

ORSTOM

eaux continentales

UR 24

Programme RUE



UNIVERSITE CHEICKH ANTA DIOP DE DAKAR
FACULTE DES LETTRES, DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE

Rapport de Campagne 1994

Bassin Urbain de Dakar

Mohamadane BASSEL
Yannick PEPIN
Jean-Pierre THIEBAUX

Dakar, Décembre 1994

FDI 0100 20660

Rapport de campagne hydrologique du bassin versant urbain de DAKAR

REMERCIEMENTS

A la faveur d'un financement ORSTOM U.R. 24 programme RUE, nous avons pu équiper un bassin versant urbain à DAKAR. La station limnigraphique a été installée sous le pont de Fann sur la Corniche ouest. C'est un canal qui draine une importante partie des eaux pluviales provenant des quartiers SICAP Bourguiba, Mermoz, Fann-Résidence et le complexe scolaire Ecole Normale Supérieure-Lycée d'application Seydou Nourou TALL. C'est une zone essentiellement résidentielle que nous avons choisie avec quelques réserves sur la représentativité du site. La campagne hydrologique que nous venons d'effectuer a démontré l'opportunité du choix de ce site. Nous avons pu mettre en place une banque de données (données pluviométriques, débits, qualité de l'eau) sur l'espace urbain dakarois.

Nous voudrions remercier Mr VALENTIN C., Responsable de l'U.R. 24 à l'ORSTOM pour son soutien financier sans lequel cette étude n'aurait eu lieu. Nous remercions en premier Mr Jean ALBERGEL qui nous a reçu au Laboratoire d'Hydrologie du Centre de Dakar-HANN qu'il dirige et qui nous a orienté vers des créneaux qui ont tout de suite apporté des résultats.

Nous associons à ces remerciements Messieurs Yannick PEPIN et Jean Pierre THIEBAUX, techniciens hydrologues qui nous ont apporté leur compétence pour l'installation de la station et l'initiation au maniement des appareils d'hydrométrie avec une participation aux mesures. Le travail de dépouillement des jaugeages, des limnigrammes et des pluviogrammes s'est déroulé au laboratoire avec l'assistance de Mr PEPIN. Enfin nous joignons aux remerciements Mr Honoré DACOSTA Enseignant-Chercheur associé pour les conseils utiles et le soutien concret qu'il ne cesse de nous apporter ainsi que le Professeur Mamadou Moustapha SALL, notre Directeur scientifique.

Nous adressons également nos remerciements à Monsieur Jean-Louis DUPRE, responsable du laboratoire de chimie de Hann, ainsi que la SONEES, la Communauté Urbaine de Dakar et l'Hydraulique pour l'aide qu'ils nous ont apportés.

CAMPAGNE HYDROLOGIQUE 1994

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une thèse de doctorat de 3^e cycle en Géographie Option Hydrologie, nous avons mis en place, avec le concours scientifique et l'assistance du Laboratoire d'Hydrologie du Centre ORSTOM de Dakar-Hann, un projet d'étude sur le ruissellement urbain et la qualité des eaux dans la région de Dakar. Ce projet étant en phase initiale, nous avons jugé raisonnable de nous en tenir à un seul bassin versant urbain et d'y concentrer nos efforts en attendant de trouver les moyens pour un suivi hydrologique de trois à cinq bassins. C'est ainsi que nous avons mené en même temps un suivi de la pluviométrie, une campagne de mesures de débits avec prélèvements d'eau durant les crues et un échantillonnage mensuel au niveau de plans d'eau, de puits et d'exutoires de conduites.

Les objectifs que nous visons à travers ces recherches sont de mieux caractériser le ruissellement en zone urbaine au Sénégal en vue d'améliorer la connaissance des paramètres qui entrent en ligne de compte dans le dimensionnement des ouvrages évacuateurs, d'identifier les éléments chimiques facteurs de pollution et d'évaluer leur impact sur les milieux récepteurs. Ce travail se fonde sur une cartographie du bassin versant à partir d'un travail de terrain assez minutieux.

A près d'un million d'habitants en 1976, la population dakaroise est passée en 1988 à 1.428.084 habitants. Avec un rythme d'accroissement de 3,1 % par an, la population pourrait atteindre 6 millions d'âmes en l'an 2010. Cet accroissement du nombre d'habitants sur un espace si réduit (550 Km²) et par conséquent de l'espace bâti (7 % d'accroissement par an selon la Mairie de Dakar) ne peut qu'entraîner de multiples difficultés parmi lesquelles des problèmes d'assainissement liés aux ordures, eaux usées et eaux pluviales. La configuration géomorphologique, modelé en dunes, dépressions humides, favorise l'existence de plusieurs zones déprimées propices à la stagnation d'eau pluviale.

L'état de sous-développement est facteur de difficultés qui, elles mêmes, entravent les processus de développement: insalubrité ne rime pas avec progrès social. L'assainissement est de nos jours une des questions les plus délicates dans les pays pauvres, comme le Sénégal parmi d'autres, car c'est une donnée difficilement maîtrisable dans le temps. Le volume des déchets solides et liquides se multiplie avec l'accroissement de la population et l'extension des zones habitées.

La région de DAKAR dispose du plus fort taux d'urbanisation du Sénégal (2596 hab/km²), alors que sa superficie est la plus petite du pays. Les villes de Dakar, Pikine, et Rufisque connaissent une croissance régulière. L'espace bâti est en constante extension avec en corollaire des problèmes d'assainissement de plus en plus pressants. La pression démographique accroît le rejet des eaux usées alors que le développement de l'espace bâti augmente les surfaces imperméabilisées, ce qui augmente le coefficient de ruissellement des eaux de pluie. Dakar, Pikine, et surtout Rufisque (en raison de sa faible altitude) connaissent de plus en plus de difficultés dans l'évacuation des eaux pluviales.

Ces eaux mal évacuées créent de nombreux problèmes du fait de leur stagnation au niveau des points bas, stagnation suivie d'une infiltration vers les nappes souterraines. Bas-fonds et nappes souterraines, principaux milieux récepteurs après le milieu marin, connaissent ainsi une dégradation accélérée de leurs potentialités.

L'eau est nécessaire à la vie, **elle est la vie**. Elle est source de la vie mais aussi de maladies et de catastrophes. Cette place qu'occupe l'eau dans le devenir des populations appelle de plus en plus une attitude scientifique vis à vis des activités que les hommes exercent sur elle.

A l'issue de la première saison des pluies, nous présentons ce rapport de campagne.

I/ LE CHOIX DU BASSIN VERSANT

Une étude sur le ruissellement urbain à DAKAR nécessite tout d'abord un choix judicieux de bassins versants représentatifs. C'est ainsi que dès qu'il nous a été signifié l'opportunité d'une étude sur les problèmes d'évacuation des eaux pluviales à DAKAR, nous nous sommes attelé à la détection de sites adéquats pouvant être équipés d'une station hydrologique (limnigraphe, échelles limnimétriques, passerelle de jaugeage). Un site favorable est un bassin versant où l'écoulement des eaux est canalisé vers un exutoire, mais aussi une zone d'accès assez facile pour les études de topographie, de sols, de délimitation de bassin versant et de problèmes d'inondation.

Pendant les mois d'octobre, novembre et décembre 1993, nous avons parcouru presque toute la presqu'île de Dakar, ce qui nous a amené à répertorier plusieurs sites aussi bien en zone urbanisée qu'en zone encore à dominante rurale. Pour des préoccupations de recherches en hydrologie urbaine, nous avons écarté pour la première année d'observation la zone rurale. Les prospections que nous avons menées nous ont conduit à inventorier un certain nombre de bassins versants parmi lesquels nous avons opéré un choix.

1/ le bassin versant de la Foire de Dakar

C'est un bassin peu étendu englobant la foire de Dakar et le Centre de formation professionnelle Sénégal-Japon. Ce bassin versant est parcouru tout autour par un système de canalisations assez dense. Les pentes sont assez uniformes, le ruissellement se fait de la route de l'aéroport vers le Centre de formation. L'exutoire du bassin est un canal sous la Voie de Dégagement Nord (notée ultérieurement VDN) qui se jette dans une vallée dont les eaux s'écoulaient vers la pharmacie de Yoff. La zone comprend plusieurs grands bâtiments recouverts par des tôles ondulées et un réseau routier dense. Ceci indique une imperméabilisation assez nette du bassin qui comporte aussi beaucoup d'endroits à végétation arborée ou herbeuse.

L'unicité du type de quartier (commercial) et la simplicité apparente d'un suivi nous ont amené à envisager son étude pour plus tard.

2/ la bassin versant de l'aéroport

C'est une zone située sur le littoral nord de la tête de la presqu'île. Elle concerne les terrains de l'aéroport de Dakar-Yoff ainsi qu'un lot de maisons situé entre le mur de l'aéroport et la route de la Corniche. Un pont enjambe son exutoire après le virage vers le Casino. Caractérisé par un écoulement permanent du fait des eaux usées provenant des activités de l'aéroport, et des domaines à grand standing, le cours d'eau se jette dans la mer. On y note une certaine avancée du front salé à cause de la marée très active, une végétation très halophyte tapisse l'embouchure. En amont du pont routier s'est développée une exploitation maraîchère, qui semble fonctionner comme un site d'épuration naturelle des eaux qui présentent une certaine clarté. Notons cependant que ces eaux font l'objet d'une étude de composition chimique que nous menons à travers un prélèvement trisannuel (M3 dans carte 4).

Ce bassin versant rassemble de bonnes conditions justifiant une étude mais le caractère particulier de l'aéroport, zone dangereuse à haute protection nous a dissuadé d'y projeter des études. Il nous serait difficile d'avoir les autorisations de parcourir les pistes d'envol et d'atterrissage, les hangars, les espaces non bâtis chaque fois qu'une pluie se déclencherait.

3/ le bassin versant de Ndongorane-Ngor

C'est un bassin versant constitué par la partie ouest du terrain de l'aéroport où prend naissance la rivière intermittente qui traverse la corniche et la route de Ngor pour s'écouler à l'ouest du village. Aujourd'hui l'hôtel Méridien Président s'est installé à l'exutoire et le chenal est utilisé pour le déversement des eaux usées après un reprofilage pour inverser la pente. Cependant en saison des pluies, il y a constitution de mares du fait des apports opposés (eaux pluviales d'amont et eaux usées d'aval) vers les zones basses intermédiaires. C'est une zone volcanique, rebord des Mamelles, occupé en amont du pont routier par une végétation assez importante. Cependant l'urbanisation y progresse avec l'implantation de villas modernes.

La configuration actuelle enlève l'opportunité d'une étude de ruissellement.

4/ Le bassin versant E.N.S - Fann

C'est le bassin versant qui a retenu notre choix pour une étude de ruissellement. Son étude a eu lieu en plusieurs phases:

- la reconnaissance
- les raisons du choix
- l'installation de la station
- la délimitation et la cartographie du bassin versant

a/ la reconnaissance

Par curiosité, nous nous sommes plusieurs fois posé la question de savoir ce qui justifiait le pont sur la route de Ouakam à la hauteur du bar Le Relais. C'est ainsi que nous apprîmes que cet axe, désigné comme cours d'eau intermittent sur la carte topographique au 1/50000 de Dakar, fut en fait la voie de passage du chemin de fer des carrières qui reliait la corniche ouest et le port de Dakar en construction. Dans les falaises de la corniche étaient prélevées les grosses pierres basaltiques pour construire les quais du port. Le chemin de fer mis en place dès 1937 passait par le service géographique, enjambait l'autoroute, traversait le site des actuels quartiers H.L.M, Niary Tally au niveau de la poste, SICAP rue 10, SICAP Bourguiba, longeait le mur séparant l'Ecole Normale Supérieure et le Point E. A partir du pont, la voie était creusée dans les dolérites volcaniques afin que le terminal puisse être à un niveau assez proche de celui de la mer .

b/ les raisons du choix

Sous le pont de la corniche l'ex-voie de chemin de fer passe entre deux parois obliques bétonnées , constituant une section assez uniforme où les eaux sont canalisées sur une quinzaine de mètres. Les parois bétonnées sont séparées du pont par des surplombs sur les deux rives. Ces surplombs constituent des abris naturels pour les hommes et le matériel de jaugeage, car la route de la corniche passe au dessus de la passerelle de jaugeage. L'accès est assez facile des deux côtés par escalade des rochers solides. A la sortie des parois cimentées existe un site adéquat pour un limnigraphe et sa gaine.

c/ l'installation de la station

Nous avons eu l'occasion de dresser le rapport d'installation (¹) à partir du 22 juillet. Il contient tous les aspects techniques liés à la question. Ce rapport est annexé au présent document.

d/ la délimitation du bassin versant

Après le choix du pont de la corniche pour abriter la future station hydrologique, il a fallu déterminer la superficie drainée par les eaux qui s'écoulent à l'exutoire. Cette opération a paru simple dès le début car à partir de la carte topographique et une étude sommaire de la topographie, nous avons effectué une première estimation du bassin: entre 39 et 41ha. La pluie du 11 juillet 1994 (7.1 mm) confirma à peu près notre estimation de la surface du bassin. Cette superficie est d'ailleurs celle qui est indiquée dans le projet d'étude que nous avons envoyé au DEC pour solliciter des crédits, c'est aussi celle que nous avons utilisée dans l'estimation des débits maximaux pouvant être mesurés à la station hydrologique par la formule suivante:

$$Q_m = Q_{sm} * A$$

$$\text{et } Q_{sm} = Q_m / A$$

avec Q_m : Débit maximal et Q_{sm} : Débit spécifique maximal
 A : Superficie du bassin

¹ BASSEL M., PEPIN Y., THIEBAUX J. P. (juillet 1994): Installation d'un bassin versant urbain à Dakar
DEC-ORSTOM UCAD.

