

GC.0456

P R O J E T I N I T I E L

R E L E V E S A N I T A I R E D U C A N A L V D E
D A K A R

F A I T P A R
C H E I K H S A L L
E l è v e i n g é n i e u r e n G é n i e r C i v i l

DIRECTEUR DE PROJET : Monsieur J.G. GONDIN
Professeur à l'Ecole Polytechnique de Thiès
CODIRECTEUR DE PROJET : Monsieur NBAYE NDAO
Chef de la Division Infrastructure du Port
Autonome de Dakar.

Ecole Polytechnique de Thiès

Cet Ouvrage est dédié à tous mes Parents et amis

R E M E R C I E M E N T S

Nous remercions très chaleureusement tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce projet.

Nos remerciements vont particulièrement à :

- Monsieur J. G. Grondin, Professeur à l'EPT, qui a bien voulu accepter la direction de ce projet et qui par ses conseils, sa maîtrise parfaite des problèmes d'assainissement, ses visites sur le terrain et son intérêt au sujet, nous a permis de surmonter la plupart des nombreux obstacles rencontrés.
- Monsieur M. Baye NDAO, Chef de la Division Infrastructure du P A D et Codirecteur du projet qui a eu la gentillesse de nous proposer le sujet dont la pertinence est acceptée de tous.
- Monsieur M. Blais, Responsable du laboratoire de Génie Sanitaire à l'EPT qui, par ses conseils pratiques et sa présence sur le terrain lors des prélèvements, a été d'un apport considérable dans la phase expérimentale du projet.
- Monsieur K. D. CAMARA, Chef du service Assainissement de la SONEES et son Adjoint Monsieur B. NDIAYE pour leur collaboration effective et pour tous les moyens qu'ils ont mis à notre disposition durant l'étude.
- Tout le service Assainissement de la SONEES.

S O M M A I R E

La dispersion des données, les plans non actualisés, l'absence presque totale de collaboration dans le secteur industriel, la discrétion des gens dans le secteur résidentiel, l'éloignement, l'insuffisance et la mauvaise répartition du temps alloué au projet : voilà sommairement décrit le cadre dans lequel s'est déroulé cette étude.

Nonobstant ces conditions de travail qui sont loin d'être les meilleures, il est quand même ressorti de notre étude que :

- les eaux véhiculées par le Canal V sont extrêmement chargées
- les nuisances engendrées sont surtout dues à l'utilisation anarchique du Canal V et à une absence totale d'entretien
- l'aggravation "probable" de la pollution des eaux du Port de pêche risque d'être certaine si des corrections ne sont pas immédiatement apportées.

Dans la rubrique des recommandations des solutions à apporter aux problèmes décelés nous proposons principalement :

- une éducation suivie du public en matière d'assainissement
- une réglementation des rejets
- un plan d'entretien du Canal
- une station de traitement préliminaire juste en amont de l'exutoire
- quelques recommandations diverses.

T A B L E	D E S	M A T I E R E S
-----------	-------	-----------------

		<u>PAGES</u>
<u>PREMIERE PARTIE</u> :	INTRODUCTION GENERALE	1
1.	ENONCE PRECIS DU PROBLEME	4
2.	OBJECTIF DU PROJET	7
<u>DEUXIEME PARTIE</u> :	ETUDE DU BASSIN DE DRAINAGE	
	DU CANAL V	8
1.	PLAN GENERAL DU BASSIN DE	
	DRAINAGE	9
2.	LOCALISATION DES DIFFERENTS	
	RACCORDEMENTS	11
	2.1 - Raccordement résidentiel	11
	2.2 - Raccordements industriel et	
	commercial	12
<u>TROISIEME PARTIE</u> :	DETERMINATION DU DEGRE DE	
	POLLUTION DES EAUX USEES DU	
	CANAL V (par temps sec)	15
1.	PHASE EXPERIMENTALE	17
	1.1 - Description des stations	
	d'échantillonnage	18
	1.2 - Tableaux de mesures et de résultats	
	des différents essais effectués	19
	1.2.1-PH	19
	1.2.2-OD	20
	1.2.3-DBO ₅	20
	1.2.4-Matière solides décantables	22
		.../..

1.2.5 - Matière en suspension	23
1.2.6 - Matières solides totale	23
1.2.7 - Matières solides dissoutes	24
1.3 - Interprétation des résultats des essais effectués	24
2. CALCULS DES CHARGES DE POLLUTION	30
2.1 - Estimation de la population raccordée	30
2.2 - Calcul des charges de pollution avec les résultats des essais effectués	32
2.2.1 - Estimation des débits aux stations d'échantillonnage	32
2.2.2 - Calcul des charges de pollution	35
2.3 - Calcul des charges de pollution des normes françaises	36
2.4 - Comparaison des résultats	40
3. DIAGNOSTICS	42
QUATRIEME PARTIE : CONSIDERATIONS D'ENSEMBLE SUR LE PROBLEME D'ENSABLEMENT	43
1. CAUSES DU DRAINAGE DE SABLE PAR LE CANAL V	45
1.1 - Quartiers ensablés et vues par le sable	45
1.2 - Techniques et ouvrages de captage	46
1.3 - Défectuosités de certains regards de visites	47
1.4 Teneur en sable des eaux raccordées au Canal V	48

.../...

2.	CONSEQUENCES DU DRAINAGE DE SABLE PAR LE CANAL V	50.
CINQUIEME PARTIE : PROPOSITIONS DE SOLUTIONS		52
1.	EDUCATION DE LA POPULATION	55
2.	REGLEMENTATION DES REJETS	57
2.1	- Rejets dans le secteur résidentiel	57
2.2	- Rejets dans le secteur industriel et commercial	58
3.	ENTRETIEN DU CANAL V	60
4.	CONCEPTION D'UNE STATION DE TRAI- TEMENT PRELIMINAIRE AU PORT DE PECHE	62
4.1	- Buts du traitement	62
4.2	- Procédés de traitement	62
4.3	- Schéma de la station de traitement préliminaire	63
4.4	- Base de Calcul	63
4.4.1	- Calculs relatifs à l'opération de dégrossissage-dégravillonnage	64
4.4.2	- Calculs relatifs à l'oxygénation	65
4.4.3	- Calculs relatifs à la sédimentation	66
4.4.4	- Calculs relatifs à l'interception des huiles	67
4.5	- Entretien de la station	68
5.	Recommandations diverses	71
5.1	- Réduction des débits de ruissellement	71
5.2	- Stabilisation de la couche de sable des trottoirs des rues	72

SIXIEME PARTIE :	CONCLUSIONS ET DISCUSSIONS	74
ANNEXE	PROCEDURES ET METHODES DE CALCULS DES ESSAIS EFFECTUES	78
BIBLIOGRAPHIE		85

 PREMIERE

 PARTIE

INTRODUCTION

GENERALE

Le Sénégal, pays en développement, caractérisé par un taux de croissance démographique élevé, un développement urbain intense au détriment du monde rural, une industrialisation embryonnaire mais qui ne cesse de s'étendre, doit méditer avec une attention toute particulière cette question de M. Philippe Lamour : "est ce un objectif pour l'homme que d'atteindre la prospérité dans l'ordure ?". En effet les problèmes de pollution, qui, dans les années 60, étaient considérés comme "des problèmes probables de demain", sont aujourd'hui des réalités à la fois gênantes et menaçantes dans les pays en développement.

De toutes les sortes de pollution, la pollution des eaux est la plus insidieuse et la plus difficile à combattre. La croissance permanente des besoins en eau, imputable sans nul doute à la poussée démographique, à l'industrialisation et à l'urbanisation, fait qu'à l'augmentation du volume d'eaux usées s'ajoute celle de leur concentration en polluants. Une gestion pertinente des eaux usées s'avère donc indispensable. Par gestion pertinente nous entendons surtout : un design judicieux de réseaux égouts, une construction conforme aux plans du concepteur, un entretien permanent et un contrôle vigilant de l'utilisation des réseaux.

L'étude que nous présentons ici porte sur les problèmes posés par le Canal V de Dakar par suite d'un manque de coordination entre la conception, la construction, l'entretien et l'utilisation de cet égout. Elle fut entreprise à la demande du Port Autonome de

.../...

Dakar qui s'inquiète quant à l'exploitation des nouvelles installations portuaires si le Canal V continue à déverser à l'intérieur du port de pêche des eaux de plus en plus pollués.

.../...

1.

ENONCE PRECIS DU PROBLEME

Le Canal V a pour objet de recueillir la majeure partie des eaux d'orages de la ville de Dakar et de la conduire jusqu'à la mer. Mais l'ensablement des rues et le rejet clandestin dans cet égout des eaux résiduaires industrielles, des huiles des stations-service et des matières fécales provenant de certaines habitations font du Canal V une nuisance publique, surtout par temps sec.

L'exutoire du Canal V se trouve en zone ouest à l'intérieur du Port Autonome de Dakar. Cet égout étant conçu pour drainer des eaux de ruissellement supposées faiblement polluées, le déversement se fait directement dans la mer sans prétraitement des eaux véhiculées. Mais l'utilisation du Canal V comme réseau unitaire et la pratique du "tout à l'égout" dans les quartiers desservis engendrent un certain nombre de nuisances dont les principales sont :

- ensablement du bassin de la pêche : anciennement, avant les extensions entreprises par le Port Autonome de Dakar pendant la décennie qui s'achève, la zone ouest du port n'était qu'une plage reliée au vaste plan d'eau et une grande superficie était offerte aux eaux usées qui débouchaient du Canal. En 1970 - 71 le port a gagné des surfaces sur la mer et le Canal fut prolongé et couvert en partie. En 1978 la construction du nouveau môle de pêche devait bouleverser les conditions d'écoulement des eaux déversées ; en effet le débouché du Canal fut dévié dans le bassin de la pêche, bassin dont la superficie est très petite par rapport à l'ensemble du plan d'eau.

.../...

Cette réduction de la superficie offerte au dépôt des matériaux drainés provoque un exhaussement rapide du fond du bassin. Ce qui entrave la bonne marche de la navigation au port de pêche et nécessite des dragages périodiques très onéreux.

- destruction des peintures des coques des navires : un entretien suivi des navires montre que les peintures des coques se dégradent à un taux supérieur aux taux habituel de l'action des eaux salées sur celles ci. Les eaux rejetées contiennent donc des produits qui attaquent les peintures des coques des navires. En effet les protections doivent être refaites plusieurs fois par an ; ce qui représente une dépense supplémentaire pour le Port Autonome de Dakar, dépense qui est loin d'être négligeable compte tenu du prix des peintures marines.

- puanteur persistante au port de pêche : la teneur en produits nauséabonds des eaux déversées rendent difficiles les conditions de travail au port de pêche. Cette nuisance publique qui transforme petit à petit le port en une zone insalubre risque de compromettre l'exploitation des nouvelles installations portuaires

- contamination et destruction de la biocène marine : les eaux du Canal contiennent probablement des produits toxiques. En effet à certaines périodes de l'année, des milliers de poissons flottent, ventre à l'air, sur le plan d'eau. Ce qui peut engendrer des conséquences fâcheuses quant à l'équilibre de la biocène marine et à la santé des consommateurs des produits de la pêche

.../...
 école
 des langues

- danger public pendant les inondations : pendant l'hivernage il y a souvent de grands orages dont toutes les eaux ne peuvent pas être acheminées par le Canal ; il se crée alors des inondations périodiques des rues. Pendant ces inondations les rues sont envahies par un mélange d'eaux extrêmement polluées et d'eaux de pluies. Ces inondations représentent des dangers pour la santé publique car elles favorisent la dispersion dans les rues des germes pathogènes probablement contenus dans les eaux usées du Canal.

- progression rapide du Canal V vers la désuétude : en saison sèche les vitesses d'écoulement dans le Canal sont très faibles ; ce qui favorise les dépôts de solides dans le réseau et la production de sulfure d'hydrogène et d'acide sulfurique corrosif. Les boues déposées engendrent une réduction de la capacité d'écoulement du Canal alors que les substances corrosives formées attaquent la conduite et les ouvrages annexes. Le Canal V répond donc de moins à moins à sa fonction et risque d'être totalement désuet dans peu d'années.

Ce tableau noir des principaux problèmes posés par le Canal-V montre à quel point la situation est désastreuse. Des études sérieuses, sanctionnées de recommandations judicieuses, s'avèrent donc indispensables pour combattre dès maintenant les problèmes de pollution des eaux du port de pêche avant que le seuil de l'irréparable ne soit atteint.

•••/•••

En guise de prélude à la lutte contre les nuisances engendrées par le déversement des eaux du Canal V au port de pêche de Dakar, nous nous proposons de présenter ici une étude dont les principaux objectifs sont :

- préparer un plan général des différents collecteurs raccordés au Canal
- localiser les raccordements résidentiel, industriel et commercial
- dans la mesure du possible, faire des prélèvements sur les eaux déversées et analyser ces eaux afin de déterminer leur degré de pollution et nocivité.
- à la lumière des renseignements ceuillis, faire des recommandations d'alternatives de solutions au (x) problème(s) décelé (s).

Nos moyens étant limités du point de vue temps, matériel et autorité, notre étude ne sera pas des plus parfaites. Mais nous espérons qu'elle pourra servir de document de base à une éventuelle entreprise gouvernementale visant de régler le problème crucial qu'est la pollution des eaux du port de pêche.

