

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE KASDI MERBAH
OUARGLA**

**FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
ET SCIENCES DE LA MATIERE**

Département d'hydraulique et de génie civil

N D'ordre °:

N° de série :

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Hydraulique

Option : Aménagement hydraulique en zones arides

Réalisé par :

M^r: HAMIDI Mostefa

THEME

**Contribution au diagnostic de dégradation du
réseau d'assainissement de la ville de Touggourt**

Soutenu publiquement le : -- /-- /2012

Devant le jury composé de :

Président	BEBBA Ahmed Abdelhafid	Maître de Conférences 'A'	Univ. Ouargla
Examineur	BOUTOUTAOU Djamel	Maître de Conférences 'A'	Univ. Ouargla
Examineur	HACINI Messaoud	Maître de Conférences 'A'	Univ. Ouargla
Rapporteur	KRIKER Abdelouahed	Professeur	Univ. Ouargla

DEDICACE

***J**e dédie ce modeste travail à mon cher père Mr : BRAHIM, et ma chère mère : AICHA GOUAISSAM, qui sont tous les deux la cause de mon existence dans ce monde.*

Je le dédie aussi à tous mes amis et ma famille, qui ont patientés avec moi pour que je termine ce travail dans les meilleures conditions.

Remerciements

Pour sa disponibilité, ses encouragements et ses conseils, je remercie profondément le Professeur KRIKER Abdelouahed de l'Institut Hydraulique et Génie Civil de l'Université de KASDI Merbah Ouargla, qui a dirigé avec rigueur ce travail a guidé a soutenu mes démarches.

Je remercie respectueusement Monsieur BEBBA Ahmed AbdelHafid , enseignant à l'université Kasdi Merbah Ouargla, qui me fait un grand honneur en acceptant de présider le jury de ce mémoire

J'exprime mes profonds remerciements à Messieurs BOUTOUTAOU Djamel, Maître de Conférences 'A', et HACINI Messaoud Maître de Conférences 'A', à l'université Kasdi Merbah Ouargla, pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de participer au jury de ce mémoire.

Je tiens à remercier également :

- Tous les membres du ONA de Touggourt qui m'ont amicalement accueillie tout au long de ma recherche et ont été attentifs à mes problèmes.

Je ne saurai oublier d'exprimer ma profonde gratitude à tous mes amis que j'ai connus tout au long de mes études supérieures pour leur soutien moral.

Résumé

Les réseaux d'assainissement en Touggourt connaissent aujourd'hui une situation de dégradation. Les manifestations de cette situation, apparaissent à travers

Le mauvais état des équipements, leurs faibles performances et efficacité. Mais le problème de la dégradation va au-delà de ces manifestations de nature de région.

La réhabilitation des réseaux est une des réponses apportées aux situations de dégradation. Elle conduit à la modification de type des conduites et la structure physique et du comportement des équipements qui deviennent composites et plus complexes.

ABSTRACT

Networks of cleansing in Touggourt know a situation of degradation today. The demonstrations of this situation, appear through The bad condition of the equipment, their weak performances and effectiveness. But the problem of degradation goes beyond these demonstrations of nature of area.

The rehabilitation of the networks is one of the answers brought to the situations of degradation. It leads to the modification of the type of the conduits and the physical structure and the behavior of the equipment which becomes composite and more complexes.

المخلص

شبكة الصرف الصحي بتقرت تعاني من التاكلات والتساقط وهذا ناتج عن الوضعية السيئة للثجهيزات وفعاليتها الضعيفة وكذلك نوعية المادة المصنوعة منها القنوات مادة غير مقاومة للتاكل الكيميائي غير أن المشكل في تدهور حالة قنوات الصرف الصحي تعود الى طبيعة المنطقة وهذا يتجلى في انهيار الأرض وتدهور الطرقات
اعادة تاهيل الشبكة هي الحل لهذه الظاهرة ويقودنا الى تغيير نوعية القنوات والبنية الفيزيائية للثجهيزات التي اصبحت معقدة

Sommaire

Introduction général	2
Chapitre I: généralités sur la région d'étude	3
I.1. Introduction	4
I.2. Présentation de la zone.....	4
I.2.1. Situation géographique.....	4
I.2.2. Climat de la région de TOUGGOURT.....	5
I.2.2.1. Les précipitations	5
I.2.2.2. Humidité relative de l'air	6
I.2.2.3. Les vents	7
I.2.2.4. Durée d'insolation	8
I.2.2.5. Températures.....	9
I.3. Géologie et l'hydrogéologie de la région.....	10
I.3.1. Géologie de la région.....	10
I.3.2. L'hydrologie superficielle.....	10
I.3.3. L'hydrogéologie.....	10
I.4 Pédologie de touggourt.....	
Conclusion.....	13
Chapitre II: les réseaux et les systèmes d'assainissement	14
II 1. Le réseau d'assainissement.....	15
II 1.1. La structure physique du réseau.....	15
II 1.2. Le fonctionnement du réseau.....	16
II 1.3. Le rôle du réseau d'assainissement.....	18
II 2. Les caractéristiques du réseau d'assainissement.....	21
II 2.1. Caractéristiques liées à la structure du réseau.....	21
II 2.2. Caractéristiques liées au mode de fonctionnement du réseau.....	23
II 2.3. Caractéristiques liées au rôle du réseau.....	25
II 3. Le système d'assainissement.....	26
II 3.1. Définition du système d'assainissement.....	26
II 3.2. Les fonctions du service d'assainissement. Les agents concernés	27
Conclusion.....	29

Chapitre III: MATERIELS ET METHODES	31
Introduction	31
III 1 Détecteur de gaz h ₂ s portable.....	32
III 2 Sulfure d'hydrogène	35
III 2 Inspection télévisée des réseaux d'assainissement.....	36
III 3 Prélèvement et préparation d'échantillons de sols.....	37
III 4 Les prélèvements d'eaux usées.....	37
III 5 Les prélèvements d'eaux potables.....	38
Conclusion	39
Chapitre IV: Diagnostic de dégradation de réseau d'assainissement	40
IV 1 Historique.....	40
IV 2 Les affaissements de sol	41
IV 2 1 Les affaissement de sol de la Commune Tebesbest sur le collecteur principal à diamètre de 600 mm et matériau (AC)	42
IV 2 2 Les affaissement de sol de la Commune Nazla sur le collecteur principal à diamètre de 800 mm et matériau (CAP/CRS).....	47
IV 3 Analyse de problème.....	55
IV 3-1 Analyse d'eau usée.....	55
IV 3-2 Analyse d'eau potable.....	56
IV 3-3 Analyse de sol.....	57
IV3-4 Analyse de nature de région	57
IV 3-5 Analyse des conduites après la dégradation.....	58
IV 4 Interprétation	61
Conclusion.....	61
Chapitre V: Description de phénomène de dégradation et propositions des solutions	62
Introduction.....	63
V 1 Description de phénomène de dégradation.....	63
V 2 Processus d'attaque sulfurique.....	66
V 3 Mécanisme de formation des sulfures dans les réseaux d'assainissement	
V 4 Les solutions proposées	68
V 4.1 Changement les matériaux des conduites.....	68
V 4.2 Ventilation du réseau.....	70

V 4.3 Les regards du nettoyage.....	70
V 4.4 Évité les réseaux d'assainissement après le pompage.....	70
V 4.5 Galerie visitable	
Conclusion.....	71
Conclusion général et Recommandations.....	73

Introduction générale

Les réseaux d'assainissement urbain constituent une grande importance pour protéger l'environnement, la santé publique et les villes contre les inondations, sa réalisation avec des matériaux qui répondent aux exigences du terrain, ainsi son entretien constitue un facteur primordial pour sa durabilité et sa période de bon service.

La ville de Touggourt souffre depuis plusieurs années du problème de dégradation de son réseau d'assainissement, cela est dû à plusieurs facteurs, tel que :

La nature de sol agressif, la nature des matériaux utilisés dans les conduites, le mode de contrôle de réseau d'assainissement, le mode de fabrication des conduites, la pente et le colmatage ainsi que la remontée de la nappe.

Chaque année les APC de Touggourt, Tébesbest, Nezla, Zaouia Labidia qui constituent la grande Touggourt réservent une grande partie de leur budget communal pour les travaux de réalisation et d'entretien des réseaux d'assainissement, plusieurs dégâts sur les conduites et les routes sont constatés chaque année et les citoyens souffrent de ces dégradations.

Pour analyser ce phénomène, et dans un but de faire un bon diagnostic de ce problème.

Nous avons lancé ce projet de maîtrise dans un objectif:

- Faire un diagnostic du problème.
- Proposer des solutions techniques.

Notre mémoire est constitué de 4 chapitres :

Dans le premier chapitre sont données un contexte général sur la région, le deuxième chapitre sont présentées les systèmes et les réseaux d'assainissement, le troisième chapitre est consacré au suivi et au diagnostic de dégradation des réseaux d'assainissement et en fin le quatrième chapitre description de phénomène de dégradation dans notre cas et propositions des solutions idéales et en fin présenter une conclusion et donner quelques recommandations.

Chapitre I: Généralités sur la région d'étude

I.1 Introduction

Touggourt est la plus grande ville de la vallée d'Oued Righ qui est une entité géographique située sur un axe Nord Sud (Biskra-Ouargla). Cette grande ville renferme quatre communes qui sont comme suit : Touggourt, Tebesbest, Nezla et Zaouïa de Sidi l'Abed. Ces dernières constituent la daïra de Touggourt qui distant de 160 km de la ville d'Ouargla chef lieu de la wilaya.

I.2 Présentation de la zone

I. 2.1 Situation géographique

Touggourt est une ville d'Algérie de la wilaya d'Ouargla. La ville est située dans le Sahara algérien (c'est une Oasis) à 620 km au sud-est d'Alger comme montre la figure I-01. Elle est la plus grande ville de la région d'Oued Righ [1].

Elle est limitée par :

- Au Nord : Daïra de Megarine.
- A l'Est : Daïra de Taibat .
- Au Sud : Daïra de Temacine et Daïra de Elehjira.
- A l'Ouest : Daïra Masâad.



Figure I- 01 : situation de la ville de Touggourt [1]

I. 2.2 Climat de la région de TOUGGOURT

L'établissement d'un bilan hydrique nécessite les données des différents paramètres du climat, tels que précipitations, températures et évaporations.

Le climat de Touggourt est typiquement saharien qui se caractérise par les précipitations très faibles, une température élevée et une humidité relativement faible.

I. 2.2.1 Les précipitations

Les précipitations sont rares et irrégulières estimées à 58 mm/an, elles atteignent une valeur maximale de 126 mm/an et une valeur minimale de 34.6 mm /mois comme le montre le tableau I-1[2].

Tableau (I-1) : précipitations annuelles 2000-2007 en (mm) [2]

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	P _{min}	P _{max}
Précipitations (mm)	34.60	48.20	51.60	47	171.5	97.80	109.60	61.50	34.60	171.5

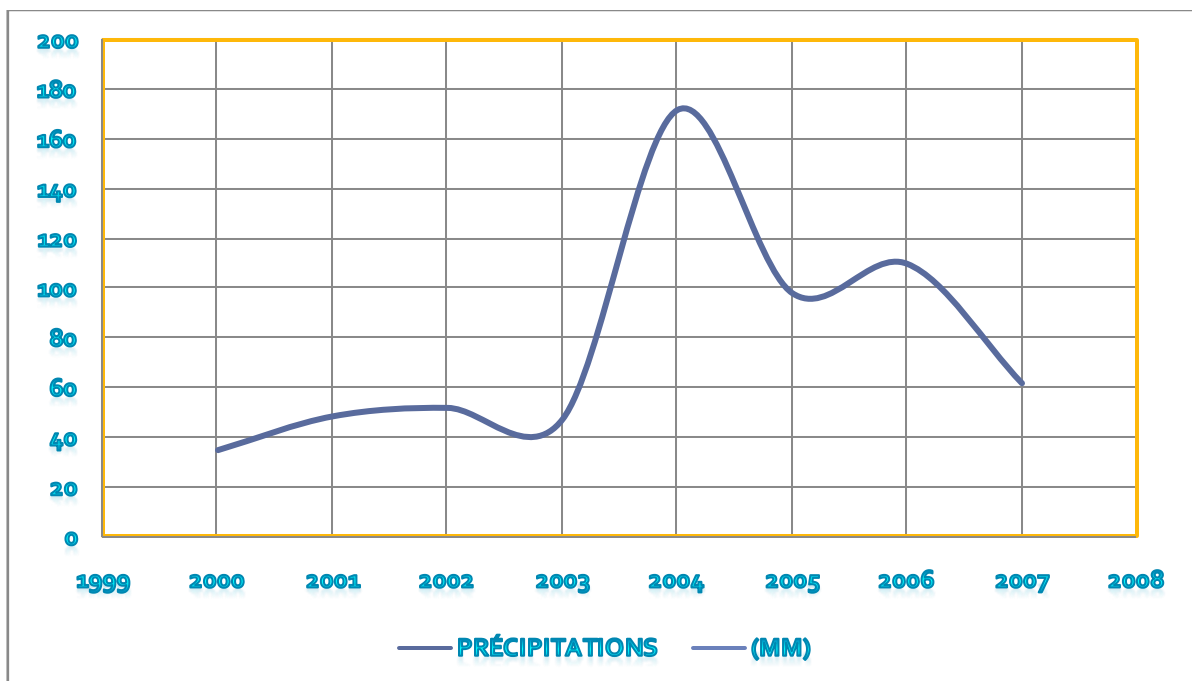


Figure I-01 : précipitations annuelles en (mm) de la ville de Touggourt [2]

I.2.2.2 Humidité relative de l'air

Les valeurs de l'humidité relative de la station de Touggourt sont relativement homogènes. Les moyennes mensuelles varient entre 33% et 65 %, sachant que la moyenne annuelle est de l'ordre de 48%.

Le mois de juillet est le mois le plus sec tandis que le mois de décembre est le mois le plus humide comme le montre le tableau I-2 [2].