Mais avec la crue du 13 Août provoquée par une pluie de 121.7 mm, nous nous sommes rendus compte en faisant un intense travail de terrain que le bassin avait été sous-estimé . La limite sud-est ne changeait pas car le canal avait été creusé dans le sens transversal à la grande dénivellation qui partait des Mamelles (point culminant de la ville) vers Fass-Soumbédioune ; ainsi aucun apport ne pouvait provenir du sud-est hormis quelques maisons adossées au canal et dont les eaux de ruissellement s'y déversent par canalisation .

Au nord-ouest, la cité SICAP Bourguiba et une partie de l'E.N.S (Ecole Normale Supérieure) qui constituent la source du canal ne participent pas totalement à l'écoulement car un seuil alluvionnaire (sable et argile) bloque les eaux de ruissellement provenant de la SICAP Bourguiba dans des mares le long du mur et détourne une importante partie des eaux provenant des salles de classe vers la porte d'accès au POINT E. Afin d'éviter la stagnation des mares et l'érosion du chemin d'accès au Point E, il sera nécessaire de reprofiler le canal en rétablissant la pente entre les mares et le jardin derrière le Lycée. Une petite passerelle permettra de passer en saison des pluies.

C'est au nord du bassin que sont intervenus les grands changements. Si la limite reste toujours la corniche, le bassin est en réalité plus étendu au nord, à la stèle de Mermoz, sur la route de Ouakam et jusqu'à la porte-arrière du Dépôt de la SOTRAC à Mermoz. Au nord-est le bassin remonte la nouvelle VDN jusqu'au delà de l'ancienne piste de Ouakam. Une ligne de crête partage les eaux qui s'écoulent vers les dépressions Ouakam-Base Aérienne et les eaux qui s'écoulent vers le sud c'est à dire celles qui passent à droite de la VDN, et qui intéressent notre bassin et enfin celles qui passent à gauche et qui longent le camp militaire, la SICAP Karack, l'Ecole de Police pour se jeter dans le grand canal de Point E-Soumbédioune. Cependant il faut noter que la canalisation ouverte longeant le mur de l'Ecole de Police côté Bourguiba (qui se jette dans le canal Karak-Soumbédioune) avait été submergée par les eaux de la crue du 13 août: celles-ci débordaient par delà la route et pénétraient à l'Ecole Normale par le portail de la bibliothèque.

Le ruissellement du 13 août a occasionné l'érosion des surfaces en latérite et des dépôts de terre se sont constitués autour du parc OMVS. Ces dépôts colmateront progressivement les systèmes d'évacuation enterrés. Cet écoulement a déstabilisé un morceau (2 m de long, 1m de haut et 40 cm d'épaisseur) du mur du caniveau se jetant dans le canal juste en amont du pont de la route de Ouakam; un affouillement en dessous de sa base a mis en évidence un tuyau d'évacuation d'eaux usées d'un diamètre de 300mm. La petite pluie (1.1mm) du 15 août a fini d'éroder la terre sous ce pan de mur qui s'est effondré sur le tuyau d'eaux usées et l'a brisé. Ceci a créé une crue à la station 1 vers 13 heures 45 alors qu'il avait plu le matin. Depuis, le canal au niveau du pont de Ouakam reçoit en permanence les eaux usées provenant de la fuite du tuyau qui se trouve être un collecteur d'eaux usées de Fann-Résidence (?). Ceci perturbe les observations du ruissellement des eaux pluviales. Nous avons donc été contraints ainsi de mesurer, après avoir créé une nouvelle station, les débits entrant au niveau de la route de Ouakam: le 17/8/94 sur un volume de 99.7 l/s passant au pont de Ouakam seulement 30.7 l/s provenaient du ruissellement.

Au niveau du pont de Ouakam, d'autres difficultés sont apparues dans l'estimation des volumes d'eau car si une importante quantité provient des fortes altitudes septentrionales du bassin versant (Stèle Mermoz et VDN), 30% seulement de ces apports rentrent dans le canal alors que la grosse partie s'écoule sur la route vers le grand canal de Soumbédioune au sud, à la faveur d'une pente assez importante. Ainsi nous avons créé une quatrième station pour rassembler les estimations des pertes sur l'ensemble du bassin versant: au pont de Ouakam, au pont de la Corniche qui enjambe la station principale et à l'entrée de l'Avenue n°3 des Ambassadeurs où des eaux s'échappent vers la dépression au milieu de cette rue.

A la faveur d'observations prochaines, nous tenterons d'évaluer les pertes en amont du canal par la porte d'accès du Point E si entre temps un reprofilage du canal n'est pas fait.

Sous HYDROM, nous avons donc défini quatre capteurs pour la station:

capteur 1	d=649m	Station limnigraphique	1389900500-1
capteur 2	d=0m	Pont de la route de Ouakam	1389900500-2
capteur 3	d=758m	Entrée du jardin Aval	1389900500-3
capteur 4		Estimation des pertes	1389900500-4

La grande évolution dans les limites du bassin versant a été la prise en compte de la SICAP Mermoz qui a connu de véritables problèmes d'inondation aggravés par la VDN qui canalise les eaux, avec une pente assez forte vers le nord-ouest de Mermoz. La surface du bassin versant est donc de 0.98 km².

Rappelons qu'avec la formule de Manning-Strickler (voir rapport d'installation), nous avons estimé les débits maximaux qui passeraient à la station à telle ou telle hauteur d'eau ainsi que les débits spécifiques correspondants. A une hauteur d'eau de 1.50 mètres, le débit maximal aurait été de 20.2 m³/s et le débit spécifique de 50600 l/s/km². Ce débit spécifique ne pouvant être enregistré que dans des conditions exceptionnelles, nous avons alors retenu de placer la passerelle de jaugeage à 1.52 mètres de hauteur, ce qui signifiait une sécurité pour les jaugeages. Nous rappelons la formule.

$$Q = k \sqrt{i} S^{5/3} / P^{2/3}$$

avec K : coefficient de Manning V_i : pente
S : section mouillée P : périmètre mouillé

Avant de faire le bilan hydrologique et hydrochimique du bassin versant nous procédons d'abord à une analyse de l'occupation des sols, facteur essentiel de l'écoulement.

III/ LE BASSIN VERSANT DE MERMOZ-BOURGUIBA-FANN

Appelé bassin versant ENS-Fann, le bassin que nous étudions est devenu bassin versant de Mermoz-Bourguiba-Fann suite à son agrandissement. Selon la carte topographique au 1/50000 de Dakar, le plan de la ville de Dakar au 1/10000 et les premières études de terrain que nous avons effectuées, nous avons délimité le B.V. qui par la suite, à partir des observations du ruissellement avec les pluies notamment celles du 13 août (121.7 mm) s'est révélé beaucoup plus étendu que la superficie considérée. Aujourd'hui hormis quelques zones au nord de la route de la Pyrotechnie, la configuration définitive du bassin est établie après de nombreuses mesures topographiques et observations du ruissellement sous la pluie.

Ces zones au nord sont des espaces agricoles séparés par des zones herbeuses. L'infiltration y est très forte et ce n'est qu'avec les averses exceptionnelles que les surplus sont vidés dans le bassin. Le front d'urbanisation y étant déclenché, il reste important de s'intéresser à cette zone.

1/ Présentation du bassin versant

Trois grands quartiers résidentiels sont installés sur le bassin:

* Fann Résidence

Il est surtout composé d'ambassades et de résidences de Diplomates; c'est ainsi qu'on y trouve l'Avenue des Ambassadeurs. Entre les résidences diplomatiques, on retrouve du côté sud du bassin, une petite cité des Professeurs Titulaires de l'Université de Dakar, quelques familles très aisées et plus au nord-ouest des maisons occupées par des expatriés surtout français.

Les caractéristiques principales de ce quartier sont la taille assez vaste des domiciles atteignant 1000 m², l'occupation classique avec un bâtiment central entouré de jardins de repos et d'espaces verts bien entretenus: il est rare d'y trouver des sols nus et les routes sont goudronnées. Ce quartier de Fann est limité par la Corniche ouest, la rue Aimé Césaire, la route de Ouakam qui le sépare du quartier de Mermoz. Cette portion du bassin couvre 32 ha.

* Quartier de Mermoz

C'est un quartier résidentiel réalisé par la SICAP avec quelques constructions individuelles dans les zones périphériques. On y rencontre des maisons construites selon les possibilités économiques des demandeurs: logement très économiques avec 2 à 3 pièces recouvertes par des tôles ondulées, logement économique avec 4 pièces et un petit espace non bâti, logement moyen standing à grand standing, spacieuse et confortable, recouvert par une terrasse en dur. Enfin il existe des appartements concentrés dans 6 immeubles à 4 étages, dont les rez-de-chaussée sont des espaces de commerce: magasins divers, supermarché, salon de coiffure-couture...

Le quartier de Mermoz est traversé par deux grands axes routiers goudronnés appelés 1^{ère} porte et 2^e porte. Les maisons sont séparées par des ruelles pavées très étroites (2 à 3 mètres de large) réservées aux piétons. Les voitures sont stationnées dans de multiples parkings prévus à cet effet. La disposition des maisons paraît irrégulière tellement les rues en T sont nombreuses, plusieurs d'entre elles sont des impasses.

C'est au nord-est de ce quartier que l'on rencontre les plus fortes altitudes du bassin. Le ruissellement pluvial n'est pas canalisé vers un collecteur principal. Les grilles avaloirs sont vite débordées et les eaux de ruissellement retrouvant leur chemin d'avant l'urbanisation, traversent des maisons qui sont vite inondées. La construction de la VDN a accru les problèmes du quartier car une grande partie des eaux qui se jetaient dans le canal de Karak à l'est, sont drainées par le rebord droit de la route en direction du Parc de l'OMVS. Une partie de ces eaux empruntent souvent des points bas et sont déviées dans le quartier. Les fondations n'étant pas surélevées, chambres et salles de séjour sont vite remplies.

Coincé entre la VDN et la route de Ouakam, Mermoz couvre 40.5 ha dans le bassin.

* SICAP Bourguiba

Situé au sud-est du bassin, cette petite cité est composée de villas à étages d'un style commun. Chaque maison couvre en moyenne 400 m² et abrite généralement des familles aisées. Les routes sont goudronnées, un parking central sert surtout aux visiteurs car les habitations disposent de garage personnel.

La SICAP Bourguiba occupe un sous bassin qui constituerait la source du canal mais qui aujourd'hui participe peu aux débits mesurés à la station car ses eaux sont retenues par des mares dont le trop plein échappe au canal en grande partie par la porte d'accès Point E-ENS. Sa surface est de 3.5 ha.

* Autres infrastructures

En dehors des quartiers résidentiels, le centre sud du bassin versant est occupé par une institution universitaire, l'Ecole Normale Supérieure où nous avons implanté le pluviographe, le Lycée d'application Seydou Nourou Tall, le Parc OMVS et 3 stations d'essence.

L'Ecole Normale Supérieure occupe une superficie de 6 ha où sont érigés 6 grands bâtiments de résidence, de salles de cours, de direction de l'école. On y trouve un parking arboré, un terrain nu de sport, quelques jardins cultivés et des espaces verts.

Le Parc OMVS couvre 1.8 ha et renferme des espaces verts et des zones densément arborées; aucun écoulement ne provient du jardin pour rejoindre le canal. Les stations d'essence sont entièrement imperméabilisées mais leur superficie ne dépasse pas 500 m².

