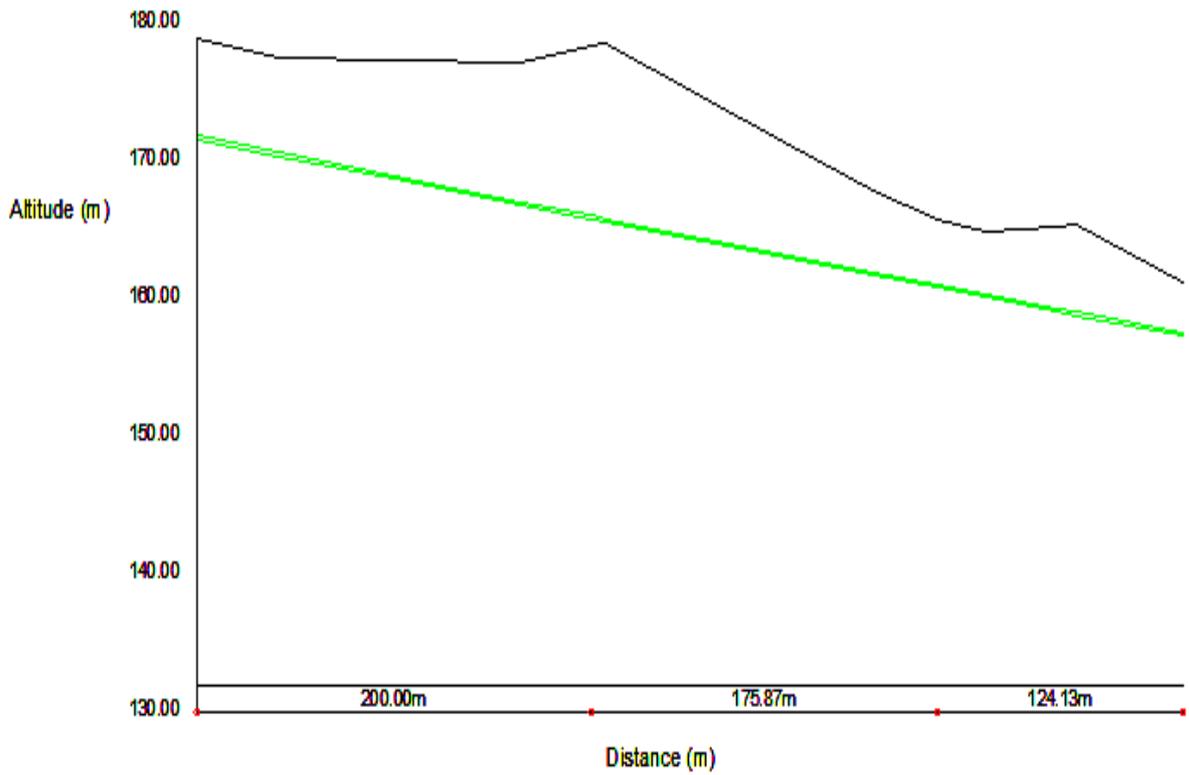
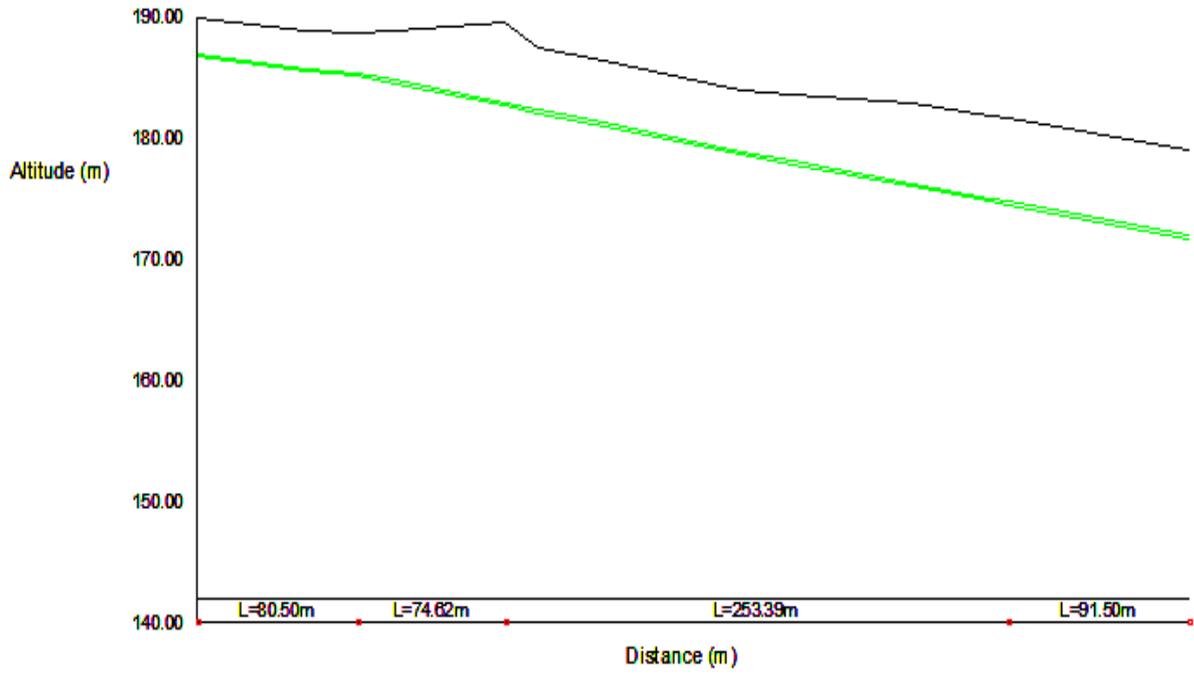
www.oieau.org

www.siarl.fr/diagnostics.htm

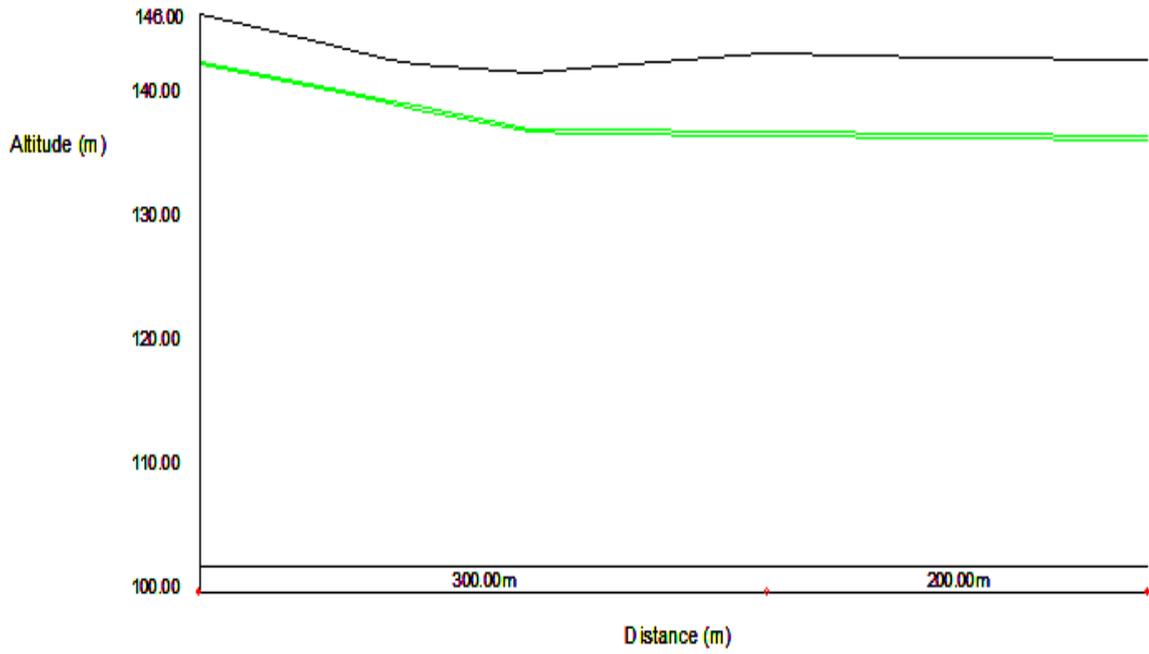
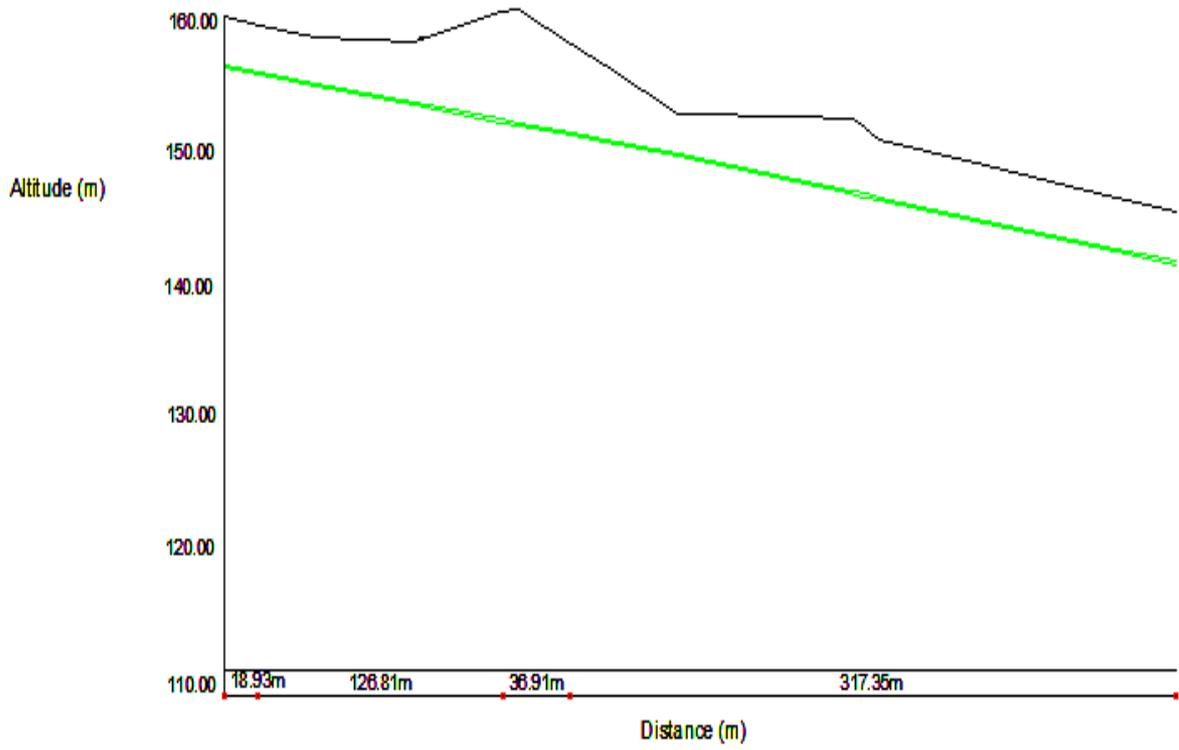
Annexes 0 1 : Profils en longdu collecteur(Oeud Kniss)