Tableau (I-2) : humidité moyenne mensuelle 2000-2007 en (%) [2]

Moi	Jan	Fév.	Mar	Avril.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Humidité Moy (%)	56.9	46.10	38.50	33.60	29.40	24.70	21.30	25.30	35.10	39.70	50.80	56.70

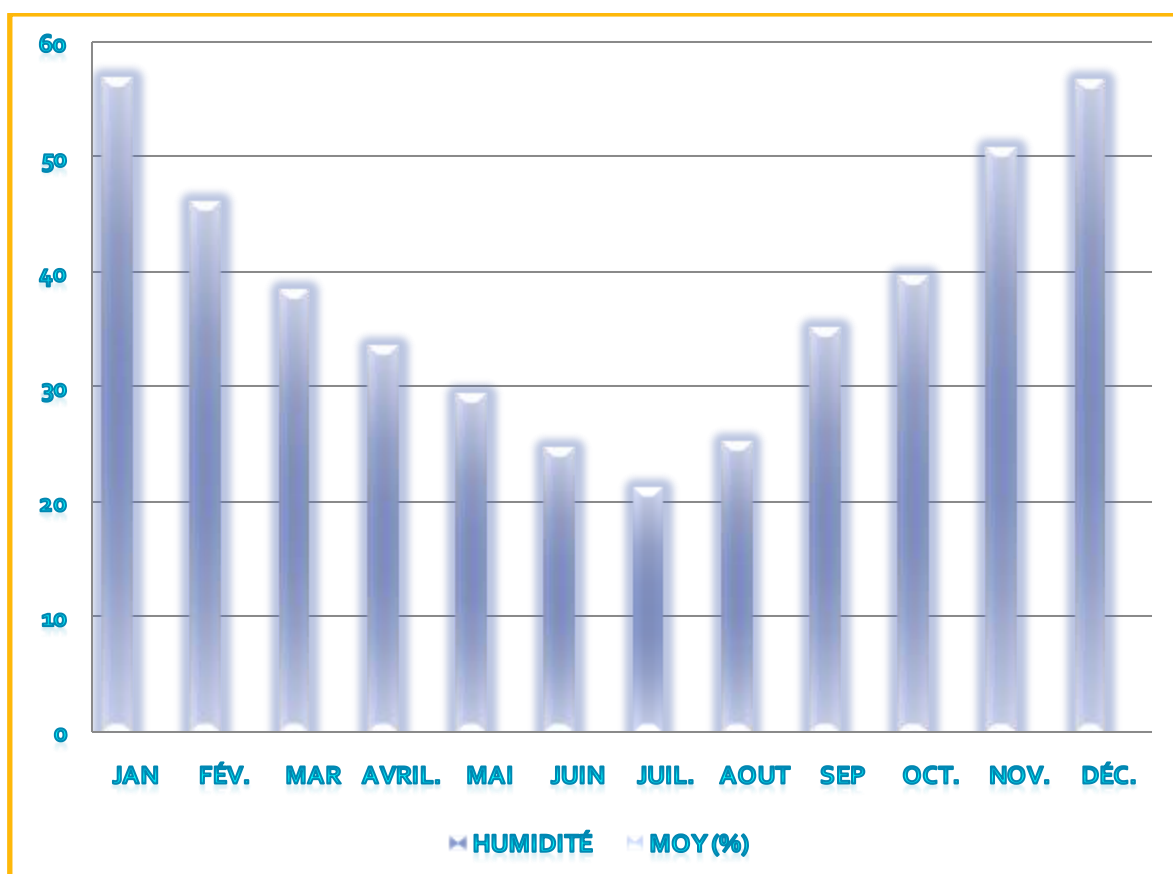


Figure I-02 : humidité moyenne mensuelle en (%) [2]

I.2.2.3 Les vents

Le maximum du vent est enregistré au mois de Mai avec une vitesse de 4.18 m/s et le minimum en Décembre est de 2.54 m/s. Ces vents soufflent suivant des directions différentes La direction la plus dominante est celle du (Sud-ouest).

Le tableau I-3 montre les vitesses du vent moyennes mensuelles [2].

Tableau (I-3) : Les vitesses du vent moyennes mensuelles 2000-2007 en (m/s) [2]

Moi	Jan	Fév.	Mar	Avril.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesses du vent (m/s)	3.41	3.72	3.68	4.06	4.22	3.72	3.45	3.25	3.50	3.01	3.15	3.39

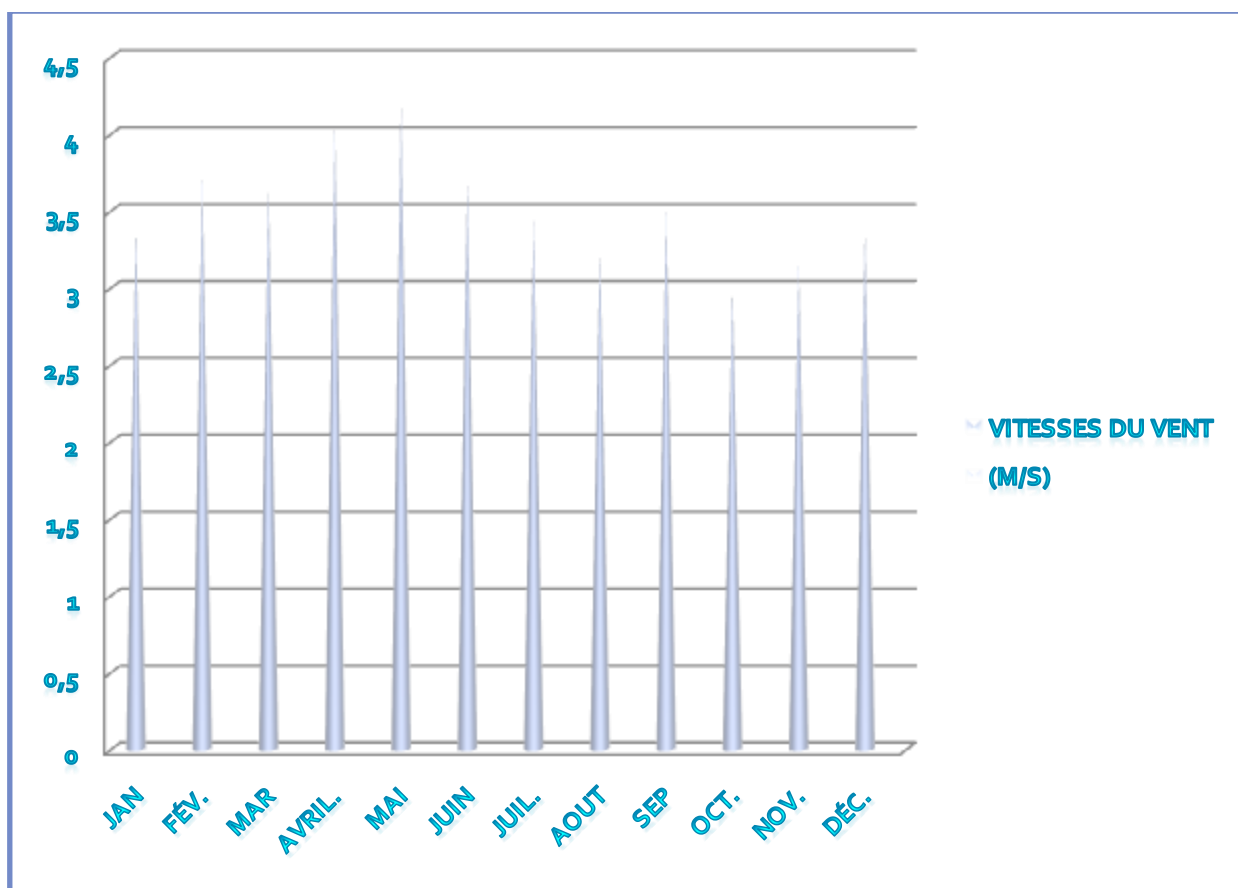


Figure I-03 : Les vitesses du vent moyennes mensuelles en (m/s) [2]

I.2.2.4 Durée d'insolation

La ville de TOUGGOURT reçoit une quantité d'énergie solaire relativement très forte, maximale est atteint au mois de Juillet avec une durée de 358 heures d'insolation et le minimum au mois de janvier avec une durée de 228 heures.

Comme le montre le tableau I-4 et la figure I-4 [2].

Tableau (I-4) : Durée d'insolation moyenne mensuelle 2000-2007 en (h) [2]

Moi	Jan	Fév.	Mar	Avril.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Som
Durée d'insolation (h)	228	237	272	287	313	331	358	336	281	263	238	236	3380

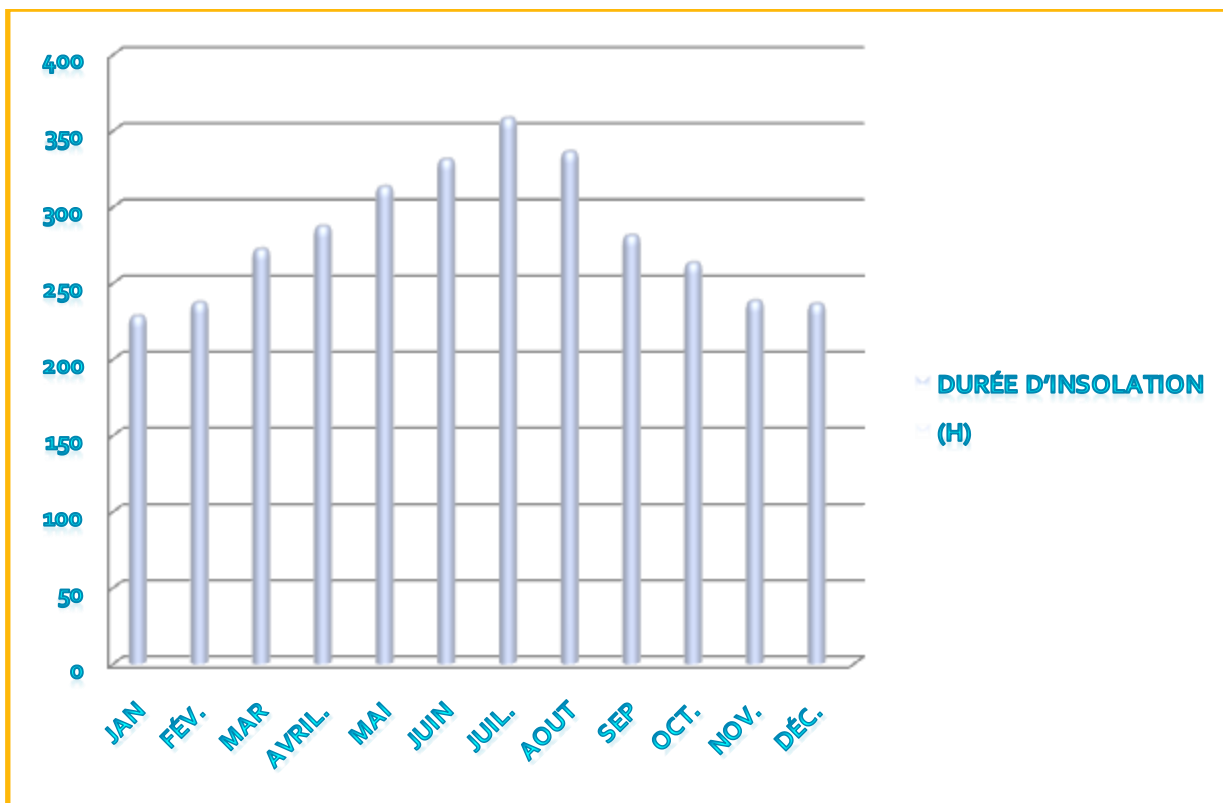


Figure I-04 : Durée d'insolation moyenne mensuelle en (h) [2]

I.1.2.5. Températures

Le maximum des moyennes mensuelles des températures est atteint au mois de Juillet 33.27 °C et le minimum au mois janvier 10.16 °C comme le montre le tableau I-5 et la figure I-5 [2].

Tableau (I-5) : Température moyennes mensuelles 2000-2007 en (°C) [2]

Moi	Jan	Fév.	Mar	Avril.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
température (°C)	17.22	20.53	23.41	28.62	32.74	37.31	40.08	40.21	32.80	25.17	22.84	18.61

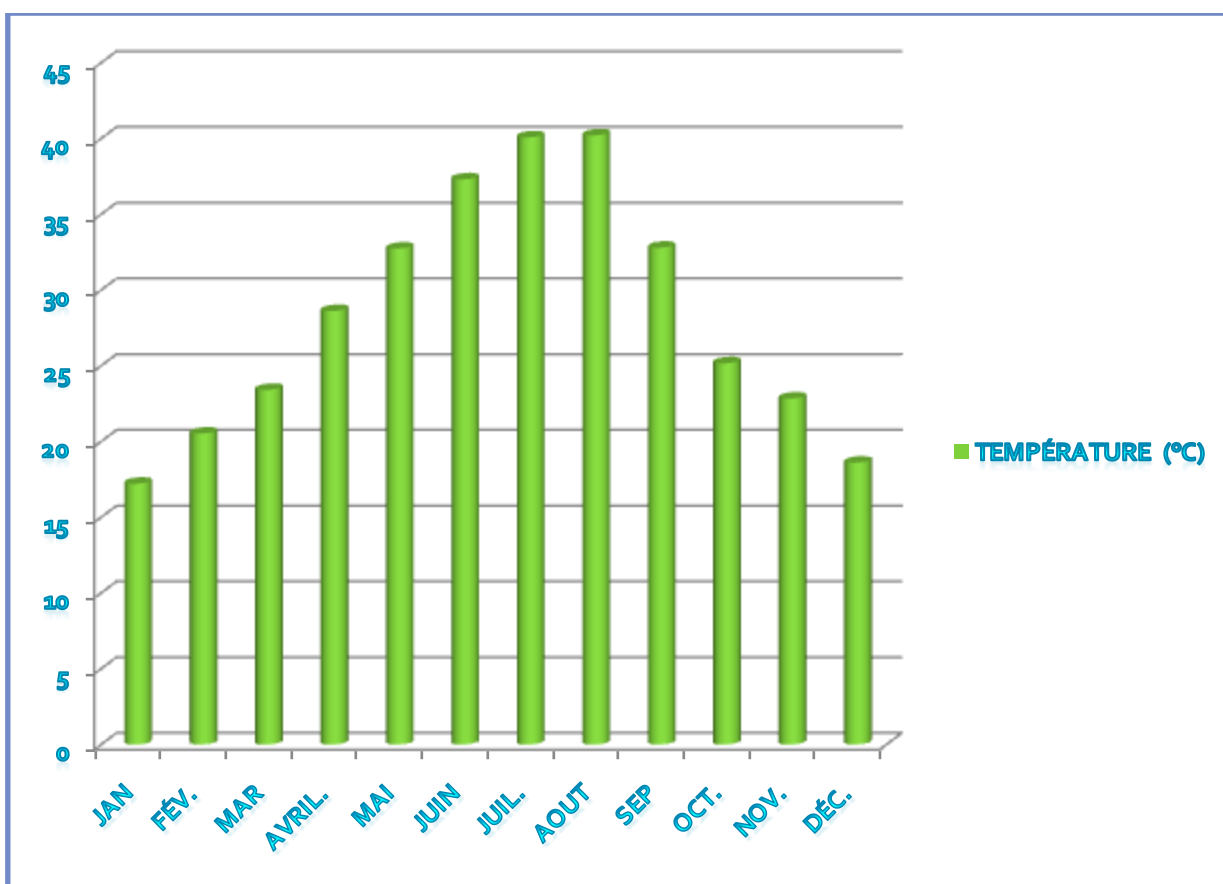


Figure I-05 : Température moyenne mensuelle en (°C) [2]

I.3 Géologie et l'hydrogéologie de la région

I.3.1 Géologie de la région

Touggourt repose sur des formations miopliocènes et éocènes qui s'enfoncent progressivement vers le nord, on trouve sur les parties hautes de la région un niveau quaternaire ancien à encroûtement gypso-calcaire, recouvert par endroits de formations dunaires, le fond est constitué de dépôts sableux avec quelque dépôt argileux [3].