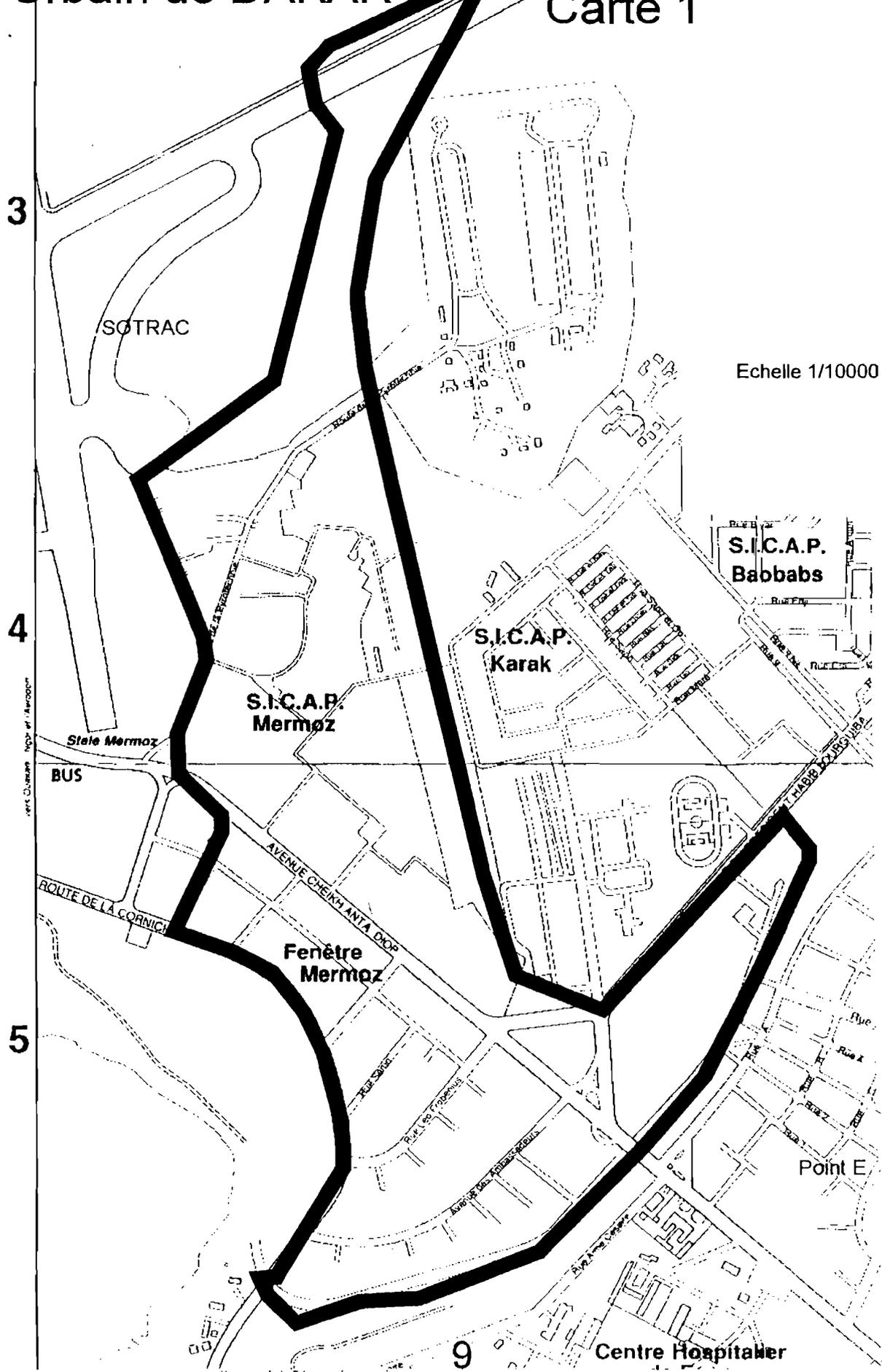
Le reste est composé de la zone non habitée au nord de Mermoz (10 ha), de routes et d'espaces non bâtis (3.7 ha).

2/ la cartographie du bassin

Nous présentons une cartographie thématique du bassin versant. Elle est constituée par une carte de situation extraite de la carte de Dakar au 1/10000ème, une représentation schématique du système de drainage avec évaluation des parts de l'écoulement transitant d'une zone à une autre et d'une carte des courbes de niveau obtenue à partir d'un nivellement effectué dans les différentes zones au cours de la saison des pluies.

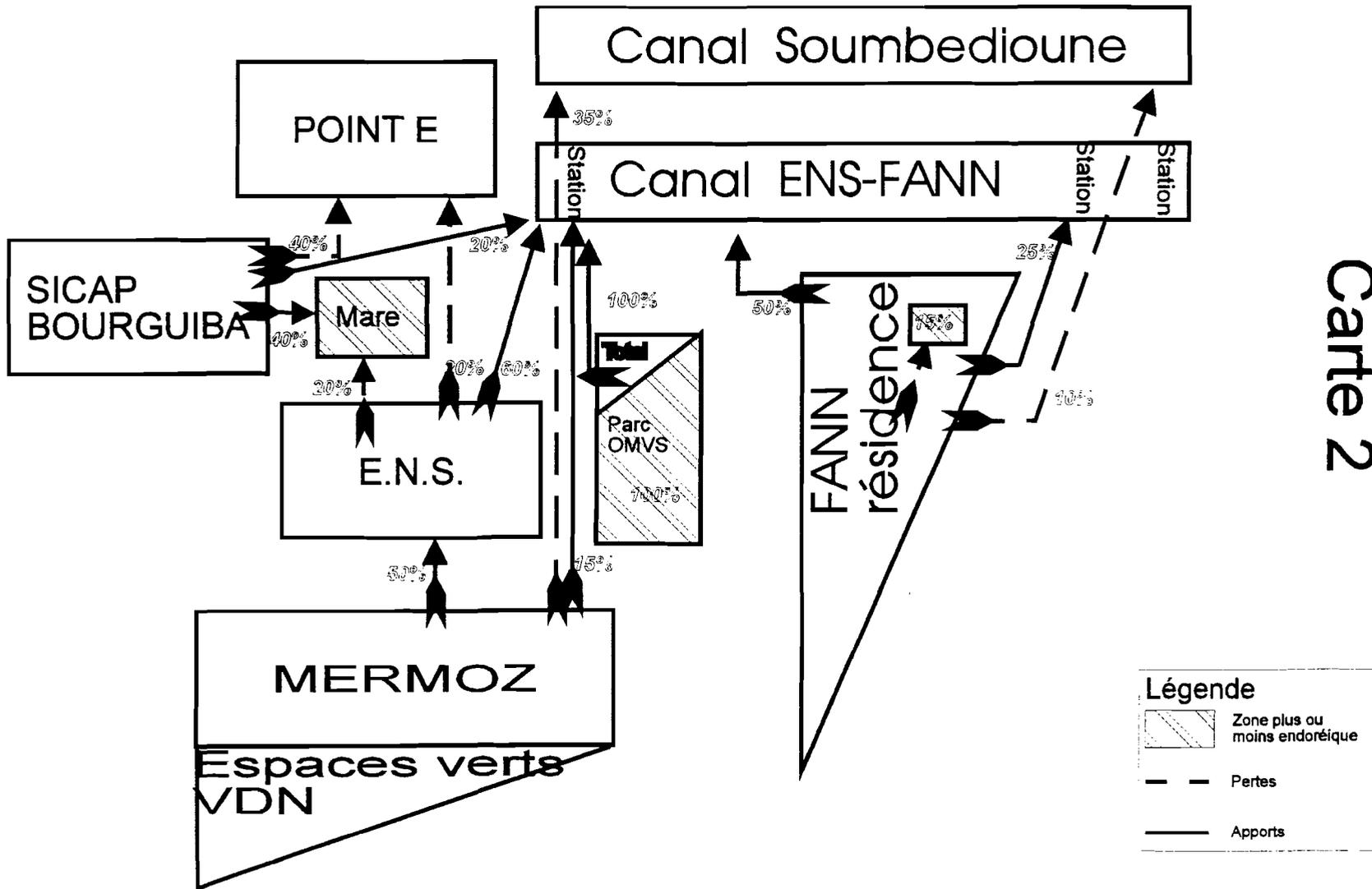
Bassin versant Urbain de DAKAR

Carte 1



Echelle 1/10000

vert. D. Guéhenne - N. G. et J. A. Guéhenne



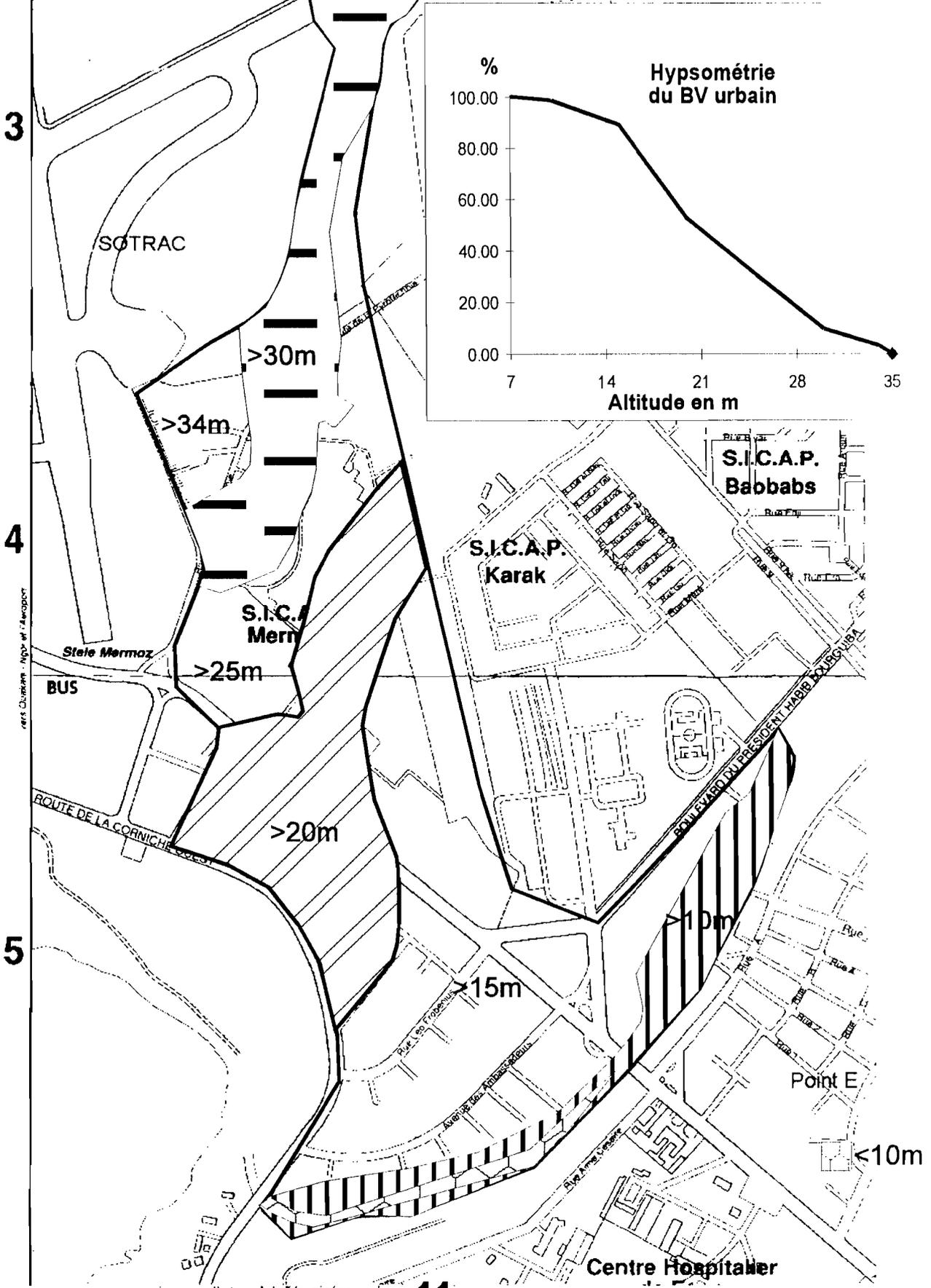
Carte 2

REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES SOUS BASSINS

Bassin versant Urbain de DAKAR

Carte 3

Echelle 1/10000



III/ LA CAMPAGNE HYDROLOGIQUE 1994

Durant la saison des pluies, nous avons procédé à un suivi de la pluie et des écoulements sur le bassin versant. La période d'observation a commencé le 8 juillet 1994, date de l'installation du pluviographe au 15 octobre, date du vol du limnigraphe à la station 1.

1/ La pluviométrie

Grâce à l'ORSTOM, nous avons pu disposer d'un pluviographe à augets basculeurs pour l'enregistrement de la pluviographie, c'est à dire les intensités. Il s'agit d'un pluviographe Précis Mécanique à tambour avec une rotation journalière; la bague a une surface réceptrice de 400 cm². Au bas du pluviographe, un seau récupère l'eau qui est ensuite mesurée par une éprouvette graduée pour obtenir la pluie journalière.

a/ la pluviographie

a-1/ la pluviographie à Dakar

Une étude statistique des récurrences des averses a été réalisée à partir des données de Dakar-Yoff sur la période 1974-1991. Nous obtenons le tableau suivant avec les différentes récurrences des averses en hauteurs et intensités.

Tableau 1 : récurrence des averses

Dakar Yoff RECURRENCE de AVERSES calculée sur 1974/1991 (période sèche)										
Récurrences	Durée	5mn	10mn	15mn	30mn	45mn	60mn	90mn	120mn	180mn
	Nb pluies	105	105	104	97	81	68	55	43	31
Intensités	fréq./temps	5mn	10mn	15mn	30mn	45mn	60mn	90mn	120mn	180mn
2ans	0.5	89.1	75.1	65.9	48.1	38.0	31.3	26.9	18.1	12.7
5ans	0.2	118.7	99.4	87.4	65.7	52.9	42.0	34.7	24.2	16.4
10ans	0.1	142.7	119.5	104.8	80.1	63.9	50.4	44.6	27.8	18.9
20ans	0.05	164.9	138.1	121.0	94.1	74.2	58.6	48.4	32.0	21.3
50ans	0.02	192.6	161.2	141.1	111.8	88.2	68.6	57.5	37.3	24.4
100ans	0.01	218.3	182.5	159.7	128.1	98.1	79.1	64.4	41.1	26.6
Hauteurs		5mn	10mn	15mn	30mn	45mn	60mn	90mn	120mn	180mn
2ans	0.5	7.4	12.5	16.5	24.1	28.5	31.3	35.9	36.1	38.0
5ans	0.2	9.9	16.6	21.8	32.9	39.7	42.0	46.3	48.4	49.1
10ans	0.1	11.9	19.9	26.2	40.1	47.9	50.4	59.5	55.7	56.7
20ans	0.05	13.7	23.0	30.3	47.0	55.7	58.6	64.5	64.0	64.0
50ans	0.02	16.1	26.9	35.3	55.9	66.2	68.6	76.7	74.7	73.1
100ans	0.01	18.2	30.4	39.9	64.0	73.5	79.1	85.9	82.2	79.8

a-2/ la pluviographie à la station de l'Ecole Normale en 1994

Grâce au logiciel PLUVIOM, nous avons pu dépouiller les pluviogrammes, et à l'aide d'EXCEL, nous avons dessiné les hyétogrammes dont les deux principaux figurent ci-dessous et les autres en annexe. Le tableau suivant présente les averses observées supérieures à 3mm. Pour les deux principales averses du 13/8 et du 21/9 nous récapitulons dans le tableau 3, les récurrences obtenues en fonction du temps.