.../...

 E U X I E M E

 A R T I E

E T U D E D U B A S S I N

D E D R A I N A G E D U C A N A L V

L'indisponibilité des plans topographiques de la ville de Dakar nous a conduit à fixer les limites du bassin d'apport du Canal V à partir du plan général du réseau à eaux pluviales. La délimitation a été effectuée avec la collaboration effective des dirigeants du service Assainissement de la SONEES. Des inspections répétées sur le terrain nous ont permis de vérifier certaines hypothèses audacieuses quant à la position de la ligne de partage des eaux. Le plan général du bassin versant du Canal V, résultat de tout ce travail, est joint à ce rapport dans la série "dessin".

A la section "Cyrnos", juste avant son entrée au port de pêche, le Canal V est rejoint par l'affluent 19 venant de la Médina et par le Canal VII desservant Rebeuss et le Plateau. Les débits véhiculés par ces deux collecteurs étant négligeables en saison sèche, ^{étude} notre porte sur le bassin de drainage du Canal V proprement dit.

Les différents secteurs desservis soit en partie soit entièrement par le Canal V ainsi que l'apport en superficie de chaque secteur sont donnés au tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1

Secteurs desservis	Apport en surface (en hectare)
Grand Dakar Est	67.5
HLM Nimzat	57.25

.../...

Colobane	36.5
Darou Kipp	69.5
Port de pêche	15.5

Chaque secteur est constitué d'un regroupement de quartiers. Le tableau 2 donne les quartiers constituant chaque secteur.

Tableau 2

Secteurs	Grand-Dakar Est	HLM Minzat	Colobane	Darou Kipp	Port de pêche
Quartiers	Usine Ben Tally Usine Niari Tally Bopp Ouagou Niayes	HLM Minzat Boules douanes Cité Port Parc à Mazout	Colobane	Darou KIPP	Port de pêche

2. LOCALISATION DES DIFFERENTS RACCORDEMENTS

2. 1 - Raccordement résidentiel

Les vidoirs aménagés sur le Canal pour la collecte des eaux ménagères dans certains quartiers et les branchements clandestins de sanitaires font du secteur résidentiel un des principaux pollueurs du Canal V.

Il est ressorti de notre étude sur le terrain et des discussions avec les dirigeants du Service Assainissement de la SONEES que le raccordement résidentiel se réduit au secteur de Grand Dakar Est et à une partie des HLM Nimzat.

Grand Dakar Est est un secteur à forte densité de population. Le réseau d'adduction d'eau y dessert surtout des bornes fontaines où la majeure partie de la population vient se ravitailler. La totalité des eaux ménagères de ce secteur prend le chemin du réseau pluvial à partir des vidoirs aménagés sur le Canal V. C'est surtout dans ce secteur où les branchements clandestins de sanitaires sont décelés. En effet 10 à 15 % de la population de Grand Dakar Est utilisent le réseau pluvial au lieu du réseau à eaux vannes pour l'évacuation des matières fécales provenant de leurs habitations. Ces chiffres sont toutefois très approximatifs mais ils sont jugés raisonnables par les responsables de l'exploitation du réseau. Notons enfin que de tout le bassin versant du Canal V Grand Dakar Est est le secteur le plus ensablé.

.../...

HLM Nimzat est un quartier assaini. Les habitations y sont toutes fournies en eau courante et elles disposent d'installations sanitaires. La partie des HLM Nimzat adjacente à la Cité Port, traversée uniquement par le Canal V, utilise ce dernier comme réseau unitaire. La totalité des eaux usées de cette partie des HLM Nimzat est donc acheminée par l'égout pluvial.

Le raccordement résidentiel est mis en évidence dans le plan général du bassin de drainage du Canal qui est joint à ce rapport dans la série "dessin".

2.2 - Raccordements industriel et commercial

Le développement industriel et commercial de la ville de Dakar ne peut qu'accroître le volume d'eaux usées engendrées. En effet les industries sont en général de grandes utilisatrices et évacuatrices d'eau et les établissements commerciaux peuvent eux aussi générer des quantités d'eaux usées relativement considérables. Nous avons été surpris par l'inexistence de réseau de collecte des eaux usées dans le secteur industriel et commercial se trouvant aux alentours du port de pêche ; le Canal V est le seul réseau qui passe à proximité de ce secteur, mais il est important de noter que le Canal V est un réseau à eaux pluviales ; il n'est donc pas conçu pour recueillir les eaux résiduaires industrielles et commerciales.

Trois pratiques d'évacuation des eaux usées ont été décelées dans le secteur industriel et commercial :

.../...

- utilisation du Canal V pour l'évacuation des eaux usées
- déversements des eaux usées au niveau du "slip away" de la subdivision des ateliers mécaniques du port
- déversements des eaux usées au mole IV (porte 41).

Toutes ces trois pratiques sont irrégulières car les eaux résiduaires ne sont pas prétraitées avant rejet. Le manque de collaboration des industriels a fait piétiner notre enquête dans le secteur industriel et commercial ; nous n'avons donc pas pu faire l'affectation des entreprises industrielles ou commerciales selon les trois pratiques d'évacuation précitées. Néanmoins les industries et les établissements commerciaux situés dans le bassin versant du Canal V, entre la Route de Rufisque et le Chemin de fer, sont vraisemblablement raccordés au Canal V. Nous donnons ci dessous la liste des entreprises dont le raccordement au Canal V est très probable pour ne pas dire évident :

1. Liste des entreprises industrielles ou commerciales vraisemblablement raccordées au Canal V

- . Blanchisserie Du Cygne
- . S A I B (conserverie)
- . Sénégal Bois
- . Afric - Auto
- . Savonnerie Fakhry
- . Nouvelles Savonneries de l'Ouest Africain
- . S O P O A
- . S O P E S E A

.../...

- . Société Sénégal Proteines
- . S O M A F R I G
- . etc...

Notons que cette liste est loin d'être exhaustive.

.../...

/// ROISIEME // PARTIE

DETERMINATION DU DEGRE DE
POLLUTION DES EAUX USEES
DU CANAL V (par temps sec)

Le mot pollution est en gros, synonyme de souillure. Le conseil international de la langue française définit une pollution comme l'introduction ou la présence d'un altéragène dans un milieu déterminé et le résultat de son action. Le mot altéragène désigne toute substance ou tout facteur provoquant une altération de l'environnement. Dépendamment de la nature de l'altéragène en présence on distingue trois types de pollution :

- Pollution biologique (bactéries, protozoaires, virus...)
- Pollution physique (solides, température, couleur, odeur...)
- Pollution chimique (matières organiques, inorganiques, gaz...)

Pour déterminer le degré de pollution des eaux drainées par le canal V (en saison sèche) nous avons procédé en deux phases :

- une phase expérimentale dans laquelle nous avons effectué différents essais (PH, OD, DBO, MES...) et analysé les résultats obtenus.
- une phase de calcul consacrée à la détermination des charges de pollution en retenant comme paramètre d'appréciation de la pollution la demande biochimique d'oxygène (DBO) et les matières en suspension (MES).

.../...

1. PHASE EXPERIMENTALE

La mesure expérimentale du degré de pollution des eaux usées est une opération très délicate car les déversements d'eaux usées sont sujets à une grande variabilité tant au point de vue débit que composition en fonction du mode de vie des collectivités raccordées (eaux usées domestiques) ou des rythmes de fabrication (eaux résiduaires industrielles).

Le relevé sanitaire d'un canal nécessite donc la connaissance de l'emplacement de chaque raccordement et l'importance des débits qui y sont déversés. La tendance actuelle est de faire des enregistrements en continu de certains paramètres par des stations automatiques de mesure et de faire des prélèvements proportionnels aux débits à intervalles réguliers.

Dans le cadre de notre étude, quatre obstacles ont entravé la bonne marche de notre tentative de détection expérimentale du degré de pollution des eaux drainées par le Canal V :

- l'insuffisance et la mauvaise répartition du temps alloué au projet : un seul et même jour par semaine,
 - l'éloignement : nous résidons à Thiès alors que le Canal V se trouve à Dakar
 - l'impossibilité de la mesure expérimentale des débits aux stations d'échantillonnage : les débits sont très faibles en saison sèche ; ce qui rend difficile leur mesure à l'aide de déversoirs. En outre l'en-sablement et la forme des regards ne facilitent pas l'installation de déversoirs de mesure de débit.
- .../...

- et enfin l'absence de données dans le secteur industriel et ceci à cause du manque de collaboration des industriels.

Néanmoins, nous avons pu faire des analyses sur des échantillons prélevés le long du Canal à cinq stations caractéristiques. Mais le manque de variabilité des horaires de prélèvements, suivant un plan préétabli sur tous les moments de la journée et sur tous les jours de la semaine, fait que les échantillons recueillis ne donnent que des renseignements aléatoires. Les résultats des analyses effectuées sur ces échantillons ne pourront donc pas servir de base de calcul pour le choix définitif de telle ou telle autre solution ; ils serviront surtout comme indications quant au fondement du problème posé : la pollution des eaux véhiculées par le Canal V.

1.1 - Description des stations d'échantillonnage

Station A : regard situé de grand Dakar, en face de la mosquée en construction à Bopp.

point de repère : Rue 38 x Rue J

Station B : regard situé à l'entrée de Ouagou Niayes à proximité d'une école

point de repère : Rue 12 x x Rue J

Station C : regard situé à l'endroit où la section du Canal passe de circulaire à rectangulaire, juste à la sortie de Bopp.

point de repère : Rue 13 x Rue passant devant le Centre de Bopp.

Station D : regard situé à l'intersection : collecteur venant de Bopp x Canal x rue séparant les HLM Minzat des Boules de Douanes.

Station E : juste à l'entrée du port de pêche ; à cet endroit le Canal V est à ciel ouvert sur une certaine longueur.

.../...

Chaque station d'échantillonnage est identifiée sur le plan général du bassin de drainage du Canal V joint à ce rapport.

1.2 - Tableaux de mesures et de résultats des différents essais effectués

Les procédures expérimentales et les méthodes de calcul relatives à chaque essai sont données à l'annexe .

1.2.1 - P H

Station	Date	Heure	Température	P H
A	3/12/1980	11 h	28° C	7.4
		17 h 20	26° C	7.4
B	3/12/1980	12 h 30	30° C	7.4
		17 h 25	26° C	7.4
C	3/12/1980	12 h 50	29° C	7.4
		17 h 32	26° C	7.4
D	3/12/1980	13 h 30	29° C	7.4
		17 h 40	26° C	7.4
E	3/12/1980	14 h 50	29° C	8.0
		17 h 45	26° C	8.0

.../...

1.2.2 - Oxygène dissous : OD

Station	Date	Heure	Température	O D en mg/l
A	3/12/1980	11 h 15	28° C	0
B	3/12/1980	12 h 35	30° C	0
C	3/12/1980	13 h	29° C	0
D	3/12/1980	14 h	29° C	0
E	3/12/1980	15 h	29° C	0

1.2.3 - Demande biochimique d'oxygène : DBO₅

. Essai n° 1 : température des échantillons = 26° C

Echantillons	eau de dillu- tion	Station A	station B	station C	station D	station E
Volume bouteille (en ml)	305	300	300	300	300	300
Volume échantil- lon (en ml)	0	3	3	3	3	3
lecture burette après titrage	8.2	1.3	5.9	9.0	9.6	12.9
lecture burette avant titrage	0	0	2.0	6.0	9.0	10.0

.../...

Volume de thiosulfate (en ml)	8.2	1.3	3.9	3.0	0.6	2.9
Oxygène dissous initial (en mg/l)	8.2	8.12	8.12	8.12	8.12	8.12
Oxygène dissous final (en mg/l)	8.2	1.3	3.9	3.0	0.6	2.9
Oxygène dissous absorbé (en mg/l)	-	6.82	4.22	5.12	7.52	5.22
D B O ₅ (en mg)		682	422	512	752	522

Essai n° 2 : Température des échantillons = 26° C

Echantillons	eau de dilution	Station A	station B	station C	station D	station E
Volume bouteille (en ml)	305	300	300	300	300	300
Volume échantillon (en ml)	0	5	5	5	5	5
Lecture burette après titrage	8.2	0	0.4	1.4	1.4	1.6
Lecture burette avant titrage	0	0	0	0.4	1.4	1.6
Volume de thiosulfate (en ml)	8.2	0	0.4	1.0	0	0
Oxygène dissous initial (en mg/l)	8.2	8.06	8.06	8.06	8.06	8.06

.../...

Oxygène dissous final (en mg/l)	8.2	0	0.4	1	0	0
Oxygène dissous absorbé (en mg/l)	-	8.06	7.66	7.06	8.06	8.06
D B O ₅ (en mg/l)	-	>483.6	459.6	423.6	>483.6	> 483.6

• Moyenne des 2 essais de DBO

		D B O ₅ en mg/l				
Echantillons Essais	Station A	Station B	Station C	Station D	Station E	
Essai n° 1	682	422	512	752	522	
Essai N° 2	>483.6	459.6	423.6	>483.6	> 483.6	
Moyenne	682	440.8	467.8	752	522	

1.2.4 - Matières solides décandables

Echantillons	Station A	Station B	Station C	Station D	Station E
Solides décandables en ml/l	60	50	45	65	70

.../...