I.3.2 L'hydrologie superficielle

L'eau de surface de Touggourt est très réduite, où la précipitation est très faible [4].

I.3.3 L'hydrogéologie

I.3.3.1 La nappe phréatique

Dite libre, elle est constituée essentiellement de sables très perméables, sa profondeur a tendance à diminuer du sud vers le nord, varie entre 50cm et 1m plus rarement jusqu'à 1.5 m, les variations de la profondeur de la nappe phréatique sont liées à la fréquence des irrigations et aux phénomènes d'évacuations [3].

L'eau est très salée ayant entraîné des sels présents à travers les horizons de la nappe, la conductivité électrique est supérieur à 9 mm hos/cm dans 80% des cas [4].

I.3.3.2 Nappe du Complexe Terminal (CT)

Ce complexe terminal content plus nappe (miopliocene, sénonien carbonates et l'eocène) d'extension considérable 350 000 km², une puissance moyenne de 50 à 100 m et une profondeur varient entre 200 à 500 m.

Composé de trois aquifères principaux, on distingue de haut en bas la nappe des sables CT₁, la nappe des sables et grés CT₂ et la nappe des calcaires CT₃.

Dans la région de Touggourt les nappes du CT étaient à l'origine jaillissantes caractérisées par une bonne transmissivité de 0.8×10^{-3} à 9.95×10^{-2} m²/s.

On distingue trois aquifères principaux :

- ✚ **La première nappe (ct1)** : dans les sables et argiles du pliocène, qui est en fait un réseau de petites nappes en communication
- ✚ **La deuxième nappe (ct2)** : dans les sables grossiers à graviers du Miocène supérieurs
- ✚ **La troisième nappe (ct3)** : dans les calcaires fissurés et karstique de l'Eocène inférieure.

Historiquement, ces trois nappes étaient artésiennes sur l'ensemble de la région, elle est caractérisée par la présence de la nappe sénonien carbonaté et le Turonien, mais l'exploitation croissante de ces nappes a conduit à l'utilisation de pompage visant à assurer des débits réguliers pour l'irrigation [4].

I.3.3.3 Nappe du Continental Intercalaire (Albien) (CI)

C'est un aquifère profond 1500 m et plus, composé de sables gréseux ou argileux qui s'étendent sur plus de 600 000 km², elle se situe entre 700 et 2000 m de profondeur.

De point de vue lithologique, le continental intercalaire est formé par une succession de couches de grès, de sables, de grès argileux et d'argile.

La qualité de l'eau Continental Intercalaire est bonne (minéralisation totale est généralement < 3.5 g/l). L'eau Albien relativement peu minéralisée de conductivité électrique de 03 mmhos/cm, sa température est supérieure à 50 °C quand elle jaillit, ce qui pose des problèmes de refroidissement préalable à l'irrigation. Cette eau provoque des dépôts abondants de carbonate de calcium qui rendent sa distribution délicate [4], le tableau I-6 résume les nappes dans cette région.

Tableau (I-6) : Etat actuel des ressources en eau souterraines [5]

Nappe	POTENTIALITES 10 ⁶ m ³ /année	PRELEVEMENT 10 ⁶ m ³ / année	DISPONIBILITES 10 ⁶ m ³ / année
CT	308	179.5	128.5
CI	120	48.00	72
TOTAL	428	227.5	200.5

I.3.3.4 L'état actuel d'exploitation des forages

L'exploitation des forages se fait au niveau de Touggourt. Leurs eaux sont destinées généralement à l'irrigation et l'alimentation en eau potable comme le montre le tableau I-7 [5].

Tableau (I-7) : Etat actuel d'exploitation des forages [5].

Zone	Formation captée	But d'utilisation	Débit actuel (l/s)
TOUGGOURT	Miopliocene	Irrigation	6078.75
		IRR + AEP	250.00
		AEP	20.00
	Eocène	Irrigation	324.22
	Sénonien	Irrigation	8.00
	Albien	AEP	1625
TOTAL			8305.97

I.4 Pédologie de Touggourt

Les sols de Touggourt sont d'origine Allu-colluviale, à partir du niveau quaternaire ancien encroûté, avec des apports éoliens sableux, essentiellement en surface, en majorité salés, l'influence de la nappe phréatique est déterminante et on observe parfois un horizon hydro morphe ou un encroûtement gypso calcaire, dans les sols non encroûtés les propriétés hydrodynamiques sont bonnes, améliorées par des apports de sable en surface et la réserve facilement utilisable (**RFU**) varie entre 78 et 106 mm [6].

L'eau est du type sulfaté calcique dans les sols les moins salés $E_{Ce} < 6$ mmhos/cm et de type chlorure sodique pour les sols les plus salés [6].

Les sols peuvent être regroupés selon les classes suivantes :

I.4.1 Les sols peu évolués non climatiques

- ✚ Sous groupe de sols anthropiques, se situent dans les extensions de la palmeraie vers les chotts, caractérisés par des apports de sables réguliers.
- ✚ Sols à hydromorphie de pseudogley,
- ✚ Sols à hydromorphie d'Amas, nodules et cristaux gypseux,
- ✚ Sols sains ou modaux.

I.4.2 Les sols hydromorphie minéraux

- ✚ Sols à dominant apparaissant à moins de 1.5 m de profondeur.
- ✚ Sols à pseudogley de surface ou d'ensemble.
- ✚ Sols à accumulation de gypse.

Les sols les plus représentés sont les sols anthropiques et hydromorphie minéraux [6].

I-5 Conclusion

Touggourt est caractérisé par un climat aride avec de faible précipitation, est des vents de dominance (Sud-Ouest).

Le terrain de région est pratiquement plat, avec une dénivellation très faible de l'ordre de 1 ‰ vers le nord, le sol est constitué de dépôt de sable argileux.

L'eau de surface de Touggourt est très réduit, ce qui fait que la principal source d'alimentation du canal de la vallée de oued righ en eau est le drainage.

La région repose sur trois principaux réservoirs d'eau, qui sont :

- La nappe phréatique.
- La nappe du complexe terminal (CT).
- La nappe du continental intercalaire (CI).

Touggourt caractérisée par des sols, qu' on peut regroupé en deux classes :

- Sols peu évolués non climatiques.
- Sols hydromorphes minéraux.

Chapitre II :
Les réseaux et les systèmes
d'assainissement

II 1. Le réseau d'assainissement

II 1.1. La structure physique du réseau

Le modèle du réseau d'assainissement qui est actuellement utilisé dans le monde, consiste en un ensemble de conduites, liées entre elles, parcourant sous terre les zones urbanisées et communiquant avec la surface par des ouvrages tels que les branchements, les avaloirs et les bouches. Les branchements assurent la liaison du réseau avec la surface bâtie (logements privés, manufactures), tandis que les avaloirs et les bouches donnent issue à la surface libre. Cet ensemble de conduites communique avec le milieu naturel par les déversoirs d'orage et les exutoires.

D'autres ouvrages, qui s'interposent entre les différents types de canalisations (secondaires, primaires, émissaires), font aussi partie du réseau d'assainissement, tels que les regards de visite et d'accès, les stations de pompage, les bassins de retenue et de décantation, et les stations d'épuration.

Telle est la structure actuelle d'un réseau d'assainissement qui est dimensionnée, et qui résulte des principes définissant son mode de fonctionnement et ses fonctions (écoulement gravitaire, évacuation des eaux immédiate sans stagnation, épuration avant rejet dans l'exutoire). Les effluents transportés par le réseau, de par leurs caractéristiques (débit, composition), déterminent la forme et l'emplacement des ouvrages qui le composent.

La structure physique de l'ensemble des collecteurs, qui constitue le corps central du réseau, est définie en particulier par trois types d'éléments relatifs à :

- sa localisation géographique par rapport au milieu urbain ou par rapport aux autres infrastructures (en particulier la voirie). Les canalisations d'évacuation d'eaux usées se situent, en général, au dessous de la voirie à une profondeur moyenne de 2 à 2,5m ;

- la géométrie et l'aspect physique de ses parties composantes (la forme des canalisations, la nature des matériaux de construction) :

- la forme de la section des canalisations est, en général, circulaire ou ovoïde ;

- les dimensions des tuyaux sont directement déterminées par le débit des effluents transportés et la pente de terrain. Les diamètres sont de l'ordre de 150mm (branchements) jusqu'à 2000-4000mm ;
- les matériaux utilisés à nos jours pour la fabrication des canalisations sont le béton (armé le plus souvent), l'amiante ciment, le grès, le polychlorure de vinyle et la fonte ductile. Par contre, la plus grande partie des réseaux construits au XIXème siècle et au début du XXème siècle sont en maçonnerie de briques ou de pierres ;

- les liaisons et les relations existantes, entre les différents tronçons qui composent le réseau et les autres ouvrages qui s'y interposent [7].

II 1.2. Le fonctionnement du réseau

a) La fonction du réseau d'assainissement urbain consiste à recueillir les effluents produits dans la ville et à les transporter vers la station d'épuration et, après traitement (pour les eaux usées), à les déverser dans le milieu naturel ; c'est-à-dire dans le réseau hydrographique de surface (ruisseaux, rivières, fleuves, mer), le sol, et les nappes souterraines (cas d'épandage souterrain, de bassins et de puits d'infiltration).

b) L'objet du réseau d'assainissement est constitué par les effluents urbains qui comprennent :

- les eaux pluviales ou de ruissellement (E.P.) ;
- les eaux usées ménagères (E.U.) ;
- les excréta humains (E.H.) ;
- les eaux industrielles ayant ou non subi un prétraitement (E.I.N.P) ;

Les eaux usées ménagères, les eaux vannes et les eaux industrielles, sont actuellement considérées comme des eaux polluées, qui doivent donc être traitées avant d'être déversées dans les exutoires. Par contre, les eaux pluviales sont tenues pour des eaux propres, ou plus exactement pour des eaux non polluées. Cette considération est de plus en plus révisée étant donné que la pollution atmosphérique dans les grands centres urbains, de même que la saleté des surfaces imperméables, contribuent fortement à la pollution des eaux de ruissellement. Mais la pollution due

aux eaux pluviales étant un phénomène encore mal connu et en plus difficile à saisir, en raison de la complexité des dispositifs d'expérimentation nécessaires, la mise au point et la diffusion de moyens de traitement de cette pollution restent encore limitées.

Selon la nature des effluents transportés par le réseau, on peut distinguer trois systèmes de collecte actuellement utilisés :

- le système séparatif qui consiste à réserver un réseau à l'évacuation des eaux usées domestiques (et souvent aussi aux effluents industriels), alors que l'évacuation des eaux pluviales est assurée par un autre réseau (canalisations, fossés, caniveaux, écoulement superficiel...);
- le système unitaire qui consiste à évacuer l'ensemble des eaux usées et pluviales par un seul réseau, généralement pourvu de déversoirs, permettant en cas d'orage le rejet direct par surverse d'une partie des eaux dans le milieu naturel ;
- le système pseudo-séparatif qui consiste à réaliser un réseau séparatif particulier pour lequel il est admis que le réseau d'évacuation des eaux usées peut recevoir certaines eaux pluviales (toitures, caves...) en provenance des propriétés riveraines. Dans ce cas, la fonction du réseau d'évacuation des eaux pluviales est réduite à la collecte et à l'évacuation des eaux ruisselant sur la chaussée et les trottoirs

c) Le mode de fonctionnement du réseau : le transport des eaux par la technique du réseau se fait, en général, par voie gravitaire (une certaine pente des collecteurs est donc nécessaire). L'eau est utilisée pour la propagation des matières solides. Cependant des stations de relèvement ou de refoulement sont souvent mises en place dans des cas spéciaux (terrains plats, terrains accidentés). Aussi, des réseaux sous pression ou à dépression sont utilisés dans des cas de terrains très plats et difficiles à assainir.

En particulier, le fonctionnement hydraulique du réseau d'assainissement est déterminé par trois types d'éléments :

- la nature des eaux à évacuer ;

- le débit réel à propager à un moment donné ;
- les débits que les conduites sont capables d'écouler, c'est-à-dire la capacité hydraulique du réseau.

Précisons que le fonctionnement hydraulique du réseau n'a été vraiment maîtrisé que depuis une vingtaine d'années, quand les premiers modèles de simulation de la propagation des flux transportés ont été créés. Ainsi de nos jours, le réseau d'assainissement est défini comme un mécanisme, avec une structure et un mode de fonctionnement, qui est chaque fois représenté par son état physique et par son flux hydraulique, ces deux éléments formant un tout [8].

II 1.3. Le rôle du réseau d'assainissement

Le réseau d'assainissement constitue une pratique d'assainissement des villes.