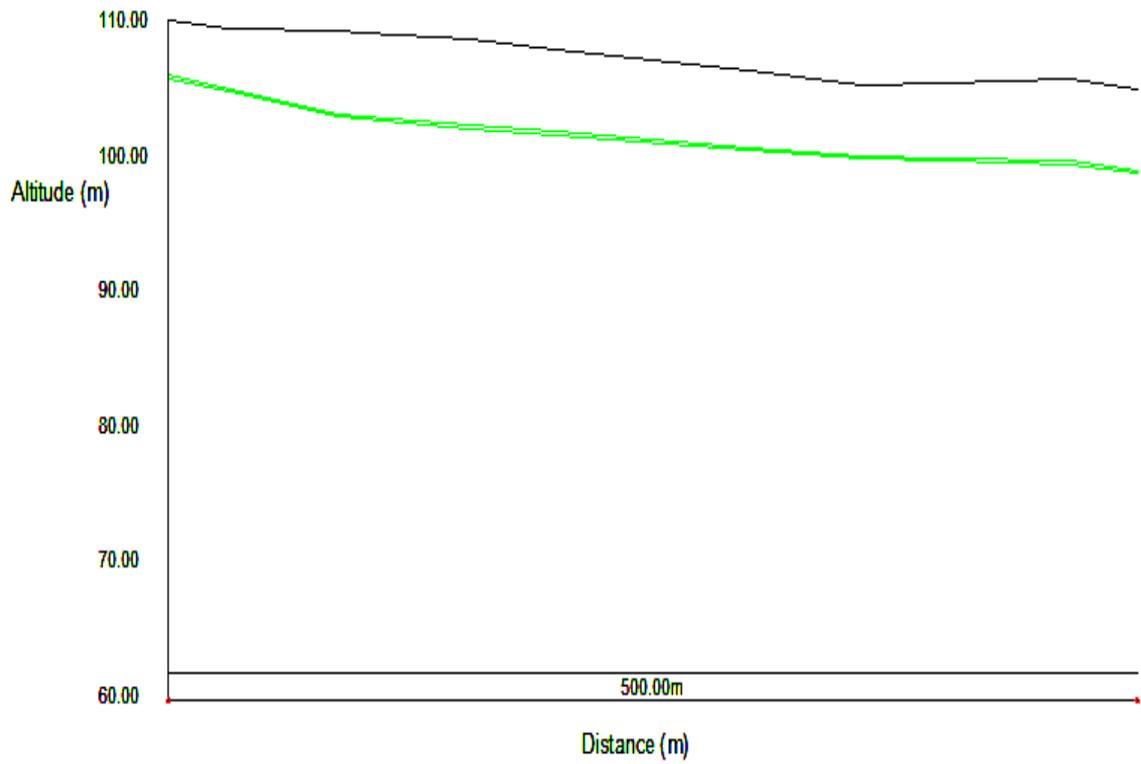
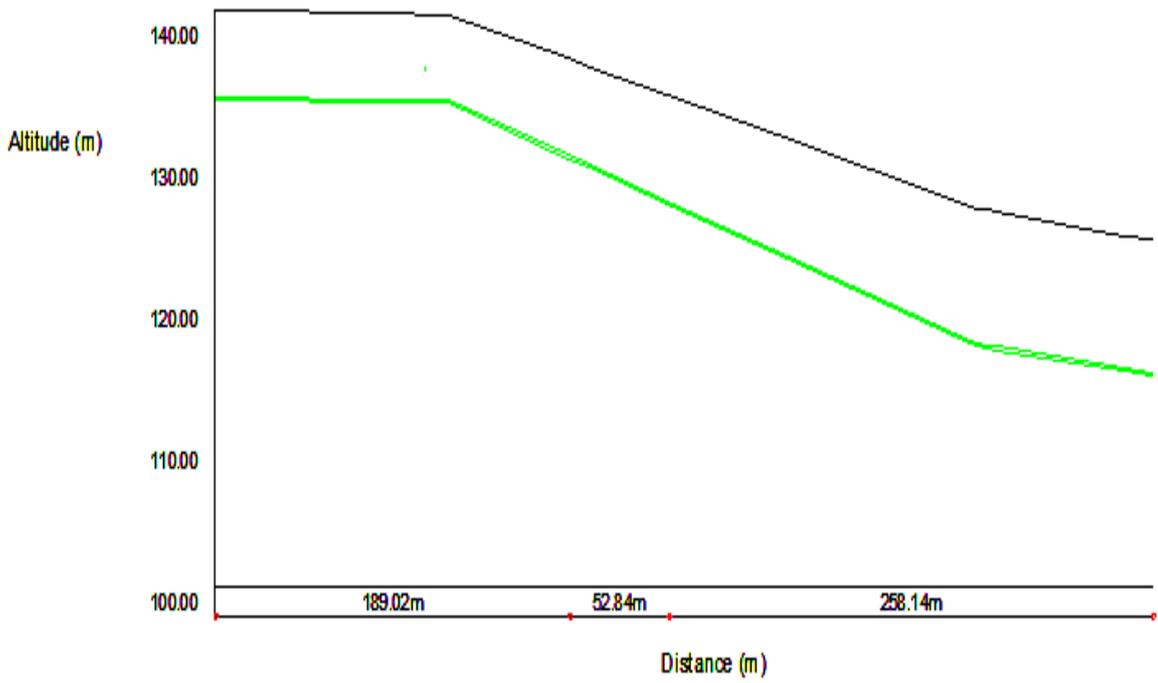
Annexe 01(suite) : Profils en long du collecteur (Oued kniss)



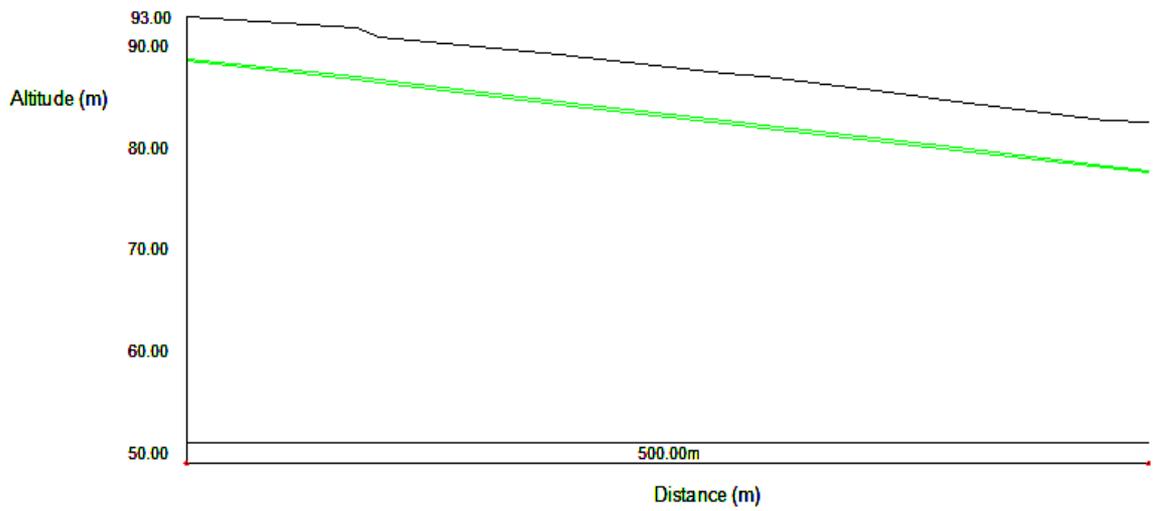
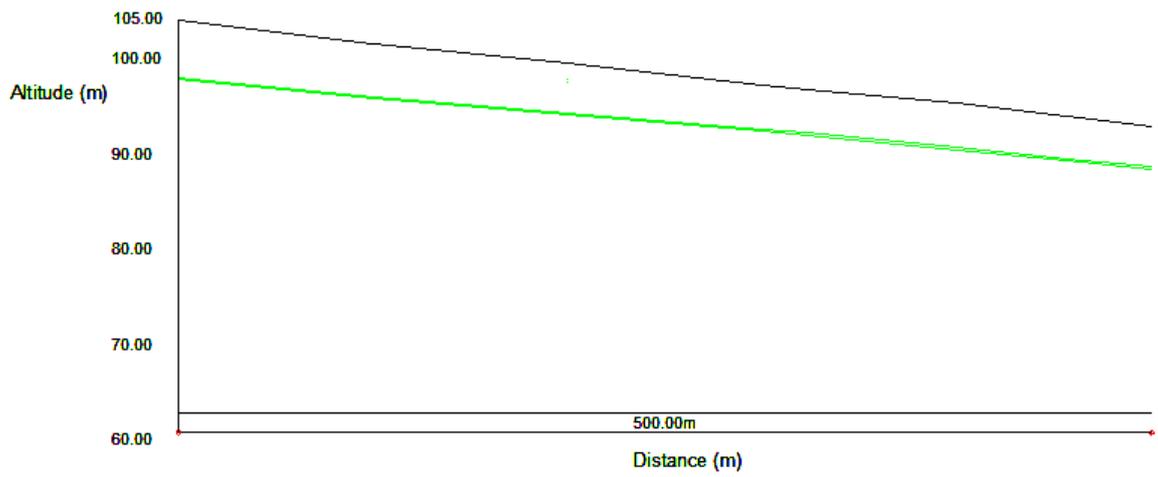
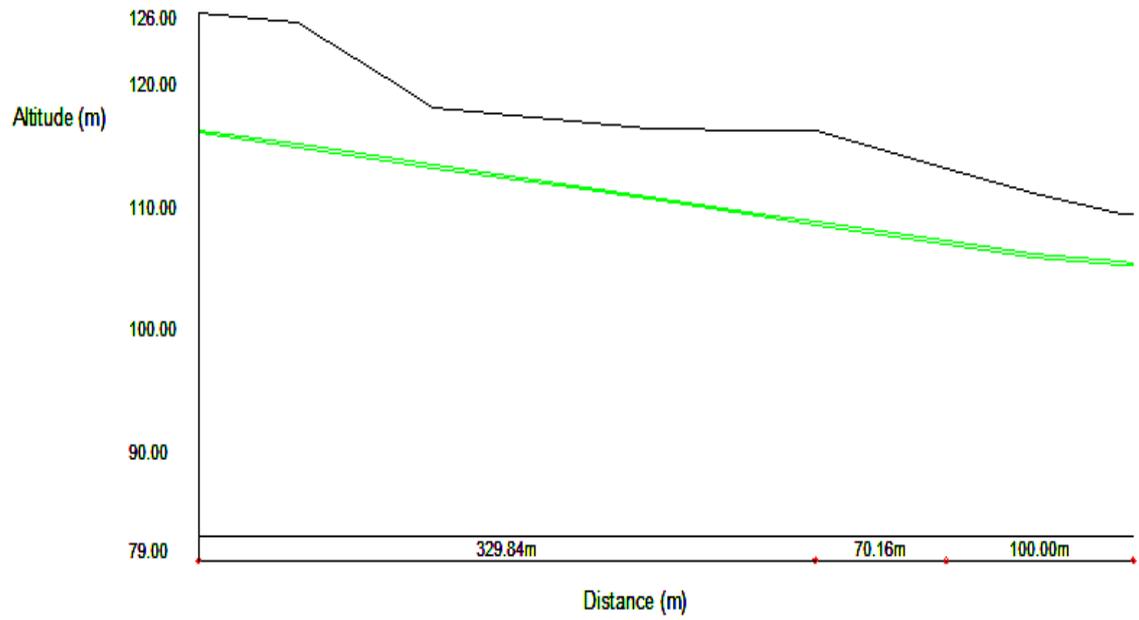
Annexe 01(suite) : Profils en long du collecteur (Oued Kniss)