1.2.5 - Matières en suspension : M E S

Echantillons	Station A	Station B	Station C	Station D	Station E
poids du filtre vide après 1 h à 105°C (en grs)	4.1311	4.3682	4.1517	4.5211	4.4248
Poids du filtre + échantillon après 1 h à 105°C (en grs)	5.9279	4.9537	4.7574	5.9200	7.1788
M E S en mgrs/l	1796.8	585.5	595.7	1398.9	2754.0

1.2.6 - Matières solides totales : M S T

Echantillons	Station A	Station B	Station C	Station D	Station E
Poids du plat de porcelaine vide (en grs)	113.12	113.12	115.60	118.51	115.60
Poids du plat + 100 ml d'échantillon, après évaporation complète (en grs)	115.92	114.51	114.90	120.81	117.45
MST en mgrs/l	2800	1390	1300	2300	3350

.../...

1.2.7 - Matières solides dissoutes : MSD

Echantillons	Station A	Station B	Station C	Station D	Station E
M S T en mgrs/l	2800	1390	1300	2300	3850
M E S en mgrs/l	1797	586	596	1399	2754
MSD en mgrs/l	1003	804	704	901	1096.

1.3 - Interprétation des résultats des essais effectués

.- Température : Pour bien saisir les effets de la température dans le fonctionnement d'un réseau d'égout nous ne pouvons ne pas citer ce passage tiré d'un livre du docteur K Imhoff intitulé "Manuel de l'assainissement urbain" : "... il faut maintenir les eaux usées à l'état de fraîcheur dans toute la mesure du possible ; en cet état, elles ne dégagent pas d'odeurs désagréables, leurs éléments de pollution restent encore peu décomposés, leur couleur se révèle jaunâtre ou blanchâtre ; du point de vue chimique, on y trouve ordinairement de l'oxygène dissous. Les eaux usées fermentées sentent l'oeuf pourri (hydrogène sulfuré), leur couleur est noirâtre."

La température des eaux du Canal V (29° C en moyenne aux moments des prélèvements) joue donc un rôle important dans la fermentation putride constatée et dans l'absence presque totale d'oxygène dissous dans les eaux drainées. Maintenir les eaux usées du Canal V "à l'état de

.../...

fraicheur" parait difficile mais une ventilation du réseau à l'aide de cheminées d'aération pourrait rectifier les effets de la température.

. - P H : Le P H indique l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Il joue aussi un rôle dans l'oxygénation biochimique des matières organiques à l'aide des bactéries, ces dernières n'existant en général dans une eau que lorsque le PH est compris entre 6.5 et 8.5. La constance du PH des eaux usées du Canal V (PH = 7.4) montre qu'il n'y avait pas de déversements anormaux d'eaux résiduelles industrielles aux moments des prélèvements des échantillons. La valeur de PH trouvée à la station E (PH = 8) est certainement due à la remontée des eaux salées de la mer. Les mesures de PH ont été effectuées dans la zone industrielle et commerciale entre 14 heures et 15 heures, période correspondant à un arrêt de production dans la majeure partie des entreprises industrielles et commerciales ; ce qui ne nous permet pas d'exclure définitivement l'existence de déversements anormaux, c'est à dire des rejets trop acides ou trop basiques, dans le secteur industriel et commercial. Une mesure du PH de chaque effluent industriel raccordé au Canal V s'avère donc nécessaire pour pouvoir motiver la nécessité du prétraitement avant rejet de tel ou tel autre effluent. Nous n'avons malheureusement pas pu faire ces mesures de PH par suite d'un manque de collaboration des industriels. Notons enfin que si le PH = 4.0 la végétation et les poissons sont détruits tandis que l'acier et le béton sont corrodés.

. - O D : L'oxygène dissous joue, lui aussi, un rôle important dans le fonctionnement d'un réseau d'égout. Une eau a en général une certaine teneur en oxygène dissous, teneur qui ne dépasse toutefois pas

.../...

une limite appelée limite de saturation. La limite de saturation s'abaisse quand la température augmente et diminue un peu quand la pression atmosphérique diminue. Notons que la solubilité de l'oxygène est sensiblement la même dans une eau usée que dans une eau pure. Le déficit en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour porter la teneur en oxygène dissous d'une eau à la limite de saturation correspondant à une température donnée. Nous n'avons décelé aucune trace d'oxygène dissous dans les eaux usées drainées par le Canal V aux moments des prélèvements des échantillons. Ces eaux étant très chargées en matières organiques, l'absence ou l'insuffisance d'oxygène dissous conduit inévitablement à des conditions anaérobiques.

Les processus anaérobiques de décomposition des matières organiques conduisent à des produits finaux tels que l'hydrogène sulfuré, le méthane, l'ammoniac, etc.... La plupart de ces produits sont des sources de nuisances (odeurs nauséabondes, corrosion des ouvrages en béton ou en acier, toxicité etc...) ; l'hydrogène sulfuré, par exemple, sent l'oeuf pourri, il est mortel pour les poissons à une concentration de 1 PPM (une partie par million) et il attaque le béton situé au dessus du plan d'eau d'un canal. L'insuffisance en oxygène dissous peut être attribué à la teneur en matières organique des eaux drainées, à leur lenteur par temps sec, au manque d'aération du réseau, aux dépôts de solides dans le canal et à la température élevée.

• - D B O₅ : La demande biochimique d'oxygène est la quantité d'oxygène en mgrs/l nécessaire pour décomposer (par oxydation) les matières organiques contenues dans une eau usée avec l'aide des bactéries.

.../...

Elle donne donc une idée sur la quantité des matières organiques présente dans l'eau usée étudiée. On utilise, par convention, la demande biochimique d'oxygène mesurée après cinq jours d'incubation (DBO_5) pour apprécier la pollution des eaux; en général la DBO_5 d'un effluent urbain est de 360 mgrs/l à une température de 20° C. Les grandes valeurs de DBO_5 que nous avons trouvées pour les eaux drainées par le Canal V nous laissent un peu sceptiques quant à la fiabilité de nos résultats. En effet la DBO_5 peut être altérée par la demande chimique d'oxygène ($D(O)$) s'il existe, durant l'incubation, d'autres réactions utilisant l'oxygène sans l'aide des bactéries. Ce phénomène d'altération de la DBO_5 par la DCO est fréquent dans les eaux usées liées fortement polluées. Notons toutefois que le déficit en oxygène dissous, la température élevée, la faiblesse des débits, la lenteur des eaux et la formation de dépôts dans le Canal sont des facteurs qui tendent à éloigner les résultats de nos essais de DBO_5 de la valeur moyenne de 360 mgrs/l.

4. - M E S : Les matières en suspension sont d'une importance capitale dans la conception et dans l'exploitation d'un réseau d'égout ; elles constituent en effet les boues qui se déposent dans le canal; au fond du milieu naturel receveur et éventuellement dans les bassins de sédimentation. En général la teneur en M E S d'un effluent urbain est de 600 mgrs/l. Pour les eaux usées véhiculées par le Canal V nous avons mesuré des valeurs de M E S qui vont jusqu'à 2754 mgrs/l (station E). Ces fortes teneurs en M E S peuvent très bien refléter la réalité si nous considérons le manque de dilution, l'infiltra-

.../...

tion de sable à travers les regards défectueux, l'ensablement excessif des rues dans certains quartiers et les conditions anarchiques des rejets. Les quantités importantes de matières solides des eaux du Canal V sont responsables des envasements du Canal favorisant les inondations pendant les grands orages, de l'exhaussement du fond du bassin de la pêche nuisant à la navigation et s'opposant au développement des organismes végétaux de fond qui sont très utiles pour la survie des poissons des eaux du littoral. Les solides en suspension sont composés de solides fixes essentiellement inertes et de solides volatils qui sont de nature organique ; la fermentation de ces solides volatils, lorsqu'ils sont déposés, diminue la teneur en oxygène dissout des eaux usées et conduit à des substances réductrices toxiques pour les poissons (sulfure, produits phosphorés etc...). Les problèmes d'envasement du Canal V et du bassin de la pêche qui reçoit les eaux drainées feront l'objet d'un chapitre spécial car ils sont à la base de presque toutes les nuisances.

• - Observations visuelles : Les visites inopinées que nous avons l'habitude d'effectuer à l'exutoire du Canal V nous ont permis de faire les constatations suivantes :

- le canal V draine une quantité pas du tout négligeable d'huiles ;
- la teneur en matières flottantes est très élevée ; en effet des morceaux de bois, du papier, des débris de produits manufacturés, des débris de toute nature flottent sur les eaux drainées et se retrouvent en quantité importante sur les eaux du bassin de la pêche ;
- les eaux drainées sont noirâtres, très turbides et très putrides.

Les matières huileuses proviennent sans aucun doute des stations d'es-
...../.....

sence, des garages et des industries. Le film d'huiles formé peut empêcher la réoxygénation des eaux polluées du bassin de la pêche et compromettre le développement de la flore et de la faune des eaux du littoral. Les solides flottant peuvent eux aussi avoir des effets très néfastes ; ils favorisent la dispersion des huiles et peuvent servir de nourriture toxique pour les poissons (matières plastiques).

2. CALCUL DES CHARGES DE POLLUTION

La charge est le produit du débit par le chiffre analytique des matières en suspension (charge en M E S) ou par celui de la demande biochimique d'oxygène (charge en DBO_5).

Le calcul des charges de pollution se fera dans le secteur résidentiel seulement car nous n'avons pas les données nécessaires pour effectuer ce calcul dans le secteur industriel et commercial. Nous allons d'abord faire une estimation de la population raccordée dans le secteur résidentiel avant d'attaquer le calcul des charges aux stations d'échantillonnage. Ce calcul se fera de deux manières différentes :

- d'abord avec les résultats de nos essais ;
- ensuite avec les normes françaises de rejet.

2.1 - Estimation de la population raccordée

L'estimation des populations raccordées a été faite à partir du plan général du bassin versant, du plan parcellaire des quartiers concernés et des résultats du recensement de 1980. Tous ces documents sont joints à ce rapport dans la série "dessin".

Le secteur résidentiel a été subdivisé en sous-secteurs $S_1, S_2 \dots$ pour des raisons d'étude. Cette subdivision est montrée dans le plan parcellaire des quartiers raccordés.

.../...

Le tableau ci-dessous donne les résultats de l'estimation des populations raccordées.

Tableau 3

Sous-secteurs	superficie totale (en hectares)	pourcentage de rue (en %)	pourcentage en terrain public (en %)	pourcentage en superficie habitée (en %)	facteur de population	population en hab
S ₁	21.1633	11.85 %	-	110.29 %	77.86 %	443 7300
S ₂	9.7012	19.63 %	-	121.15 %	59.22 %	443 2546
S ₃	11.1155	25.05 %	-	113.87 %	61.08 %	443 3008
S ₄	12.5578	11.77 %	-	131.38 %	56.85 %	443 3163
S ₅	6.6		-	-	-	294 1941

Le facteur de population d'un secteur (densité nette) est obtenu en divisant la population du secteur par la superficie habitée. Les facteurs de population ont été calculés à partir des résultats du recensement de 1980 qui donne les populations par secteur. Mais chaque secteur étant constitué de quartiers n'ayant pas nécessairement la même densité de population, les facteurs de population appliqués aux sous-secteurs ne sont que des valeurs moyennes très approximatives.

ves. Ne disposant pas de données beaucoup plus précises, nous sommes obligés de les utiliser pour nos calculs.

2.2 - Calcul des charges de pollution avec les résultats des essais effectués

2.2.1 - Estimation des débits aux stations d'échantillonnage

L'impossibilité de la mesure expérimentale des débits, pour les raisons précitées, nous a conduit à faire une estimation des débits aux différentes stations. L'élément le plus déterminant dans l'évaluation de la quantité d'eaux usées est le réseau d'adduction d'eau. En général dans les zones où l'approvisionnement est limitée, 70 % des eaux de consommation sont acheminées par le réseau d'égout. La détermination des quantités d'eaux usées nécessite une étude particulière des caractéristique de la zone desservie et des habitudes de vie des populations raccordées. Une telle étude étant très complexe dans un secteur aussi disparate que Grand-Dakar Est par exemple, nous avons été obligés de partir avec des valeurs moyennes comme hypothèses de base pour les calculs. Ces hypothèses, qui reflètent d'ailleurs de très près la réalité ont été établies avec l'aide des dirigeants du Service Assainissement de la S O N E E S.

Les différentes hypothèses posées sont résumées dans les tableaux 4, 5 et 6.

Tableau 4 : Consommation en eau potable (C) et quantité d'eau usée dans les différents quartiers du secteur résidentiel.

.../...

Quartiers	Consommation en eau potable en l/pers/j	Pourcentage d'eau usée	Quantité d'eau usée en litre/per- sonne/jour
Grand-Dakar	40	50 %	20
Ouagouniaye	70	60 %	42
HLM Nimzat	80	70 %	56

Tableau 6 : quantité des eaux usées acheminées par le Canal V dans les quartiers du secteur résidentiel (l'autre partie des eaux usées est acheminée par le réseau domestique qui existe dans certains quartiers)

Quartiers	quantité d'eaux usées ménagères allant dans le Canal V en l/pers/ jour	Quantité d'eaux vannes allant dans le Canal V en l/ pers/jour	Quantité d'eaux usées allant dans le canal V en l/pers /jour .
Grand - Dakar	14	15 % (6) = 0.9	14.9
Ouagouniayes	29.4	10 % (12.6) = 1.26	30.66
HLM Nimzat	39.2	100% (16.8) = 16.8	56

N B : La quantité d'eaux vannes allant dans le Canal V est due aux branchements clandestins de sanitaires dans Grand-Dakar (15 % des eaux vannes) et aussi au fait que la partie des HLM Nimzat qui est raccordée au canal V utilise ce dernier comme réseau unitaire.