Les finalités associées à cet ouvrage sont donc déterminées par les "besoins en assainissement" de chaque époque, qui évoluent dans le temps suivant les mutations de l'espace urbain. La modification de la structure du réseau suit cette évolution. Ainsi, depuis sa naissance, le réseau d'égouts joue trois rôles :

- la lutte contre les inondations;
- la protection de la santé publique;
- la protection de l'environnement,

Qui marquent le service de l'assainissement dans tous les pays industriels, où le système du "tout à l'égout" a été adopté pour l'évacuation des eaux sales.

a) La lutte contre les inondations: l'évacuation des eaux de ruissellement est la première fonction attribuée au réseau d'assainissement et date, dans l'histoire des villes, de plusieurs centaines d'années. En effet, les premières canalisations, dans leurs formes les plus primitives -les fossés - visaient à débarrasser les centres urbains des eaux de pluie, qui pouvaient perturber le déroulement des activités commerciales et, par conséquent, freiner leur développement économique et même menacer la vie de ses habitants.

Bien sûr, la perception de la nuisance provoquée par les eaux pluviales, de même que la nature de cette nuisance, ont évolué suivant la transformation de la structure et l'organisation des villes. Ainsi, par exemple, les nouvelles formes d'urbanisation

adoptées après la guerre, en renforçant l'imperméabilisation des sols (modification des capacités d'absorption par le sol -imperméabilisation des toitures, des voiries, des lieux de parkings ...- ont accentué le problème de l'évacuation des eaux pluviales. Fait qui a suscité par la suite d'importantes modifications dans la conception des réseaux (on insère les bassins de retenue et on introduit l'idée de stockage dans le fonctionnement du réseau).

b) La protection de la santé publique : la protection de la santé publique devient une fonction des réseaux d'assainissement, sous l'impulsion du mouvement hygiéniste, à la suite des grandes épidémies à la fin du XIX^{ème} siècle. Une nouvelle problématique se développe alors depuis, selon laquelle les réseaux d'égouts doivent assurer l'évacuation par eau et par voie gravitaire hors des zones urbanisées de certains déchets provenant de l'activité humaine sur le plan domestique et industriel. C'est en effet l'instauration du tout à l'égout qui constitue une solution radicale en matière d'assainissement et qui coïncide avec l'imposition de nouveaux principes d'hygiène, adoptés par la nouvelle classe dominante qui se basent sur l'utilisation de l'eau comme moyen purificateur. En réalité, ce n'est qu'à ce moment là, quand le réseau d'assainissement acquiert son rôle sanitaire, que celui-ci se conçoit comme tel.

c) La protection de l'environnement : jusqu'au début du XX^{ème} siècle, aucun type de traitement n'est, en général, envisagé pour la dépollution des eaux usées transitées par les réseaux d'égouts. Mais à cause des mauvaises conséquences que la concentration de grandes quantités d'eaux sales aux exutoires a provoquées dans le milieu naturel (phénomène qui a suivi le mouvement industriel et la formation de grands centres urbains), la nécessité de traiter les effluents a été imposée. En particulier, la prise de conscience du besoin de préserver les lacs, rivières et mers, a émergé au début du XX^{ème} siècle, devant la menace de contamination des eaux des rivières, principale source d'eau potable, mais surtout après la deuxième guerre mondiale, quand le mouvement d'utilisation du réseau hydrographique de surface comme lieu de récréation a commencé à se développer.

Le souci de plus en plus renforcé de protéger l'environnement, a conduit les responsables à intercaler progressivement des stations d'épuration, pour la dépollution des eaux sales collectées, avant leur rejet aux exutoires. Ce mouvement a été parallèlement suivi par l'évolution du rôle du réseau d'assainissement, ce dernier devant, depuis, assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées, mais sous les "modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de la protection de la nature ". A cet égard, la station d'épuration est conçue comme partie intégrante du réseau, ce dernier étant considéré comme un des organes de la chaîne de traitement des effluents dont il conditionne l'efficacité.

Ce dernier rôle du réseau, que constitue la préservation des ressources naturelles, a induit de nouvelles exigences techniques concernant la structure et le comportement hydraulique de l'ouvrage. En même temps, elle a impliqué l'extension de la responsabilité du service hors des frontières de la ville, en modifiant par conséquent la sphère d'intérêts développée autour de l'assainissement.

Nous précisons que l'évolution du rôle du réseau d'assainissement a pris des formes parallèles dans tous les pays, suivant les rythmes de leur industrialisation. Ainsi, les trois objectifs que nous avons présentés ci-dessus, marquent de nos jours les directives officielles des programmes nationaux d'assainissement dans les pays développés. Les spécificités de chaque contexte socio-économique (national ,local) influent bien évidemment, sur la définition des priorités politiques d'assainissement conduisant ainsi à des hiérarchisations des rôles du réseau, variables selon les pays et les villes [9].

II 2. Les caractéristiques du réseau d'assainissement

II 2.1. Caractéristiques liées à la structure du réseau

Nous distinguons trois caractéristiques du réseau d'assainissement qui découlent de sa structure physique : c'est un investissement lourd; c'est un ouvrage collectif ; il est souterrain.

a) C'est un investissement lourd : un réseau d'assainissement est un investissement lourd à cause de son mode de fonctionnement et de son emplacement. Sa structure physique doit être apte à répondre aux contraintes mécaniques et physico-chimiques exercées à l'intérieur et à l'extérieur de ses canalisations. Par ailleurs, le fait qu'il est souterrain et, par conséquent difficile d'accès, renforce cette caractéristique.

Cette propriété du réseau, directement liée à sa structure, induit trois types de conséquences. Elle implique précisément :

- L'exigence d'une certaine permanence de l'ouvrage : toute intervention sur la structure du réseau (remplacement, transformation) se traduit par une opération difficile, la nécessité d'une durée limitée de sa vie effective a été imposée ; ou autrement, l'adoption parmi les objectifs du service d'exploitation de la pérennité des ouvrages. Comme nous le verrons par la suite, la durée de vie minimum accordée au réseau varie selon les pays et dépend de la structure des équipements (canalisations visitables ou non, nature de leurs matériaux de construction).

L'exigence de permanence des ouvrages impose par ailleurs la prévision de l'avenir et de l'urbanisation comme une action indispensable à la conception et la réalisation des équipements d'assainissement. D'autant plus que de nos jours le cadre bâti évolue continuellement, en transformant parallèlement la quantité et la qualité des eaux sales produites dans le milieu urbain. Bien sûr, la sensibilisation des responsables à la nécessité de la pérennité des ouvrages varie, selon les différents contextes socio-économiques où s'intègre le réseau, suivant les priorités des programmes politiques correspondants.

- Le coût élevé de la construction des réseaux : les coûts liés au réseau d'égouts représentent la plus grande partie (plus de 80%) du coût total des

investissements en assainissement. Mais, les coûts de l'installation des réseaux varient selon la densité des villes (plus la commune desservie est petite, plus il en coûte aux habitants). L'adoption de la technique du réseau ne peut donc se justifier que dans des zones urbanisées, avec une certaine densité de population.

Le fait que l'implantation des réseaux demande des investissements considérables et, par conséquent une capacité de mobiliser les sommes nécessaires dont les villes seules, en général, ne disposent pas, impose l'adoption de méthodes de financement qui offrent des possibilités d'appui sur l'extérieur ; notamment des aides de l'Etat et des systèmes d'emprunt. Mais ces types d'engagements financiers impliquent souvent l'intervention des acteurs étrangers à l'organisation locale avec, bien évidemment, toutes les conséquences induites (développement des rapports de dépendance, influence sur le mode d'organisation et la gestion du service d'assainissement).

b) C'est un ouvrage collectif : un réseau d'assainissement constitue par définition un ouvrage collectif. Il relie par le biais des collecteurs tous les lieux de la ville. Il impose donc l'interdépendance de différentes parties du milieu urbain, fait qui se renforce encore plus par son mode de fonctionnement. Cette caractéristique du réseau entraîne trois types de conséquences. Elle impose :

- la nécessité d'une vision d'ensemble de l'espace, en ce qui concerne la conception et la gestion du réseau ;
- la nécessité d'une certaine solidarité entre les usagers pour le conditionnement du bon fonctionnement du réseau (solidarité qui va se refléter sur les décisions politiques concernant le réseau (distribution des dépenses, opérations à réaliser). Cette solidarité est obtenue de nos jours par la prise en charge, en général, du réseau par le conseil municipal, c'est à dire par des élus représentant la commune (le service d'assainissement est parfois assuré par des entreprises concessionnaires mais, il reste toujours une responsabilité publique). Les usagers, en réalité, ne sont concernés qu'indirectement par les équipements de collecte et d'épuration des eaux usées qui ne font pas partie de leurs propriétés. Ils ne participent pas à la réalisation de ces ouvrages, mais, une fois que ceux-là sont faits, ils participent à leur raccordement ;

La nécessité de la discipline et de la conformité à l'utilisation des équipements de tous les citoyens, pour garantir le bon fonctionnement du réseau (le raccordement au réseau est, en général, obligatoire dans les zones urbaines). Ainsi, les investissements d'assainissement ne s'arrêtent pas à l'établissement du réseau dans les voies publiques, mais ils s'étendent aussi aux dispositifs nécessaires, intérieurs aux espaces privés, en marquant finalement ces derniers. De même, il existe, en principe, des contraintes concernant la nature des eaux sales qui peuvent être rejetées dans les canalisations collectives. Ce sont des contraintes définies par la réglementation qui induisent aussi le comportement des usagers.

c) C'est un ouvrage souterrain: un réseau d'assainissement est un ouvrage souterrain dans sa plus grande partie. Son caractère souterrain, imposé depuis les premières installations, est dû à la combinaison de trois conditions : son mode de fonctionnement (évacuation des effluents par voie gravitaire); son emplacement sous voirie pour des raisons politiques (protection de la propriété) ; un souci d'hygiène (on cache l'insalubrité). De même, un réseau d'égout est, pour des raisons d'économie, partiellement non visitable. Il est donc invisible aux usagers mais parfois aussi aux exploitants, étant donné que son accès est compliqué et pénible [10].

II 2.2. Caractéristiques liées au mode de fonctionnement du réseau

Nous distinguons deux caractéristiques du réseau, liées à son mode de fonctionnement : son caractère hydraulique ; le fait que la phase de production des effluents déversés est bien séparée du fonctionnement du réseau.

a) Une évacuation automatique par voie hydraulique: un réseau d'assainissement assure, en général, l'évacuation des eaux sales par voie hydraulique de façon automatique (évacuation gravitaire). Nous ne parlons pas ici des stations de relèvement ni du cas des réseaux automatisés qui ont leurs propres règles de fonctionnement.

Le caractère hydraulique du réseau implique les conséquences suivantes :

- l'utilisation de l'eau comme moyen d'évacuation (le tout à l'égout est en effet accompagné du chasse d'eau); ce qui présuppose la consommation de grandes

quantités d'eau et qui entraîne l'accumulation aux exutoires de volumes considérables de rejets pollués et donc, la création des problèmes écologiques ;

- la dépendance de l'ouvrage vis-à-vis de la nature du terrain, qui influe sur la pente des collecteurs et détermine, par conséquent, les conditions d'écoulement des effluents

- la propagation des flux suivant la direction amont-aval ; ce qui entraîne la propagation parallèle des anomalies de fonctionnement jusqu'au bout du réseau en aval (excepté le cas de certaines anomalies, comme par exemple l'obstruction des canalisations qui se manifestent sur les parties situées en amont du point de l'incident). Cet élément a sans doute contribué au développement des démarches linéaires en matière d'assainissement. Ainsi par exemple, la procédure de la dépollution suit la concentration de la pollution (principe de la station d'épuration).

b) Un fonctionnement détaché de la production des objets de l'assainissement (eaux pluviales, eaux usées ménagères, excréments humains): les usagers des équipements d'assainissement sont, en effet, écartés du fonctionnement du réseau. Comme nous l'avons vu, il n'existe que quelques exigences minimales, visant à cadrer leur comportement avec les règles de fonctionnement de l'ouvrage (ce qui n'est pas le cas par contre dans le domaine des ordures ménagères, où l'habitant, le producteur des déchets, est convié à participer aux procédés de collecte en utilisant des emballages spéciaux, en séparant même les différents types de déchets). Ainsi, l'urbanisation et toute la sphère privée de la consommation d'eau et de son usure-pollution sont considérées exclusivement comme des données qui doivent être prises en compte dans le dimensionnement des installations. Le problème de l'assainissement est en fait résolu en aval de sa production.

Cette caractéristique, ajoutée au fonctionnement automatique du réseau, ont suscité la technicisation du problème de l'assainissement. L'efficacité du service se limite, alors, au bon fonctionnement hydraulique de l'ouvrage et l'assainissement devient exclusivement le domaine des techniciens et des scientifiques (comme nous l'avons déjà précisé, l'aspect hydraulique du réseau a été accentué) [10].

II 2.3. Caractéristiques liées au rôle du réseau

Nous distinguons, en particulier, le caractère secondaire du réseau dans les actions de production et son rôle politique dans l'organisation urbaine.

a) Le caractère secondaire du réseau dans les actions de production : un réseau d'assainissement doit assurer l'évacuation et la neutralisation des eaux sales produites dans la ville. Sa fonction ne concerne donc pas une production mais la mise à l'écart des objets (eaux pluviales, eaux usées, excréta humains) pour préserver la ville, les ressources en eau et le milieu naturel. Parallèlement, l'objet du réseau d'égout n'étant que des rejets en état non exploitable, l'action d'assainir par ce type de procédé ne peut pas constituer un secteur générateur de profit.

Nous rappelons que les premières conceptions de réseaux au XIX^{ème} siècle (justement les réseaux d'assainissement pneumatiques) envisageaient la transformation des matières recueillies en engrais. Mais finalement, le tout à l'égout et chasse d'eau ont écarté les autres modèles d'assainissement en même temps que le progrès de l'agronomie a fourni les premiers substituts à l'engrais humain.

b) Le rôle politique du réseau : un réseau d'égouts, en représentant un outil pour assainir, joue un rôle fondamental dans l'organisation de la ville. Il préserve, en effet, le déroulement des autres activités qui assurent la reproduction de l'espace urbain. Par ailleurs, il impose par ses limites de capacité hydraulique, la densité de l'occupation du sol. De ces faits, il constitue un instrument politique.