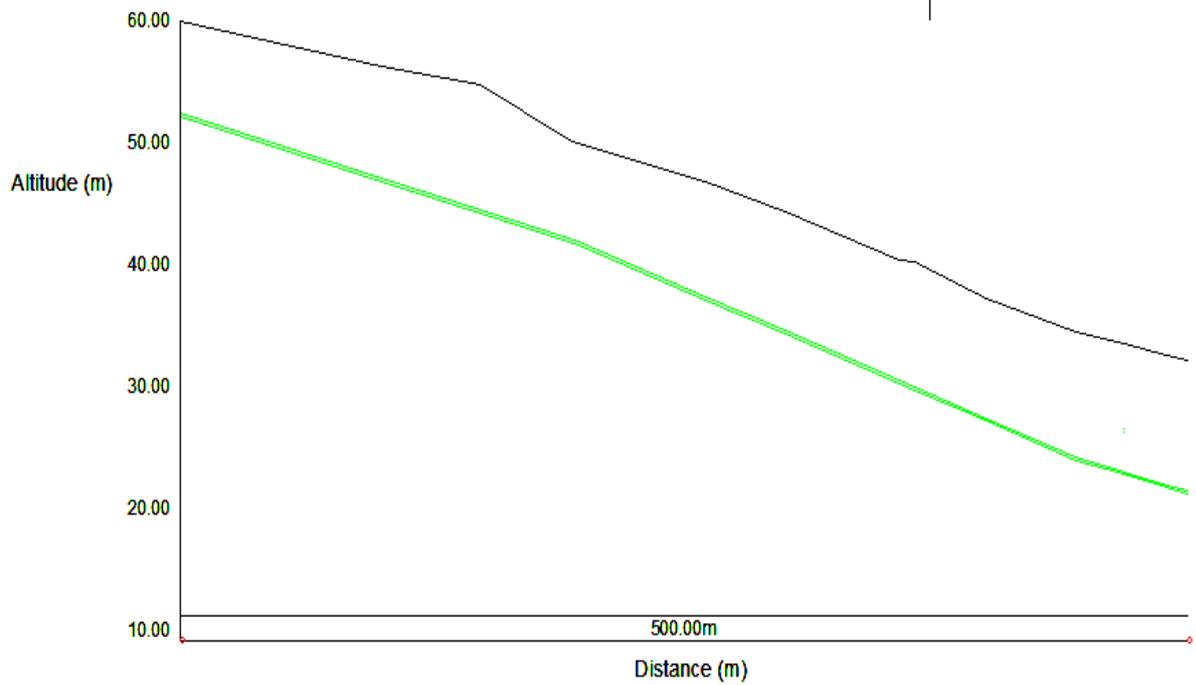
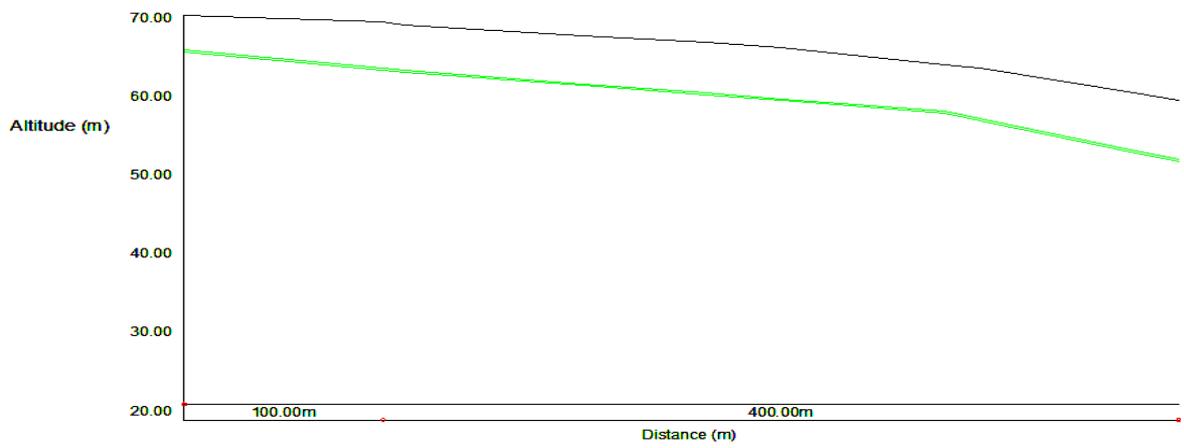
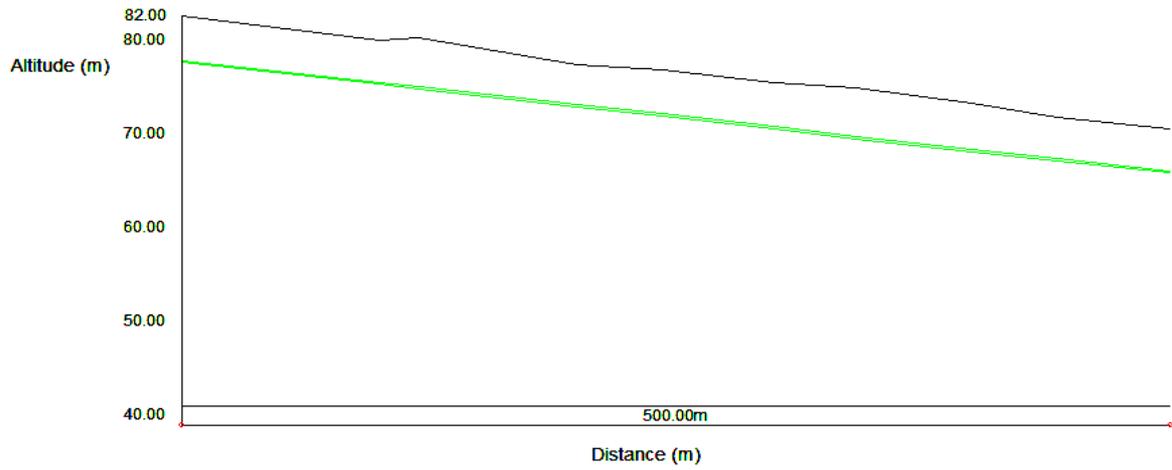
Annexes 01(suite) : Profils en long du collecteur (Oued Kniss)



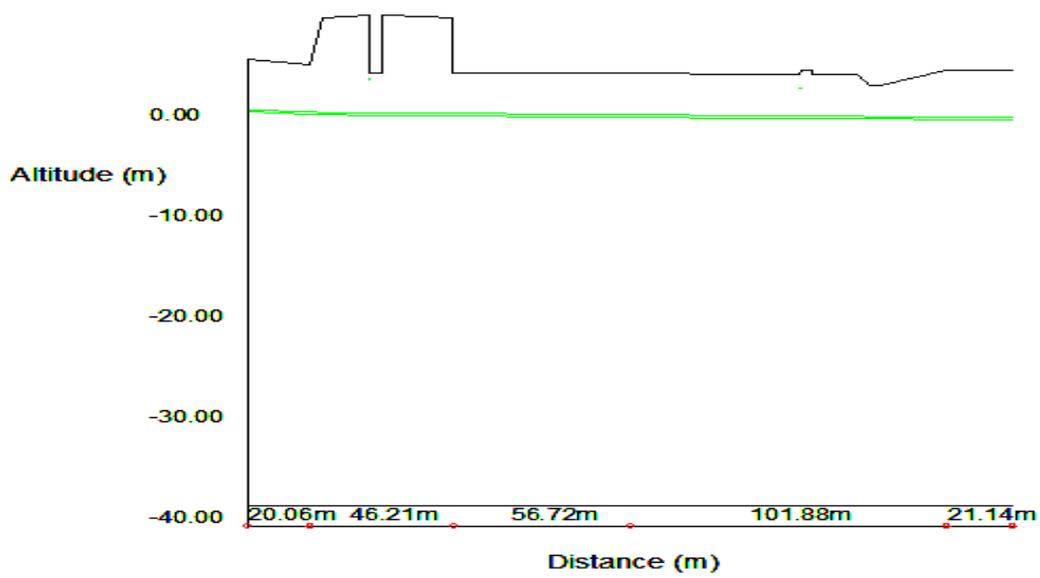
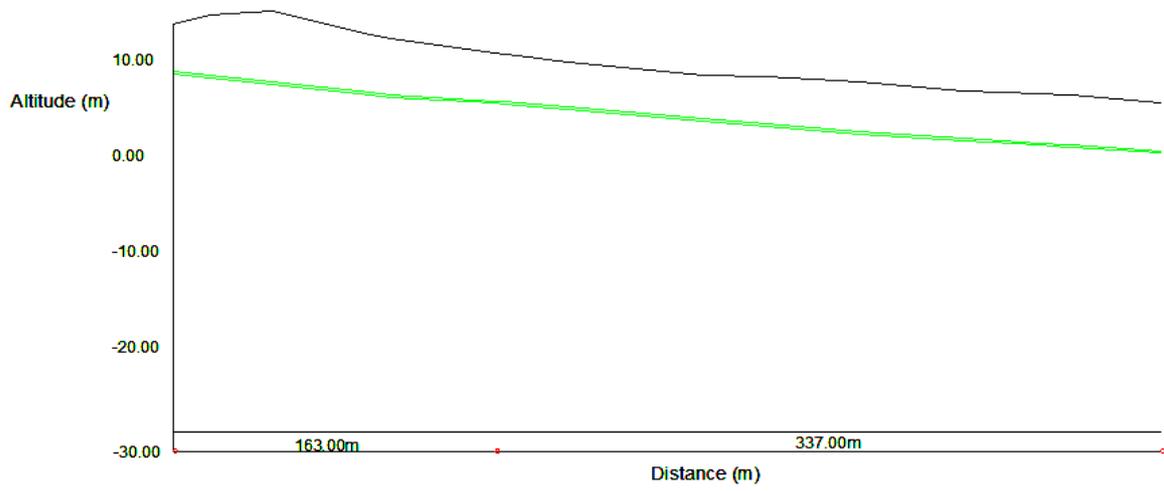
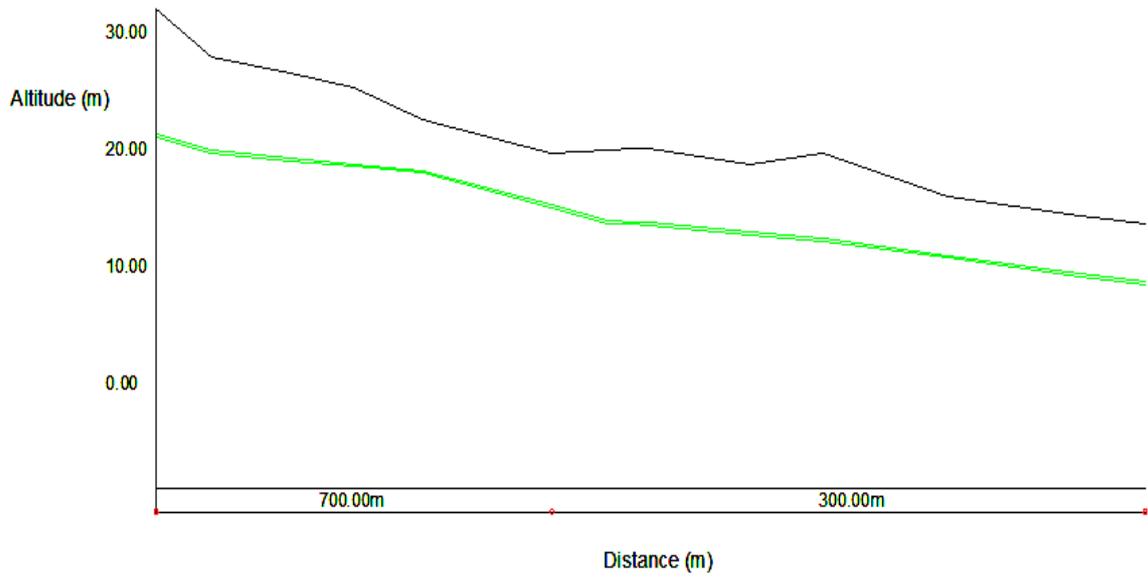
Annexes 01(suite) : Profils en long du collecteur (Oued Kniss)