.../...

Établissons maintenant une formule pratique pour le calcul des débits au Stations d'échantillonnage.

Soit S_i un des sous-secteurs contribuant au débit à la station X, la quantité d'eaux usées allant au Canal V dans ce sous secteur est \bar{Q}_i telle que

$$\bar{Q}_i = \bar{q}_i \times P_i$$

avec : \bar{Q}_i = quantité totale d'eaux usées acheminée par le Canal V dans le sous secteur S_i en litres/jour

\bar{q}_i = quantité d'eaux usées par habitant et par jour acheminée par le Canal V dans le sous secteur S_i en litres/personne /jour

P_i = population du sous secteur S_i .

Le débit à la station X sera donc Q tel que :

$$\bar{Q} = \sum_i \bar{Q}_i = \sum_i \bar{q}_i \times P_i$$

avec : \bar{Q} = débit à la station X en litres/jour

$\sum_i \bar{q}_i P_i$ = sommation des contributions en débit des sous-secteurs situés en amont de la station X.

Le tableau 7 donne les débit calculés aux différentes stations d'échantillonnage.

.../...

Tableau 7 : débits aux stations d'échantillonnage

Station amont	Station aval	Sous-secteurs	P_i	q_i en l/hab/j	Débit Q en litres/jour
origine du Canal	A	S1	7300	14.90	108770
A	B	S2	2546	30.66	78060.36
B		S3	3008	30.66	92225.28
		S4	3163	14.90	47128.70
C					186830.36
C	D	S5	1941	56.00	108696
					1434880.34

2.2.2 - Calcul des charges de pollution

Si nous appelons par \bar{A} le chiffre analytique des matières en suspension obtenu expérimentalement à une station X et \bar{B} celui de la demande biochimique d'oxygène :

- la charge en M E S est $\bar{A} \times \bar{Q}$ en Kgrs/jour

- la charge en D B O₅ est $\bar{B} \times \bar{Q}$ en Kgrs/jour

avec \bar{Q} = débit à la station X, en litres/jour

.../...

\bar{A} et \bar{B} étant exprimés en kgrs/litres/jour

Le tableau 8 ci-dessous donne les charges de pollution calculées aux différentes stations à l'aide des résultats des essais effectués.

Tableau 8 : Charges de pollution calculées à partir des résultats des essais.

Stations	Débit : \bar{Q} en l/j	MES : \bar{A} en kgrs/l/j	DBO ₅ : \bar{B} en kgrs/l/j	Charge en MES en kgrs/l/j	Charge en DBO ₅ en kgrs/L/j
A	108770	1796.8×10^{-6}	682×10^{-6}	195.438	74.181
B	186830.36	585.5×10^{-6}	440.8×10^{-6}	109.389	82.355
C	326184.34	595.7×10^{-6}	467.8×10^{-6}	194.308	152.589
D	434880.34	1398.9×10^{-6}	752×10^{-6}	608.354	327.030

2.3. - Calcul des charges de pollution à l'aide normes françaises

La philosophie des normes de rejet est basée sur le fait suivant ; on estime que, dans une communauté, un habitant pour un pays ou une région donnés, et selon les conditions d'alimentation en eau, le niveau de vie, le mode de raccordement aux égouts, rejette une quantité moyenne de pollution fixe et bien déterminée. L'expression de la pollution d'un rejet quelconque en équivalents-habitant permet alors de comparer des rejets de nature différentes.

L'inexistence de normes sénégalaises de rejet nous a conduit à utiliser les normes françaises de rejet pour le calcul des charges
.../...

de pollution des eaux usées véhiculées par le Canal V. En France, l'équivalent habitant admis pour la pollution venant des résidences dans un égout unitaire est :

74 grs/habitant/jour pour la DBO₅.

90 grs/habitant/jour pour les MES.

De par son utilisation, le Canal V peut être considéré comme un égout unitaire. Nous allons donc utiliser ces normes de rejet pour le calcul des charges de pollution aux différentes stations d'échantillonnage du secteur résidentiel. Etablissons une formule pratique pour le calcul des charges de pollution aux différentes stations. Soit S_i un des sous-secteurs contribuant à la charge de pollution à une station X, nous aurons :

$$x_i = 74 \times 10^{-3} \times P_i$$

$$y_i = 90 \times 10^{-3} \times P_i$$

avec x_i = charge totale en DBO₅ dans le sous-secteur S_i exprimée en kgrs/j

y_i = charge totale en MES dans le sous-secteur S_i exprimée en kgrs/j

P_i = population du sous-secteur S_i.

Si nous supposons que la répartition des charges de pollution entre Canal V et le réseau domestique (qui existe dans certains quartiers) se fait de la même manière que la répartition des débits d'eaux usées, nous aurons :

$$\bar{x}_i = 74 \times 10^{-3} \times P_i \times \frac{Q_i}{P_i \times q_i}$$

.../...

$$= 74 \times 10^{-3} \times \frac{\bar{Q}_i}{q_i}$$

et
$$\bar{y}_i = 90 \times 10^{-3} \times P_i \times \frac{\bar{Q}_i}{P_i \times q_i} = 90 \times 10^{-3} \times \frac{\bar{Q}_i}{q_i}$$

avec \bar{x}_i = charge en DBO_5 allant au Canal V dans le sous-secteur S_i , exprimée en kgrs/j

\bar{y}_i = charge en MES allant au Canal V dans le sous-secteur S_i ;
exprimée en kgrs/j

\bar{Q}_i = débit d'eaux usées allant dans le Canal V dans le sous-secteur S_i ; exprimé en l/j

q_i = quantité totale d'eaux usées par habitant et par jour dans le sous secteur S_i ; exprimée en l/hab/j

En faisant la sommation des x_i et la sommation des y_i de tous les sous-secteurs contribuant à la station X, nous aurons les charges de pollution à cette station :

$$\bar{x} = \sum 74 \times 10^{-3} \times \frac{\bar{Q}_i}{q_i}$$

$$\bar{y} = \sum 90 \times 10^{-3} \times \frac{\bar{Q}_i}{q_i}$$

avec \bar{x} = charge en DBO_5 à la station X, en kgrs/j

\bar{y} = charge en MES à la station X, en kgrs/j

Nous avons donc en définitive :

$\bar{x} = 74 \times 10^{-3} \times \sum \frac{\bar{Q}_i}{q_i}$ $\bar{y} = 90 \times 10^{-3} \times \sum \frac{\bar{Q}_i}{q_i}$

.../...

Le tableau 9 donne les résultats du calcul des charges de pollution aux différentes stations par la méthode des normes françaises.

Tableau 9 : charges de pollution calculées à partir des normes françaises.

Station amont	Station aval	Sous- secteur	q_i en L/hab/j	\bar{Q}_i en L/j	charge en MES \bar{y}_i en kgrs/j	charge en DBO ₅ \bar{x}_i en kgrs/j
origine du Canal		S1	20	108770	489.465	402.449
	A			108770	489.465	402.449
A				108770	489.465	402.449
		S2	42	178060.36	167.272	137.535
	B			186830.36	656.737	539.984
B				186830.36	656.737	539.984
		S3	42	192225.28	197.626	162.492
		S4	20	147128.70	212.079	174.376
	C			326184.34	1066.442	876.852
C				326184.34	1066.442	876.852
		S5	56	108696	174.690	143.634
	D			434880.34	1241.132	1020.486

.../...

2.4 - Comparaison des résultats

Nous observons une nette différence entre les charge calculées à partir des résultats des analyses effectuées et celles calculées à l'aide des normes françaises. Le tableau 10 ci-dessous donne une synthèse des résultats des calculs des charges de pollution.

Tableau 10 : synthèse des résultats des calculs des charges de pollution.

Stations	Charges calculées avec les résultats des essais		Charge calculées à l'aide des normes françaises	
	Charge en M E S en kgrs/j	Charges en D B O ₅ en Kgrs/j	Charges en M E S en kgrs/j	Charges en D B O ₅ en kgrs/j
A	195.438	74.181	489.465	402.449
B	109.389	82.355	656.737	539.984
C	194.308	152.589	1066.442	876.852
D	608.354	327.030	1241.132	1020.486

La différence entre les résultats des deux méthodes de calcul des charges de pollution peut être due :

- au fait que les normes françaises ne traduisent pas les réalités sénégalaises
- aux estimations des débits basées sur des estimations grossières des populations raccordées
- à l'aspect aléatoire des résultats des essais par suite

d'un manque de variabilité dans le temps des prélèvements d'échantillons

- l'abondance des dépôts dans le Canal.

Les deux méthodes de calcul des charges de pollution, bien qu'imparfaites, peuvent donner des indications sur le degré de pollution des eaux véhiculées dans le secteur résidentiel. Les causes et effets de la charge élevée en M E S à la sortie du secteur résidentiel (station D) seront étudiés dans la quatrième partie de ce projet. Quant à la forte charge en D B O₅, elle est due à la nature organique des rejets domestiques ; ses effets se traduisent par un appauvrissement des eaux drainées en oxygène dissous, ce qui conduit petit à petit à des processus anaérobiques de fermentation putride.

En nous basant sur les inspections et enquêtes effectuées, tout le long du Canal V, et en accordant un certain crédit aux résultats des essais et aux calculs des charges de pollution, nous pouvons tirer les trois conclusions ci-dessous :

- les eaux drainées par le Canal V sont très polluées
- la pollution de ces eaux ira en s'aggravant si des corrections ne sont pas immédiatement apportées
- les corrections à apporter devront tourner autour des points suivants :

- réglementation des raccordements au Canal V
- entretien général du réseau
- prétraitement des effluents industriels
- aération du Canal
- Conception d'une station de traitement préliminaire près de l'exutoire
- lutte contre l'infiltration de sable.

La plupart de ces corrections requiert la quantification précise de certains paramètres (débits, P H, M E S, D B O₅, etc...) ; d'où la nécessité d'une autre étude beaucoup plus soutenue que la notre. Nous essayerons de donner, dans la cinquième partie de ce projet, les grandes lignes des solutions à apporter aux problèmes décelés.

.../...

QUATRIEME

PARTIE

CONSIDERATIONS D'ENSEMBLE SUR
LE PROBLEME D'ENSABLEMENT

 école polytechnique
de thèse

De par ses causes diverses et ses conséquences néfastes, le problème que pose le drainage d'importantes quantités de sable (plus généralement de matières solides) par le Canal V, mérite une attention toute particulière.

L'étude du problème d'ensablement que nous présentons ici est le résultat d'un travail effectué entièrement sur le terrain. En effet pour déceler les causes et analyser les conséquences du problème posé nous avons marché plusieurs fois sur le Canal (de l'origine à l'exutoire), fait des inspections sur les ouvrages accessibles, recueilli les opinions de certains utilisateurs (dans le secteur résidentiel) et enfin pris des photos pour illustrer certains cas.

Cette quatrième partie du projet est divisé en deux chapitres :

- le premier traitant des causes du drainage de sable par le Canal V
- et le second traitant des conséquences engendrées.

.../...

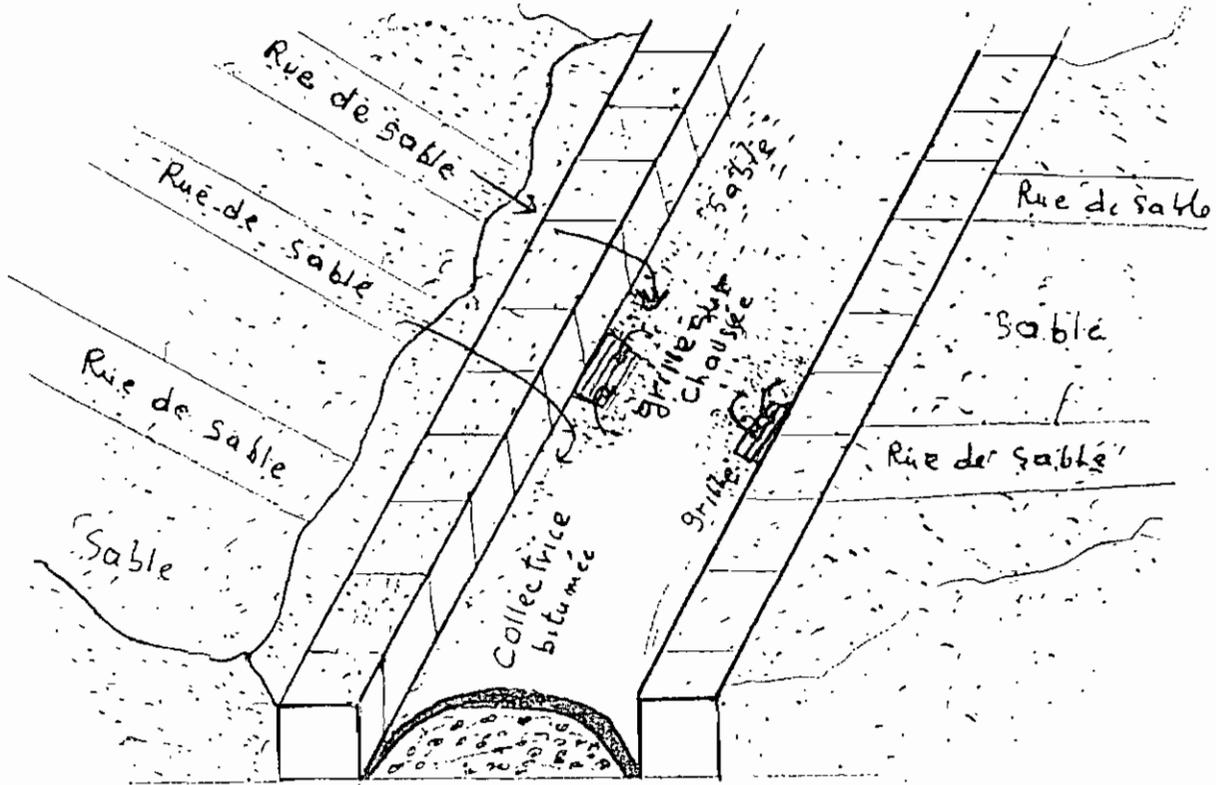
Les principales causes du drainage de quantités importantes de sable par le Canal V sont liées aux caractéristiques physiques des quartiers desservis (terrains dénudés, rue ensablées), à l'inadéquation des techniques et ouvrages de captage, à la défectuosité de certains regards de visite et enfin à la teneur élevée en matières solides (sables, débris etc...) des eaux usées raccordées au canal.