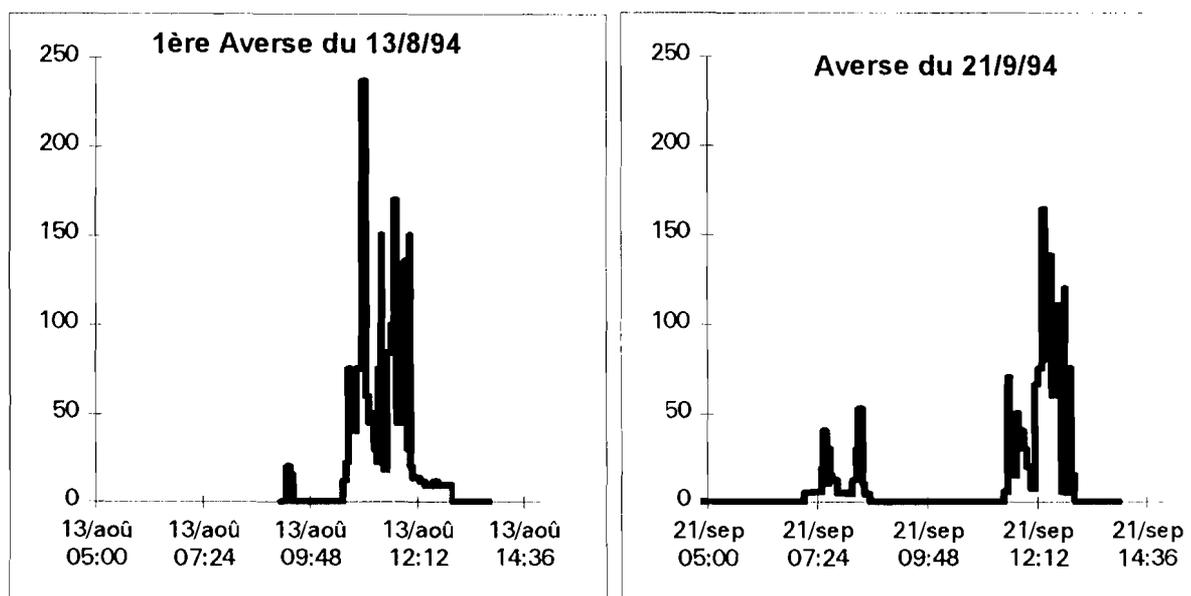
Station de l'Ecole Normale Supérieure N°1389900501 Lat: 14°51'56N Long: 17°27'58 W Alt: 15.6m.

Tableau 2 : résultats des averses supérieures à 3 mm

Hauteur en mm & temps en mn		5	10	15	30	45	60	90	120	180	durée	
LE 11. 7.1994	13 HRE 22 MN	7.5 MM	2.8	3.7	4.1	7	7	7.5	7.5	7.5	7.5	53
LE 9. 8.1994	16 HRE 17 MN	3.5 MM	2.1	2.5	2.9	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	25
LE 10. 8.1994	21 HRE 42 MN	31.5 MM	2.5	5	7.3	11.3	13.4	15.1	18.3	21	26.4	303
LE 12. 8.1994	18 HRE 1 MN	13.0 MM	5.3	9	10	10.9	11	11	12.9	13	13	93
LE 13. 8.1994	10 HRE 33 MN	113.0 MM	16	22.3	28	42.5	56	76.3	102.7	108.4	113	149
LE 17. 8.1994	16 HRE 11 MN	6.5 MM	2	3.5	4	5.4	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	44
LE 18. 8.1994	23 HRE 36 MN	8.5 MM	4.3	6.3	7.6	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	22
LE 22. 8.1994	16 HRE 43 MN	7.0 MM	1.3	2.3	3.1	4	4.6	6.6	7	7	7	69
LE 26. 8.1994	3 HRE 26 MN	19.0 MM	4.3	6.5	9.5	14.1	17.7	19	19	19	19	60
LE 26. 8.1994	9 HRE 49 MN	3.5 MM	2	2.7	3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	20
LE 26. 8.1994	12 HRE 46 MN	20.0 MM	5	8	10.3	17.6	20	20	20	20	20	39
LE 10. 9.1994	8 HRE 48 MN	3.5 MM	1.5	2.5	2.5	3	3	3	3.5	3.5	3.5	84
LE 21. 9.1994	7 HRE 7 MN	17.5 MM	4	5.9	6.8	8	11.2	15.4	17.5	17.5	17.5	86
LE 21. 9.1994	11 HRE 29 MN	81.0 MM	12	23	29.2	49.1	57.5	65.8	80.7	81	81	93
LE 25. 9.1994	22 HRE 31 MN	6.5 MM	4.5	5.5	6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	20
LE 26. 9.1994	1 HRE 0 MN	5.5 MM	1.6	1.8	2	3.3	4.8	5.5	5.5	5.5	5.5	60
LE 26. 9.1994	10 HRE 4 MN	11.5 MM	3.5	5.8	6.8	10.8	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	43
Intensité en mm/h & temps en mn		5	10	15	30	45	60	90	120	180		
LE 11. 7.1994	13 HRE 22 MN	7.5 MM	33.6	22.2	16.4	14.0	9.3	7.5	5.6	3.8	2.5	
LE 9. 8.1994	16 HRE 17 MN	3.5 MM	25.2	15.0	11.6	7.0	4.7	3.5	2.6	1.8	1.2	
LE 10. 8.1994	21 HRE 42 MN	31.5 MM	30.0	30.0	29.2	22.6	17.9	15.1	13.7	10.5	8.8	
LE 12. 8.1994	18 HRE 1 MN	13.0 MM	63.6	54.0	40.0	21.8	14.7	11.0	9.7	6.5	4.3	
LE 13. 8.1994	10 HRE 33 MN	113.0 MM	192.0	133.8	112.0	85.0	74.7	76.3	77.0	54.2	37.7	
LE 17. 8.1994	16 HRE 11 MN	6.5 MM	24.0	21.0	16.0	10.8	8.7	6.5	4.9	3.3	2.2	
LE 18. 8.1994	23 HRE 36 MN	8.5 MM	51.6	37.8	30.4	17.0	11.3	8.5	6.4	4.3	2.8	
LE 22. 8.1994	16 HRE 43 MN	7.0 MM	15.6	13.8	12.4	8.0	6.1	6.6	5.3	3.5	2.3	
LE 26. 8.1994	3 HRE 26 MN	19.0 MM	51.6	39.0	38.0	28.2	23.6	19.0	14.3	9.5	6.3	
LE 26. 8.1994	9 HRE 49 MN	3.5 MM	24.0	16.2	12.0	7.0	4.7	3.5	2.6	1.8	1.2	
LE 26. 8.1994	12 HRE 46 MN	20.0 MM	60.0	48.0	41.2	35.2	26.7	20.0	15.0	10.0	6.7	
LE 10. 9.1994	8 HRE 48 MN	3.5 MM	18.0	15.0	10.0	6.0	4.0	3.0	2.6	1.8	1.2	
LE 21. 9.1994	7 HRE 7 MN	17.5 MM	48.0	35.4	27.2	16.0	14.9	15.4	13.1	8.8	5.8	
LE 21. 9.1994	11 HRE 29 MN	81.0 MM	144.0	138.0	116.8	98.2	76.7	65.8	60.5	40.5	27.0	
LE 25. 9.1994	22 HRE 31 MN	6.5 MM	54.0	33.0	24.0	13.0	8.7	6.5	4.9	3.3	2.2	
LE 26. 9.1994	1 HRE 0 MN	5.5 MM	19.2	10.8	8.0	6.6	6.4	5.5	4.1	2.8	1.8	
LE 26. 9.1994	10 HRE 4 MN	11.5 MM	42.0	34.8	27.2	21.6	15.3	11.5	8.6	5.8	3.8	

Tableau 3 : récurrences des averses du 13/8 et 21/9/94

Temps en mn	5	10	15	30	45	60	90	120	180
LE 13. 8.1994	192.0	133.8	112.0	85.0	74.7	76.3	77.0	54.2	37.7
Récurrence	50 ans	18 ans	14 ans	13 ans	20 ans	89 ans	>100 ans	>100 ans	>100 ans
LE 21. 9.1994	144.0	138.0	116.8	98.2	76.7	65.8	60.5	40.5	27.0
Récurrence	11 ans	20 ans	17 ans	27 ans	25 ans	35 ans	72 ans	92 ans	>100 ans



Graphique 1: représentation graphique des averses du 13/8 et du 21/9/94 (Intensités en mm/h)

Une analyse des averses observées montre que les deux principales averses ont des récurrences très faibles. Nous donnons également les indices de Wischmeyer qui caractérisent l'agressivité de la pluie sur le sol.

STATION PLUVIOGRAPHIQUE de l'Ecole Normale Supérieure

ANNEE =1994

Tableau 4

INDICES DE WISCHMEYER PAR AVERSE

n° & mois-jour h-mn	Energie cinétique	Energie max	Energie globale	R	RUSA
1 7-11 13-22	26.4	65.37	177.2	2480.8	1.43
2 7-24 16-50	19.07	9.53	33.46	110.66	0.06
3 8-9 13-19	19.93	9.96	24.97	68.67	0.04
4 8-9 15-0	16.02	8.01	8.01	8.01	0
5 8-9 16-17	26.85	40.28	78.27	547.9	0.32
6 8-10 21-42	25.29	50.57	649.15	14694.29	8.47
7 8-11 4-20	16.02	15.68	23.69	47.38	0.03
8 8-12 18-1	28.56	99.96	323.07	7042.93	4.06
9 8-13 9-19	23.72	23.72	46.33	185.31	0.11
10 8-13 10-33	34.55	204.86	3234.85	274961.9	158.42
11 8-14 2-42	17.77	16.39	25.27	75.81	0.04
12 8-14 5-5	15.37	7.69	7.69	7.69	0
13 8-16 6-19	18.36	18.36	18.36	36.72	0.02
14 8-17 7-19	16.79	8.4	8.4	8.4	0
15 8-17 16-11	25.29	48.85	143.62	1561.85	0.9
16 8-18 21-41	19.93	19.93	19.93	39.86	0.02
17 8-18 23-36	27.97	83.9	215.41	3661.96	2.11
18 8-19 0-59	22.01	33.02	48.54	234.94	0.14
19 8-22 16-43	22.61	22.61	143.36	1146.91	0.66
20 8-25 3-11	22.61	22.61	32.14	96.42	0.06
21 8-26 3-26	27.97	80.56	470.54	13292.7	7.66
22 8-26 9-49	24.42	48.85	79.26	554.79	0.32
23 8-26 12-46	28.83	80.56	520.89	18361.39	10.58
24 9-10 8-48	23.31	34.97	74.6	447.58	0.26
25 9-15 18-13	18.7	18.7	35.33	105.99	0.06
26 9-16 4-35	15.09	7.54	7.54	7.54	0
27 9-16 9-5	17.5	17.5	17.5	35	0.02
28 9-21 7-7	27.45	96.07	408.46	6566.76	3.78
29 9-21 11-29	33.32	229.65	2336.17	229411.5	132.18
30 9-25 22-31	29.53	88.6	168.2	2186.61	1.26
31 9-26 1-0	26.85	40.28	113.14	746.75	0.43
32 9-26 3-42	14.82	7.41	7.41	7.41	0
33 9-26 10-4	27.26	68.15	282	6110.07	3.52

SOMMATION DES VALEURS DE RUSA S= 337.

b/ les pluies journalières

b-1/ les pluies journalières à Dakar

Une étude statistique des récurrences des averses a été réalisée à partir des données de différentes stations de Dakar sur les périodes observées à ces stations. Nous obtenons le tableau suivant avec les différentes récurrences des pluies journalières.

Tableau 5

Station	Nb. d'années	Pluie max observée	RECURRENCE des PLUIES JOURNALIERES					
			1 an	5ans	10ans	25ans	50ans	100ans
Dakar Yoff	47	157.7	74	94	110	130	146	162
M'Bao Thiaroye	73	137.4	77	97	113	134	149	165
Dakar Hann	51	181.5	75	96	113	135	151	168
Dakar Bel Air	35	158.8	74	95	111	134	151	168
Dakar Gorée	50	202	72	96	115	141	161	181
Dakar Hopital	50	214.8	82	107	127	152	172	192
Dakar Cap Manuel	25	179.8	82	106	125	150	170	190
Dakar Ouakam	22	150.5	76	96	112	132	148	164

b-2/ les pluies journalières à la station de l'Ecole Normale en 1994

La station pluviographique de Dakar-Ecole Normale a totalisé 27 averses de durées et d'intensités différentes. La pluie maximale journalière enregistrée est celle du 13 août avec 121.7 mm. C'est une averse exceptionnelle de période de retour de 17 ans par rapport aux statistiques de Dakar Yoff. Nous avons consacré un article⁽²⁾ sur cette averse (voir annexe). Le 21 septembre une pluie de 102.3 mm (récurrence 7.5 ans) est tombée sur le bassin à une période où les conditions physiques étaient différentes de celles du 13 août: avec la presque saturation du bassin, "tout ce qui tombait s'écoulait". Ainsi la côte à l'échelle limnimétrique atteignait 130cm (voir photo), le temps de base de l'écoulement se prolongeait car les mares étaient saturées. De plus la forme de cette averse est différente de celle du 13 août. Nous précisons aussi que la station n'a pas enregistré la pluie du 20 juin qui a été de 3.6 mm à Dakar-Yoff et 10 mm à Dakar-Hann. Certains événements pluvieux différents ont eu lieu dans une même journée (la journée se compte de 8h00 à 8h00 le lendemain).