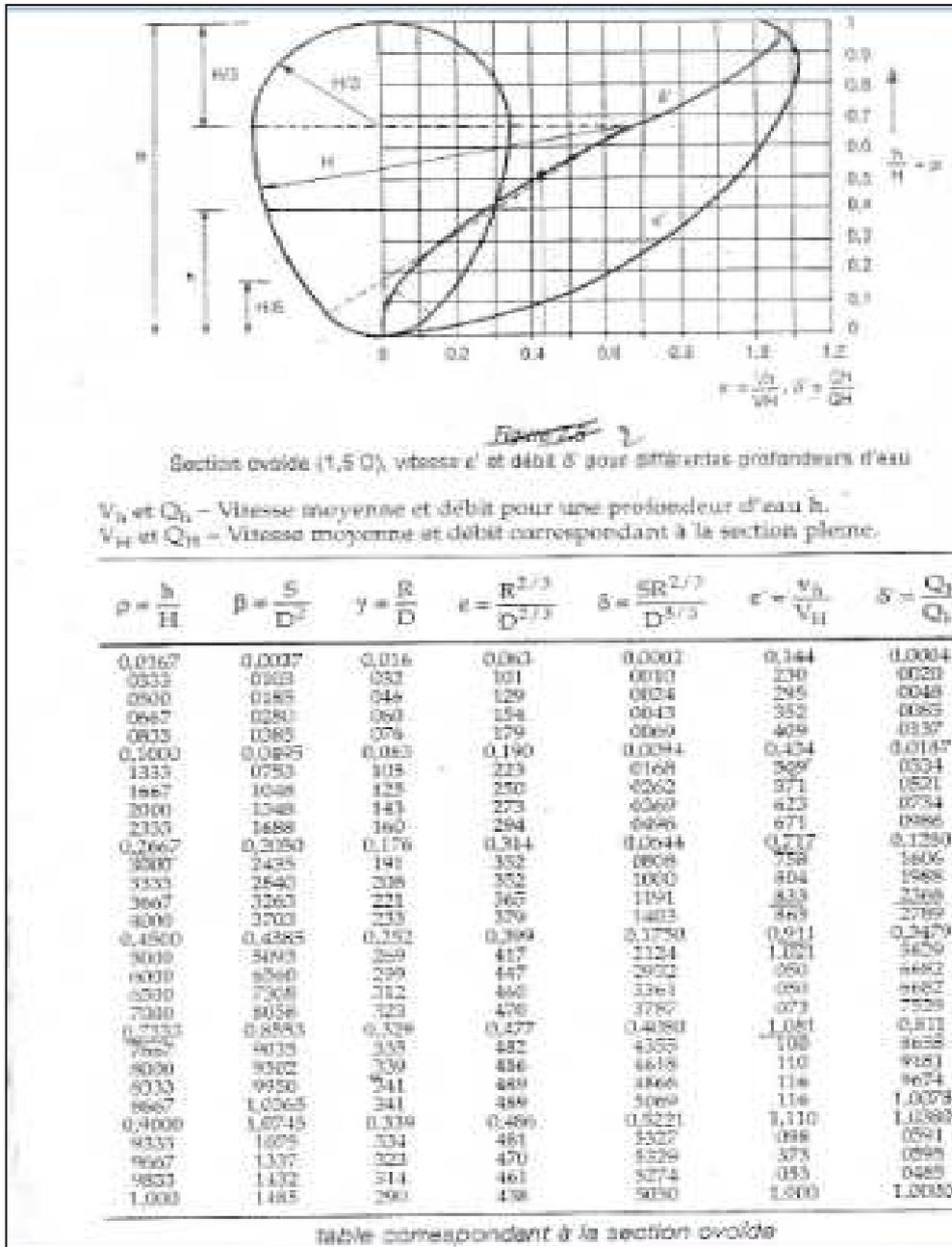
Annexes 01(suite) : Profils en long du collecteur (Oued Kniss)



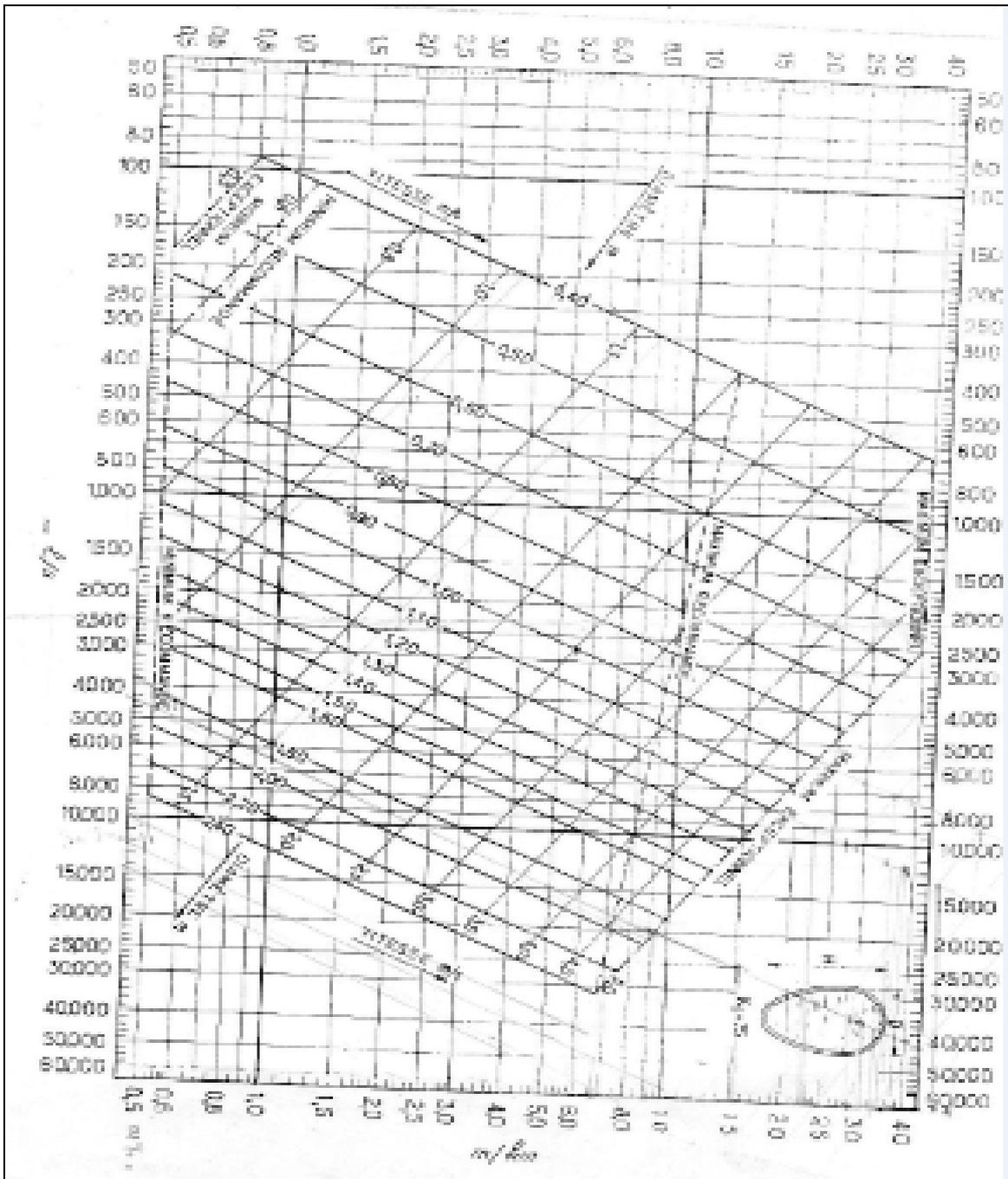
Annexes 01(suite) : Profils en long du collecteur (Oued Kniss)



Annexe 02 : Relation d'hydraulique pour différentes hauteur de remplissage dans le cas d'une canalisation ovoïde.



Annexe 03 : Courbe pour déterminer la vitesse à pleine section ed'une canalisation ovoïde



Annexes

Annexe 04 : Dimension de conduite principal tronçon (OK 54-55 OK79m-80)

Débits totale (m ³ /s)	Dimension de conduite (mm)		Pente (‰)	Vitesse a plaine section (m/s)	Débits à plaine section (m ³ /s)	Q/Q _p (%)	V (m/s)	H _r (m)
	H	B						
10,457	3500	2000	8,50	4,900	21	49,8%	4,8	1645
10,3998	3500	2000	8,00	4,850	20,5	50,7%	4,7	2625
10,3622	3500	2000	7,0	4,700	20,2	51,3%	4,6	2660
10,912	3500	2000	7,00	4,500	19	57,4%	4,5	1680
10,877	3500	2000	7,40	4,650	20,1	54,1%	4,6	1610
10,8372	3500	2000	7,00	4,500	19	57,0%	4,5	1635
10,9156	3500	2000	6,80	4,450	18,9	57,8%	4,4	1663
10,871	3500	2000	6,80	4,450	18,9	57,5%	4,4	2958
10,8368	3500	2000	6,50	4,400	18,8	57,6%	4,4	2961
10,8002	3500	2000	6,20	4,300	18	60,0%	4,4	1820
10,8508	3500	2000	5,80	4,250	17,2	63,1%	4,4	1848
10,7916	3500	2000	5,50	4,100	17	63,5%	4,2	1873
10,7454	3500	2000	5,50	4,100	17	63,2%	4,2	1852
10,8024	3500	2000	5,00	4,100	17	63,5%	4,2	1873
13,0556	3500	2000	5,00	4,100	17	76,8%	4,4	2520
13,0436	3500	2000	5,00	4,100	17	76,7%	4,4	2485
13,112	3500	2000	4,80	3,820	16,8	78,0%	4,1	2625
13,089	3500	2000	4,80	3,820	16,8	77,9%	4,1	2590
13,0872	3500	2000	4,80	3,820	16,8	77,9%	4,1	2590
13,0682	3500	2000	4,80	3,820	16,8	77,8%	4,1	2555
13,437	3500	2000	4,40	3,250	15,2	88,4%	3,4	2660
13,4292	3300	2000	4,40	3,250	15,2	88,4%	3,4	2508
13,4154	3300	2000	4,40	3,250	15,2	88,3%	3,4	2505
13,3464	3300	2000	4,20	3,600	15	89,0%	3,8	2515
13,3454	3300	2000	3,50	3,300	13,4	99,6%	3,7	2756
13,3088	3000	2000	3,50	3,300	13,4	99,3%	3,7	2505
13,3032	3000	2000	3,50	3,300	13,4	99,3%	3,7	2505
13,3032	3300	2000	3,50	3,300	13,4	99,3%	3,7	2756
13,4692	3300	2000	3,50	3,300	13,4	100,5%	3,7	2752
13,4674	2940	2000	3,50	3,300	13,4	100,5%	3,7	2452

