

B15996



ECOLE UNIVERSITAIRE D'INGENIEURS DE LILLE

USTL 59655 Villeneuve d'Ascq Cédex

AGENCE DE L'EAU
ARTOIS PICARDIE
Sce DOCUMENTATION
N° D'INVENTAIRE : B15996

Diplôme de Recherche Technologique

Transport de sédiments en réseaux
d'assainissement par temps de pluie

Mickaël LOOTENS

Septembre 2001



V2R
INGENIERIE & ENVIRONNEMENT

*Maîtrise d'Œuvre - Etudes
Assistance Technique
Eau - Assainissement - Déchets - Voirie*

Tél. 03 21 10 42 42 - Télécopie 03 21 10 42 43
RD 232 - 62280 SAINT-MARTIN-BOULOGNE

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	3
1 – ASPECT REGLEMENTAIRE	4
2 – CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES SEDIMENTS EN DEPOTS.....	5
2.1 – LES SEDIMENTS : SOURCES ET PROPRIETES	5
2.2 – CARACTERISATION PHYSIQUE DES SEDIMENTS EN DEPOTS.....	6
2.2.1 – <i>Granulométrie et masses volumiques</i>	6
2.2.2 – <i>Porosité</i>	7
2.2.3 – <i>Vitesse de chute</i>	7
2.2.4 – <i>Seuils de mise en suspension des solides constituant le dépôt</i>	9
2.2.5 – <i>Classification</i>	10
2.3 – CARACTERISTIQUES MECANQUES DES DEPOTS.....	12
2.4 – REPARTITION DES PARAMETRES POLLUANTS DANS LES DEPOTS.....	12
2.4.1 – <i>Teneur en matières organiques</i>	12
2.4.2 – <i>Autres caractéristiques chimiques</i>	13
2.4.3 – <i>Contribution à la pollution des rejets urbains de temps de pluie</i>	13
3 – DYNAMIQUE GLOBALE DES DEPOTS DANS LES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT	14
3.1 – MODES DE TRANSPORT DES SEDIMENTS	14
3.2 – LES CAUSES DE L'ENSABLEMENT DANS LES COLLECTEURS	14
3.2.1 – <i>Influence de la pente</i>	15
3.2.2 – <i>Autres contextes propices à la formation de dépôts</i>	15
3.3 – DYNAMIQUE DE DEPOTS DANS LES COLLECTEURS UNITAIRES	15
3.3.1 – <i>Dynamique de dépôts par temps sec et temps de pluie</i>	15
3.3.2 – <i>Evolution dans le temps des volumes déposés</i>	17
3.3.3 – <i>Evolution dans le temps des profils de dépôts</i>	17
3.3.4 – <i>Charriage</i>	18
3.4 – DYNAMIQUE DE DEPOTS DANS LES COLLECTEURS PLUVIAUX	18
3.5 – NOTION DE PREMIER FLOT	18
3.5.1 – <i>Analyse du phénomène de premier flot</i>	19
3.5.2 – <i>Origines du phénomène et analyse critique théorique</i>	21
3.6 – NOTION D'AUTOCURAGE PAR TEMPS SEC.....	22
3.7 – LES « PIEGES » A SEDIMENTS DANS LE RESEAU.....	22
3.7.1 – <i>Rôle des bouches d'égout</i>	22
3.7.2 – <i>Les chambres de dessablement</i>	23
3.7.3 – <i>Les pièges à charriage</i>	24
4 – LES MODELES DE TRANSPORT DE SEDIMENTS	26
4.1 – TYPES DE MODELISATIONS.....	26
4.2 – EVALUATION DES PARAMETRES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES.....	26
4.2.1 – <i>Pluie brute</i>	26
4.2.2 – <i>Pertes</i>	27
4.2.3 – <i>Pluie nette</i>	27
4.2.4 – <i>Ruissellement et propagation dans le réseau</i>	27
4.2.5 – <i>Hydrogramme à l'exutoire</i>	28
4.3 – DEFINITION DE LA CONCENTRATION INITIALE DES SOLIDES	28
4.3.1 – <i>Accumulation des solides sur les bassins versants</i>	28
4.3.2 – <i>Entraînement des solides par les eaux de pluie sur le bassin versant</i>	29
4.3.3 – <i>Séparation en différentes classes de particules</i>	31