1.1 - Quartiers ensablés et rues envahies par le sable

Le bassin de drainage du Canal V est surtout constitué de quartiers très ensablés (Grand-Dakar, Colobane, Boules de Douanes...) . La couche de sable des trottoirs est, dans la majeure partie des cas, supérieure à la couronne des rues. Le maillage des rues dans certains quartiers est constitué de collectrices bitumées, dotées de grilles à eaux pluviales et de rues de sable inclinées vers les collectrices avec une pente plus ou moins forte. Lors des orages violents une grande quantité de sable venant des rues et des terrains dénudés est alors entraînée vers les grilles situées sur les collectrices bitumées et est acheminée par le Canal. Une certaine infiltration de sable à travers ces grilles est aussi observée par temps sec.

.../...

Le schéma ci-dessous illustre cette situation:



1.2 - Techniques et ouvrages de captage

Les eaux d'orages sont captées à l'aide de bouches d'égout sélectives placées sur les rues. Ces bouches sélectives sont des grilles placées horizontalement sur les avaloirs. Ces ouvrages de captage ne retiennent que les corps volumineux mais ne s'opposent nullement à l'introduction du sable dans le réseau. En outre aucun dispositif de décantation n'est prévu dans les avaloirs ; le sable admis est donc directement véhiculé par les eaux du Canal.

Dans le quartier des "Boules de Douanes", aux croisements des rues de sable et des collectrices bitumées, certaines grilles sont enlevées pour faciliter la collecte des eaux de ruissellement.

.../...

Cette technique de captage occasionne une importante infiltration de sable et de corps solides à travers les trous béats résultant de l'enlèvement des grilles. (voir photo 1 jointe dans la série "dessin")

Les eaux ménagères sont captées à l'aide de vidoirs de fortune aménagés le long du Canal. Ces vidoirs sont, dans la plupart des cas, des regards dont les tampons obturateurs ont été remplacés par des tôles de zinc trouées anarchiquement. Ces tôles trouées n'empêchent pas au sable de prendre le chemin du Canal ; seuls les corps volumineux sont retenus. (voir photos 2 et 3 jointes dans la série "dessin")

Les raccordements des eaux résiduaires industrielles se faisant aussi d'une manière anarchique, il est très probable qu'ils ne soient par faits avec tous les soins nécessaires. Mais le manque d'informations sur les techniques de raccordement des effluents industriels ne nous permet pas de nous prononcer sur les possibilités de drainage de sable.

1.3 - Défectuosités de certains regards de visite (trous d'homme)

Les fractures des tampons obturateurs de certains regards de visite constituent des porte ouvertes au sable surtout dans les quartiers très ensablés. Certains trous d'homme sont presque ensevelis par la couche de sable et il suffit d'une petite ouverture pour avoir une grande infiltration de sable. Les regards défectueux ou

.../...

ensevelis se rencontrent surtout dans les "Boules de Douanes" et à Grand-Dakar (voir photo 4 jointe dans la série "dessin").

1.4 - Teneur en sable des eaux raccordées au Canal V

La teneur élevée en sable des eaux raccordées au Canal V contribue aussi au drainage de sable par le Canal.

Les eaux de ruissellement sont sujettes à une importante pollution mécanique. Elles ramassent en effet toutes sortes de matières solides : terre, sable, déchets végétaux etc... Cette pollution mécanique est accentuée par l'ensablement des quartiers et rues du bassin de drainage du Canal.

Dans certains ménages on se sert de sable ou de vase pour laver les ustensiles de cuisine dans le but d'économiser du savon. Cette pratique explique la teneur élevée en sable des eaux ménagères.

La pollution mécanique des eaux vannes est aussi importante que celle des eaux ménagères. En effet le type de WC, le plus fréquemment utilisé au Sénégal, permet l'introduction du sable et de la terre apportée par les chaussures.

L'absence de données dans le secteur industriel et commercial nous met dans l'impossibilité d'estimer la teneur en sable des eaux résiduaires industrielles et commerciales.

Ce tour d'horizon des différentes causes du drainage de sable par le Canal V nous permet de tirer la conclusion suivante : le drainage de sable par le Canal V est surtout dû : .../...

- à un manque d'entretien du canal et de ses différents ouvrages auxiliaires

- à une absence totale de contrôle des eaux raccordées au Canal

- et enfin à l'absence d'interventions sur le milieu physique entourant le Canal (stabilisation des terrain, rectification des pentes des couches de sable situées sur les accotements des rues etc...).

.../...

2. CONSEQUENCES DU DRAINAGE DE SABLE

PAR LE CANAL V

Les effets du drainage d'importantes quantités de sable par le Canal V se manifestent à trois niveaux :

- dépôt de boue dans le Canal
- ensablement des ouvrages annexes (regards, puisards)
- exhaussement du fond du bassin de la pêche à l'exutoire.

La sédimentation du sable drainé sur le radier du Canal est surtout due aux faibles vitesses d'écoulement par temps sec. Les particules de sable déposées sont enrobées de matières organiques fermentescibles ; ce qui favorise la désoxygénation des eaux véhiculées et l'exhalation d'odeurs nauséabondes. Les boues déposées dans le Canal engendrent aussi une réduction de la capacité de la conduite ; ce qui favorise les inondations par temps de pluie.

L'ensablement des regards et des puisards rend ces ouvrages désuets et gêne l'écoulement des eaux usées.

L'exhaussement du fond du bassin de la pêche gêne la navigation et peut entraver le développement des organismes de fonds. Des dragages onéreux sont périodiquement entrepris par le Port Autonome de Dakar pour combattre cette nuisance.

Ce bref aperçu des conséquences engendrées par le drainage de sable par le Canal V montre à quel point des interventions immédiates sont nécessaires pour lutter contre ce problème. Deux genres de

.../.../...

mesures sont à prendre :

- combattre l'admission de sable dans le Canal à la source dans le bassin de drainage.
- concevoir et construire une station de traitement préliminaires pour recueillir la majeure partie du sable drainé avant le rejet des eaux dans le bassin de la pêche.

La cinquième partie du projet est réservée aux propositions des solutions à apporter aux problèmes décelés dont le problème du drainage de sable par le Canal V.

.../...

II INQUIEME

III PARTIE

PROPOSITIONS
DE SOLUTIONS

L'aggravation "probable" des nuisances engendrée par l'utilisation anarchique du Canal V et de déversement sans aucun traitement des eaux drainées dans le bassin de pêche risque d'être "certaine" si des corrections ne sont pas immédiatement apportées.

La réalisation d'un nouvel équilibre est en effet, indispensable : équilibre entre les conditions de déversements à l'exutoire et la nature des rejets en amont ; équilibre entre les exigences économiques du port de pêche (conditions de travail, rôle de marché, qualité de service offerte à la clientèle) et les teneurs en produits gênants des eaux du plan d'eau pollué ; équilibre entre les nécessités biologiques de la biocénose maritime et le degré d'altération des eaux du littoral et enfin équilibre entre l'utilisation et l'entretien du Canal V.

Nous essayerons, dans cette partie de notre étude, de dégager les propositions de solutions pour la régulation de la situation qui est actuellement très désastreuses. Mais l'aspect aléatoire des résultats de nos essais, les calculs hypothétiques des charges de pollution basés sur les normes françaises qui ne reflètent nullement les réalités sénégalaises et l'absence presque totale de données dans le secteur industriel et commercial rendent difficile toute tentative de quantification des problèmes à résoudre. Nous donnerons donc les grands axes des solutions proposées en laissant à une étude beaucoup plus approfondie que la nôtre le soin d'aller jusque dans les moindres détails. Les propositions émises dans ce rapport s'articulent sur les

.../...

points suivants :

- éducation du public
- propositions d'une réglementation des rejets
- entretien du Canal V
- conception d'une station de traitement préliminaire
- recommandations diverses.

.../...

1. EDUCATION DE LA POPULATION

Le manque d'éducation du public en matière d'assainissement est, dans la majeure partie des cas, à la base de l'utilisation anarchique du Canal V, surtout dans le secteur résidentiel. Une enquête menée dans ce secteur nous a permis de constater que la plupart des gens qui ont raccordé dans le Canal V les eaux vannes provenant de leurs habitations ne font aucune différence entre un réseau domestique et un réseau pluvial ; ils ont alors choisi le réseau le plus proche de leurs résidences. En se raccordant sur tel ou tel réseau ces gens n'ont donc aucune idée sur la destination des eaux déversées dans le Canal ni sur le degré de traitement de ces eaux usées avant rejet dans le milieu naturel recepateur et encore moins sur les nuisances susceptibles d'être engendrées. Cette constatation montre à quel point l'éducation de la population en matière d'assainissement est nécessaire et surtout prioritaire.

Il faut apprendre aux gens que le respect du milieu de vie est l'un des fondements de toute vie sociale qui se veut civilisée. Il faut recenser toutes les nuisances susceptibles d'être engendrées (maladies, gênes au "bien être"...) par la pollution des eaux, les vulgariser d'une manière franche et profonde afin que toutes les couches sociales soient atteintes. Il faut arriver à faire comprendre à la ménagère de Grand-Dakar que le poisson qu'elle met dans sa marmite a probablement transité dans le port de pêche qu'elle souille tous les jours en mettant n'importe quoi dans le Canal V. Il faut montrer au travailleur du port, résidant dans le bassin d'apport du Canal V, qu'il a probablement une part de responsabilité dans ces exhalations
.../...

nauséabondes qui rendent exécrables les conditions de travail au port de pêche. Il faut enfin enseigner à tout un chacun qu'avant de se raccorder à un réseau d'égout il doit se poser trois questions : quoi évacuer par les réseaux ? quel réseau utiliser ? comment se raccorder ? Des entreprises telles que la SOREMS sont là pour l'aider à trouver les réponses à ces questions.

Nous saluons des initiatives telles que la "quinzaine de l'hygiène et de la santé" même si à la place de "quinzaine" nous aurions proposé "décennie" ou "siècle" et ceci pour bien montrer que l'enseignement de la "manière de vivre en société" doit être une pratique permanente.

.../...

2. REGLEMENTATION DES REJETS

La protection contre la pollution des eaux, et plus généralement la sauvegarde de l'environnement, doit être régie par des lois dont l'application doit être rigoureuse. Il faut en effet définir les "limites de pollution admissibles" des rejets, les vulgariser et les imposer fermement. Nous dégagerons dans ce qui suit des propositions de réglementation pour bien mener le combat anti-pollution des eaux du littoral.

2.1 - Rejets dans le secteur résidentiel

Deux propositions :

- Déceler et interdire fermement les raccordements d'eaux vannes dans le Canal V. Pour déceler les branchements clandestins de sanitaires il existe une méthode qui consiste à verser de la couleur dans le WC de la résidence considérée et à ouvrir un regard du Canal, en aval de la résidence ; si la couleur apparaît dans le regard cela veut dire que les eaux vannes de la résidence sont acheminées par le Canal V.

L'utilisation des couleurs différentes pour des résidences voisines est conseillée afin d'éviter toute confusion.

- Nommer un préposé à chaque vidoir et lui conférer toute l'autorité nécessaire pour qu'il ait le droit d'interdire tel ou tel déversement dans le vidoir qu'il surveille. Ceci pour lutter contre la mauvaise habitude qu'ont les ménagères et qui consiste à se débarrasser des déchets solides volumineux en les mélangeant avec les eaux ménagères et en versant le tout au vidoir. Cette pratique déplorable est responsable des tas d'immondices qui colmatent les tôles trouées des vidoirs.

.../...