Annexe 05 : Détermination du débit total

tronçon courant	tronçon suivant	la surface (ha)		les eaux usées				les eaux pluviales						Qtotal (m3/s)	
				Population		rejet des eaux usées (t/h/j)	Qeu (m3/s)	C, coefficient de ruissellement		Le temps de concentration t(min)			I intensité de la pluie (mm/h)		Qep (m3/s)
		courante	cumulée	densité (hab/ ha)	population (hab)			courant	moyen	t1	t2	t		Qeu+Qep	
OK-01 02	OK-02 03	31,3	31,3	37	1 157	200	0,0027	0,25	0,25	15,9	1,2	17,1	83,9	1,8221	1,8248
OK-02 03	OK-03 03a	-	31,3	37	1 157	200	0,0027	0,25	0,25		0,1	17,2	83,5	1,8126	1,8153
OK-03 03a	OK-03a 03b	18,0	49,3	37	1 823	200	0,0042	0,30	0,27		0,0	17,2	83,4	3,0636	3,0679
OK-03a 03b	OK-03b 04	-	49,3	37	1 823	200	0,0042	0,30	0,27		0,0	17,2	83,4	3,0615	3,0657
OK-03b 04	OK-04 05	-	49,3	37	1 823	200	0,0042	0,30	0,27		0,2	17,5	82,7	3,0348	3,0391
OK-04 05	OK-05 06	19,2	68,5	37	2 535	200	0,0059	0,30	0,28		0,2	17,7	82,0	4,3260	4,3318
OK-05 06	OK-06 07	-	68,5	37	2 535	200	0,0059	0,30	0,28		0,2	17,8	81,5	4,2984	4,3043
OK-06 07	OK-07 08	-	68,5	37	2 535	200	0,0059	0,30	0,28		0,1	18,0	81,0	4,2744	4,2802
OK-07 08	OK-08 09	38,4	106,9	37	3 954	200	0,0092	0,30	0,29		0,3	18,2	80,3	6,8003	6,8095
OK-08 09	OK-09 10	-	106,9	37	3 954	200	0,0092	0,30	0,29		0,0	18,2	80,3	6,7985	6,8076
OK-09 10	OK-10 11	-	106,9	37	3 954	200	0,0092	0,30	0,29		0,2	18,5	79,6	6,7430	6,7522
OK-10 11	OK-11 11c	32,0	138,9	37	5 138	200	0,0119	0,30	0,29		0,3	18,8	78,6	8,7567	8,7686
OK-11 11c	OK-11c 12	17,7	156,6	37	5 793	200	0,0134	0,30	0,29		0,2	19,1	77,9	9,8297	9,8431
OK-11c 12	OK-12 13	-	156,6	37	5 793	200	0,0134	0,30	0,29		0,0	19,1	77,9	9,8267	9,8401
OK-12 13	OK-13 14	-	156,6	37	5 793	200	0,0134	0,30	0,29		0,1	19,2	77,6	9,7915	9,8049
OK-13 14	OK-14 15	-	156,6	37	5 793	200	0,0134	0,30	0,29		0,2	19,3	77,2	9,7341	9,7475
OK-14 15	OK-15 16	-	156,6	37	5 793	200	0,0134	0,30	0,29		0,2	19,5	76,7	9,6760	9,6895
OK-15 16	OK-16 18	47,7	204,3	37	7 558	200	0,0175	0,30	0,29		0,1	19,6	76,4	12,667	12,6853
OK-16 18	OK-18 19	-	204,3	37	7 558	200	0,0175	0,30	0,29		0,1	19,8	76,0	12,608	12,6259
OK-18 19	OK-19 20	-	204,3	37	7 558	200	0,0175	0,30	0,29		0,1	19,8	75,9	12,584	12,6019
OK-19 20	OK-20 21	-	204,3	37	7 558	200	0,0175	0,30	0,29		0,1	20,0	75,5	12,526	12,5437
OK-20 21	OK-21 22	25,0	229,3	37	8 482	200	0,0196	0,30	0,29		0,2	20,1	75,1	14,025	14,0449
OK-21 22	OK-22 23	-	229,3	37	8 482	200	0,0196	0,15	0,29		0,1	20,3	74,8	13,963	13,9828
OK-22 23	OK-23 24	26,1	255,3	37	9 448	200	0,0219	0,15	0,28		0,3	20,5	74,1	14,640	14,6620
OK-23 24	OK-24 25	-	255,3	37	9 448	200	0,0219	0,15	0,28		0,2	20,7	73,6	14,545	14,5675
OK-24 25	OK-25 26	41,6	297,0	37	10 988	200	0,0254	0,15	0,26		0,1	20,8	73,5	15,787	15,8129
OK-25 26	OK-26 27	-	297,0	37	10 988	200	0,0254	0,15	0,26		0,2	21,0	72,9	15,676	15,7019
OK-26 27	OK-27 28	-	297,0	37	10 988	200	0,0254	0,15	0,26		0,1	21,2	72,6	15,601	15,6274
OK-27 28	OK-28 29	-	297,0	37	10 988	200	0,0254	0,15	0,26		0,0	21,2	72,6	15,593	15,6194
OK-28 29	OK-29 30	-	297,0	37	10 988	200	0,0254	0,15	0,26		0,2	21,4	72,2	15,511	15,5370
OK-29 30	OK-30 31	52,2	349,2	37	12 921	200	0,0299	0,15	0,24		0,1	21,5	71,9	17,014	17,0441
OK-30 31	OK-31 32	-	349,2	37	12 921	200	0,0299	0,15	0,24		0,1	21,6	71,6	16,949	16,9796
OK-31 32	OK-32 32d	-	349,2	37	12 921	200	0,0299	0,15	0,24		0,1	21,7	71,4	16,890	16,9206
OK-32 32d	OK-32d	7,0	356,2	37	13 181	200	0,0305	0,15	0,24		0,0	21,7	71,4	17,098	17,1292

Annexe 05(suite) : Détermination du débit total

le tronçon courant	le tronçon suivant	la surface (ha)		les eaux usées				les eaux pluviales					Qtotale (m3/s)		
				Population		rejet des eaux usées par (l/h/j)	Qeu (m3/s)	C, coefficient de ruissellement		temps de concentration t (min)			I intensité de la pluie (mm/hr)	Qep (m3/s)	
		courante	cumulée	densité (hab/ ha)	population (hab)			courant	moyen	t1	t2	t			Qeu+Qep
OK-32d	OK-32e	-	356,2	37	13 181	200	0,0305	0,15	0,24		0,0	21,7	71,3	17,0940	17,1245
OK-32e 32f	OK-32f	-	356,2	37	13 181	200	0,0305	0,15	0,24		0,0	21,7	71,3	17,0887	17,1192
OK-32f 33	OK-33 34	-	356,2	37	13 181	200	0,0305	0,15	0,24		0,2	21,9	70,9	16,9882	17,0187
OK-33 34	OK-34 35	-	356,2	37	13 181	200	0,0305	0,15	0,24		0,2	22,1	70,6	16,9093	16,9398
OK-34 35	OK-35	-	356,2	37	13 181	200	0,0305	0,15	0,24		0,1	22,1	70,4	16,8735	16,9040
OK-35 35-1	OK-35-1	-	356,2	37	13 181	200	0,0305	0,15	0,24		0,1	22,2	70,2	16,8262	16,8567
OK-35-1 36	OK-36 37	32,3	388,5	37	14 375	200	0,0333	0,15	0,23		0,3	22,6	69,5	17,5863	17,6196
OK-36 37	OK-37 38	-	388,5	37	14 375	200	0,0333	0,15	0,23		0,2	22,8	69,1	17,4757	17,5089
OK-37 38	OK-38 39	-	388,5	37	14 375	200	0,0333	0,15	0,23		0,4	23,2	68,3	17,2908	17,3241
OK-38 39	OK-39	12,8	401,3	37	14 847	200	0,0344	0,15	0,23		0,2	23,3	68,0	17,5668	17,6012
OK-39 39g	OK-39g	-	401,3	37	14 847	200	0,0344	0,40	0,23		0,1	23,4	67,8	17,5215	17,5558
OK-39g	OK-39h	-	401,3	37	14 847	200	0,0344	0,40	0,23		0,0	23,4	67,8	17,5105	17,5449
OK-39h 39-	OK 39-1	-	401,3	37	14 847	200	0,0344	0,40	0,23		0,0	23,5	67,7	17,5035	17,5379
OK 39-1 40	OK-40 40i	5,3	406,6	37	15 043	200	0,0348	0,40	0,23		0,3	23,8	67,2	17,7528	17,7876
OK-40 40i	OK-40i 41	20,5	427,0	37	15 799	200	0,0366	0,40	0,24		0,0	23,8	67,1	19,2697	19,3063
OK-40i 41	OK-41 42	-	427,0	37	15 799	200	0,0366	0,40	0,24		0,1	23,9	67,0	19,2180	19,2546
OK-41 42	OK-42 43	-	427,0	37	15 799	200	0,0366	0,40	0,24		0,1	24,0	66,8	19,1666	19,2031
OK-42 43	OK-43 44	-	427,0	37	15 799	200	0,0366	0,40	0,24		0,1	24,1	66,6	19,1117	19,1483
OK-43 44	OK-44 45	-	427,0	37	15 799	200	0,0366	0,40	0,24		0,2	24,2	66,3	19,0260	19,0625
OK-44 45	OK-45 46	21,7	448,7	37	16 602	200	0,0384	0,40	0,25		0,3	24,5	65,8	20,4627	20,5012
OK-45 46	OK-46 47	-	448,7	37	16 602	200	0,0384	0,40	0,25		0,1	24,6	65,6	20,4121	20,4506
OK-46 47	OK-47	-	448,7	37	16 602	200	0,0384	0,40	0,25		0,0	24,6	65,6	20,4066	20,4450
OK-47 47-1	OK-47-1	13,3	462,0	37	17 093	200	0,0396	0,50	0,26		0,0	24,6	65,5	21,5934	21,6330
OK-47-1 48	OK-48 49	305,5	767,5	37	28 398	200	0,0657	0,50	0,35		0,1	24,7	65,4	49,3151	49,3808
OK-48 49	OK-49 50	-	767,5	37	28 398	200	0,0657	0,50	0,35		0,1	24,8	65,2	49,1360	49,2018
OK-49 50	OK-50 51	-	767,5	37	28 398	200	0,0657	0,50	0,35		0,4	25,2	64,5	48,6106	48,6764
OK-50 51	OK-51 52	14,0	781,5	37	28 914	200	0,0669	0,50	0,36		0,3	25,5	64,0	49,4984	49,5654
OK-51 52	OK-52 53	-	781,5	37	28 914	200	0,0669	0,50	0,36		0,2	25,7	63,7	49,2189	49,2859
OK-52 53	OK-53 54	-	781,5	37	28 914	200	0,0669	0,50	0,36		0,2	25,9	63,4	49,0133	49,0802
OK-53 54	OK-54 55	-	781,5	37	28 914	200	0,0669	0,50	0,36		0,2	26,1	63,1	48,7599	48,8268
OK-54 55	OK-55 56	48,8	830,2	37	30 719	200	0,0711	0,50	0,36		0,2	26,3	62,7	52,7660	52,8371
OK-55 56	OK-56 57	-	830,2	37	30 719	200	0,0711	0,50	0,36		0,2	26,5	62,4	52,5031	52,5742
OK-56 57	OK-57 58	-	830,2	37	30 719	200	0,0711	0,50	0,36		0,1	26,6	62,2	52,3096	52,3807
OK-57 58	OK-58 59	34,1	864,3	37	31 980	200	0,0740	0,50	0,37		0,1	26,8	62,0	55,0835	55,1575
OK-58 59	OK-59 60	-	864,3	37	31 980	200	0,0740	0,50	0,37		0,1	26,9	61,8	54,9035	54,9775
OK-59 60	OK-60 61	-	864,3	37	31 980	200	0,0740	0,50	0,37		0,1	27,0	61,6	54,6987	54,7727
OK-60 61	OK-61 62	19,2	883,6	37	32 692	200	0,0757	0,20	0,37		0,2	27,2	61,3	55,0894	55,1651