Concernant l'ensemble de la région il a été démontré la nécessité d'accroître la densité du réseau pluviométrique car la variation spatiale de la pluie est très nette: lors de la forte averse du 13 août, Dakar-Yoff, principale station météorologique de la région n'a enregistré que 18.5 mm. Le 20 septembre une forte pluie a arrosé le littoral nord jusqu'à Grand-Yoff (Pikine 82.7 mm) alors qu'aucune goutte n'est tombée ni sur le bassin versant ni à Yoff. De même la pluie du 21 septembre qui a donné 102.3 mm sur le bassin, n'a donné que 63.9 à Yoff et 30.7 mm à Pikine. Il est donc urgent d'installer des postes pluviométriques dans les quartiers de Dakar car les SICAP, Fann, la Médina, le Grand Dakar et Grand-Yoff jusqu'à la Foire sont des zones habitées où aucun appareil ne mesure la pluie.

² BASSEL M., PEPIN Y. (août 1994): Observations sur la crue du 13 août 1994 à Dakar. ORSTOM-DEC - UCAD Dakar.

Tableau 6 : Pluies journalières enregistrées à la station de Dakar-ENS.

STATION : PLUVIO ECOLE NORMALE SUP DAKAR 1389900501 ANNEE 1994

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	
1	-	-	-	-	-	-	.	.	0.1	.	-	-	1
2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
3	-	-	-	-	-	-	-	-	3
4	-	-	-	-	-	-	-	-	4
5	-	-	-	-	-	-	-	-	5
6	-	-	-	-	-	-	.	0.4	.	.	-	-	6
7	-	-	-	-	-	-	.	Tr	.	.	-	-	7
8	-	-	-	-	-	-	-	-	8
9	-	-	-	-	-	-	.	6.4	.	.	-	-	9
10	-	-	-	-	-	-	.	37.0	4.9	.	-	-	10
11	-	-	-	-	-	-	7.1	0.3	.	.	-	-	11
12	-	-	-	-	-	-	.	13.4	.	.	-	-	12
13	-	-	-	-	-	-	.	121.7	.	.	-	-	13
14	-	-	-	-	-	-	-	-	14
15	-	-	-	-	-	-	.	1.1	3.4	.	-	-	15
16	-	-	-	-	-	-	.	0.7	0.3	.	-	-	16
17	-	-	-	-	-	-	.	6.8	.	.	-	-	17
18	-	-	-	-	-	-	.	11.5	.	.	-	-	18
19	-	-	-	-	-	-	-	-	19
20	-	-	-	-	-	-	-	-	20
21	-	-	-	-	-	-	.	.	102.3	.	-	-	21
22	-	-	-	-	-	-	.	7.5	.	.	-	-	22
23	-	-	-	-	-	-	-	-	23
24	-	-	-	-	-	-	1.9	1.5	.	.	-	-	24
25	-	-	-	-	-	-	.	21.9	12.6	.	-	-	25
26	-	-	-	-	-	-	.	27.7	11.6	.	-	-	26
27	-	-	-	-	-	-	-	-	27
28	-	-	-	-	-	-	Tr	.	.	.	-	-	28
29	-	=	-	-	-	-	.	0.3	.	.	-	-	29
30	-	=	-	-	-	-	-	-	30
31	-	=	-	=	-	=	.	.	=	.	=	-	31
TOT	-	-	-	-	-	-	9.0	258.2	135.2	0.0	-	-	
MAX	-	-	-	-	-	-	7.1	121.7	102.3	0.0	-	-	

ANNEE INCOMPLETE TOTAL PARTIEL : 402.4 mm

NOMBRE DE JOURS DE PLUIE : (24)

c/ les pluies mensuelles

c-1/ les pluies mensuelles à Dakar

Une étude sur les moyennes mensuelles des pluies a été réalisée à partir des données de différentes stations de Dakar sur les périodes observées à ces stations. Nous obtenons le tableau suivant avec les différentes moyennes mensuelles des pluies.

Tabl.7 STATIONS	Dakar Yoff	Bel Air	Manuel	Gorée	Ouakam	Hann	Hopital	Thiaroye
PERIODE	1947-1993	1947-1992	1952-80	1855-91	1941-62	1938-91	1896-45	1919-93
janv	1.6	1.7	0.5	0.6	0.2	0.6	0.5	1
fevr	1.1	1.2	1.2	0.8	2.5	1.5	1.2	1.4
mars	0	0.2	0	0	0	0	0.2	0.3
avril	0	0.1	0	0	0.1	0	0.2	0
mai	0.6	0.7	0.5	0.4	1.6	0.7	0.9	0.5
juin	9.3	13.4	7.5	16.3	9.4	9.1	18	15.4
juil	71.2	79.7	89.2	76.6	87.6	71	79.7	75.2
août	181.9	176.5	193.3	192.3	213.4	184.7	240.9	206.8
sept	145.8	141.4	147.3	133.4	163.7	147.6	141.9	162.9
octo	39.9	35.4	38.9	32.4	44	40.1	43	37.6
nove	1.7	1.9	0.7	1.2	4	2.1	2.9	1.8
dece	1.7	2.3	2.8	1	8	3.8	6	3.1
total	454.8	454.5	481.9	455	534.5	461.2	535.4	506

c-2/ les pluies mensuelles à la station de l'Ecole Normale en 1994

Le tableau suivant donne les précipitations mensuelles enregistrées. Le mois de juin a été complété par Dakar Yoff.

Tableau 8: Pluies mensuelles à la station de Dakar-Ecole Normale

Mois	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
Quantité	0.0	3.6	9.0	258.2	135.2	0.0	0.0

Le mois d'août a enregistré le total mensuel le plus élevé ce qui confirme la tendance qui en fait le mois le plus pluvieux sur les stations du Sénégal. Ce total mensuel dépasse la moyenne d'août depuis l'installation de la période à déficit pluviométrique. A l'inverse, les mois de juin et juillet ont connu des déficits notoires tandis que octobre est resté totalement sec. Le mois de septembre n'a enregistré que la moitié d'août qu'il suivait de plus près d'habitude.

d/ la pluie annuelle

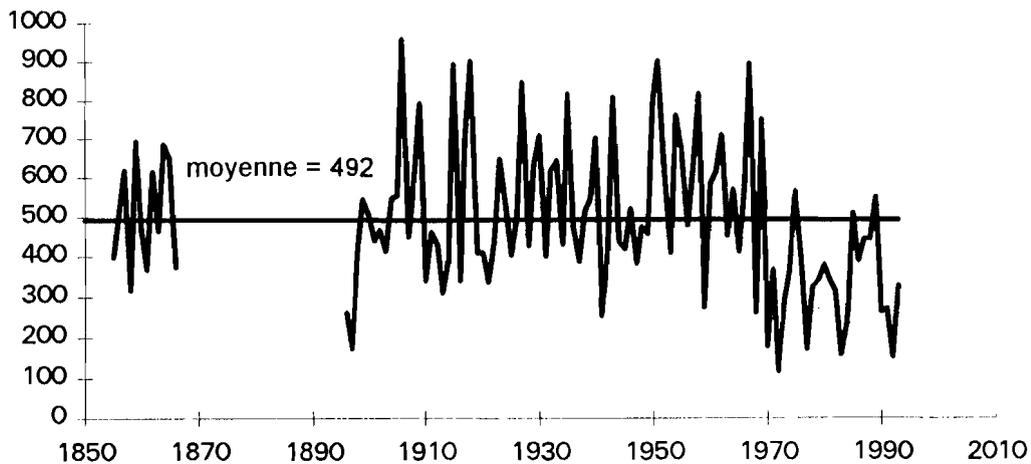
d-1/ la pluie annuelle à Dakar

Une étude statistique des récurrences des pluies annuelles a été réalisée à partir des données de différentes stations homogénéisées de Dakar sur la période 1919-1993. Nous obtenons le tableau suivant avec les différentes récurrences des pluies annuelles. Le graphique qui suit, représente la variation interannuelle sur laquelle apparaît nettement la sécheresse actuelle (cette série a été réalisée avec différents postes de Dakar).

Tableau 9: récurrences des pluies annuelles

Station	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	MOY	E.T	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99
HOPITAL	142.3	166.8	212.4	261.2	329.3	480.0	491.1	183.4	645.4	734.4	808.4	891.8	947.3
BEL AIR	107.3	134.1	182.8	234.3	305.1	458.4	467.4	185.2	623.5	711.2	783.7	865.0	918.8
CAP MANUEL	132.4	156.8	201.9	250.3	318.0	467.6	478.8	182.1	632.0	720.5	794.1	877.0	932.3
GOREE	89.4	113.7	158.7	207.0	274.6	424.1	435.0	183.1	588.4	676.8	750.4	833.3	888.6
OUAKKAM	139.3	161.6	204.0	250.4	316.5	466.5	480.5	185.4	635.6	728.0	805.5	893.4	952.3
YOFF	133.4	157.1	201.8	250.6	320.1	477.3	491.6	194.2	654.0	750.3	831.1	922.6	983.9
THIAROYE	148.3	169.5	210.7	256.9	324.1	480.9	499.0	196.7	662.5	763.5	848.8	946.5	1012.3
HANN	136.9	158.3	199.1	244.2	309.1	458.0	473.2	185.2	627.5	720.8	799.3	888.6	948.6
PIKINE	135.4	162.7	212.1	263.9	335.0	488.0	496.5	183.6	651.9	738.7	810.3	890.4	943.5
RUFISQUE	152.1	177.7	220.9	264.8	327.7	477.2	519.3	215.7	698.1	835.1	979.4	1174.2	1327.5
BAMBILOR	157.5	184.0	232.1	282.4	351.2	499.5	507.4	177.0	657.8	741.6	810.7	888.1	939.2
SEBICER	203.2	223.0	261.1	303.2	364.2	504.6	519.4	175.3	665.4	754.1	828.9	914.2	971.5
SEBISOEUR	166.5	193.2	243.9	299.3	378.4	557.9	574.8	221.5	760.2	870.9	963.6	1068.9	1139.4

Figure 2: Variation interannuelle des pluies à Dakar



d-2/ la pluie annuelle à la station de l'Ecole Normale en 1994

Sur le bassin versant, il est tombé un total de 406 mm (récurrence 3 ans déficitaire). La saison des pluies a connu un démarrage tardif des pluies qui n'ont commencé que le 20 juin (pluie non enregistrée) et un arrêt prématuré car aucune goutte n'est plus tombée sur le bassin depuis le 26 septembre.

2/ Les écoulements

Les installations, que nous avons faites, servaient à évaluer les débits à l'exutoire à chaque pluie. Nous avons ainsi procédé à une campagne systématique de jaugeage à la Station 1 sous le pont de la Corniche, mais aussi en amont, à la station 2 située à l'entrée du canal au pont de la route de Ouakam où une conduite d'eaux usées cassée s'y déverse depuis le 15 août. Ainsi à partir du 22 août l'ensemble du lit du canal est sous les eaux usées. Nous avons remarqué avec le démarrage de la station 2 une très forte infiltration: une troisième station de mesure a été alors créée à 110 mètres en aval de la station 1, à l'entrée du jardin (bananiers, papayers...) exploité à l'embouchure du canal, pour estimer les pertes dues à l'infiltration. Ainsi, aux eaux pluviales se sont ajoutées des eaux usées. La surface du bassin versant adoptée est de 98 hectares.

Nous avons donc défini quatre points de mesure des écoulements. Le système était composé d'une batterie de 2 éléments d'échelle, d'un limnigraphe OTT XX vitesse de déroulement 10mm/h réduction 1/5ème situé à 9m en aval, d'une passerelle de jaugeage. Les coordonnées de la station 1 sont 14°41'38 N et 17°41'38W.

1389900500-1	d= 0m	Station limnigraphique	alt du zéro=7.13mIGN
1389900500-2	d= -649m	Pont de la route de Ouakam	alt repère=15.19mIGN
1389900500-3	d= +109m	Entrée du jardin Aval	alt station=7.02mIGN
1389900500-4		Estimation des pertes à divers endroits	
Borne IGN de référence macaron du pont			alt=17.66mIGN

a/ la station de référence (station 1)

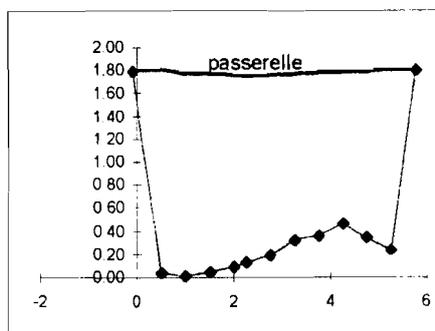
a-1/ les caractéristiques de la station

Différents profils en travers ont été réalisés au droit de la passerelle. La figure et le tableau ci-dessous donnent les verticales utilisées (V1 à V11) pour les mesures de moyennes et hautes eaux, les mesures de basses eaux étant faites au droit du limnigraphe. L'échelle est fixée le long du mur bétonné qui est incliné. L'échelle étant donc inclinée mais composée d'éléments conventionnels, il avait donc été établi lors de l'installation un barème de conversion hauteurs lues à l'échelle / hauteurs réelles par rapport au zéro de l'échelle en mm. En conséquence, toutes les hauteurs sont exprimées en mm par rapport au zéro de l'échelle.