L'importance du rôle politique de cet ouvrage collectif, de même que le fait que le secteur de l'assainissement n'est pas directement générateur de profit, ont contribué à ce que le réseau d'égouts, dans toutes les étapes de son évolution, soit pris en charge par les collectivités locales (ou sinon dans des modèles plus récents par des associations syndicales des copropriétaires), en constituant un service public. En effet, ce n'est que récemment, à cause de la crise des équipements publics suscitée par la crise économique générale, que le caractère public des réseaux d'assainissement a été mis en question. Ainsi, aujourd'hui, le secteur privé s'étend de plus en plus dans le domaine de l'exploitation des installations d'assainissement et dans certains pays [10].

II 3. Le système d'assainissement

II 3.1. Définition du système d'assainissement

Le procédé d'assainissement que constitue le réseau d'égout, avec la structure, le mode de fonctionnement et les fonctions, que nous avons exposés dans les paragraphes précédents, a évolué dans le temps en s'imposant comme la technique la plus complète pour assainir, suivi par une certaine organisation sociale et institutionnelle qui délimite son rôle, assure son fonctionnement et conditionne finalement sa préservation.

En effet, un grand nombre d'agents du contexte socio-économique s'affairent autour du réseau et entretiennent avec lui des rapports techniques (relations fonctionnelles). Ces agents, rattachés à des fonctions précises concernant le réseau, entretiennent parallèlement entre eux des relations basées sur leurs fonctions respectives. Ce sont des rapports socio-techniques qui, avec les rapports fonctionnels, sont impliqués par la structure et le mode de fonctionnement de l'ouvrage et qui sont codifiés dans un ensemble de textes réglementaires et juridiques qui visent à préserver le fonctionnement du service. Par ailleurs, ces agents, qui interviennent dans le processus d'assainissement, entrent aussi dans des rapports sociaux qui relèvent du contexte social général et qui influent sur les relations fonctionnelles et sociotechniques.

Chaque réseau d'assainissement correspond, alors, à : un ensemble "structure matérielle, agents intervenants, règles et normes" accompagné d'un certain nombre de relations, telles qu'elles ont été décrites ci-dessus; c'est-à-dire à un système d'assainissement déterminé dans le contexte socio-économique donné [8].

II 3.2. Les fonctions du service d'assainissement. Les agents concernés

Pour identifier les acteurs du système d'assainissement, nous distinguons cinq types de fonctions intervenant dans l'implantation et l'évolution du réseau. Il s'agit des fonctions de conception et de construction d'utilisation, d'entretien-contrôle et de financement, qui caractérisent le service d'assainissement. Pour chacune d'elles se range un certain nombre d'agents du contexte social que nous présentons ci-dessous.

a) La conception et la construction du réseau : en particulier, la phase de conception des installations de réseau comprend :

- la définition de la zone qui doit être couverte par le projet et le recueil des données concernant son environnement ;
- le choix du système de collecte et du mode de traitement, ainsi que des éléments constitutifs
- le dimensionnement des éléments précédemment choisis ;
- le test des solutions envisagées pour l'assainissement, afin d'aboutir à un compromis satisfaisant entre les différentes préoccupations d'aménagement.

Ces deux fonctions sont déterminées par les recommandations techniques existantes (circulaires, arrêtés ...), suivant les normes techniques et sanitaires établies.

Les acteurs concernés par ces fonctions liées à l'implantation des équipements sont :

Le maître d'œuvre ; c'est-à-dire l'entreprise des travaux (en général privée), qui couvre les activités d'ingénierie et de construction ;

Le maître d'ouvrage que sont, en général, les collectivités locales ;

Les instances publiques qui imposent la réglementation.

b) L'utilisation des équipements : elle se concrétise par le rejet des effluents urbains dans les canalisations collectives et elle se concrétise par le raccordement des immeubles au réseau public, suivant les prescriptions de la réglementation existante.

Les usagers potentiels du réseau d'assainissement urbain sont :

- **les consommateurs d'eau :** c'est-à-dire les particuliers (ménages) et les industriels (ces derniers dans le cas où ils sont autorisés à se raccorder au réseau collectif). Les particuliers doivent respecter une certaine conformité à l'usage, tandis que les industriels sont souvent obligés de traiter leurs effluents avant de les déverser dans les canalisations ;

- **la ville :** il s'agit des eaux pluviales et des usages des voiries qui concernent spécifiquement les réseaux pluviaux unitaires ou séparatifs. Dans ce cas, l'utilisation des équipements est définie par la réglementation (code d'urbanisme, code d'habitation et de construction, plan d'occupation du sol ...).

c) L'entretien des équipements et le contrôle du service : les fonctions d'entretien et de contrôle visent à assurer le bon fonctionnement du réseau et elles comprennent les opérations suivantes :

- le curage du réseau ;
- la réparation et le renouvellement du matériel endommagé ;
- la vérification de la conformité des branchements particuliers et la surveillance des déversements industriels
- l'inspection du réseau et l'enregistrement de ses caractéristiques ;
- la surveillance des chantiers d'extension et la mise à jour des plans de l'ouvrage ;
- la vérification de la conformité des stations d'épuration aux normes sanitaires.

d) Le financement du service de l'assainissement : la fonction de financement des opérations liées au service de l'assainissement, consiste en la couverture des coûts correspondants à l'implantation (coûts d'investissement) et au fonctionnement des équipements [11].

II 3 CONCLUSION

Le choix du système d'assainissement est un critère qui contribue à la durabilité du réseau, ainsi que le type des matériaux entrant dans les ouvrages d'assainissement déterminent sa durée de vie.

Nous allons alors, dans le chapitre qui suit, cerner les mécanismes de dégradation et les procédures de réhabilitation développés dans Touggourt. Pour cela, nous allons organiser notre analyse en insistant sur tous les points dégradés et suivre une méthode d'analyse et de recherche bien définie pour découvrir les causes de dégradation des conduites d'assainissement dans la ville de Touggourt .

MATERIELS ET METHODES

Introduction

Ce chapitre détaille les techniques et les méthodes expérimentales qui ont été utilisées au cours de ce travail :

- ✚ gaz h₂s : détermination de quantité d'hydrogène sulfuré à l'aide de détecteur du gaz
- ✚ Inspection télévisée des réseaux d'assainissement
- ✚ Prélèvement et préparation d'échantillons de sols
- ✚ Les prélèvements d'eaux usées
- ✚ Les prélèvements d'eaux potables

III 1 Détecteur de gaz h₂s portable

Gasalert extreme détection de gaz hydrogène sulfuré (h₂s) avec enregistrement des données (via port infrarouge vers adaptateur usb pour pc en option(ga-usb2)) et affichage des valeurs modèle pour détection du gaz h₂s gamme de mesure : 0 – 500 ppm seuil d'alarme 10 – 15 ppm étalonnage automatique type de gaz :h₂s (hydrogène sulfuré) plage de mesure gaz (ppm / %) :500ppm type de détecteur :non jetable alarme sonore : oui type de capteur (type) : electrochimique caractéristiques supplémentaires :enregistrement des données (requiert l'adaptateur ir/usb ga-usb2 pour le transfert des données sur pc).



Figure : III-1 Détecteur de gaz h₂s portable, 500ppm, affichage des valeurs

Tableau III-1 : quantité de gaz h2s sur l'amant et l'aval de station de refoulement de elfatah et 40 villa

Station de refoulement	Elfath		40 villa	
	amont	Aval	amont	aval
Gaz H2S (ppm)	3,8	8,2	4,1	8,5

III 2 Sulfure d'hydrogène



Figure : III-2 Représentation inductif de gaz sulfure d'hydrogène

Le sulfure d'hydrogène (H₂S) ou hydrogène sulfuré est un composé chimique de soufre et d'hydrogène, responsable de l'odeur désagréable d'œuf pourri. C'est un gaz acide qui réagit avec les solutions aqueuses basiques et les métaux tels que l'argent ou l'acier, même inoxydable.

Le sulfure d'hydrogène joue un rôle important en biologie. Il est produit par la dégradation des protéines contenant du soufre et est responsable d'une grande partie de l'odeur fétide des excréments et des flatulences, humains et animaux. Il peut résulter de décomposition bactérienne de la matière organique dans des environnements pauvres en oxygène (méthanisation).

Le sulfure d'hydrogène est naturellement présent dans le pétrole, le gaz naturel, les gaz volcaniques et les sources chaudes. Le sulfure d'hydrogène peut également provenir de nombreuses activités industrielles.

Synthèse

La synthèse du sulfure d'hydrogène peut se réaliser en deux étapes :

- en mélangeant du soufre et de la limaille de fer, on réalise un brûlât dans un têt (production d'une fumerolle blanche et âcre), ce qui donne une sorte de caillou orangé (le sulfure de fer Fe S) avec des traces grises (la limaille qui n'a pas réagi) ;
- en versant n'importe quel acide (de préférence de l'acide sulfurique, mais c'est l'ion hydronium qu'on fait réagir) sur le sulfure de fer obtenu à la première étape, il se produit immédiatement un dégagement intense de sulfure d'hydrogène bien reconnaissable à son odeur qualifiée dans les manuels scolaires de « nauséabonde », qui est celle de l'œuf pourri.

On peut également faire réagir du sulfure d'aluminium, Al_2S_3 avec de l'eau, ce qui produit, en plus du H_2S , de l'hydroxyde d'aluminium.

Relation avec l'industrie

Le sulfure d'hydrogène est produit par de nombreuses industries : par exemple, la transformation des produits alimentaires, le traitement des eaux usées, les hauts-fourneaux, la papeterie, la tannerie, la raffinerie du pétrole. Il est également présent dans le gaz naturel et le pétrole, desquels il est généralement retiré industriellement avant leur utilisation.

Corrosion des métaux

Ce gaz peut s'accumuler dans les réseaux d'assainissement et corroder les tuyaux qu'ils soient en béton ou en métal. Il peut faire suffoquer les égoutiers. Lorsqu'il est présent dans le gaz naturel, il corrode les matériels traditionnels tels que les tuyaux, les vannes, etc. Il faut alors remplacer les matériaux usuels par de l'Inconel, ce qui n'est pas sans conséquences sur le prix des installations.

Il attaque également l'argent ; c'est la raison pour laquelle les bijoux argentés noircissent lorsqu'ils sont longuement exposés à l'atmosphère polluée. Le sulfure d'argent résultant de la réaction est de couleur noire.

Effets sur la santé

Le sulfure d'hydrogène est considéré comme un poison à large spectre. Il peut donc empoisonner différents organes. L'inhalation prolongée de sulfure d'hydrogène peut causer la dégénérescence du nerf olfactif (rendant la détection du gaz impossible) et provoquer la mort juste après quelques mouvements respiratoires. L'inhalation du gaz, même en quantité relativement faible, peut entraîner une perte de connaissance.

L'exposition à des concentrations inférieures peut avoir comme conséquence des irritations des yeux, de la gorge, une toux douloureuse, un souffle court et un épanchement de fluide dans les poumons. Ces symptômes disparaissent habituellement en quelques semaines. L'exposition à long terme à de faible concentration peut avoir pour conséquence : fatigue, perte d'appétit, maux de tête, irritabilité, pertes de mémoire et vertiges.

Les études sur des animaux ont prouvé que les porcs ayant mangé de la nourriture contenant du sulfure d'hydrogène ont eu des diarrhées après quelques jours et une perte de poids après environ 105 jours.

Les tests effectués sur des souris montrent que l'inhalation durant cinq minutes de sulfure d'hydrogène les plonge dans un état de vie suspendue. Mark Roth, biochimiste de l'Université de Washington à Seattle, et ses collègues ont exposé des souris à un air contenant une faible concentration de sulfure d'hydrogène. En quelques minutes, les souris ont perdu connaissance et leur température a chuté de 37 °C à 15 °C. De plus, leur respiration s'est ralentie, passant de 120 à moins de 10 respirations par minute. Bref, leur métabolisme tournait au ralenti, leurs cellules consommaient moins d'oxygène. Après 6 heures, les souris ont été re-exposées à un air normal et se sont réveillées en bonne santé. Les chercheurs n'ont noté aucun effet secondaire évident. « Cela indique qu'il est possible de baisser le niveau métabolique à la demande », explique Roth. « Dans le futur, des applications spatiales pourront découler de cette avancée, mais notre but principal est de penser aux applications médicales possibles ici et maintenant » ajoute-t-il.

Relation odeur-santé

Le seuil de toxicité du sulfure d'hydrogène est de 14 mg/m^3 , tandis que son seuil de perception olfactive chez l'homme est de $0,00066 \text{ mg/m}^3$, c'est-à-dire que notre système olfactif est capable de détecter cette substance en très faible quantité. Ceci nous permet d'être alertés avant une absorption pouvant être toxique, ce qui n'est pas le cas pour toutes les substances nocives.

Cependant, à partir d'un certain seuil, facile à atteindre, le nerf olfactif est paralysé et le sujet ne sent plus rien.

III 2 Inspection télévisée des réseaux d'assainissement

Inspection télévisée pour "diagnostic" C'est le contrôle de l'état des canalisations, raccordements, branchements pénétrants, pentes, boîtes de branchements, regards de visite, cunettes. Le diagnostic des réseaux existants permet de contrôler l'état des réseaux afin d'établir un programme de réhabilitation. Les réseaux neufs ou anciens, branchements et collecteurs compris doivent obligatoirement être nettoyés par hydrocurage et débarrassés des gravats ou d'autres objets s'y trouvant avant toute inspection télévisée



Figure : III-3 Photo de caméra visitable pour les réseaux d'assainissement

Nos équipements d'inspection télévisée

- caméras couleurs intégrant sonde de localisation
- têtes rotatives à 360° - zooms puissants

Objectif

Nous avons consulté l'état de l'intérieur de réseau d'égout à l'aide de caméra visible pour détecter la forme de dégradation des conduites sur les sites suivantes :

- Mohamed ochebi TBESBEST collecteur a diamètre 600 AC
- Avenu 17 Octobre TOUGGOURT collecteur a diamètre 1100 CAP R1-R2
- Avenu 17 Octobre TOUGGOURT collecteur a diamètre 1100 CAP R2-R3

III 3 Prélèvement et préparation d'échantillons de sols

Le présent manuel technique se concentre sur le prélèvement et la préparation d'échantillons de sols en vue de l'analyse



Figure : III-4 Photo représentatif de prélèvement d'échantillon de sol

Objectif

Le sol est représenté le milieu récepteur du conduites de réseau d'assainissement pour ce là nous avons besoin d'analyse le sol pour découvrir est-ce que il ya une relation entre la dégradation du conduites d'assainissement et le sol ou non.