2.2 - Rejets dans le secteur industriel et commercial

Cinq propositions :

- Déceler toutes les industries et tous les établissements commerciaux raccordés au Canal V et les classer suivant le degré de pollution de leurs eaux résiduaires
- Leur imposer un prétraitement poussé de leurs effluents (neutralisation, dégraissage, interception des huiles, tamisage etc...)
- Fixer et vulgariser les spécifications techniques et les critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques auxquels les effluents industriels devront répondre
- Faire payer des surtaxes aux industriels polluants, surtaxe qui sera calculée en fonction du fardeau que représente pour la collectivité le rejet des effluents industriels. Par exemple une formule peut être établie en considérant le coût total d'une opération de dragage du bassin de la pêche qui reçoit les eaux polluées et la teneur en M E S de chaque effluent industriel ; ceci pour faire supporter à chaque industrie sa part de responsabilité dans l'exhaussement du fond du bassin.
- Mettre sur pied des fiches de contrôle pour suivre d'une manière permanente l'évolution de la pollution des eaux du port de pêche afin de pouvoir agir immédiatement dès qu'une aggravation est décelée.

Nous ne saurons terminer ce chapitre sans mettre l'accent sur l'importance de l'application des lois qui sont ou seront promulgués pour lutter contre la pollution des eaux du littoral.

En effet c'est chose facile que de promulguer des lois et règlements mais l'important réside surtout dans leur applications ; et quand la

.../...

santé humaine est menacée, la réglementation doit être vigoureusement appliquée.

.../...

3. ENTRETIEN DU CANAL V

La tendance à croire qu'à partir du moment où un réseau de collecte des eaux usées a été construit, l'oeuvre est achevée, est très répandue au Sénégal. En considérant le gigantisme des investissements que nécessite la construction d'un réseau de collecte et la phase actuelle de développement de notre pays, il est alors temps de comprendre que nous ne devons pas nous payer le luxe de construire pour détruire. Pourquoi faire des nuits blanches pour concevoir, trouver les financements requis et construire si c'est finalement pour tout détruire par manque d'entretien ?

Le Canal V, comme la plupart des réseaux de collecte d'eaux usées, souffre d'un manque d'entretien. Les regards défectueux de cet égout ne se comptent plus ; la majeure partie des grilles sur chaussée sont soit défoncées soit bouchées ; les vidoirs ne sont plus que des dépotoirs où viennent s'entasser des tas d'immondices entretenant des populations de mouches et de moustiques et enfin le Canal est le siège d'une importante formation de dépôts putrides.

L'inondation des rues par temps de pluie, l'admission de sable dans le réseau et les exhalations nauséabondes à l'exutoire sont des nuisances imputables, en grande partie, à l'entretien négligé du Canal V.

Pour essayer de freiner la progression rapide du Canal V vers la désuétude nous proposons le plan d'entretien suivant :

.../...

- Codification (sur plans) de tous les ouvrages du Canal V (regards et puisards)
- Repérage sur le terrain de tous les ouvrages pour faciliter les interventions éventuelles en vue de réparer ou de modifier tel ou tel ouvrage.
- Réparation de tous les regards et puisards défectueux
- Remplacement des tôles trouées des vidoirs par des tiges millimétriques qui seront nettoyés quotidiennement.
- Curage Général du réseau : les conditions d'autocurage n'étant pas réalisées dans le Canal V il est indispensable de le nettoyer périodiquement. Les opérations de curage peuvent se faire à l'aide d'engins spéciaux ou à l'aide de deux treuils travaillant en tandem entre deux regards en tirant dans un sens et dans l'autre un godet relié à leur cable.
- Visiter périodiquement l'intérieur du Canal en marchant dans les parties praticables. Une fréquence d'une visite par an est suffisante. Ces visites permettront de localiser les anomalies qui se trouvent à l'intérieur de la conduite : fissures prononcées, obstacles grossiers, endroits préférentiels des dépôts etc..

Ces opérations d'entretien nécessitent un important soutien financier mais nous croyons qu'il est temps de comprendre et de faire comprendre à tous qu'entretenir c'est économiser.

.../...

4. CONCEPTION D'UNE STATION DE TRAITEMENT PRELIMINAIRE

AU PORT DE FOCHE

4.1 - Buts du traitement préliminaire

Les buts de la station de traitement préliminaire que nous envisageons de concevoir sont :

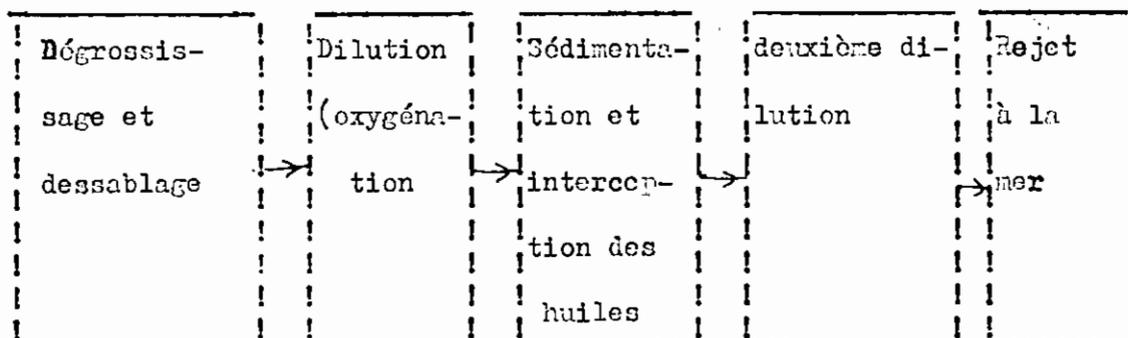
- enlèvement des solides grossiers et des particules de sable et de graviers
- enlèvement des mauvaises odeurs
- élimination des solides sédimentables
- interception des huiles.

4.2 - Procédés de traitement

- l'enlèvement des solides grossiers et des gravillons se fera à l'aide d'une dessableur et d'une grille.
- l'enlèvement des mauvaises odeurs se fera par oxygénation de l'eau usée. L'oxygénation se fera en mélangeant les eaux usées avec de l'eau de mer suivant une certaine dilution. Une concentration de deux à trois parties par million (2 à 3 PPM) d'oxygène dissous sera suffisante.
- l'élimination des solides sédimentables se fera dans des bassins de sédimentation qui seront conçus pour enlever 100 % des solides décantables ; la sédimentation élimine aussi, en général, 60 % des solides en suspension et 35 % de la DBO
- l'interception des huiles se fera dans les bassins de sédimentation qui sont munis de cloisons plongeantes pour la collection des huiles et de goulottes pour l'élimination des huiles flottantes.

.../...

La séquence des opérations du traitement préliminaire que nous proposons est la suivante :



4.3 - Schéma de la station de traitement préliminaire

Le schéma de la station de traitement préliminaire proposée est joint à ce rapport dans la série "dossin".

Notons en passant que le lieu choisi pour l'installation de la station est l'endroit où le Canal V est à ciel ouvert, juste à son entrée au port de pêche.

4.4 - Bases de calcul

Nous allons essayer de donner dans ce paragraphe quelques méthodes de calcul pour le dimensionnement des ouvrages de la station de traitement. Deux facteurs vont entrer en ligne de compte pour le dimensionnement des ouvrages :

- les caractéristiques des eaux à traiter (débits, OD, MES, DBO etc...)
- la superficie de terrain disponible pour l'installation de ces ouvrages.

Le manque de données précises sur les caractéristiques des

.../...

des eaux à traiter ne nous permet pas de faire le dimensionnement des ouvrages de la station ; nous nous limiterons donc à donner les méthodes de calcul en laissant à une étude ultérieure le soin de développer les détails de chaque calcul.

4.4.1 - Calculs relatifs à l'opération de dégrossissage - dégravillonnage

- Choix de la grille : choisissons d'une manière forfaitaire l'écartement des barreaux de la grille ; un écartement de 50 mm peut être choisi. La grille sera faite de barres inclinées, équidistantes disposées en travers du Canal comme montré dans le schéma de la station de traitement préliminaire joint à ce rapport dans la série "dessin".

- Dimensionnement du bassin de détritux (dessableur) : c'est pour des facilités d'entretien que nous avons placé le dessableur avant la grille ; cela permet de recueillir dans un même bassin les gravillons et les solides grossiers et de tout évacuer en même temps pendant les opérations de nettoyage. Les dimensions du bassin de détritux vont donc dépendre du débit d'entrée des eaux dans le dessableur, de la quantité de sable drainée par ces eaux et de la quantité de solides grossiers retenus par la grille. En appelant Q le débit d'eau usée il est nécessaire d'avoir une vitesse $v \leq 0.30$ m/s pour que ~~les sables~~ la majeure partie des sables se déposent ; la section du dessableur dans le sens de l'écoulement doit donc être S_d telle que

$$S_d = \frac{Q}{0.30}$$

avec

Q en m^3/s

S_d en m^2

.../...

La longueur L_d du dessableur dépend de la quantité de sable et de solides contenue dans les eaux et de la disponibilité du terrain. En jouant avec S_d et L_d on peut trouver les autres dimensions du dessableur.

4.4.2 - Calculs relatifs à l'oxygénation.

L'oxygénation des eaux usées se fera en les mélangeant avec de l'eau pompée de la mer. Nous proposons deux opérations de dilution ; une première dilution pour combattre les mauvaises odeurs avant la sédimentation et une autre dilution de l'effluent traité afin d'augmenter l'efficacité de la sédimentation et la quantité d'oxygène dissous avant le rejet à la mer. Pour la première dilution une concentration en oxygène dissous de 2 PPM du mélange est suffisante pour éviter les mauvaises odeurs ; appelons Q_e le débit d'eaux usées traversant la grille et C_e leur teneur en oxygène dissous, Q_m le débit d'eau de mer pompée dans le bassin de dilution et C_m sa teneur en oxygène dissous ; nous aurons :

$$C = \frac{Q_e \times C_e + Q_m \times C_m}{Q_e + Q_m}$$

avec C = teneur en oxygène dissous du mélange.

Si nous prenons $C = 2$ PPM nous aurons :

$$2 = \frac{Q_e \times C_e + Q_m \times C_m}{Q_e + Q_m}$$

$$\Rightarrow 2 (Q_e + Q_m) = Q_e \times C_e + Q_m \times C_m$$

$$\Rightarrow Q_m = \frac{(2 - C_e) \times Q_e}{C_m - 2}$$

.../...

mais $C_e \simeq 0$

donc nous avons

$$Q_m = \frac{2 Q_e}{C_m - 2}$$

Connaissant donc le débit d'eaux usées traversant la grille nous avons le débit d'eau de mer qu'il faudra soit pomper soit amener par gravité à la station de traitement pour la première dilution. Notons que la dilution diminue aussi la D B O. La deuxième dilution dépend de la qualité de l'effluent à la sortie du bassin de sédimentation et des critères de qualité qui sont fixés avant rejet à la mer ; le calcul se fait de la même manière que dans la première dilution, il suffit de remplacer la teneur en oxygène dissous par d'autres paramètres tels que la teneur en M E S.

4.4.3 - Calculs relatifs à la sédimentation

Les bassins de sédimentation pour effluents urbains ont, en général, à retenir des boues partiellement grenues et partiellement flocculeuses. Mais pour faciliter le dimensionnement des bassins de sédimentation de notre station de traitement préliminaire, nous allons supposer que les boues des eaux du Canal V sont entièrement grenues. Cette supposition signifie, en d'autres termes, que seule la superficie du compartiment de sédimentation entre en ligne de compte, la profondeur des bassins n'intervient pas (sédimentation classe 1).

En appelant : S_b la superficie du bassin de sédimentation, V_{\min} la vitesse minimale de sédimentation et Q le débit d'entrée dans le bassin de sédimentation nous aurons :

.../...

$$S_b = \frac{Q}{V_{\min}} \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} S_b \text{ en m}^2 \\ Q \text{ en m}^3/\text{h} \\ \text{et } V \text{ en m/h} \end{array}$$

La vitesse miniale de sédimentation est la vitesse réalisée par les dernières particules en suspension pour atteindre le fond d'une éprouvette d'essai dans un délai donné ; nous avons alors :

$$V_{\min} = \frac{\text{hauteur de l'éprouvette (m)}}{\text{durée de la décantation (h)}}$$

La vitesse de déposition V_c des particules est obtenue par application de la formule de stokes qui donne la force de trainée d'une particule sphérique dans un écoulement laminaire. Si nous appelons :

F_D = force de trainée d'une particule sphérique

F = force de gravité d'une particule sphérique

ρ_s = Poids spécifique de la particule sphérique

ρ = poids spécifique de l'eau

V = Volume de la particule sphérique

La formule de stokes nous permet d'écrire :

$$F_D = 3 \cdot u \cdot V_c \cdot d$$

avec u = viscosité dynamique de l'eau .

et d = diamètre de la particule sphérique

La force de gravité est $F = (\gamma_s - \gamma) V = g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot V$

avec γ_s = masse spécifique de la particule

γ = masse spécifique de l'eau

et g = accélération de la pesanteur

En égalant la force de gravité et la force de trainée nous aurons :

$$F = F_D \quad g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot V = 3\pi \cdot u \cdot V_c \cdot d$$

mais $V = \text{volume} = \frac{\pi d^3}{6}$

$$\Rightarrow \frac{\pi d^3}{6} \cdot \varepsilon \cdot (\rho_s - \rho) = 3 \pi \cdot u \cdot V_c \cdot d$$

$$\frac{d^2 \cdot \varepsilon \cdot (\rho_s - \rho)}{6} = 3 \cdot u \cdot V_c$$

$$V_c = \frac{\varepsilon}{18} \cdot \frac{(\rho_s - \rho)}{u} \cdot d^2$$

7 Toutes les particules ayant une vitesse de chute V_c inférieure à la vitesse minimale de sédimentation V_{\min} seront enlevées par sédimentation. Nous avons supposé que les éléments en suspension précipitent indépendamment les uns des autres, mais en réalité le processus de sédimentation peut être compliqué par la présence de particules qui s'agglomèrent en flocons de plus en plus gros et dont les vitesses de chute s'accroissent. Nous pouvons tenir compte de ce phénomène en accordant une certaine importance à la profondeur des bassins.