Tableau 10 et figure 3

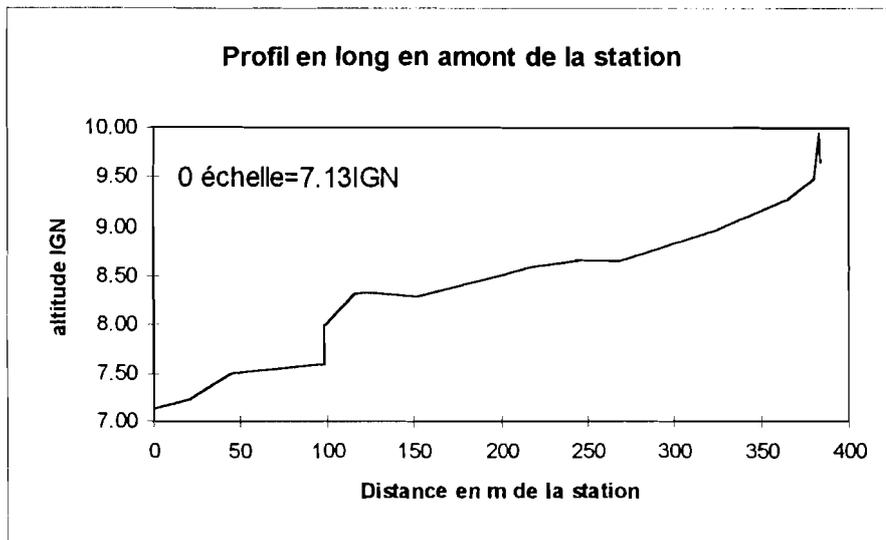
profil en travers du 17/8/94 passerelle

	distance	hauteur/zéro passerelle	passerelle
100 échelle		0.96	
RG	-0.1	1.79	1.79
V1	0.5	0.04	1.80
V2	1	0.01	1.76
V3	1.5	0.04	1.76
V4	2	0.09	1.76
V5	2.25	0.12	1.74
V6	2.75	0.19	1.76
V7	3.25	0.32	1.76
V8	3.75	0.36	1.78
V9	4.25	0.46	1.78
V10	4.75	0.34	1.78
V11	5.25	0.23	1.80
RD	5.79	1.80	1.80
debut écoulement		0.405	



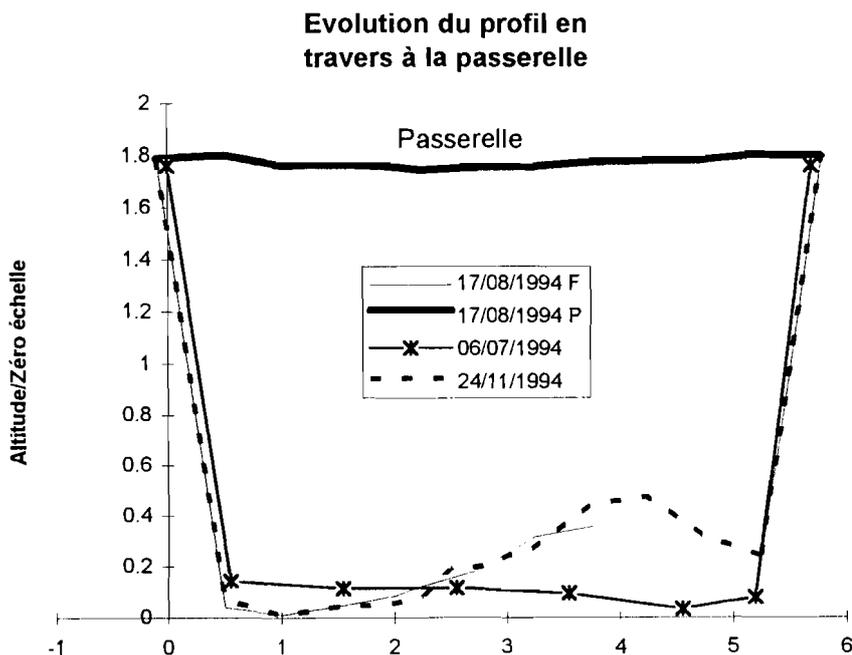
De même, il a été réalisé un profil en long du lit de la rivière, jusqu'à une mare qui s'étend jusqu'au pont de la station 2 qui est situé à 265 mètres en amont. Il est représenté ci-dessous.

Figure 4: Profil en long du canal en amont de la station 1



La figure suivante montre l'évolution des profils en travers au droit de la passerelle. Il s'est avéré que la section mouillée à la passerelle n'est pas complètement active en raison d'un tas d'immondices situé en rive droite en amont. Il est à noter que le fond au droit de la passerelle n'est pas bétonné contrairement aux informations qui nous avaient été données; ceci a été constaté par la très forte infiltration avant l'arrivée des eaux usées (une mare apparaissait entre la hauteur 0 et 405 mm, mais l'eau s'infiltrait en moins de trois heures).

Figure 5: Evolution du profil en travers durant la saison des pluies



a-2/ l'étalonnage de la station

Pendant la campagne 1994, 99 jaugeages ont été effectués à la station 1. Ils s'étalent entre 431mm et 1181mm, les débits d'écoulement oscillant entre 1.99 l/s et 3430 l/s (tableau suivant).

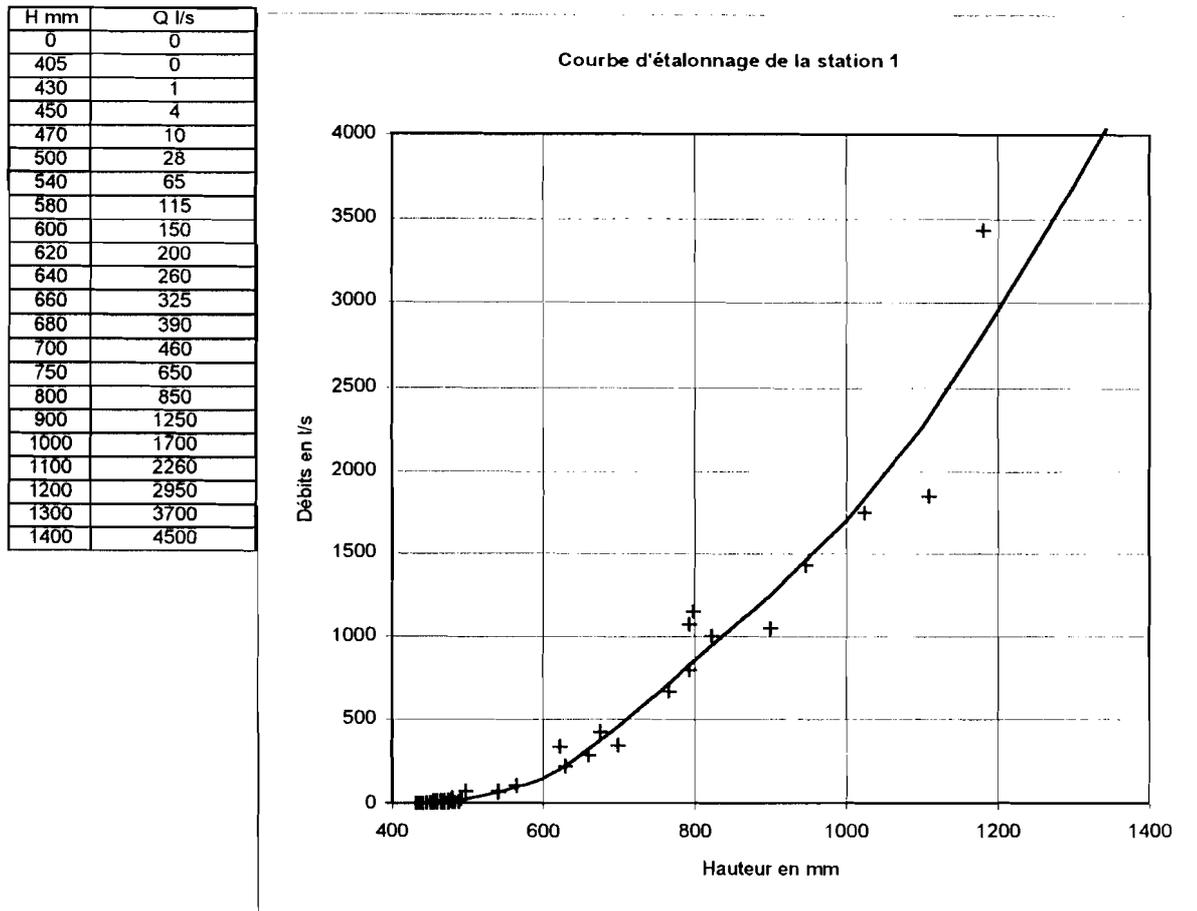
Tableau 11

Station : 1389900500-1 PONT ROUTE CORNICHE OUEST DAKAR
 Rivière : CANAL
 FANN
 Pays : SENEGAL Altit. 7.13M
 Bassin : BASSIN URBAIN Aire 0.98 Km2

DATE	H mm	Q l/s	DATE	H mm	Q l/s
13/08/1994 ... 11H30	1024	1750	14/09/1994 ... 09H30	455	5.17
13/08/1994 ... 13H16	947	1430	14/09/1994 ... 09H46	464	7.34
13/08/1994 ... 14H20	823	1000	14/09/1994 ... 10H18	469	10.3
13/08/1994 ... 14H35	699	348	14/09/1994 ... 12H30	479	15.8
16/08/1994 ... 15H00	488	12.7	14/09/1994 ... 14H23	469	16.2
17/08/1994 ... 11H12	464	4.5	15/09/1994 ... 17H06	474	13.9
17/08/1994 ... 12H30	476	13.7	16/09/1994 ... 07H03	445	3.02
17/08/1994 ... 15H01	474	4.29	17/09/1994 ... 06H54	440	4.07
17/08/1994 ... 16H50	491	24.1	18/09/1994 ... 21H16	488	15.7
17/08/1994 ... 17H45	541	63.4	19/09/1994 ... 09H13	455	3.64
18/08/1994 ... 11H07	469	12.8	20/09/1994 ... 06H56	435	3.11
18/08/1994 ... 18H38	464	11.7	20/09/1994 ... 07H13	440	3.27
19/08/1994 ... 01H12	622	340	20/09/1994 ... 10H28	474	10.5
19/08/1994 ... 08H35	459	6.79	20/09/1994 ... 10H53	474	6.99
19/08/1994 ... 20H30	450	4.08	20/09/1994 ... 12H42	479	15.1
20/08/1994 ... 13H55	459	7.14	20/09/1994 ... 13H01	479	14.7
21/08/1994 ... 18H33	455	6	21/09/1994 ... 09H10	630	224
22/08/1994 ... 15H19	459	9.6	21/09/1994 ... 09H36	660	288
22/08/1994 ... 18H15	479	18.8	21/09/1994 ... 12H02	676	426
22/08/1994 ... 18H25	479	19.5	21/09/1994 ... 12H20	900	1050
23/08/1994 ... 10H32	455	8.32	21/09/1994 ... 12H41	1110	1850
23/08/1994 ... 17H19	469	9.96	21/09/1994 ... 13H06	1181	3430
24/08/1994 ... 18H03	469	7.58	23/09/1994 ... 15H13	469	11.3
24/08/1994 ... 19H15	469	7.06	23/09/1994 ... 15H52	464	17.9
25/08/1994 ... 18H48	469	6.45	24/09/1994 ... 06H53	431	1.99
26/08/1994 ... 08H22	498	74.4	24/09/1994 ... 07H18	431	2.83
26/08/1994 ... 10H39	479	31.7	26/09/1994 ... 07H46	455	6.78
26/08/1994 ... 13H53	794	1070	26/09/1994 ... 10H54	555	58.4
26/08/1994 ... 13H54	799	1150	26/09/1994 ... 11H07	602	171
26/08/1994 ... 14H07	794	795	26/09/1994 ... 11H41	636	384
26/08/1994 ... 14H18	766	668	26/09/1994 ... 11H55	616	243
26/08/1994 ... 16H23	565	110	27/09/1994 ... 20H36	464	17.9
26/08/1994 ... 16H52	541	75.3	28/09/1994 ... 08H35	440	5.41
27/08/1994 ... 10H15	459	11.6	29/09/1994 ... 10H38	469	18.7
28/08/1994 ... 19H22	459	14.1	29/09/1994 ... 10H44	474	21.9
29/08/1994 ... 17H45	459	17.3	30/09/1994 ... 06H48	431	2.67
30/08/1994 ... 09H56	455	17.6	01/10/1994 ... 11H25	474	17.8
31/08/1994 ... 11H27	474	21.5	03/10/1994 ... 08H08	440	2.02
01/09/1994 ... 19H40	479	21.2	04/10/1994 ... 09H08	469	3.03
02/09/1994 ... 15H57	479	20	05/10/1994 ... 11H39	479	9.48
03/09/1994 ... 16H34	474	17.1	06/10/1994 ... 10H42	469	9.01
04/09/1994 ... 19H20	474	11.8	07/10/1994 ... 09H22	459	4.84
05/09/1994 ... 12H45	474	16	08/10/1994 ... 14H38	479	8.42
06/09/1994 ... 20H22	469	9.59	10/10/1994 ... 09H34	459	5.02
07/09/1994 ... 08H58	455	5.58	11/10/1994 ... 08H25	440	3.74
08/09/1994 ... 07H25	450	2.19	12/10/1994 ... 17H45	488	7.37
09/09/1994 ... 08H38	450	3.72	13/10/1994 ... 18H12	483	7.09
10/09/1994 ... 07H12	455	4.49	14/10/1994 ... 10H27	469	5.11
10/09/1994 ... 09H55	450	6.63	15/10/1994 ... 09H25	459	4.07
12/09/1994 ... 08H05	445	6.09	25/11/1994 ... 09H18	526	18.2
13/09/1994 ... 07H05	445	4.86			

A partir de ces jaugeages, nous avons établi une courbe d'étalonnage de la station. Cet étalonnage varie de 0 à 1400 mm, il est donné ainsi que sa représentation graphique ci-dessous. A partir de cet étalonnage et des hauteurs limnimétriques obtenues sur l'enregistrement limnigraphique, nous avons pu obtenir les débits instantanés et journaliers à la station.