Les sites des échantillons

Nous avons prélevés les échantillons sur les sites suivants :

- Proche de la station d'épuration commune de TEBESBEST
- commune de TOUGGOURT
- commune de NEZLA
- commune de ZAOUÏA ALÄBIDIA

III 4 Les prélèvements d'eaux usées

Les prélèvements d'eaux usées brutes ont été effectués à la sortie des collecteurs de la station de relevage à Tebesbest et faire les analyses au niveau de L'ANRH de Djelfa et enregistre les résultats suivantes:

Tableau III 2 : Analyse chimique d'eau usée se prendre à la station de relevage à Tebesbest :

Ions	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻
Concentration	208	348	390	66	853	1380	339	110

(mg/l)

III 5 Les prélèvements d'eaux potables

Les prélèvements d'eaux potable ont été effectués à la sortie des aux niveaux de deux forage *forage albien Ain Sahara de la ville de Touggourt, ELGOUG de la ville de Touggourt* et faire les analyses au niveau de L'ADE de Djelfa et enregistre les résultats suivantes

Tableau III 3: Analyse d'eau potable de forage albien Ain Sahara de la ville de Touggourt.

Minéralisation globale	Concentration (mg/l)	Norme national
Calcium Ca ⁺²	212.42	200
Magnésium Mg ⁺²	174.99	150
Sodium Na ⁺	/	200
Potassium K ⁺	/	20
Chlorures Cl ⁻	441.51	500
Sulfate SO ₄ ⁻²	775	400
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	95	-

Tableau III 3: Analyse d'eau potable de forage secoure ELGOUG de la ville de Touggourt :

Minéralisation globale	Concentration (mg/l)	Norme national
Calcium Ca ⁺²	404.80	200
Magnésium Mg ⁺²	133	150
Sodium Na ⁺	/	200
Potassium K ⁺	/	20
Chlorures Cl ⁻	832.62	500
Sulfate SO ₄ ⁻²	1075	400
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	134.44	-

Conclusion

Le prélèvement et la préparation des échantillons est un pas très important dans ce sujet de recherche pour cela nous avons fait une chapitre spécial pour démontre les étapes et les méthodes d'analyser tous les paramètres reliev à la dégradation de réseaux d'assainissement de la ville de Touggourt et déterminer la relation entre les résultats d'analyse et le phénomène de dégradation.

Chapitre IV :
Diagnostic de dégradation de
réseau d'assainissement

IV 1 Historique

La ville de Touggourt est composée de 4 communes qui sont:

- Touggourt
- Tébesbest
- Nazla
- Zaouia alâbidia

La dégradation des réseaux d'assainissement se manifeste par des corrosions dans les conduites et les regards et qui se suit par des affaissements dans le sol.

La ville de Touggourt souffre depuis plusieurs années du dégradation de son réseau d'assainissement qui influe défavorablement sur les aspects:

- De santé (stagnation, pollution)
- D'économie (gène les déroulent dans marchandise)
- De route (dégradation des routes)

Les travaux de réseau d'assainissement du ville de Touggourt ont débuté à l'année 1964. Le premier renouvellement des conduites a commencé à l'année 1987, cette année ils ont constaté que les conduites les plus dégradées sont celle en Amiante ciment (AC) et en béton (CAO). Après la réalisation des travaux de renouvellement des réseaux les ingénieurs ont constaté que la durée de durabilité devient de plus en plus réduite par exemple les conduites qui ont été posées à l'année 2007 se sont dégradées en 2010 [12].

IV 2 Les affaissements de sol

IV 2 1 Les affaissement de sol du Commune Touggourt sur le collecteur principal à diamètre de 1100 mm et matériau amiante ciment

Le collecteur principal d'assainissement a diamètre de 1100 mm a été réalisé en amiante ciment avec une longueur de 450 mètre linéaire sur le cité de Avenu 17 Octobre du commune de Touggourt, ce collecteur est très important par ce qu' il réceptionne les eaux usées transférées à partir des stations de refoulement, le collecteur est très dégradée à partir les résultats comme le montrent les photos [12].



Photo: 1-IV Affaissement de sol au cité de Avenu 17 octobre sur la commune de Touggourt

IV 2 2 Les affaissement de sol du Commune Tebesbest sur le collecteur principal à diamètre de 600 mm et matériau amiante ciment

La collecteur principal d'assainissement a diamètre de 600 Ø mm à été réalisé en amiante ciment avec une longueur de 580 mètre linéaire sur le cité de Mohamed Achebi sont réalisées au 1998 la commune Tebesbest, ce collecteur est très important par ce que il réceptionne les eaux usées ttransférées à partir la station de refoulement de le cité d'elfath et la station de cité de Almojahid et les deux stations du cité Kaoua kibe et cité de 40 villa plus de ça la collecteur du cité de Soummam, le collecteur a subit sur 5 affaissements de sol successives et cela suite au résultat de dégradation de réseaux d'assainissement [12].

- **Première affaissement**

Il a affaissé le 14-11-2008 en face du centre de sécurité N° 2 [12]

- **Deuxième affaissement**

Il a affaissé le 18-11-2008 en face de la cabine de docteur Ramadhan voir la photo [12]



Photo: 2-IV Affaissement de sol en face du cabine de docteur Ramadhan



Photo: 3-IV A ffaissement de sol en face du cabine de docteur Ramadhan



Photo: 4-IV Affaissement de sol en face du cabine de docteur Ramadhan

- **Troisième affaissement**

Il a affaissé le 22-11-2008 à cause de passage d'un camion a poids lourd, directe après le regard récepteur d'eau usées refoulées du station de refoulement de Almojahid [12]



Photo: 5-IV Affaissement de sol cité Almojahid

Quatrième affaissement

Il a affaissé le 26-11-2008 à cause des travaux de réalisation de route de double position vers Zaouïa Alabidia [12].



Photo: 8-IV Affaissement de sol route de double position vers Zaouïa Alabidia



Photo: 9-IV Affaissement de sol route de double position vers Zaouïa Alabidia

Cinquième affaissement

Il affaissé le 29-11-2008 au niveau de quatre chemine près à la station d'arrête de bus [12].



La collecteur principal d'assainissement a diamètre de 800 Ø mm à été réalisé en béton (CAP/CRS) avec une longueur de 1650 mètre linéaire sont réalisées au 2004 la commune Nazla, ce collecteur est très important par ce que il a réceptionné les eaux usées ttransférées à partir la station de refoulement de le cité de Amir abd Alkader Touggourt et la station de Soulasse cité de Nazla, la collecteur principal a attesté sur beaucoup d'affaissement successive à cause de dégradation partie supérieur du conduit [12].

Première affaissement

Il a affaissé le 12-01-2008, cité Ben Traya Lamnaouar à cause de passage d'un camion, 1m sous sol [12].



Photo: 12-IV Affaissement de sol cité Ben Traya Lamnaouar

Deuxième affaissement

Il a affaissé le 15-01-2008, cité Ben Traya Lamnaouar à cause de passage d'un camion de poids lourd, 0.5m sous sol [12].



Photo: 13-IV Affaissement de sol cité Ben Traya Lamnaouar

Troisième affaissement

Il a affaissé le 10-02-2008, à coté de l'école de ben Amar Annaoui à cause de passage d'un camion [12].



Photo: 14-IV Affaissement de sol à coté de l'école de ben Amar Annaoui

Quatrième affaissement

Il a affaissé le 16-04-2008, route Sahraoui Alaid cité Boumerdas près de centre du jeunes à cause de passage d'un camion de poids lourd [12].



Schéma II 1: affaissement de sol da la ville de Touggourt

Cinquième affaissement

Il a affaissé le 08-08-2008, près de Kotlat 165 cité Boumerdes route Sahraoui Alaid Nazla à cause de passage d'un camion de transport d'eau [12].



Photo: 16-IV Affaissement de sol près de Kotlat 165 cité Boumerdes route Sahraoui Alaid Nazla



Photo: 18-IV d'affaissement de sol près de Kotlat 165 cité Boumerdes route Sahraoui Alaid Nazla

Sixième affaissement

Il a affaissé le 16-08-2008, près de Kotlat 165 cité Boumerdes route Sahraoui Alaid Nazla à cause de passage d'un camion JMC de service de l'ONA [12].



Alaid

Il a affaissé le 16-08-2008, près de Kotlat 165 cité Boumerdes route Sahraoui Alaid Nazla [12].



Photo: 19-IV Affaissement de sol près de Kotlat 165 cité Boumerdes route Sahraoui Alaid Nazla



*Photo: 20-IV Affaissement de sol près de Kotlat 165 cité Boumerdes route Sahraoui Alaid
Nazla*

Huitième affaissement

Il a affaissé le 29-11-2008, cité Ben Traia Lamnawar [12].



Photo: 21-IV Affaissement de sol cité Ben Traia Lamnawar



Photo: 22-IV Affaissement de sol cité Ben Traia Lamnawar



Photo: 23-IV Affaissement de sol cité Ben Traia Lamnawar

IV 2 4 Dégradation des regards et conduites

Nous présentons quelques photos de dégradation des regards et conduites sur la ville de Touggourt [1].



Photo: 24-IV Dégradation des conduites du ville Touggourt



Photo: 25-IV Dégradation des regards du ville Touggourt



Photo: 26-IV Dégradation des regards du ville de Touggourt

IV 3 Analyse de problème

La dégradation d'ouvrage d'assainissement est reliée à quatre facteurs essentiels, le liquide qu'il écoule sur le réseau (eau usée), le milieu récepteur qu'il représente par le sol, l'outil de transport qu'il représente par les conduites et en fin la nature de région et de sol.

Pour détecté le problème il faut fait analyse total pour ces quatre facteurs.

IV 3-1 Analyse d'eau usée

L'eau transportée par le réseau d'assainissement contient des bactéries et des sels qu'ils font des problèmes en fonction de concentration des ces éléments et l'eau usée dégage des gazes très dangereuse (H_2S) pour cela analyser l'eau usée au niveau de l'ANRH de Ouargla, les résultats sont représentées au tableau ce dessous.

Tableau IV 1 : Analyse chimique d'eau usée se prendre à la station de relevage à Tebesbest (ANRH wilaya de Djelfa) :

Ions	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻
Concentration	208	348	390	66	853	1380	339	110

(mg/l)

IV 3-1 -1 Interprétation de résultat des analyses

Le tableau IV 1 montre que ces eaux usées contiennent un taux élevé en SO_4^{2-} , En autre il ya une présence d'autre ions tel que CL^- et HCO_3^- , le CL^- contribuer à la dégradation des armatures, il favorise la corrosion à lors que les HCO_3^- contribuent à la carbonations et par la suite à la dégradation des bétons.

IV 3-2 Analyse d'eau potable

L'eau potable est représentée 80% de l'eau usée, nous avons besoin de l'analyse de l'eau potable du ville de Touggourt.

Tableau IV 2: Analyse d'eau potable de forage albien Ain Sahara du ville de Touggourt.

Minéralisation globale	Concentration (mg/l)	Norme national
Calcium Ca ⁺²	212.42	200
Magnésium Mg ⁺²	174.99	150
Sodium Na ⁺	/	200

Potassium K ⁺	/	20
Chlorures Cl ⁻	441.51	500
Sulfate SO ₄ ⁻²	775	400
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	95	-

Tableau IV 3: Analyse d'eau potable de forage secoure ELGOUG du ville de Touggourt :

Minéralisation globale	Concentration (mg/l)	Norme national
Calcium Ca ⁺²	404.80	200
Magnésium Mg ⁺²	133	150
Sodium Na ⁺	/	200
Potassium K ⁺	/	20
Chlorures Cl ⁻	832.62	500
Sulfate SO ₄ ⁻²	1075	400
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	134.44	-

IV 3-2 -1 Interprétation de résultat des analyses

Nous remarquons l'existence d'un taux de SO₄⁻² relativement élevés par rapport à les normes qui favorise la formation de gaz H₂S, acide H₂SO₄ et la dégradation des bétons.

La température de l'eau potable du ville de Touggourt est dépasse 40°, c'est-à-dire très élevées ce qui active et accélère les échanges chimiques entre le matériau et les ions.

IV 3-3 Analyse de sol

Le sol est représenté le milieu récepteur du conduites et joue grande rôle de dégradation de partie extérieure du réseau

Tableau IV 4 : résultat d'analyse de sol.

Éprouvette	1	2	3	4
Profondeur	1 mètre	2 mètre	3 mètre	3.35 mètre
Éléments soluble (%)	72.42	74.08	55.14	53.45
Sulfuriques CASO ₄ .2H ₂ O(%)	23.62	21.67	37.62	36.4
Carbonate CaCO ₃ (%)	3.04	2.61	4.35	3.91
Sels Na CL(%)	0.59	0.85	0.85	0.7

IV 3-3 -1 Interprétation de résultat des analyses

En prendre quatre échantillon, chaque une a profondeur varie à l'autre et analyser les échantillons, à partir les résultats en peut dire que le pourcentage de sulfurique et les sels de Na CL relativement élevée

IV 3-4 Analyse de nature de région

La ville de Touggourt est située au sud de l'Algérie caractérisé par un climat chaud et sec et sol gypso-calcaire qui il justifie l'augmentation de pourcentage de sulfate (SO_4^{-2}) dans le sol et l'eau de la nappe [13].