4.4.4 - Calculs relatifs à l'interception des huiles

Pour trouver la distance d_c séparant les deux cloisons p plongeantes il faut calculer la surface de séparation huile-eau et la diviser par largeur du bassin préalablement déterminée si nous appelons :

l = largeur du bassin

S_s = surface de séparation huile-eau

nous aurons :

$$d_c = \frac{S_s}{l}$$

La surface de séparation S_s dépend du poids spécifique et du diamètre des particules huileuses à séparer. La séparation n'a lieu que si la
.../...

vitesse ascendente V_a est supérieure à une vitesse V_s appelée vitesse spécifique. Le tableau suivant tiré du livre MM. Guerrée, Gonella et Balette intitulé "Pratique de l'assainissement des agglomérations urbaines et rurales" nous donne les poids spécifiques, les vitesses spécifiques pour un diamètre minimal de 0,25 mm et les surfaces de séparation pour un débit unitaire de 1 l/s

Tableau : tiré de la page 254 du livre précité

Nature du produit	Poids spécifique (kg/l)	Vitesse spécifique pour diamètre minimale de 0.25 mm (m/h)	Surface spécifique de séparation pour $q = 1 \text{ l/s}$ (m^2)
Essence	0.75	22.5	0.16
Pétrole	0.80	18.0	0.20
Mazout	0.85	13.5	0.27
Huile lubrifiante	0.90	9.0	0.40

Les hauteurs des deux cloisons plongeantes sont fonction de la quantité d'huiles contenue dans les eaux à traiter. La teneur en huiles devra être déterminé expérimentalement.

Voilà donc l'essentiel des bases de calcul ; les détails sont laissés à une autre étude plus précise et plus soutenue que la notre.

4.5 - Entretien de la station

- Dégrillage : le dégrillage se fera soit manuellement soit mécaniquement. Dans le cas où il se fera manuellement il faudra prévoir une pas-
.../...

serelle passant par dessus le canal pour permettre à un ouvrier muni d'un râteau de nettoyer la grille sans avoir à se mouiller les pieds

- Enlèvement des gravillons et des solides grossiers : Cette opération peut se faire manuellement à la pelle. Il est aussi possible de mettre dans le dessableur des paniers métalliques épousant la forme de ce dernier ; une poulie fixée à un portique situé au dessus du dessableur permettra alors de tirer, à l'aide d'un câble, les paniers remplis de détritrus. Pour mener à bien l'enlèvement des détritrus du dessableur, il faudra détourner les eaux du Canal dans le by-pass.

- Entretien des bassins de sédimentation : La station comporte deux bassins de sédimentation qui fonctionneront par alternance et ceci pour éviter les arrêts de traitement pendant les opérations de nettoyage. Lorsque les boues d'un bassin atteindront le niveau maximum permis, il faudra d'abord fermer la vanne d'entrée des eaux du Canal dans le bassin, ensuite ouvrir celle de l'autre bassin avant de procéder au vidange rapide et au pompage des boues. L'enlèvement des boues se fait par pompage ; à cet effet le fond de chaque bassin est conçu en forme de V aplati.

- Enlèvement des huiles : L'enlèvement des huiles se fera à l'aide d'une fente aménagée sur l'une des parois de chaque bassin dans le sens de la longueur entre les cloisons plongeantes et située au niveau inférieur maximum de la couche d'huile. Une goulotte en forme de V servira à la réception des huiles. Un tuyau placé au fond de la goulotte conduira les huiles dans un bassin de stockage. Une étude des possibilités de récupération des huiles stockées pour un éventuel usage peut aboutir sur des résultats fructueux.

.../...

- Fréquence des interventions d'entretien : La fréquence des opérations d'entretien dépendra des caractéristique des eaux à traiter et des dimensions des ouvrages. Les mesures prises en amont, le long du Canal, seront d'un intérêt certain pour la diminution des charges à la station.

- Contrôle de la qualité du traitement : Nous suggérons l'installation de deux stations de mesures pour permettre le bon fonctionnement de la station de traitement préliminaire et pour contrôler la qualité du traitement :

• une station de mesures juste en amont de la station de traitement donnant le débit, la teneur en oxygène dissous, la teneur en MES, la DBO, la température, le PH et la concentration en matières huileuses des eaux usées à traiter

• une station de mesures juste en aval de la station de traitement donnant les mêmes paramètres que précédemment pour l'effluent traité.

Un préposé aux stations de mesures peut être désigné.

.../...

5. RECOMMANDATIONS DIVERSES

Les recommandations diverses seront surtout axées sur les problèmes d'inondations des rues et de drainage de sable par le Canal V par temps de pluie.

5.1 - Réduction des débits de ruissellement

Le développement urbain d'une collectivité a deux grands effets sur les eaux de ruissellement :

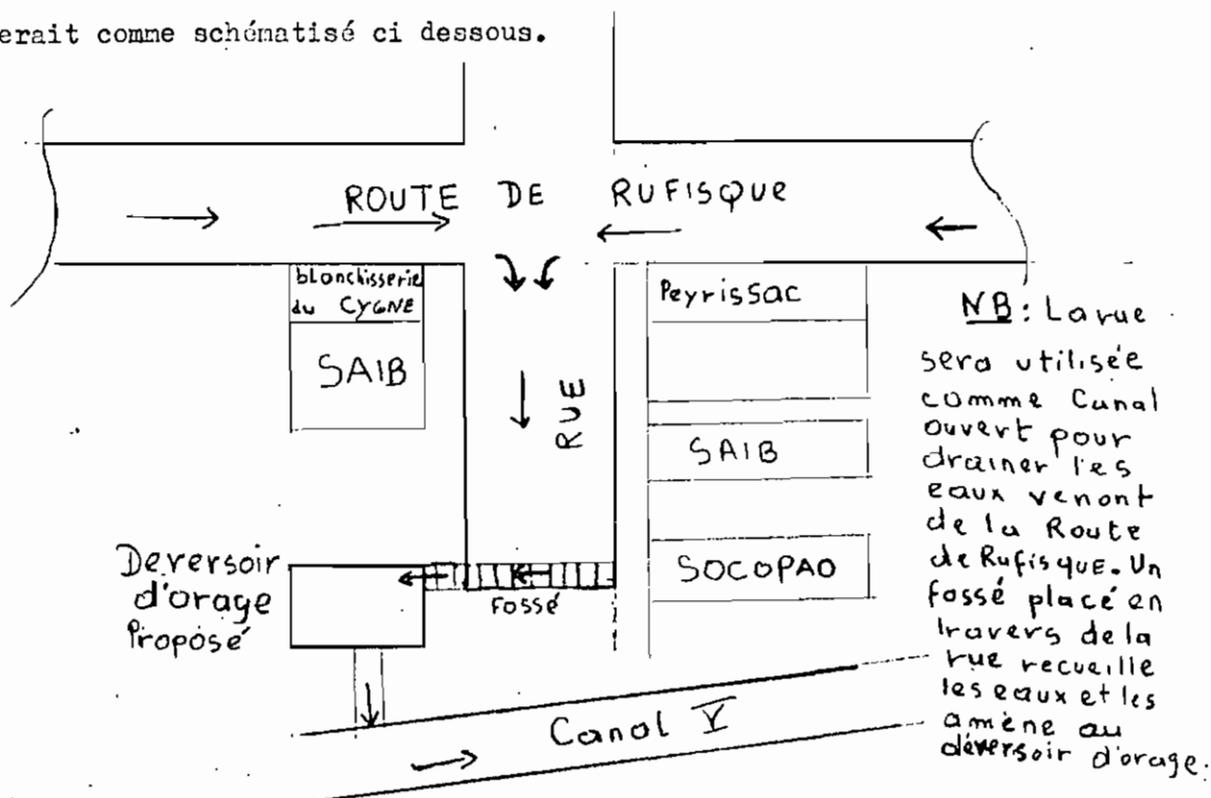
- augmentation du volume des eaux de ruissellement
- augmentation de la vitesse d'évacuation de ces eaux.

La conséquence globale de ces deux effets est l'inondation des rues : les inondations de la Route de Rufisque et de toutes les autres rues du secteur industriel et commercial du bassin d'apport du Canal V sont des illustrations flagrantes des effets du développement urbain.

Pour essayer d'atténuer la grandeur des inondations par temps de pluie nous proposons deux solutions :

- Ralentissement des eaux de ruissellement à l'origine : il est possible de ralentir les eaux de ruissellement en multipliant la création d'espaces verts, en drainant les eaux des toits sur les gazons, en construisant des fossés pour l'évacuation des eaux de ruissellement des rues situées près de la mer pour soulager le Canal V etc...
- Installation de bassin de retenue à proximité des endroits trop sollicités par les eaux pendant les inondations (points bas). Un endroit caractéristique, où l'installation d'un grand déversoir d'orage serait d'un grand intérêt pour la résolution des problèmes posés par les inondations de la Route de Rufisque, est le terrain situé entre la SAIB
.../...

et la voie ferrée, juste en face de la SOCOPAO. La situation se présenterait comme schématisé ci dessous.



Ce déversoir d'orage permettra de stocker une grande partie des eaux de ruissellement de la Route de Rufisque et de restituer lentement ces eaux au Canal V ; ce qui réduira de beaucoup les inondations tant déplorées dans cette zone.

5.2 - Stabilisation de la couche de sable des trottoirs

L'entraînement du sable des trottoirs par les eaux de ruissellement doit être freiné pour éviter des nuisance telles que l'exhaussement du bassin de la pêche qui reçoit les eaux du Canal V. Pour freiner cet entraînement du sable nous donnons les proposition suivantes :

- élever la chaîne des trottoirs de certaines rues
- paver les trottoirs des rues ou verser une couche de coquillages sur ces trottoirs
- prévoir du gazon sur les trottoirs des grandes rues telles que la

.../...

Route de Rufisque : depuis le rond-point Route de Rufisque - Rocade
jusqu'au rond-point Cynnos.

- Éviter le drainage des eaux de ruissellement des rues de sable dans
le Canal V.



IXIEME



PARTIE

CONCLUSIONS ET
DISCUSSIONS

.../...

Dans nos pays en développement, les rejets en mer peuvent constituer un moyen économique pour l'évacuation des eaux usées mais encore faudrait-il que soit :

- bien spécifiée la nature des rejets
- et sérieusement étudiées les conditions de déversement à la mer.

Notre exposé aura permis d'appréhender les causes et ré-faits de l'échec d'un programme de rejet en mer.

En effet le manque de spécifications des rejets admissibles dans le Canal et l'absence de moyens de contrôle sont à la base de l'utilisation anarchique de cet égoût. Les eaux drainées par le Canal V sont de ce fait un mélange d'eaux usées domestiques putrescibles et d'eaux résiduaires industrielles probablement toxiques. Le rejet en mer de ces eaux sans traitement préliminaire entraîne alors inévitablement des conséquences fâcheuses.

D'autre part les conditions de déversement au port de pêche ne facilitent nullement l'assimilation des rejets à la masse océanique. En effet l'incorporation des lâchures du Canal V à la masse océanique se fait d'une manière lente et imparfaite. Les eaux usées débouchant du Canal, étant plus douces et plus chaudes donc moins denses que les eaux salées de la mer, ont tendance à remonter et s'étalent en surface s'exposant ainsi aux vents et courant marins qui les maintiennent à la surface du plan d'eau où leurs nuisances sont maximales.

.../...

En outre l'entretien négligé du Canal V, responsable de l'infiltration de grandes quantités de sable et de l'admission de solides grossiers dans le réseau, joue un rôle important dans l'échec de l'exploitation de cet égout.

Nous dirons donc que les responsables du Port Autonome de Dakar ont raison, mille fois raison, de s'inquiéter du devenir du port de pêche si le Canal V continue à déverser dans le bassin de la pêche des eaux de plus en plus polluées. Le problème est d'une ampleur telle qu'une intervention de l'Etat s'impose avant que ne soit dépassé "le seuil de l'irréparable. Par intervention de l'Etat nous entendons surtout :

- la mise sur pied d'un groupe de travail chargé de faire une étude beaucoup plus détaillée que la nôtre, d'améliorer les solutions que nous avons proposées et de trouver leurs modalités d'application.
- la mise en oeuvre de tous les moyens nécessaires pour mener à bien la phase réalisation pratique des recommandations de solutions.
- et enfin dans un cadre beaucoup plus général, la prise de toutes les dispositions nécessaires pour commencer à combattre dès maintenant les problèmes de pollution des eaux du littoral.