Annexe 05(suite) : Détermination du débit total

le tronçon courant	le tronçon suivant	la surface (ha)		les eaux usées				les eaux pluviales					Qtotal (m3/s)		
				Population		rejet des eaux usées (l/h/j)	Qeu (m3/s)	C, coefficient de ruissellement		Le temps de concentration t (min)				I intensité de la pluie (mm/h)r	Qep (m3/s)
		courante	cumulée	densité (hab/)	population (habitant)			courant	moyen	t1	t2	t	Qeu+Qep		
OK-61 62	OK-62 63	-	883,6	37	32 692	200	0,0757	0,20	0,37		0,2	27,4	61,0	54,8603	54,9360
OK-62 63	OK-63 64	-	883,6	37	32 692	200	0,0757	0,20	0,37		0,1	27,5	60,8	54,6841	54,7598
OK-63 64	OK-64 65	-	883,6	37	32 692	200	0,0757	0,20	0,37		0,1	27,7	60,6	54,4971	54,5728
OK-64 65	OK-65 66	16,6	900,2	37	33 306	200	0,0771	0,20	0,36		0,2	27,9	60,3	54,7457	54,8228
OK-65 66	OK-66 67	-	900,2	37	33 306	200	0,0771	0,20	0,36		0,2	28,1	59,9	54,4427	54,5198
OK-66 67	OK-67 68	-	900,2	37	33 306	200	0,0771	0,20	0,36		0,2	28,3	59,7	54,2055	54,2826
OK-67 68	OK-68 69	12,1	912,3	37	33 755	200	0,0781	0,20	0,36		0,1	28,4	59,6	54,4908	54,5689
OK-68 69	OK-69 70	140,3	1	37	38 947	200	0,0902	0,50	0,38		0,2	28,6	59,3	65,8576	65,9477
OK-69 70	OK-70 71	-	1	37	38 947	200	0,0902	0,20	0,38		0,0	28,6	59,3	65,7952	65,8854
OK-70 71	OK-71 72	12,9	1	37	39 426	200	0,0913	0,20	0,38		0,1	28,7	59,2	66,1390	66,2303
OK-71 72	OK-72 73	-	1	37	39 426	200	0,0913	0,20	0,38		0,1	28,7	59,1	66,0211	66,1124
OK-72 73	OK-73 74	-	1	37	39 426	200	0,0913	0,50	0,38		0,0	28,7	59,1	66,0115	66,1028
OK-73 74	OK-74 74j	-	1	37	39 426	200	0,0913	0,50	0,38		0,1	28,8	59,0	65,9140	66,0053
OK-74 74j	OK-74j74h	23,2	1	37	40 285	200	0,0933	0,50	0,38		0,0	28,8	59,0	67,7746	67,8678
OK-74j 74h	OK-74h75	-	1	37	40 285	200	0,0933	0,50	0,38		0,0	28,9	58,9	67,7351	67,8283
OK-74h 75	OK-75 76	-	1	37	40 285	200	0,0933	0,50	0,38		0,0	28,9	58,9	67,6893	67,7826
OK-75 76	OK-76 76k	-	1	37	40 285	200	0,0933	0,50	0,38		0,1	29,0	58,7	67,4611	67,5543
OK-76 76k	OK-76k 78	-	1	37	40 285	200	0,0933	0,50	0,38		0,0	29,0	58,7	67,4574	67,5507
OK-76k 78	OK-7878m	-	1	37	40 285	200	0,0933	0,50	0,38		0,1	29,1	58,6	67,3354	67,4286
OK-78 78m	OK-78m79	-	1	37	40 285	200	0,0933	0,40	0,38		0,0	29,1	58,6	67,3170	67,4102
OK-78m 79	OK-79 79n	-	1	37	40 285	200	0,0933	0,40	0,38		0,0	29,1	58,6	67,3170	67,4102
OK-79 79n	OK-79n79m	13,0	1	37	40 766	200	0,0944	0,40	0,38		0,0	29,1	58,6	68,1588	68,2532
OK-79n79m	OK-79m 80	-	1	37	40 766	200	0,0944	0,40	0,38		0,0	29,1	58,6	68,1513	68,2457
OK-79m 80	OK-80 81	-	1	37	40 766	200	0,0944	0,40	0,38		0,1	29,3	58,4	67,9327	68,0270
OK-80 81	OK-81 81p	-	1	37	40 766	200	0,0944	0,40	0,38		0,1	29,4	58,2	67,7100	67,8043
OK-81 81p	OK-81p 81q	-	1	37	40 766	200	0,0944	0,40	0,38		0,0	29,4	58,2	67,6763	33,9325
OK-81p	OK-81q 82	-	1	37	40 766	200	0,0944	0,40	0,38		0,0	29,5	58,1	67,6285	33,9086
OK-81q 82	OK-82 83	-	1	37	40 766	200	0,0944	0,40	0,38		0,0	29,5	58,1	67,5758	33,8823
OK-82 83	OK-83 84	-	1	37	40 766	200	0,0944	0,40	0,38		0,1	29,6	58,0	67,4748	33,8318
OK-83 84	OK-84 85	-	1	37	40 766	200	0,0944	0,40	0,38		0,1	29,6	57,9	67,3519	33,7703
OK-84 85	OK-85 86	13,6	1	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,1	29,8	57,7	68,0262	34,1086
OK-85 86	OK-86 86r	-	1	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,1	29,9	57,6	67,8765	34,0338
OK-86 86r	OK-86r 86s	-	1	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,1	30,0	57,4	67,6797	33,9354
OK-86r 86s	OK-86s 88	-	1	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,0	30,0	57,4	67,6326	33,9118
OK-86s 88	OK-88 89	-	1	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,0	30,0	57,4	67,6282	33,9096
OK-88 89	OK-89 89t	-	1	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,1	30,1	57,2	67,4887	33,8399
OK-89 89t	OK-89t 89u	-	1	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,1	30,2	57,2	67,3924	33,7918
OK-89t 89u	OK-89u 89v	-	1 115,4	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,1	30,3	57,1	67,2831	33,7371
OK-89u 89v	OK-89v 89w	-	1 115,4	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,2	30,5	56,8	66,9970	33,5940
OK-89v 89w	OK-89w 89x	-	1 115,4	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,0	30,5	56,8	66,9380	33,5645
OK-89w 89x	OK-89x 89y	-	1 115,4	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,0	30,5	56,7	66,8948	33,5430
OK-89x 89y	OK-89y 89z	-	1 115,4	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,1	30,6	56,6	66,7307	33,4609
OK-89y 89z	OK-89z 91	-	1 115,4	37	41 270	200	0,0955	0,40	0,38		0,2	30,9	56,3	66,4195	33,3053
OK-89z 91	OK- 91 92	2,0	1 117,4	37	41 344	200	0,0957	0,10	0,38		0,0	30,9	56,3	66,4275	33,3095
OK- 91 92	OK-92 92za	-	1 117,4	37	41 344	200	0,0957	0,10	0,38		0,1	31,0	56,2	66,2395	33,2155
OK-92 92za	décharge	6,5	1 123,9	37	41 584	200	0,0963	0,10	0,38		0,1	31,1	56,1	66,2475	33,2200

Annexe 06 : Calcul hydraulique

le tronçon courant	le tronçon suivant	Qtotal (m3/s)	calcul hydraulique										Matériau de construction
			Les dimensions de la section (mm)		la longueur du tronçon (m)	la pente (‰)	La vitesse à pleine section (m/s)	Qp débit à pleine section (m3/s)	Ra (%)	Rh (%)	v (m/s)	Hr (mm)	
			H	B									
OK-01 02	OK-02 03	1,8248	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		100,0	1,00	1,20	1,90	95,2%	82	1,26	2003	Béton
OK-02 03	OK-03 03a	1,8153	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		82,3	52,10	8,85	8,50	21,2%	34	5,84	612	Béton
OK-03 03a	OK-03a 03b	3,0679	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		5,7	52,10	8,85	8,50	35,8%	46	6,75	828	Béton
OK-03a 03b	OK-03b 04	3,0657	Cadre (1.95X1.50)		10,6	34,54	9,78	28,62	10,6%	25	5,60	487	Béton
OK-03b 04	OK-04 05	3,0391	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		113,5	34,54	7,90	11,50	26,2%	34	5,77	612	Béton
OK-04 05	OK-05 06	4,3251	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		105,4	25,81	6,80	10,00	42,8%	43	5,59	774	Béton
OK-05 06	OK-06 07	4,2921	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		103,5	35,47	8,10	11,60	36,6%	46	6,32	828	Béton
OK-06 07	OK-07 08	4,2635	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		89,2	33,74	7,60	11,10	38,0%	47	6,19	844	Béton
OK-07 08	OK-08 09	6,7702	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		163,9	38,01	8,30	11,90	56,2%	49	7,13	873	Béton
OK-08 09	OK-09 10	6,7684	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		4,3	46,78	9,10	13,00	51,5%	47	7,75	846	Béton
OK-09 10	OK-10 11	6,7137	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		112,1	34,33	6,90	7,80	84,9%	74	6,83	1328	Béton
OK-10 11	OK-11 11c	8,7196	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		139,2	22,84	6,00	8,60	99,9%	83	6,01	1499	Béton
OK-11 11c	OK-11c 12	9,7888	Ovoïde (1.80X1.20 (0.80))		130,0	37,10	8,10	11,70	82,4%	74	7,52	1323	Béton
OK-11c 12	OK-12 13	9,7859	Ovoïde (2.10X1.20 (0.90))		4,8	37,10	8,10	11,70	82,4%	74	7,60	1543	Béton
OK-12 13	OK-13 14	9,7511	Ovoïde (2.10X1.20 (0.90))		50,3	29,01	7,05	10,20	94,1%	83	6,85	1738	Béton
OK-13 14	OK-14 15	9,6945	Ovoïde (2.10X1.20 (0.90))		82,9	29,01	7,05	10,20	93,5%	83	6,85	1734	Béton
OK-14 15	OK-15 16	9,6372	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))		108,0	29,01	7,05	10,20	92,7%	83	7,18	2021	Béton
OK-15 16	OK-16 18	12,6173	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))		76,7	24,51	8,30	31,00	39,9%	46	7,24	1117	Béton
OK-16 18	OK-18 19	12,5587	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))		72,6	20,65	7,80	28,00	44,0%	46	6,79	1129	Béton
OK-18 19	OK-19 20	12,5350	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))		25,5	15,30	6,90	24,90	49,3%	16	6,05	402	Béton
OK-19 20	OK-20 21	12,4776	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))		91,8	33,31	9,70	38,00	32,2%	13	8,10	318	Béton
OK-20 21	OK-21 22	13,9714	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))		102,5	33,31	9,70	38,00	36,0%	14	8,34	331	Béton
OK-21 22	OK-22 23	13,9102	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))		85,8	30,84	9,50	36,00	37,8%	47	8,09	1147	Béton
OK-22 23	OK-23 24	14,5869	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))		180,8	30,84	9,50	36,00	39,6%	46	8,19	1115	Béton
OK-23 24	OK-24 25	14,4936	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))		123,3	28,56	9,35	34,00	44,9%	46	7,94	1124	Béton
OK-24 25	OK-25 26	15,7330	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))		42,6	28,56	9,35	34,00	44,7%	46	8,10	1129	Béton
OK-25 26	OK-26 27	15,6233	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))		136,1	28,56	9,35	34,00	49,7%	46	8,09	1124	Béton