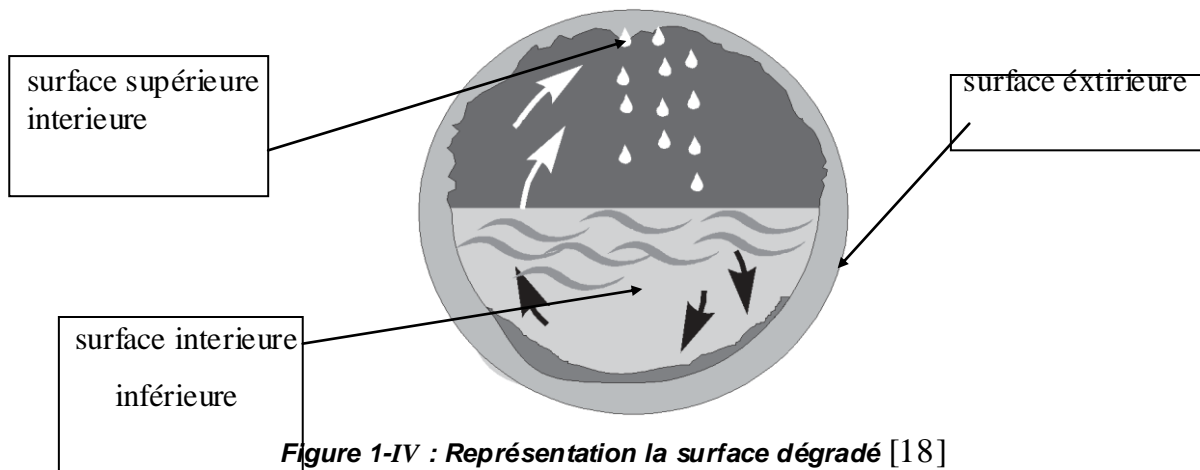
Le terrain est très plat, variation de hauteur de 1m chaque 1 km moyenne de pente de 1‰ qui favorise la stagnation des eaux qui donnent la naissance au gaz H_2S , pour cela le nombre de station de relevage et les pompes de refoulement et très élevées 20 station de relevage et pompe de refoulement (comme représenté sur le levé topographique) [12].

Le sol de surface est sableuse et très facile de déplacement des grains de sable par les vents, et entrée sur le réseau d'assainissement après avoir le colmatage des conduites et provoquent la stagnation.

IV 3-5 Analyse des conduites après la dégradation

Pour toucher le problème il faut détecter la vraie cause pour cela nous avons fait une visite pour beaucoup des cas de dégradation, et remarquer que la partie extérieure du conduit est totalement neuve et la partie basse est neuve mais la surface haute la seule qui est dégradée comme représenté sur le schéma au dessous et comme le montre la photo 1-IV.

Nous avons constaté que la dégradation des conduites est principalement à l'intérieur et sur le côté haut.



IV 3-5-1 Photos intérieurs des conduites

La visite des conduites de l'intérieur c'est un pas très important, pour cela nous avons introduit à l'intérieure des conduites une camera numérique pour réaliser quelques vidéos. A partir les vidéos de l'intérieures des conduites nous avons découvert que la partie supérieur du conduite est très dégradée de plus dans quelques endroit des conduites nous avons constaté l'absence des parties supérieures des conduites, les photos suivantes présentent les clichées des vidéos prisent par le caméra numérique.



Photo: 27-IV Dégradation des conduites du ville de Touggourt qui montre la dégradation du partie supérieur du conduite



Photo: 28-IV Dégradation des conduites du ville de Touggourt qui présent la corrosion des conduites (pas de partie supérieur)



Photo: 29-IV Dégradation des conduites du ville de Touggourt qui montre les armatures (dégradation de l'enrobage)



Photo: 30-IV Dégradation de conduite qui montre la précipitation des ettringite

IV 4 Interprétation Générale

Après les analyses et les traitements des données nous pouvons relever les constatations suivantes :

- Toutes les conduites dégradées sont en matériaux AC ou CAP (matériaux cimentaire)
- Les parties supérieures des conduites qui sont dégradées
- Toutes les conduites dégradées sont situées après les stations de refoulement ou de relevage
- Les photos intérieures des conduites montrent que la partie supérieure intérieure des conduites qui sont dégradées

Tous ces résultats démontrent que le manque d'oxygène sur le refoulement favorise l'activité des bactéries anaérobies pour transformer SO_4^{-2} vers gaz H_2S et stocker sur la partie supérieure de conduite et transformer avec l'aide d'autres bactéries aérobies vers l'acide sulfurique et ce dernier acide entre en réaction chimique avec les composants du ciment (base) et transformer le gypse en ettringite ce qui cause la dégradation de la partie supérieure de conduite ce qui provoque par la suite l'affaissement du sol .

IV 5 Conclusion

Après les constatations et les études réalisées sur ce chapitre, nous pouvons faire la conclusion suivante:

Les réseaux d'assainissement du plus part des communes de Touggourt sont très dégradés. Plusieurs affaissements de sol sont constatés.

Les causes principales de cette dégradation est :

- Le taux élevé des ions SO_4^{2-} dans les eaux potables, les eaux usées et dans le sol
- La pente faible des réseaux ce qui favorise la stagnation à cela s'ajoute la pénétration du sable de dune dans les conduites
- Les avaloires et les poches d'égouts sont presque introuvables.

Ces trois points favorisent la production de l'acide sulfurique qui attaque les matériaux cimentaires des conduites qui provoquent leurs dégradations et qui produit des affaissements de sol.

Chapitre V :
Description de phénomène de
dégradation et propositions des
solutions

Introduction

Le diagnostic du problème de dégradation de réseaux d'assainissement de la ville de Touggourt est une pas très important mais également il faut expliquer le phénomène et déterminer des méthodes techniques et économiques pour protéger les ouvrages d'assainissement et éliminer l'affaissement de sol pour cela nous proposons des solutions en fonctions des recherches modernes sur les attaques d'acide sulfurique sur les réseaux d'assainissement à partir des données de terrain, climat, matériaux de constructions.

V 1 Description de phénomène de dégradation :

La durabilité du béton dans les réseaux d'assainissement est principalement affectée par les effluents riches en composés soufrés qui déclenchent une attaque acide sur les liants hydrauliques .

Le dégagement d'hydrogène sulfuré peut se produire dans des ouvrages tels que les fosses septiques, les stations d'épuration ou les réseaux d'assainissement. Ce dégagement a pour origine la décomposition en milieu anaérobie des composés du soufre contenus dans les effluents brassés ou circulant dans les ouvrages .

Les composés souffres proviennent des sulfates et des produits organiques de type protéines végétales et animales ou de type sulfonâtes contenus dans les produits détergents.

La réduction des ces composés est due à l'action de bactéries anaérobies sulfato-réductrices et nécessite un milieu pauvre en oxygène ($O_2 < 0.1$ mg/l) Par consommation de l'hydrogène sulfuré au cours de leur métabolisme, les sulfato-bactéries rejetant de l'acide sulfurique H_2SO_4 [17].

Tous les matériaux à base de liants hydrauliques calciques sont très sensibles aux contacts de ces acides (formation d'un bio-film : dépôt gélatineux superficiel permettant à l'activité bactérienne de se poursuivre directement au

contact du béton). Les acides sécrétés peuvent correspondre à des solutions dont le pH peut être proche de zéro.

Ce type de milieu contenant de l' H_2 peut être considéré comme fortement à très fortement agressif

En dehors des effets liés à des phénomènes proprement physiques (gel, écaillage, érosion), le béton est soumis à des agents chimiquement agressifs.

Les bétons sont des solides poreux qui ont un caractère basique dû à la nature de la pâte durcie qui renferme :

- 15 à 20 (%) de portlandite (base forte)
- Environ (70 %) de CSH qui peuvent être considérés comme des sels d'acide faible (silicique) et de base forte ($Ca-(OH)_2$)
- 10 à 15 % d'aluminates et sulfoaluminates de calcium hydratés
- Une solution interstitielle dans les pores et les capillaires, enrichie en alcalins

(NaOH, et KOH) dont le pH varie de 12.5 à 13.5 sauf cas exceptionnel, le pH du milieu est inférieur au pH du béton, il en résulte que le système chimique que représente la matrice cimentaire du béton est en déséquilibre avec le milieu.

La réaction chimique peut s'écrire de façon simple : [17]

- Acide + base = sel + eau
- Milieu + béton = sel + eau

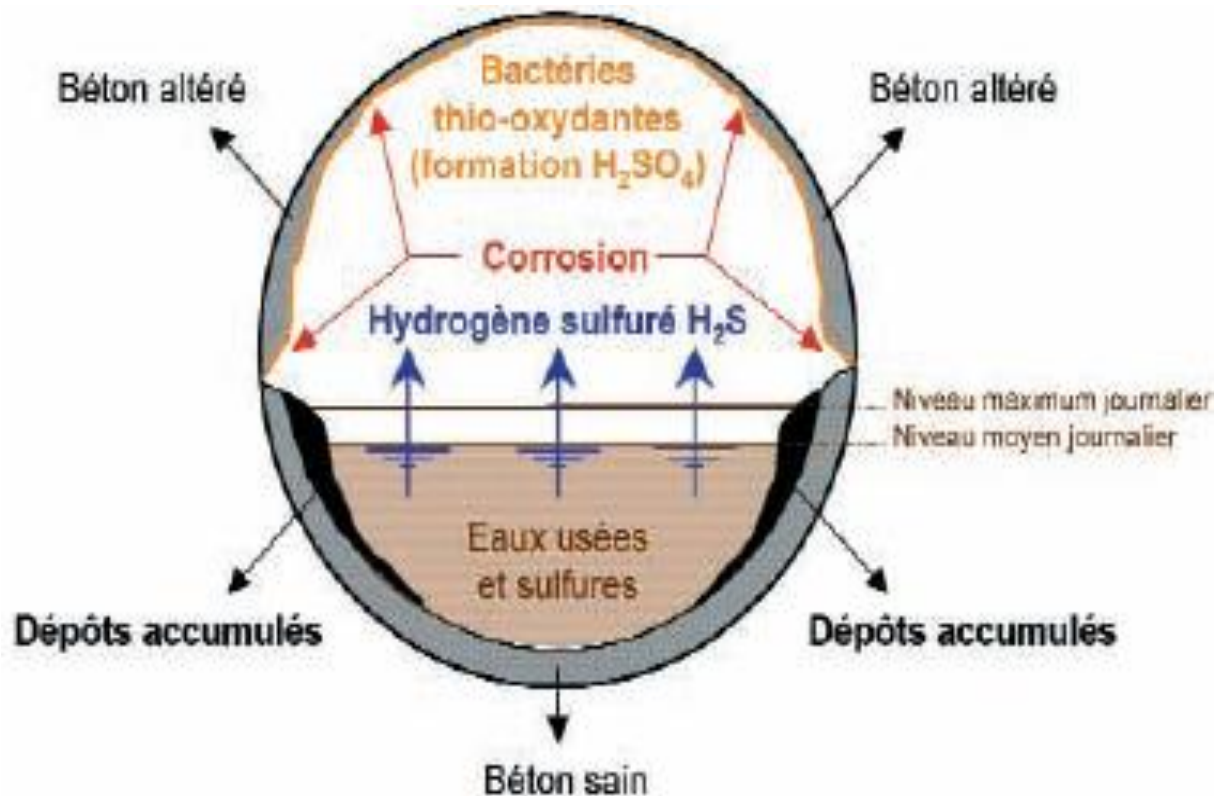
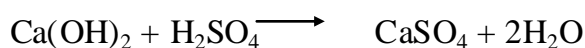


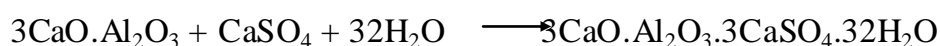
Figure V-1 : formation d'acide sulfurique sur les conduites et dégradation des bétons [15]

Ce double mécanisme d'attaques acide sulfurique peut s'écrire, de façon simplifiée, de la manière suivante :

A - Attaque acide : dissolution de la chaux hydratée avec formation de gypse



B - Attaque sulfatique : réaction entre les aluminates du ciment et le gypse pour former de l'ettringite



Ces réactions n'ont lieu que dans les parties émergées ou situées en zone de marnage de l'ouvrage.

Elles sont d'autant plus fortes que l'humidité de l'air ambiant et la température sont élevées et que l'environnement est peu ventilé. Elles progressent de la face exposée au milieu agressif (Paroi interne de la canalisation) vers le cœur du béton. La présence d'acide peut aussi provoquer la dépassivation des armatures et conduire

ainsi à leur corrosion [15].

V 2 Processus d'attaque sulfurique :

Les sulfates peuvent être d'origine naturelle, biologique ou provenir de pollution domestique et industrielle la figure V.2 dont ils présentent le risque majeur d'agression chimique.

Pour le béton « La fuma » écrit Vait en 1942, l'action du sulfate de chaux est connue depuis longtemps, elle a été signalée en 1887, par Conclot qu'il avait constatée sur les mortier des fortifications, partout où il se trouvaient en contact avec les eaux gypseuses.

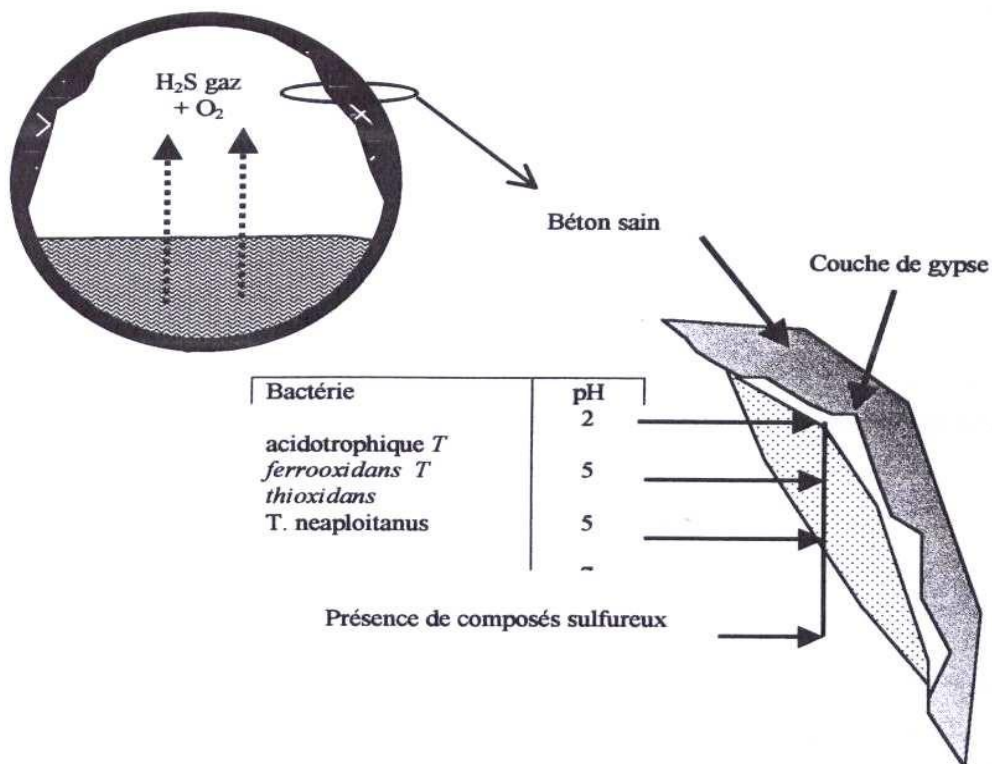


Figure V-2: la corrosion sulfo bactérienne d'un égout [14]

Les causes et les effets de l'attaque sur la face interne s'expliquent par les phénomènes suivants :

- Dans les parties anaérobies du réseau d'égouts, les bactéries sulfato-réductrices réduisent les sulfates dans l'eau usée pour former l'hydrogène sulfuré (H₂S).