.../...

ANNEXE

P R O C E D U R E S E T
M E T H O D E S D E
C A L C U L S D E S
E S S A I S E F F E C T U E S

.../...

1. OXYGÈNE DISSOUS : O D

1.1 - Références :

Ce texte est tiré du syllabus de laboratoire de Génie Sanitaire de l'Ecole Polytechnique de Thiès.

1.2 - Procédure

- prélèvement de 300 ml et les mettre dans une bouteille de DBO
- additionner 2 ml d'une solution de sulfate manganéux
- additionner 2 ml d'une solution d'iodure d'azote alcalin
- brasser en inversant la bouteille pendant environ 20 secondes
- laisser décanter et dès que le précipité est en dessous du goulot de la bouteille, ajouter 2 ml d'acide sulfurique concentré et brasser
- mesurer 200 ml de l'échantillon et verser dans un erlenmeyer
- titrer l'iode libéré par la mesure de thiosulfate N/40 jusqu'à ce que la couleur devienne jaune pâle
- additionner à l'échantillon 1 ml d'empois et continuer le titrage jusqu'à décoloration.

1.3 - Calculs

La quantité de thiosulfate en ml par 200 ml d'échantillon est équivalente à la quantité d'oxygène dissous en milligramme par litre.

.../...

2. DEMANDE BIOCHIMIQUE D'OXYGÈNE

2.1 - Références

Ce texte est tiré du syllabus de laboratoire de Génie Sanitaire à l'École Polytechnique de Thiès.

2.2 - Procédure

1. Préparation de l'eau de dilution :

- Aérer 20 litres d'eau distillée
- Ajouter 18.9 ml de solution de chlorure de calcium
- Ajouter 18.9 ml de solution de sulfate de magnésium
- Ajouter 18.9 ml du tampon de phosphate d'ammonium
- Mélanger le tout.

2. Préparation de l'échantillon

- Siphonner 150 ml d'eau de dilution dans une bouteille de 300 ml possédant son bouchon de verre
- Additionner à la bouteille à demi remplie la quantité de l'eau à analyser suivant les proportions suivante :
 - eaux usées brutes 3.0 à 6.0 ml
 - eaux usées décantées 6.0 & 12.0 ml.
 - Eaux traitées 50 à 100 ml.
- Remplir la bouteille d'eau de dilution et fermer de façon à ce qu'il n'y ait aucune bulbe d'air emprisonnée
- Remplir d'eau de dilution une autre bouteille de 300 ml avec bouchon.
- Placer les deux bouteilles dans un bain d'eau dont la température est contrôlée à 20° C ou dans un incubateur

.../...

- Déterminer l'oxygène dissous contenu dans votre échantillon si l'eau provient d'un effluent ou ruisseau. Généralement zéro pour les eaux usées brutes ou décantées
- Après cinq jours déterminer l'oxygène dissous contenu dans l'eau de dilution et dans l'échantillon
- Déterminer exactement le volume de chacune des bouteilles de 300 ml

2.3 - Calculs

Appelons :

V_b = Volume de la bouteille contenant l'échantillon

V_e = Volume de l'échantillon mis dans la bouteille

V_d = Volume de l'eau de dilution mis dans la bouteille.

$(O.D)_d$ = oxygène dissous dans l'eau de dilution

$(O.D)_e$ = oxygène dissous dans l'échantillon

Nous avons alors :

$$\text{oxygène dissous initial} = \frac{V_d \times (O.D)_d + V_e \times (O.D)_e}{V_b}$$

oxygène absorbé = oxygène dissous initial - oxygène dissous final

$$DBO = \text{oxygène absorbée} \times \frac{\text{Volume bouteille}}{\text{Volume échantillon}}$$

$DBO = \text{oxygène absorbée} \times \frac{V_b}{V_e} \quad \text{en mg/l}$

.../...

3. MATIERES SOLIDES EN SUSPENSION

3.1 - Procédure

- Introduire un filtre dans le four à une température constante de 105° C pendant 1 hr 30 mn
- Retirer le filtre du four après 1 hr 30 mn et le peser
- Filtrer un litre d'échantillon
- Introduire le filtre avec le résidu de la filtration dans le four à une température de 105° C pendant 1 hr 30 mn
- Retirer le filtre avec le résidu sec après 1 hr 30 mn et peser.

3.2 - Calculs

Appelons :

P₁ le poids du filtre après 1 hr 30 mn à 105° C

et P₂ le poids du filtre et du résidu après 1 h 30 mn à 30° C

Nous avons :

$$\text{M E S en mg/l} = \frac{P_2 \text{ (en mg)} - P_1 \text{ (en mg)}}{1 \text{ litre}}$$

.../...

5. MATIERES SOLIDES DECANTABLES

- Verser un litre d'échantillon dans un cône Imhoff
- Laisser décanter pendant 2 heures
- Lire la position du niveau des boues à l'aide des graduations sur un des flancs du cône Imhoff.
- La lecture obtenue est la quantité de matières décantables en ml/l.

0.../...

4. MATIERES SOLIDES TOTALES ; M S T
ET
MATIERES SOLIDES DISSOLUES ; MSD

4.1 - Procédure

- Chauffer au rouge un plat de porcelaine et le peser
- Mettre 100 ml d'échantillon dans le plat
- Placer le tout dans un four à une température constante de 105° C et
laisser évaporer toute l'eau
- Peser le plat et le résidu sec après évaporation de toute l'eau.

4.2 - Calculs

Appelons P_1 le poids du plat de porcelaine vide

et P_2 le poids du plat de porcelaine et du résidu

nous avons :

$$\text{M S T (en mg/l)} = \frac{P_2 \text{ (en mg)} - P_1 \text{ (en mg)}}{100 \text{ ml}} \times 1000$$

et

$$\text{M S D} = \text{M S T} - \text{M E S}$$

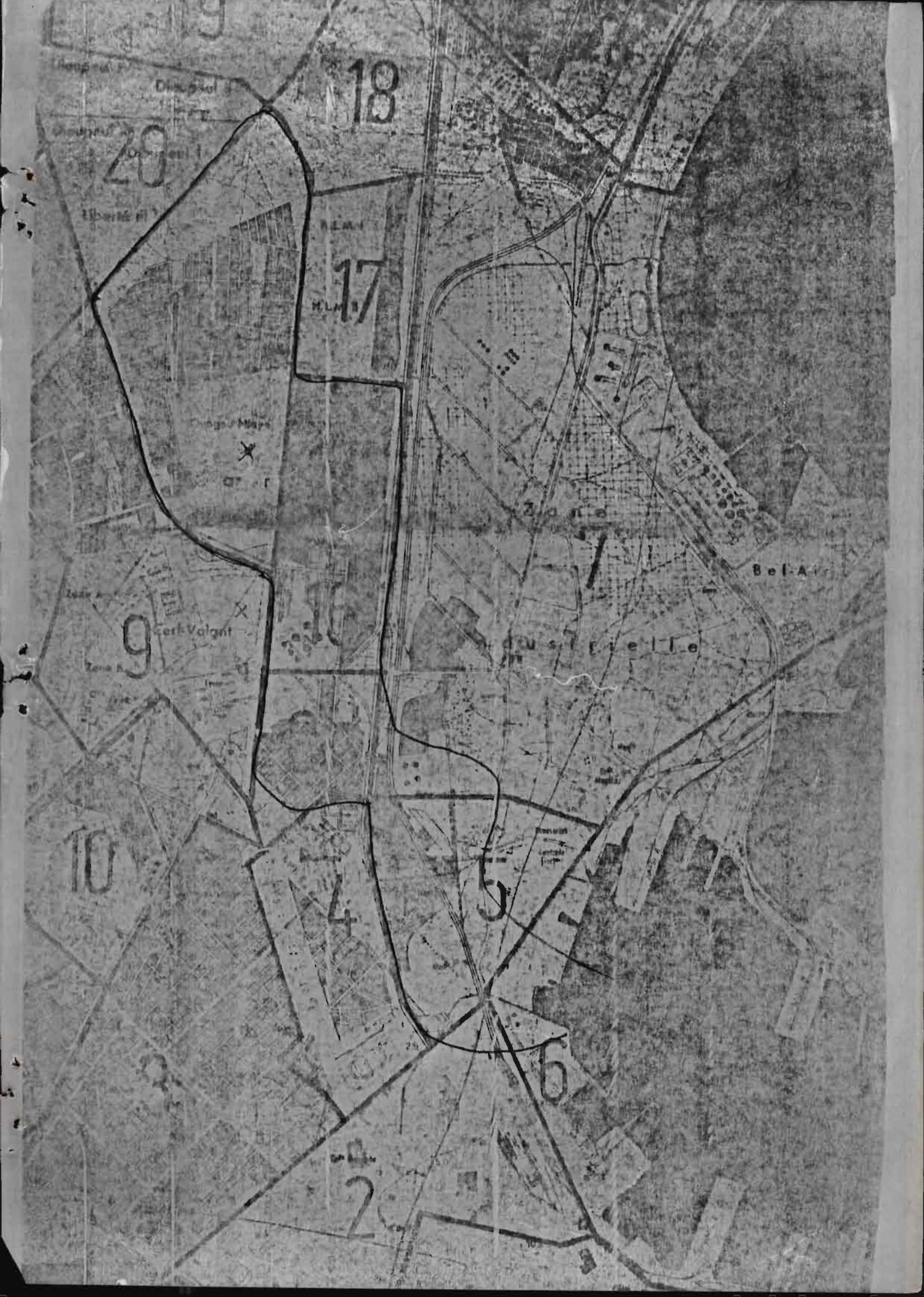
.../...

B I B L I O G R A P H I E

111/111
•••/•••

B I B L I O G R A P H I E

-
- 1. K. IMHOFF, Manuel de l'assainissement urbain, 5^{ème} édition, Dunod, Paris 1970
 - 2. D.A. OKUN et G. PONGHIS, Collecte et évacuation des eaux usées des collectivités, Organisation Mondiale de la Santé, Genève 1976
 - 3. J.R. VAILLANT, Protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution, Eyrolles, Paris 1973
 - 4. H. GUERREE, C. GONELLA et B. BALETTE, Pratique de l'assainissement des agglomérations urbaines et rurales, 5^{ème} Edition, Eyrolles, Paris 1970
 - 5. J. BOUIN, Hydraulique urbaine appliquée aux agglomération de petite et moyenné importance, Eyrolles, Paris 1977
 - 6. R. LABONTE, Pollution des eaux, Ecole Polytechnique de Montréal, Montréal 1975
 - 7. Ouvrage collectif, présenté par J.M. PEPONS, La pollution des eaux marines, Gauthier Villars, 1976
 - 8. Ouvrage collectif, présenté par P. PESSON, La pollution des eaux continentales, Gauthier Villars 1976



18

20

17

9

10

16

17

18

20

Bel-Air

Cerk Volgnt

Zona

ANNEXE 7

VALEURS DEFINITIVES DE POPULATION

	Population 1976	Population 1980
1 - Plateau *	35 300	37 100
2 - Rebeusse	12 000	14 400
3 - Médina *	68 000	76 500
4 - Gibraltar	7 000	8 000
5 - Darou Kipp	-	-
6 - Port	-	-
7 - Zone industrielle Hann *	5 300	5 800
8 - Colobane *	13 300	15 200
9 - Zones A et B	8 500	9 200
10 - Fass	29 800	31 900
11 - Gueule tapée	25 200	27 200
12 - Université	-	-
13 - Point-E	12 400	12 400
14 - Grand-Dakar Ouest	21 600	23 300
15 - Grand-Dakar Est *	32 900	36 800
16 - HLM Nimzat <i>(elle doit être prise en compte aux 64 Ha)</i> *	15 200	21 200
17 - HLM T à 4 *	18 800	21 100
18 - Cité des Eaux	-	-
19 - Castors	18 200	19 100
20 - Dieupeul	16 800	18 500
21 - Liberté - Baobabs	22 800	24 000
22 - Mermoz	9 500	10 000
23 - Fann Résidence	1 500	1 800
24 - Sacré Coeur	-	-
25 - Liberté 4 - 5 - 6	17 000	21 200
26 - Ouakam	17 700	20 400
27 - Ngor - Almadies	4 400	4 800
28 - Aéroport	1 100	1 200
29 - Gouye Guével	-	-
30 - Keur Nieuusse Ma	-	-
31 - Yoff	9 000	9 900
32 - Foire	-	-
33 - Grand Yoff	53 100	57 500
34 - Captage des eaux	-	-
35 - Maristes	2 700	2 800
36 - Hann pêcheurs	14 000	15 400
37 - Grand Médine	9 600	10 100
38 - Parcelles assainies	-	500
39 - Patte d'Oie	9 400	9 900
40 - Cambérène	9 000	10 800
41 - Guédiawaye	90 000	126 500
42 - Abattoirs	-	-
43 - Pikine-Ouest	50 000	66 500
44 - Pikine-Est	42 600	56 800
45 - Thiaroye sur mer	9 500	9 900
46 - Diak Saou	14 300	31 800
47 - Pikine irrégulier	69 000	120 000
48 - Malika	2 800	5 800
49 - Keur Massar	1 800	1 900
50 - Mbaou	5 300	5 500
	806 400	1 002 800

Source : Association SONED-BCEM le 3 octobre 1980