Annexes

OK-26 27	OK-27 28	15,5497	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	92,7	28,56	9,35	34,00	49,5%	46	8,08	1122	Béton
OK-27 28	OK-28 29	15,5418	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	9,9	27,87	9,25	30,50	54,2%	47	8,00	1151	Béton
OK-28 29	OK-29 30	15,4604	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	102,6	27,87	9,25	30,50	53,9%	47	7,99	1146	Béton
OK-29 30	OK-30 31	16,9443	Ovoïde (2.20X1.95(1.80))	97,3	27,87	9,25	30,50	46,8%	48	8,17	1171	Béton
OK-30 31	OK-31 32	16,8654	Ovoïde (2.20X1.95(1.80))	92,6	27,87	9,25	30,50	46,7%	48	8,16	1164	Béton
OK-31 32	OK-32 32d	16,7932	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	90,6	31,22	9,56	35,00	46,7%	46	8,51	1127	Béton
OK-32 32d	OK-32d 32e	17,0004	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	1,4	31,32	9,59	49,757	46,7%	46	8,55	1124	Béton
OK-32d 32e	OK-32e 32f	16,9957	Arche (3.00X1.95)	6,5	31,32	9,59	77,032	46,4%	46	8,56	1492	Béton
OK-32e 32f	OK-32f 33	16,9905	Cadre (2.30X1.95)	6,7	31,32	9,59	35,50	46,1%	46	8,55	1170	Béton
OK-32f 33	OK-33 34	16,8919	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	125,3	31,32	9,59	35,50	46,0%	46	8,54	1140	Béton
OK-33 34	OK-34 35	16,8144	Ovoïde (2.20X1.95(1.80))	99,8	31,32	9,59	35,50	45,9%	45	8,53	1135	Béton
OK-34 35	OK-35 35-1	16,7793	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	45,5	31,32	9,59	35,50	85,0%	45	4,30	1132	Béton
OK-35 35-1	OK-35-1 36	16,7328	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	60,7	31,32	9,59	35,50	84,2%	45	4,29	1130	Béton
OK-35-1 36	OK-36 37	17,4921	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	123,1	9,20	4,80	20,00	83,2%	76	4,56	1910	Béton
OK-36 37	OK-37 38	17,3572	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	94,0	9,20	4,80	20,00	84,4%	76	4,55	1907	Béton
OK-37 38	OK-38 39	17,1762	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	128,9	9,20	4,80	20,00	84,2%	76	4,54	1900	Béton
OK-38 39	OK-39 39g	17,4521	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	60,6	9,20	4,80	20,00	62,9 %	77	4,56	1912,5	Béton
OK-39 39g	OK-39g 39h	17,4077	Ovoïde (2.20X1.95 (1.80))	31,9	9,20	4,80	20,00	62,8 %	76	4,55	1907,5	Béton
OK-39g 39h	OK-39h 39-1	17,3969	Cadre (2.00X1.60)	7,1	9,20	5,431	19,553	89,0 %	82,0	4,55	1714,5	Béton
OK-39h 39-1	OK 39-1 40	17,3901	Conduite circulaire Φ 3100	5,2	9,20	6,225	46,986	37,0 %	47,5	4,55	1473	Béton
OK 39-1 40	OK-40 40i	17,6396	Conduite circulaire Φ 3101	281,7	60,95	16,023	120,94	14,6 %	22,5	11,41	698	Béton
OK-40 40i	OK-40i 41	19,1457	Conduite circulaire Φ 3102	10,3	22,57	9,750	73,588	26,0 %	36,8	8,20	1141	Béton
OK-40i 41	OK-41 42	19,0951	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	67,9	22,57	11,892	119,66	16,0 %	25,2	7,67	806	Béton
OK-41 42	OK-42 43	19,0447	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	68,0	22,57	11,892	119,66	15,9 %	25,1	7,66	803	Béton
OK-42 43	OK-43 44	18,9909	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	73,0	22,57	11,892	119,66	15,9 %	25,1	7,66	803	Béton
OK-43 44	OK-44 45	18,9069	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	115,1	22,57	11,892	119,66	15,8 %	25,0	7,65	800	Béton
OK-44 45	OK-45 46	20,3357	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	205,8	23,08	12,027	121,02	16,8 %	26,2	7,87	838	Béton
OK-45 46	OK-46 47	20,2861	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	46,6	11,80	8,600	86,539	23,4 %	30,5	6,18	976	Béton
OK-46 47	OK-47 47-1	20,2807	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	6,1	16,53	10,177	102,41	19,8 %	34,1	6,98	1091	Béton
OK-47 47-1	OK-47-1 48	21,4594	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	32,4	32,76	14,329	144,18	14,9 %	25,1	9,05	803	Béton
OK-47-1 48	OK-48 49	48,9853	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	55,7	33,40	14,467	145,58	33,6 %	43,6	10,00	1395	Béton
OK-48 49	OK-49 50	48,8098	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	68,0	11,43	8,464	85,168	57,3 %	57,1	7,54	1827	Béton

Annexes

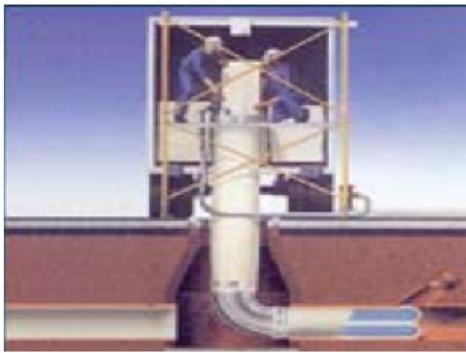
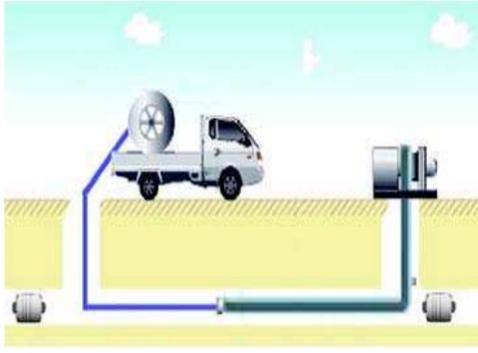
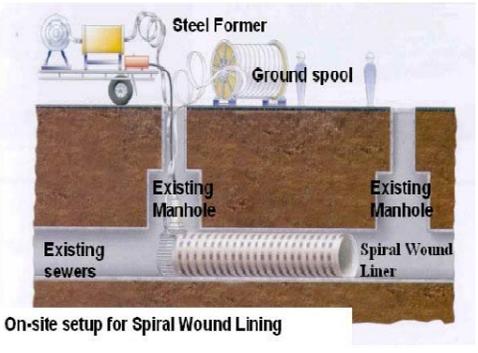
OK-49 50	OK-50 51	48,2947	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	203,2	11,43	8,464	85,168	56,7 %	57,0	7,52	1824	béton
OK-50 51	OK-51 52	49,1809	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	106,7	6,70	6,480	65,201	75,4 %	73,0	6,09	2336	béton
OK-51 52	OK-52 53	48,9067	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	135,6	17,54	10,484	105,49	46,4 %	51,6	8,92	1651	béton
OK-52 53	OK-53 54	48,7049	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	99,0	16,82	10,268	103,32	47,1 %	51,9	8,77	1661	béton
OK-53 54	OK-54 55	48,4563	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	123,3	16,82	10,268	103,32	46,9 %	52,0	8,76	1664	béton
OK-54 55	OK-55 56	52,4391	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	133,3	20,55	11,348	114,19	45,9 %	52,0	9,64	1664	béton
OK-55 56	OK-56 57	52,1811	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	132,2	20,20	11,250	113,21	46,1 %	51,1	9,56	1635	béton
OK-56 57	OK-57 58	51,9912	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	105,4	23,16	12,047	121,23	42,9 %	54,0	10,00	1728	béton
OK-57 58	OK-58 59	54,7493	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	86,0	21,67	11,653	117,26	46,7 %	51,8	9,93	1658	béton
OK-58 59	OK-59 60	54,5725	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	91,2	21,67	11,653	117,26	46,5 %	51,7	9,92	1654	béton
OK-59 60	OK-60 61	54,3714	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	107,0	22,62	11,907	119,81	45,4 %	51,6	10,00	1651	béton
OK-60 61	OK-61 62	54,7638	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	141,8	23,39	12,106	121,82	45,0 %	51,1	10,00	1635	béton
OK-61 62	OK-62 63	54,5388	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	122,9	23,39	12,106	121,82	44,8 %	50,9	10,00	1629	béton
OK-62 63	OK-63 64	54,3658	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	98,4	24,90	12,491	125,69	43,3 %	49,1	10,00	1571	béton
OK-63 64	OK-64 65	54,1821	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	101,4	23,08	12,027	121,02	44,8 %	50,9	10,00	1629	béton
OK-64 65	OK-65 66	54,4336	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	167,9	22,93	11,986	120,61	45,1 %	51,2	10,00	1638	béton
OK-65 66	OK-66 67	54,1359	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	151,7	19,12	10,945	110,13	49,2 %	54,9	9,44	1757	béton
OK-66 67	OK-67 68	53,9028	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	120,3	19,12	10,945	110,13	48,9 %	53,5	9,43	1712	béton
OK-67 68	OK-68 69	54,1884	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	98,3	52,80	18,190	183,03	29,6 %	42,6	10,00	1363	béton
OK-68 69	OK-69 70	65,4902	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	168,4	52,80	18,190	183,03	35,8 %	45,9	10,00	1469	béton
OK-69 70	OK-70 71	65,4290	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	43,9	52,80	18,190	183,03	35,7 %	45,7	10,00	1462	béton
OK-70 71	OK-71 72	65,7723	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	67,2	71,31	21,140	212,72	30,9 %	42,3	10,00	1354	béton
OK-71 72	OK-72 73	65,6564	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	96,5	71,31	21,140	212,72	30,9 %	42,3	10,00	1354	béton
OK-72 73	OK-73 74	65,6470	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	7,9	71,31	21,140	212,72	30,9 %	42,3	10,00	1354	béton
OK-73 74	OK-74 74j	65,5511	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	80,2	71,31	21,140	212,72	30,8 %	42,2	10,00	1350	béton
OK-74 74j	OK-74j 74h	67,4013	Ovoïde (3.20X2.95 (2.80))	23,6	50,25	14,418	145,08	46,5 %	51,7	10,00	1654	pierre
OK-74j 74h	OK-74h 75	67,3616	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	21,6	50,25	14,081	133,59	50,4 %	54,5	10,00	1799	pierre
OK-74h 75	OK-75 76	67,2918	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	38,0	50,25	14,081	133,59	50,4 %	54,5	10,00	1799	pierre
OK-75 76	OK-76 76k	66,9447	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	106,5	15,69	7,867	74,64	89,7 %	82,8	7,69	2732	pierre
OK-76 76k	OK-76k 78	66,9392	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	2,9	45,43	13,388	127,02	52,7 %	56,8	10,00	1874	pierre
OK-76k 78	OK-78 78m	66,7549	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	91,1	45,43	12,547	97,867	68,2 %	67,9	10,00	2241	pierre