4.3.4 – Erosion des dépôts antérieurs.....	31
4.3.5 – Calcul de la concentration initiale en solides.....	32
4.4 – RESISTANCE A L'ECOULEMENT ENGENDREE PAR LES DEPOTS.....	32
4.4.1 – Résistance engendrée par la forme de la surface des dépôts.....	32
4.4.2 – Détermination de la contrainte de cisaillement dans les conduites.....	34
4.5 – LOIS DE CAPACITE DE TRANSPORT DES SOLIDES EN RESEAU.....	34
4.5.1 – Transport des solides non cohésifs dans les conduites en charge.....	34
4.5.2 – Transport des solides non cohésifs dans les conduites en surface libre.....	35
4.5.3 – Transport des solides cohésifs.....	37
4.6 – LOIS DE CHARGEMENT.....	37
4.7 – PHYSIQUE DES ECHANGES ENTRE LES SOLIDES MOBILES ET IMMOBILES.....	38
4.8 – MASQUAGE ET PAVAGE.....	39
4.8.1 – Description.....	39
4.8.2 – Conditions d'apparition du phénomène de masquage.....	39
4.8.3 – Application de la théorie de Gessler au cas du masquage.....	39
4.9 – EQUATION DE CONTINUITÉ DES SEDIMENTS.....	40
4.9.1 – Solution numérique.....	40
4.9.2 – Conditions aux limites de l'équation de continuité.....	41
4.10 – TRANSPORT DE SEDIMENTS DE GRANULOMETRIE ETENDUE.....	42
4.10.1 – Hypothèses initiales.....	42
4.10.2 – Simulation du transport.....	42
4.11 – CALCULS DE TRANSPORT DE SEDIMENTS DANS QUELQUES STRUCTURES DU RESEAU.....	44
4.11.1 – Dans les regards.....	44
4.11.2 – Dans les déversoirs d'orage.....	45
4.11.3 – Dans les bassins.....	45
4.11.4 – Dans les pompes.....	45
5 – APPLICATION A L'ETUDE DIAGNOSTIC DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT DE WIMEREUX ET WIMILLE.....	46
5.1 – CONTEXTE DE L'ETUDE.....	46
5.1.1 – Pourquoi une étude diagnostic ?.....	46
5.1.2 – Etat actuel de l'assainissement des deux communes.....	46
5.1.3 – Objectifs de la modélisation.....	47
5.2 – PRESENTATION DE MOUSE TRAP.....	47
5.2.1 – Modules hydrologique et hydraulique.....	47
5.2.2 – Module de qualité à la surface des bassins versants (SRQ).....	48
5.2.3 – Module de transport de sédiments (ST).....	48
5.3 – PRESENTATION ET MODELISATION DES BASSINS VERSANTS ETUDIES.....	49
5.3.1 – Caractéristiques des bassins versants étudiés.....	49
5.3.2 – Paramètres hydrologiques de l'étude.....	50
5.3.3 – Principes de modélisation du réseau d'assainissement.....	50
5.3.4 – Choix des paramètres de modélisation sous MOUSE TRAP.....	51
5.4 – RESULTATS DE LA MODELISATION.....	52
5.4.1 – Calage du modèle hydraulique.....	52
5.4.2 – Evaluation du transport de sédiments pour chaque bassin versant.....	53
5.4.3 – Constatations d'ensemble.....	55
CONCLUSION.....	56
BIBLIOGRAPHIE.....	57
ANNEXE A : Plans des réseaux d'assainissement des bassins versants modélisés	
ANNEXE B : Résultats du calage hydraulique du réseau	
ANNEXE C : Résultats de la modélisation du transport de sédiments	

INTRODUCTION

La présence de matières solides dans un réseau d'assainissement crée de nombreux problèmes tant sur le plan de l'évacuation des eaux que sur celui de l'entretien du réseau. L'écoulement dans les conduites et les ouvrages particuliers est caractérisé par des variations brusques et importantes de débits liquide et solide qui engendrent un changement incessant des conditions de transport et de l'état des sédiments.

Plusieurs modèles de transport solide en réseau d'assainissement ont été élaborés depuis une vingtaine d'années, fondés sur des approches et des conceptions diverses. La plupart de ces modèles étaient utilisés depuis longtemps en hydraulique fluviale ou maritime et les transferts de connaissance ont été effectués vers le domaine de l'hydraulique des réseaux d'assainissement sans adaptations véritables, et la validité de ces théories appliquées aux réseaux d'assainissement n'est toujours pas établie.

La difficulté de la mesure de paramètres en réseau, les incertitudes concernant les valeurs des paramètres et constantes des équations des modèles, les erreurs dans les équations qui constituent la structure propre du modèle, et, plus globalement, l'intérêt relativement récent pour une compréhension à échelle fine du transport de sédiments dans les réseaux, n'ont pas encore permis d'aboutir à une formulation tout à fait satisfaisante de ces phénomènes.

Les modèles se distinguent les uns des autres par la façon dont les solides sont décrits et par la modélisation de leur transport, notamment la prise en compte ou non des différents modes de transport (suspension et charriage).

J'ai utilisé le module de transport de sédiments du logiciel MOUSE TRAP pour la modélisation des réseaux d'assainissement des communes de Wimereux et Wimille dans le cadre de leur étude diagnostic. Notons cependant que l'approche générale du logiciel sur le transport de sédiments peut encore être mise en doute même s'il a montré des résultats prometteurs pour la simulation de l'emplacement de dépôts de sédiments dans le réseau d'assainissement de la ville de Ljubljana en Slovénie [MARK & al., 1996].