- Dans la partie aérobie du réseau d'égouts, l'hydrogène sulfuré se dégage de l'eau usée.

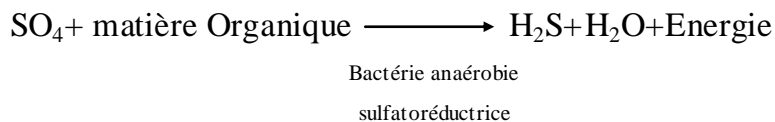
- L'hydrogène sulfuré s'oxyde par l'intermédiaire d'une autre famille de bactéries aérobies sulfato-bactéries et donne H₂SO₄.

- A la fin de ce processus, le pH est de l'ordre de 2 et une couche de gypse se forme à la surface du béton ; ce gypse est normalement le produit de la réaction chimique entre l'acide sulfurique et la portlandite dans le mortier [14].

V 3 Mécanisme de formation des sulfures dans les réseaux d'assainissement

La formation des sulfures s'effectue sur tout par voie biologique. Elle est due aux bactéries sulfatoréductrices qui se trouvent soit dans l'effluent, soit dans le biofilm sur les parois des canalisations et des postes de refoulement.

Les bactéries sulfatoréductrices ne se développent qu'en milieu anaérobie. En puisant l'énergie nécessaire dans la matière organique présente qui sert de source de carbone et de donneur d'électrons. En effet les bactéries sulfatoréductrices obtiennent leur énergie par l'oxydation d'acide organique et d'alcools. Générés comme produits finaux de plusieurs types de fermentations anaérobies. Avec la réduction concomitante des sulfates en sulfures.



Seule une petite partie du soufre réduit est assimilée par les bactéries. L'essentiel étant rélargi dans l'environnement sous les formes non dissociées HS⁻ S²⁻ selon le PH.

V 4 Les solutions proposées :

V 4.1 Changement les matériaux des conduites :

➤ polyéthylène, P.V.C.

- **La matière première**

Le PVC ou polychlorure de vinyle est un dérivé de l'éthylène. Le monomère est le chlorure de vinyle de formule : CH_2CHCL .

Le PVC consiste en de longues molécules linéaires avec un site réactif à chaque extrémité. L'arrangement de ces molécules linéaires est amorphe.

Les thermoplastiques se ramollissent sous l'effet de la chaleur, fondent et durcissent de nouveau [16].

- **Résistance à H_2SO_4**

Le PVC est reconnu pour son inertie et permanente à la corrosion sulfurique. Le transport de certains fluides (eaux usées, eaux vannes) et leur fermentation à l'intérieur des canalisations peut conduire au dégagement d'hydrogène sulfuré (H_2S) dont la combinaison avec l'oxygène de l'air conduit à la formation d'acide sulfurique (H_2SO_4).

Les canalisations en PVC sont insensibles à de telles réactions chimiques [16].

➤ Tube PEhd Ondulé Renforcé

- **La matière première**

La matière première utilisée dans la fabrication des tubes ondulés renforcés est le polyéthylène et le polypropylène.

- **Résistance chimique**

Le polyéthylène et le polypropylène ne sont pas un milieu nutritif pour les Bactéries, champignons et spores, et donc le matériau est résistant à toutes les formes d'attaque microbienne ainsi que l'acide sulfurique et le sulfate.

➤ Canalisations PRV (polyester renforcé fibres de verre)

Les tuyaux en PRV FLOWTITE sont produits par enroulement filamentaire continu, de fibre de verre (Fibres de verre continue ou, mélange de fibre de verre continue et coupée), imprégnées de résines Polyester.

Ce procédé de fabrication en continu permet de réaliser une large gamme de produit

répondant à des applications les plus exigeantes, dans les milieux les plus contraignants.

Il autorise une combinaison variée entre le choix des résines et les types de fibre de verres utilisés. Permettant de dimensionner pour chaque projet ou spécifications clients, le niveau de résistance à la corrosion et les propriétés du produit final, pour ce qui est de la température et de la pression.

Ses principales caractéristiques sont les suivantes:

- Diamètre: de 25 à 4000 mm
- Pression nominale: de 1 à 40 bars
- Rigidité: 2500 à 10000 N/m²
- Résistance à la corrosion: Totalement Insensible
- Durée de vie minimale de 50 ans
- Température: jusqu'à 100 °C
- Acidité: pH de 1 à 10 suivant résine utilisée
- Légèreté: 1/4 du poids de l'acier,
1/10 du poids du béton
- Longueur standard: disponible en 3, 6, et 12 m [18]
- Surface intérieure: Extrêmement lisse: perte de charge réduite $k = 0,029$ mm
- Facilité d'installation [18]



Figure V-3: canalisation de PRV [18]

V 4.2 Ventilation du réseau:

La plupart des regards sont fermés par une couche de godron et c'est très dangereux pour le réseau d'assainissement il faut installer les regards à la surface de la route et veiller à leur ventilation par des ouvertures.

V 4.3 Les regards du nettoyage

Le terrain de la ville de Touggourt est plat pour cela la régime d'écoulement sur les réseaux d'assainissement est laminaire moins de turbulence moins d'oxydations d'eau usée, il faut augmenter la vitesse d'écoulement vers le régime transitoire ou turbulence pour voir l'oxydation de l'eau, nous proposons de faire des regards de têtes pour augmenter la vitesse d'écoulement sur les réseaux d'assainissement et alimenter ces regards à partir la première nappe pour attaquer deux problèmes dans un même temps, la remontée de la nappe et la vitesse faible d'écoulement sur les réseaux d'assainissement.

V 4.4 Éviter les réseaux d'assainissement après les stations de pompage

Les émanations d'hydrogène sulfuré et les problèmes de corrosion qui en résultent ont lieu de manière préférentielle à l'aval des postes de refoulement même de ces postes. Le gros problème provient de la présence des postes de refoulement (poste + refoulement). En effet, dans les conduites de refoulement, la concentration en oxygène dissous diminue en fonction de la longueur du réseau et du temps de séjour hydraulique.

L'effluent passe donc en milieu anaérobie ce qui favorise la formation d' H_2S . Celui-ci n'est dégagé qu'au contact de l'air, au déversement dans les ouvrages de reprise ou des conduites gravitaires et il y a alors corrosion au niveau des bétons (tuyaux, génie civil) et des équipements électromécaniques et électroniques des ouvrages d'assainissement. La corrosion des ouvrages est d'autant plus importante que la turbulence créée par le déversement des eaux usées est grande.

Ainsi, les canalisations sous pression ne sont pas attaquées par H_2S car le tuyau est rempli : il n'y a donc pas de contact avec l'atmosphère et donc pas de dégazage. Néanmoins, l'effluent étant dans des conditions anaérobies, il se forme des sulfures qui se dégageront au premier contact de l'effluent avec l'atmosphère. Les problèmes de corrosion et de présence d' H_2S arrivent également dans des zones où le réseau est à faible pente (zones littorales, plaines : les faibles vitesses favorisent le développement de biofilm sur les parois et diminuent les échanges gazeux, notamment l'absorption d'oxygène). Il peut arriver également que le dégagement d' H_2S ne soit que saisonnier, durant les mois les plus chauds.

Pour cela il faut éviter les réseaux d'assainissement après les stations de relevage et pompage c.à.d. refouler directement vers l'exutoire (station d'épuration ou l'oued) ou dans les cas critiques utiliser un système d'aération sur le premier regard après le refoulement c.-à-d. faire un regard bien ventilé plus vanne flotteur pour la facilité d'aération avant l'évacuation.

V 4.5 Galéré visitable

La galéré est un ouvrage en béton armé avec des grandes dimensions pour permettre la visite de personnes de nettoyage et de maintenance pour détecter les dégradations de béton avant l'affaissement de sol et faire la maintenance successive de l'ouvrage avec des mains d'œuvres et protection spécialisés.

V-5 Conclusion

Le milieu étudié, apparemment riche en hydrogène sulfuré compte tenu des fluides y circulant (eaux usées...), pouvait être classée comme un environnement chimiquement agressif du fait de la présence de sulfates et d'un degré d'acidité important.

Pour cela nous proposons des systèmes et techniques pour diminuer la quantité de gaz H_2S et acide sulfurique et la protection contre la petite quantité qui en reste sur les réseaux d'assainissement.

Les matériaux actuellement utilisés dans les réseaux d'assainissement sont le béton ou l'amiante ciment qui présentent de dégradation considérable pour cela il faut penser à changer ces matériaux par le PVC, PRV ou bien réaliser un système d'assainissement sous forme de canal accessible où les opérations de nettoyage et d'entretien sont réalisable.

Touggourt a 17 stations de refoulement qui jouent un grand rôle dans le dégagement de gaze sulfurique dans le temps de refoulement, c'est bien sûr relier à l'absence de l'oxygène pour attaquer ce problème avec le temps voir comment diminuer le nombre des points de refoulement.

Conclusion général et recommandations

La région de Touggourt est caractérisée par un climat très chaud, terrain plat, précipitation de pluies presque négligeable, toutes ces facteurs sont responsables à l'augmentation de nombres des stations des relevages et la température de l'eau usée et la diminution de vitesse d'écoulement sur les réseaux d'assainissement qui favorisent les réactions chimiques et biologiques et le dégagement de gaz H_2S et la composition de l'acide sulfurique, les conduites de béton très sensible à l'acide sulfurique pour cela nous proposons de changement de matériaux de conduites et éviter les réseaux après le pompage et l'aide à l'aération de réseau et créer une galéré visitable pour la maintenance de réseau.

Quand l'eau usagée est transportée dans des réseaux d'égout, le sulfure d'hydrogène peut être formé dans certaines circonstances. Le sulfure d'hydrogène est un gaz malodorant, qui en outre est toxique, également dans les concentrations qui peuvent être trouvées dans les égouts. Ceci pose donc des problèmes de sûreté pour des ouvriers d'égout, mais également ennuis d'odeur pour les personnes vivant près des réseaux d'égouts. Un problème additionnel provoqué par le sulfure d'hydrogène est corrosion des surfaces de bétons. C'est dû au sulfure d'hydrogène étant oxydé à l'acide sulfurique sur les surfaces de bétons, qui est composé des matériaux cimentaires, ce gypse de formes quand ils contactent l'acide.

En fin nous pouvons dire qu'il reste beaucoup à faire pour mieux comprendre les mécanismes qui régissent la dégradation de réseaux d'assainissement dans la ville de Touggourt, et notre travail n'est qu'une contribution modeste qui nécessite d'être amélioré et complété.

Pour cela nous proposons en recommandation les axes de recherches suivantes :

- Recherche expérimental pour déterminer la quantité de gaz H_2S dégagé en fonction de variation de vitesse de refoulement, longueur de refoulement, la quantité de SO_4^{-2} sur l'eau usée.
- Recherche expérimental pour déterminer l'épaisseur de coque de béton dégradé en fonction de gaz H_2S dégagé, rapport de l'eau sur le ciment E/C de béton, le temps.

- changer le type de matériaux dans les conduites pour ces régions (PRV ou PVC)

BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Bureau d'étude SEDAT, Traitement et analyse des données de réhabilitation de réseau d'assainissement de la ville de Touggourt, Ouargla 2001.
- [2] Office National de Météo (ONM), rapport annuelle de météo , Ouargla 2007
- [3] BELF, C, Etude des nappes du complexe terminal du bas Sahara, données géologiques et hydrogéologique pour la construction du modèle mathématique D.H.W Ouargla, 1970.
- [4] SID AHMED, M, Etude hydrogéologique et hydrochimique de l'ensemble des aquifères de la région de Ouargla, Mém Ing USTHB, 2002
- [5] L'Agence National des Ressources Hydrique (ANRH), rapport d'état des ressources d'eau, Ouargla 2006.
- [6] Classification de sols de Touggourt, Subdivision de Direction de Ressources Hydriques de Touggourt, 1992.
- [7] CHACAL, F," la connaissance du réseau: un ensemble d'informations nécessaire à l'élaboration du diagnostique", in actes des journées de formation continue de l'ENPC du 23-25 avril 1985, la réhabilitation des réseau d'assainissement, Paris, ENPC,1985
- [8] FAUDRY, Daniel, L'évolution technique des réseaux d'assainissement depuis 1945, Grenoble, IREP-CEPS, Université des Sciences Sociales, Mars 1984.
- [9] MONITEUR, T, La pratique des V.R.D, Paris, 1982.
- [10] COCHET.C, "Sécurité et fiabilité du réseau d'assainissement – Concept ou réalité", in L'eau, l'industrie, les nuisances, n° 77, Octobre 1983.
- [11] TRIANTAFILLOU. Catherine, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Université Paris Val de Marne thèse de Doctorat (La dégradation et la réhabilitation des réseaux d'assainissement France - Angleterre - Etats-Unis fait par), 2006.

- **[12]** L'Office National d'Assainissement (ONA), les rapports de contrôle de réseau d'assainissement, Touggourt 2010.
- **[13]** UNESCO. Projet ERESS : Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport final – Paris, (1970).
- **[14]** U'Connell, M, Biochemical Attack on Concrete in Wastewater Applications: A State of the Art Review, 2008.
- **[15]** ATTIOGBE, E, RIZKALLA, S. Réponse de béton à l'attaque d'acide sulfurique, 1988.
- **[16]** Société des conduites plastique CHIALI SIDI BALABASS, guide de produit 2010
- **[17]** Chahine Belghit, étude de la durabilité des bétons en réseau d'assainissement, Université Badji Mokhtar, 2009.
- **[18]** FLOWTITE, fiche de systèmes de canalisations de PRV , 2011.