Annexes

OK-78 78m	OK-78m 79	66,7271	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	13,8	45,43	12,547	97,867	68,2 %	67,9	10,00	2241	pierre
OK-78m 79	OK-79 79n	66,7271	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	0,0	45,43	13,233	120,09	55,6 %	55,5	10,00	1832	pierre
OK-79 79n	OK-79n79m	67,5593	Ovoïde (3.30X2.90 (1.20))	3,3	45,43	13,233	120,09	56,3 %	56,2	10,00	1855	pierre
OK-79n79m	OK-79m 80	67,5502	Cadre (2.94X2.25)	3,7	22,51	10,369	68,589	98,5 %	89,5	10,00	2631	béton
OK-79m 80	OK-80 81	67,2880	Cadre (2.94X2.25)	86,8	22,51	8,425	55,729	120,7 %	97,5	8,44	2867	béton
OK-80 81	OK-81 81p	66,9938	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	131,0	22,51	11,216	117,23	57,1 %	56,9	9,90	2105	pierre+brique
OK-81 81p	OK-81p 81q	33,4747	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	19,9	22,51	11,216	117,23	28,6 %	42,6	8,47	1576	pierre+brique
OK-81p 81q	OK-81q 82	33,4430	Ovoïde (4.00X4.00 (1.20))	31,0	22,51	12,257	171,59	19,5 %	34,0	8,37	1360	pierre+brique
OK-81q 82	OK-82 83	33,4083	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	31,4	22,51	11,271	119,89	27,9 %	39,8	8,47	1473	pierre+brique
OK-82 83	OK-83 84	33,3418	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	60,4	22,51	11,271	119,89	27,8 %	39,7	8,46	1469	pierre+brique
OK-83 84	OK-84 85	33,2609	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	52,8	11,55	8,073	85,872	38,7 %	49,5	6,57	1832	pierre+brique
OK-84 85	OK-85 86	33,5612	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	105,5	17,36	9,899	105,3	31,9 %	43,2	7,69	1598	pierre+brique
OK-85 86	OK-86 86r	33,4631	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	78,9	17,36	9,899	105,3	31,8 %	43,1	7,68	1595	pierre+brique
OK-86 86r	OK-r86 86s	33,4549	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	91,0	13,20	8,632	91,824	36,4 %	46,5	6,92	1721	pierre+brique
OK-r86 86s	OK-86s 88	33,4322	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	14,7	13,20	7,898	50,119	66,7 %	67,5	6,86	2498	béton
OK-86s 88	OK-88 89	33,4293	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	2,0	13,20	8,632	91,824	36,4 %	46,5	6,92	1721	pierre+brique
OK-88 89	OK-89 89t	33,3380	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	65,0	13,20	8,632	91,824	36,3 %	46,4	6,92	1717	pierre+brique
OK-89 89t	OK-89t 89u	33,2751	Ovoïde (3.70X2.90 (1.45))	19,2	2,40	3,681	39,153	85,0 %	84,2	3,50	3115	pierre+brique
OK-89t 89u	OK-89u 89v	33,2226	Demi circulaire (3.20X4.00 (1.50))	17,7	2,40	4,034	51,64	64,3 %	64,0	3,86	2048	béton
OK-89u 89v	OK-89v 89w	33,0851	Cadre (4.07X6.00)	56,4	2,40	4,890	119,41	27,7 %	39,6	3,74	1612	béton
OK-89v 89w	OK-89w 89x	33,0568	Demi circulaire (3.20X4.00 (1.50))	9,7	2,40	4,034	51,64	64,0 %	63,8	3,85	2042	béton
OK-89w 89x	OK-89x 89y	33,0360	Demi circulaire (3.20X4.00 (1.50))	7,1	2,40	4,034	51,64	64,0 %	63,8	3,85	2042	béton
OK-89x 89y	OK-89y 89z	32,9572	Cadre (2.50X4.00)	24,0	2,40	3,585	35,849	91,9 %	84,5	3,85	2113	béton
OK-89y 89z	OK-89z 91	32,8076	Demi circulaire (2.50X4.00)	45,9	2,40	3,585	35,849	91,5 %	84,0	3,85	2100	béton
OK-89z 91	OK- 91 92	32,8119	Cadre (2.60X3.50)	3,5	2,40	3,655	38,01	86,3 %	82,4	3,85	2142	béton
OK- 91 92	OK-92 92za	32,7215	Cadre (2.60X3.50)	28,6	2,40	3,655	38,01	86,1 %	48,2	3,84	1253	béton
OK-92 92za	décharge	32,7267	Cadre (2.60X3.50)	13,9	2,40	3,565	32,444	100,9 %	92,5	3,82	2405	béton

Annexes

Annexe 07 : Tableaux comparatifs des techniques préconisées pour la rénovation continue

Méthode	Remplacement				
Technique	Ouverture de tranchée	Chemisage continu par inversion	Chemisage continu par traction	Tubage par enroulement hélicoïdale avec espace annulaire	Tubage par tuyau continu avec espace annulaire
Photo				 On-site setup for Spiral Wound Lining	
Description	Remplacement de la conduite existant par une neuve après ouverture de tranchée.	Introduction d'une gaine retournée imprégnée de résine, plaquée sur paroi et se déroulant au moyen de la pression de l'eau ou de vapeur, puis polymérisation par circulation de vapeur chaude.	Introduction et traction de la gaine imprégnée de résine dans la conduite existante, puis polymérisation par circulation de vapeur chaude.	Introduction dans la conduite d'une roue mécanique déroulant des bandes PVC qui s'encastrent transversalement pour fabriquer un tube neuf, puis injection de mortier anti-rétraction hautement résistant dans l'espace annulaire pour fusionner l'ouvrage.	Introduction puis enfoncement ou traction d'un tuyau continu dans la conduite existante, puis injection de mortier anti-rétraction hautement résistant dans l'espace annulaire pour combiner l'ensemble.
Matériaux	-Buse en béton	-Gaine à résistance à la traction renforcée.	-Gaine à résistance à la traction renforcée.	-Bande PVC dont le coté extérieur est en forme W afin d'augmenter la capacité de charge. -Mortier anti-rétraction hautement résistant.	-Mortier anti- rétraction hautement résistant.
Diamètre	Toute dimension	250 - 1,200 mm	100 - 1,500 mm	100 - 3,000 mm	2,600 mm
Remplissage de l'espace annulaire	Non	Non	Non	Oui	Oui
Fosse	Non	Non	Non	Oui	

Annexes

Technique	Ouverture de tranchée	Chemisage continu par inversion	Chemisage continu par traction	Tubage par enroulement hélicoïdale avec espace annulaire	Tubage par tuyau continu avec espace annulaire
Caractéristique	Avantages				
	<ul style="list-style-type: none"> -Matériau résistant et durable -Stabilité structurelle supérieure et de fuite significativement réduit -Technique conventionnelle souvent utilisées 	<ul style="list-style-type: none"> -Exécution de linéaire important par intervention -rapidité d'exécution -impermeabilité et résistance supérieure au feu et à la corrosion -Injection de coulis dans l'espace annulaire non nécessaire -Coût des travaux faibles 	<ul style="list-style-type: none"> - Exécution rapide dans le cas où le mode d'expansion par pression est utilisé - impermeabilité et résistance supérieure au feu et à la corrosion - Injection de coulis dans l'espace annulaire non nécessaire - Coût des travaux inférieur aux autres techniques 	<ul style="list-style-type: none"> -Intervention possible sans détournée les effluents -Renforcement de l'ouvrage grâce au remplissage de l'espace annulaire couvrant également les zones de perte de mortier -Impermeabilité, durabilité et résistance supérieure au feu et et à la corrosion 	<ul style="list-style-type: none"> -Insertion rapide -Technique adaptée pour les coudes de rayon large -Impermeabilité, durabilité et résistance supérieure au feu et à la corrosion
	Inconvénients				
<ul style="list-style-type: none"> -Formation de fuite via les zones de jointure si mauvaise installation des buses lors des travaux -Destruction de l'ancienne conduite et déchets de construction à prendre en charge -coût de travaux important du fait de la durée et de la nature divers des interventions à exécuter 	<ul style="list-style-type: none"> -Risque de rupture en cas de forte pression hydraulique externe -Difficulté d'exécution avec l'augmentation de l'inclinaison et du diamètre de la conduite - Adhérence faible à la conduite existante -Faible effet d'accroissement de capacité de charge -Difficulté d'intervention sur les conduites à section non circulaire 	<ul style="list-style-type: none"> -Baisse de densité des matériaux lors de la traction pouvant conduire jusqu'à rupture de la gaine après polymérisation -Nécessité de détourner les effluents en amont - Adhérence difficile en cas d'humidité des parois de la conduite existante -Résistance diminuée si infiltration d'eau souterraine lors de la polymérisation - 	<ul style="list-style-type: none"> -Mise en place de mesures préventives pour la protection de la main d'œuvre -Installation mécanique nécessitant l'intervention de main d'œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> -Rétrécissement significatif de la section par rapport au tubage hélicoïdal -Fosse nécessaire pour l'insertion de la conduite - Technique nécessitant plus de mobilisation de main d'œuvre par rapport aux autres méthodes -Perforation et réhabilitation des branchements difficiles 	

Annexes

	-Installations annexes nécessaire pour le détournement des effluents	-Section se déformant après polymérisation dans le cas où la paroi de la conduite existante est rugueuse	-Section se déformant après polymérisation dans le cas où la paroi de la conduite existante est rugueuse		
Coût/m (Ø 1,200mm)	Environ 150.000 DA/m (en zone urbaine)	Environ 85.000 DA/m	Environ 80.000 DA/m	Environ 120.000 DA/m	Environ 90.000 DA/m
Faisabilité	-procédé le plus définitif -Travaux sur un terrain déjà encombré par congestion en surface, et occasionner la gêne des habitants -Augmentation du coût des travaux due au profondeur de tranchée.	-Technique la plus économique parmi toutes les méthodes prtrhjoposées -Application sur les ouvrages circulaires de hauteur inférieure à 1,2m, ou des conduites ovoïdales en en béton, mais difficilement applicable sur des ouvrages en maçonnerie de pierre ou des conduites de hauteur importante - Difficulté d'assurer la stabilité de l'ouvrage sur le long terme due au faible effet d'accroissement de capacité de charge		-Application sur tous les tronçons du projet -Technique plus couteuse que le chemisage mais plus économique que le remplacement par ouverture de tranchée -Renforcement de la stabilité structurelle réhabilité plus résistant que la conduite existant	