Figure 6: Courbe d'étalonnage de la station de référence



a-3/ le bilan global de l'écoulement à la station 1

Le tableau ci-dessous donne le bilan global de l'écoulement observé à la station de référence. La distinction dans les crues est faite entre l'écoulement et le ruissellement, elle montre que les eaux usées passées hors des crues à la station 1 représentent la moitié de l'écoulement global (49700 m³ sur 109200 m³). Il est cependant assez difficile pendant les crues de différencier l'écoulement propre au bassin et l'apport dû à la fuite de la canalisation à côté de la station 2. Nous n'avons observé qu'une seule crue provenant uniquement du ruissellement pluvial. Dans les sous chapitres suivants, nous commenterons les observations faites sur les eaux usées et le ruissellement pluvial. Nous donnons également le tableau des débits moyens journaliers observés à cette station, où sont regroupés les principales informations sur l'écoulement.

b/ les débits d'eaux usées

Ce n'est que tardivement que nous avons pu collecter ces données. Le 17 août lorsque le tuyau s'était cassé, nous avons décidé d'en informer la SONEES pour procéder aux réparations mais comme les eaux ne "**généraient**" pas les populations, nous avons senti que cela ne se ferait pas rapidement. Nous avons alors convenu de procéder aux mesures systématiques des débits (une à plusieurs fois par jour et à des heures différentes) en amont et en aval dans la perspective d'une simulation pour une étude de l'infiltration et de l'évaporation sur le tronçon creux du canal. Ces données nous permettent aussi de séparer dans les hydrogrammes de ruissellement la part des eaux usées de celles des pluies. Les mesures de débits ont été effectuées aux stations 1 et 2. La station 2 est la station située juste en aval de la fuite de la canalisation d'eaux usées. Après la collecte de données, nous avons procédé à quelques études: variation horaire, variation journalière, etc.

b-1/ les débits mesurés à la station 2

75 jaugeages ont été effectués à la station 2, ils varient de 3.2 l/s à 99.7 l/s. A partir de ces mesures de débits, nous avons pu apprécier les fuites de la conduite de 300 mm qui s'est fracturée le 15/8/94. Nous avons observé que ces débits n'étaient pas constants. Ils varient selon l'heure de la journée, le jour de la semaine et en cas de pluie. Nous ne connaissons pas l'origine de cette canalisation enterrée, car elle n'est pas représentée sur les documents mis à notre disposition par la SONEES.

Tableau 14

Station : 1389900500-2 PONT OUAKAM

CANAL FANN

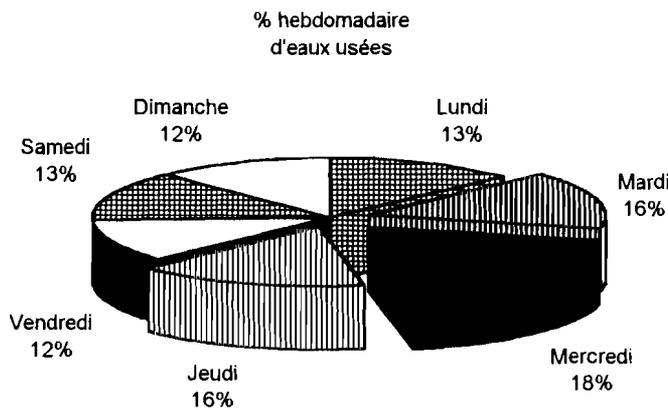
Pays : SENEGAL Altit. 11M

DATE	Q l/s		DATE	Q l/s
17/08/1994 ... 13H05	33.4		14/09/1994 ... 10H49	36
17/08/1994 ... 15H24	90		14/09/1994 ... 11H53	36.1
17/08/1994 ... 17H14	30.7		14/09/1994 ... 12H10	35.3
17/08/1994 ... 17H15	99.7		14/09/1994 ... 14H01	35
18/08/1994 ... 10H55	29.5		15/09/1994 ... 16H39	28.1
18/08/1994 ... 18H12	18.3		16/09/1994 ... 07H27	24.9
19/08/1994 ... 09H15	17.7		17/09/1994 ... 07H17	14.5
20/08/1994 ... 13H17	14.3		18/09/1994 ... 20H50	19.2
21/08/1994 ... 18H48	14.2		18/09/1994 ... 21H38	19.7
22/08/1994 ... 15H32	13.8		19/09/1994 ... 09H31	27.1
22/08/1994 ... 18H53	62.1		20/09/1994 ... 07H34	23.8
23/08/1994 ... 10H50	30.7		20/09/1994 ... 07H50	19.7
23/08/1994 ... 17H39	18.9		20/09/1994 ... 10H26	31.3
24/08/1994 ... 18H52	16.6		20/09/1994 ... 11H52	32.1
25/08/1994 ... 18H17	14.6		20/09/1994 ... 12H10	24.8
26/08/1994 ... 10H20	58		20/09/1994 ... 13H25	43.1
26/08/1994 ... 17H28	72.1		23/09/1994 ... 14H35	15.4
27/08/1994 ... 10H45	25.5		23/09/1994 ... 16H05	15.2
28/08/1994 ... 19H45	21.3		24/09/1994 ... 07H42	10.7
29/08/1994 ... 18H09	17.7		26/09/1994 ... 07H38	16.7
30/08/1994 ... 09H25	32.9		27/09/1994 ... 20H53	9.2
31/08/1994 ... 10H50	30.9		28/09/1994 ... 08H20	16
01/09/1994 ... 19H15	29.9		29/09/1994 ... 11H01	22.5
02/09/1994 ... 15H44	24.2		30/09/1994 ... 06H36	8.07
03/09/1994 ... 16H15	28.4		01/10/1994 ... 11H05	29.5
04/09/1994 ... 19H10	15.9		03/10/1994 ... 07H45	18.5
05/09/1994 ... 12H20	21.7		04/10/1994 ... 08H48	17.6
06/09/1994 ... 20H40	5.66		05/10/1994 ... 11H27	12.6
07/09/1994 ... 08H39	29.3		06/10/1994 ... 10H25	20.8
08/09/1994 ... 06H57	29.6		07/10/1994 ... 09H04	16.6
09/09/1994 ... 08H18	21.8		08/10/1994 ... 15H08	14.6
10/09/1994 ... 06H51	19.5		10/10/1994 ... 09H53	17.2
10/09/1994 ... 09H30	3.9		11/10/1994 ... 08H10	19.8
10/09/1994 ... 09H37	3.22		12/10/1994 ... 17H28	11
10/09/1994 ... 10H33	73.4		13/10/1994 ... 17H57	9.55
12/09/1994 ... 07H45	19.3		14/10/1994 ... 10H11	12.9
13/09/1994 ... 06H46	15.2		15/10/1994 ... 09H08	18.9
14/09/1994 ... 08H54	22.8		25/11/1994 ... 09H35	24.4
14/09/1994 ... 09H15	33.8			

b-2/ les variations journalières du débit

La figure ci-dessous montre les pourcentages des volumes moyens journaliers calculés à partir des valeurs mesurées aux mêmes jours à la station 2, station la plus représentative des eaux usées. L'observation des données montrent une disproportion faible dans l'utilisation de l'eau selon les jours de la semaine. Le mercredi est caractérisé par une pointe qui traduit la vacance des classes et les grandes lessives ainsi que les compétitions scolaires de l'après-midi suivies de bain. Le week-end (vendredi midi à lundi midi) se symbolise par l'absence des usagers partis vers les domaines de repos (résidence secondaire ou habitation principale pour ceux qui louent un studio pour la semaine). Certains arrêtent le travail le vendredi midi, d'autres le samedi midi mais c'est le jour des courses ménagères, d'autres sociétés ne démarrent leurs activités que le mardi.

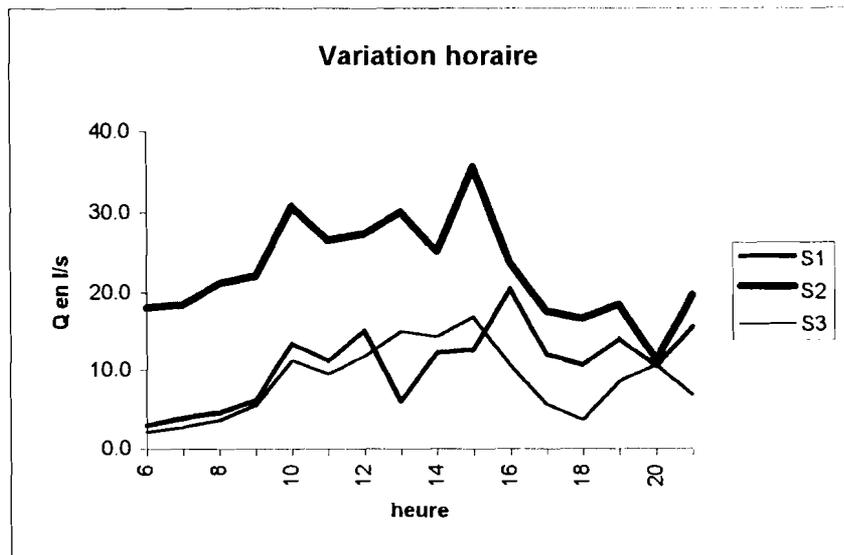
Figure 7: Pourcentages des volumes moyens journaliers



b-3/ les variations horaires du débit

Tableau 15 et figure 8: Variation du débit selon les heures de la journée

Heure	S3	S1	S2
6	2.1	3.0	18.1
7	2.7	3.9	18.5
8	3.6	4.6	21.2
9	5.5	6.2	22.2
10	11.2	13.5	30.8
11	9.6	11.2	26.6
12	11.8	15.2	27.4
13	15.1	6.1	30.0
14	14.4	12.3	25.2
15	16.9	12.7	35.7
16	10.7	20.5	23.8
17	5.7	12.1	17.6
18	3.8	10.7	16.8
19	8.6	14.1	18.5
20	10.7	10.5	11.4
21	6.9	15.7	19.7

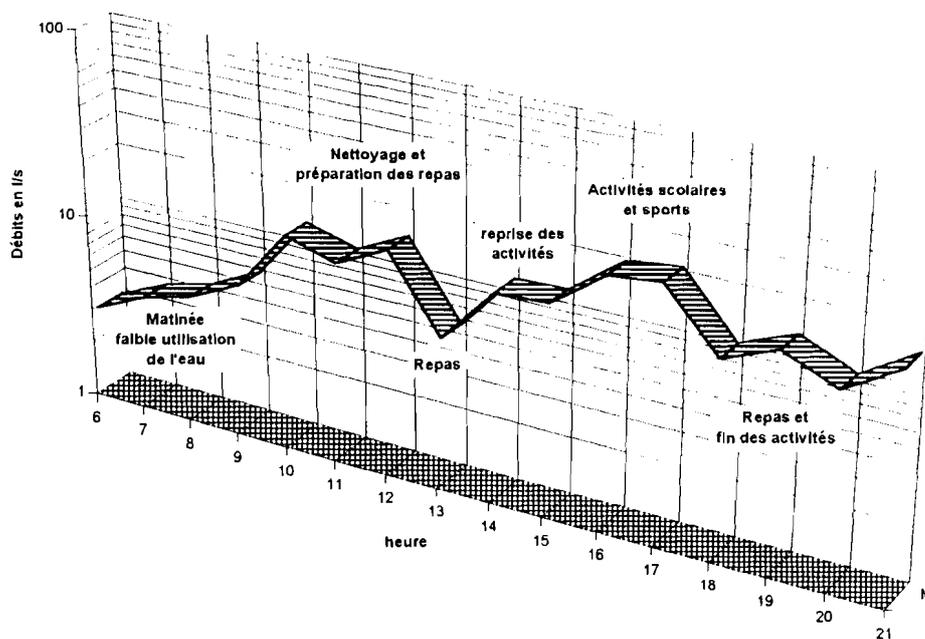


Le tableau et le graphique ci-dessus montrent la variation du débit selon les heures de la journée. Les quantités d'eau sortant du collecteur cassé à la station 2 où les eaux rentrent dans le canal, sont plus faibles au niveau des autres stations du fait de l'évaporation et surtout de l'infiltration. Le canal avait été creusé à la dynamite, ce qui a du créé énormément de brèches favorables à l'infiltration. La présence de végétation arborée sur le lit et les flancs indiquent la présence de fissures et accroît l'infiltration. Les autres stations enregistrent des pointes et des débits plus faibles avec un décalage dans le temps.

Pour caractériser plus précisément l'évolution horaire des débits, nous proposons le graphique commenté, dessiné avec les valeurs de la seule station 2. L'utilisation des eaux dans les maisons n'est pas uniformément répartie dans le temps, durant la journée.

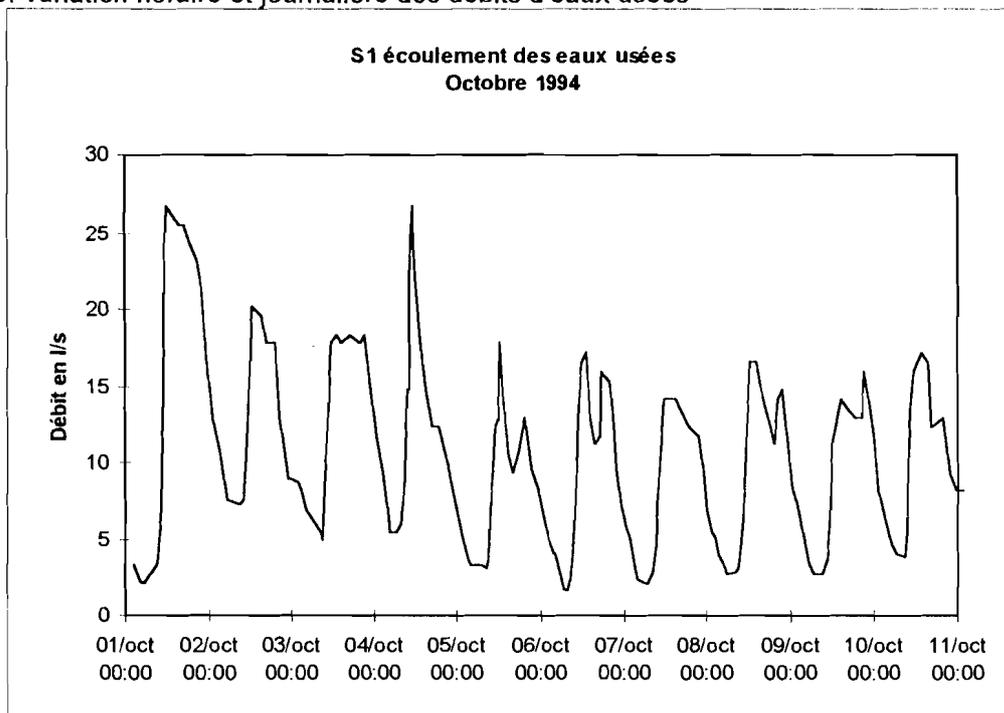
Figure 9

Variation horaire des débits à la station 2



Les enregistrements continus, par un limnigraphe, permettraient une étude plus fine des débits d'eaux usées. Les enregistrements, que nous possédons sont ceux de la station 1: malgré l'amortissement et de possibles apports intermédiaires (par exemple vidange de piscine...), la figure ci-dessous permet de voir les variations horaires et journalières. On remarquera cependant que les minima journaliers se situent toujours entre 0 et 6 heures du matin et les maxima vers 17 heures.

Figure 10: variation horaire et journalière des débits d'eaux usées



c/ les débits d'eaux pluviales

L'installation de la station hydrologique avait pour objectif de faire une campagne de mesure des débits d'eaux pluviales. Les mesures de hautes et moyennes eaux ont été faites essentiellement à la station 1 sur la passerelle de jaugeage tandis que celles des basses eaux se font, pour la station 1, à la hauteur du limnigraphe. Des mesures de débits regroupées dans le capteur 4, concernent toutes les mesures faites sur les routes pour évaluer les pertes du bassin versant. Des jaugeages ont été également effectués juste à l'entrée du jardin qui se situe à l'exutoire du bassin capteur 3. Nous donnons ci-dessous la liste de jaugeage pour le capteur 3.

Tableau 16 Station : 1389900500-3 JARDIN ROUTE CORNICHE OUEST DAKAR

Rivière : CANAL
 FANN
 Pays : SENEGAL Altit. 6M
 Bassin : BASSIN URBAIN Aire 0,98 Km2

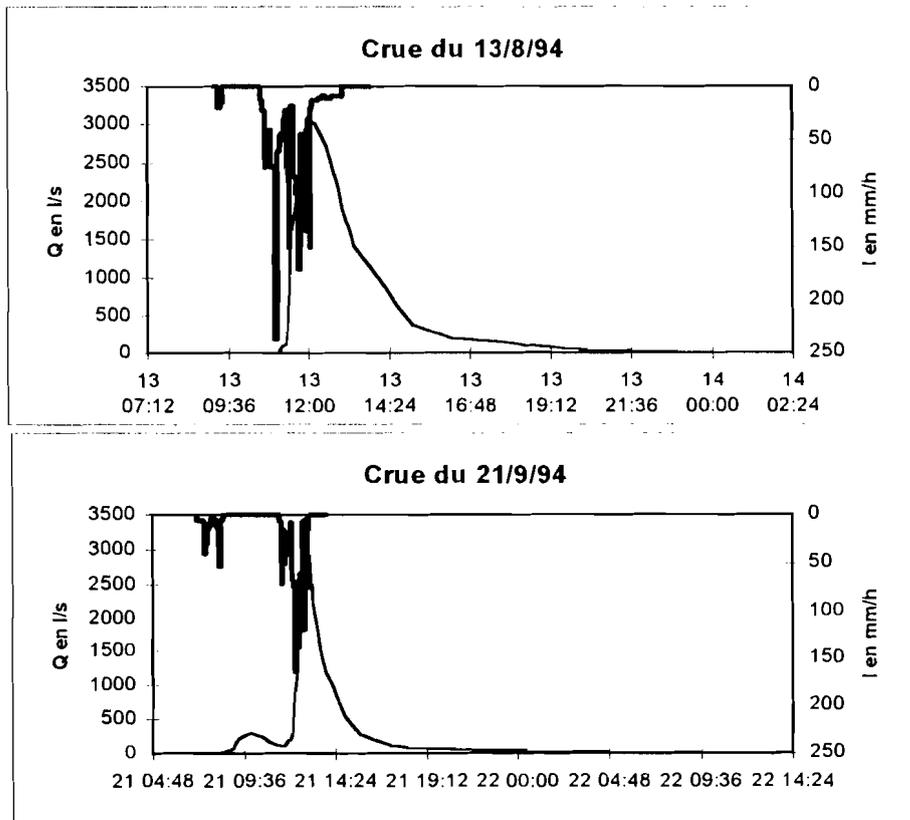
DATE	Q l/s		DATE	Q l/s
17/08/1994 ... 15H15	0		14/09/1994 ... 13H01	18.2
18/08/1994 ... 11H09	0		14/09/1994 ... 14H32	15
19/08/1994 ... 16H06	0		15/09/1994 ... 16H56	13.2
22/08/1994 ... 15H56	0.03		16/09/1994 ... 06H57	1.47
22/08/1994 ... 18H36	4.83		17/09/1994 ... 06H47	3.83
22/08/1994 ... 18H40	5.49		18/09/1994 ... 21H03	6.88
23/08/1994 ... 08H26	0		19/09/1994 ... 08H54	3.01
23/08/1994 ... 17H25	3.24		20/09/1994 ... 06H49	1.49
23/08/1994 ... 17H26	1.87		20/09/1994 ... 07H20	0.8
24/08/1994 ... 18H08	0.16		20/09/1994 ... 10H48	8.5
24/08/1994 ... 19H30	0.35		20/09/1994 ... 11H35	9.01
25/08/1994 ... 18H40	2.13		20/09/1994 ... 12H31	10.2
26/08/1994 ... 10H50	19.7		20/09/1994 ... 13H09	11.9
26/08/1994 ... 17H12	70.4		21/09/1994 ... 10H15	177
27/08/1994 ... 10H30	10.1		23/09/1994 ... 14H50	15.5
28/08/1994 ... 19H12	4.6		23/09/1994 ... 15H40	16.9
29/08/1994 ... 17H58	12.1		24/09/1994 ... 06H45	1.65
30/08/1994 ... 09H45	4.46		24/09/1994 ... 07H11	1.35
31/08/1994 ... 11H15	13.4		26/09/1994 ... 08H01	11.1
01/09/1994 ... 19H47	12.5		26/09/1994 ... 12H42	199
02/09/1994 ... 16H12	10.3		27/09/1994 ... 20H24	12.9
03/09/1994 ... 16H44	8.91		28/09/1994 ... 08H50	3.03
04/09/1994 ... 19H34	8.12		29/09/1994 ... 10H22	14.2
05/09/1994 ... 12H56	10.1		29/09/1994 ... 10H30	15.2
06/09/1994 ... 20H12	8.4		30/09/1994 ... 07H09	2.68
07/09/1994 ... 09H09	5.25		01/10/1994 ... 11H46	16.2
07/09/1994 ... 09H11	3.33		03/10/1994 ... 08H30	2.45
08/09/1994 ... 07H34	0.9		04/10/1994 ... 09H25	13.2
09/09/1994 ... 08H58	2.86		05/10/1994 ... 12H00	10
10/09/1994 ... 07H26	4.87		06/10/1994 ... 10H55	8.87
10/09/1994 ... 07H40	3.02		07/10/1994 ... 09H38	4.28
10/09/1994 ... 10H04	16.6		08/10/1994 ... 14H18	12.6
12/09/1994 ... 08H23	4.02		10/10/1994 ... 09H26	1.78
13/09/1994 ... 07H20	4.07		11/10/1994 ... 08H30	2.86
13/09/1994 ... 07H26	4.07		11/10/1994 ... 08H34	1.17
14/09/1994 ... 09H40	5.12		12/10/1994 ... 17H58	5.52
14/09/1994 ... 09H58	7.02		13/10/1994 ... 18H30	6.16
14/09/1994 ... 10H31	11.4		14/10/1994 ... 10H44	4.92
14/09/1994 ... 12H56	17.1		15/10/1994 ... 09H37	5.44

c-1/ les principales crues

Pour la crue du 13 août issue de la forte averse de 121.7 mm, nous avons présenté un document intitulé "Observations sur la crue du 13 août" dans lequel nous avons étudié la pluie et les débits. Cette crue est la seule qui soit uniquement due au ruissellement, toutes les autres comportent en plus un écoulement d'eaux usées.

En dépouillant les limnigrammes enregistrés par le limnigraphe, nous avons établi grâce au logiciel HYDROM, les hydrogrammes des crues. Ceux se rapportant aux deux principales sont donnés ci-dessous. De ces crues, nous avons essayé de définir une crue décennale sur notre bassin. La première crue (13/8) est unitaire ainsi que la forme de l'averse; la petite averse (2.1 mm) qui est tombée 13 heures plus tard n'a donné lieu à aucun écoulement, l'infiltration étant très forte. Son temps de concentration (temps écoulé entre la pointe maximale de l'averse et celle du débit) a été de 1 heure, l'intensité maximale a été de 237 mm/h en 4 minutes. La seconde a deux pointes qui correspondent aux deux corps d'averses séparés de 4 heures, mais l'infiltration est faible car le canal est presque saturé par les eaux usées. Le temps de concentration a été beaucoup plus faible que celui de la crue précédente: ½ heure, bien que l'intensité maximale soit plus faible (164 mm/h). Nous remarquerons que la pluie du 10 août (37.0 mm) n'avait donné lieu à aucun écoulement à la station 1, bien qu'un écoulement ait eu lieu à la station 2. Cet écoulement s'est infiltré entre les deux et a rempli la grande mare située juste en aval de la station 2, comme nous l'avons constaté le 12 août lorsque nous faisons le profil en long du lit.

Figure 11: Hydrogrammes des 2 principales crues



c-2 / définition de la crue décennale

A partir des crues du 13 août et 21 septembre, nous pouvons tenter de définir une crue décennale due au ruissellement pluvial sans et avec débit de base dû aux eaux usées sur un bassin versant de 1 km². La pluie de récurrence décennale utilisée est une moyenne des valeurs observées aux différents postes de Dakar. La crue du 13/8 ayant été engendrée par une pluie de 119.6mm, nous

l'avons considérée comme décennale. La crue décennale sur un bassin de 1km² présente les caractéristiques suivantes:

Paramètres	Sans	Avec eaux usées
Pluie décennale	120 mm	120mm
Débit maximum	4 m ³ /s	4.2 m ³ /s
Temps de montée	3 heures	3 heures
Temps de base	24 heures	36 heures
Volume	30000 m ³	36000 m ³
Lame	30 mm	36 mm
coefficient d'écoulement	25%	33%

Les eaux usées augmentent le débit de pointe et allongent le temps de base, comme nous avons pu le constater lors de la crue du 21/9/94.

d / estimation des pertes dans le canal

L'observation des débits entrant à la station 2 et ceux sortant aux stations 1 et 3, nous permettent d'estimer les pertes globalement, ensuite nous estimons l'infiltration en considérant que l'évaporation moyenne (E) a été de 5mm par jour sur la même période à Yoff. Le lit ayant une largeur moyenne de 6 mètres, on peut donc estimer l'évaporation entre 2 stations sachant qu'elle n'est pas l'évapo-transpiration réelle (ETP).

N°station	Distance	Surface	Evaporation
2	0	0	0
1	649m	3894m ²	19.47m ³ /j
3	758m	4548m ²	22.74m ³ /j
1à3	109m	654m ²	3.27m ³ /j

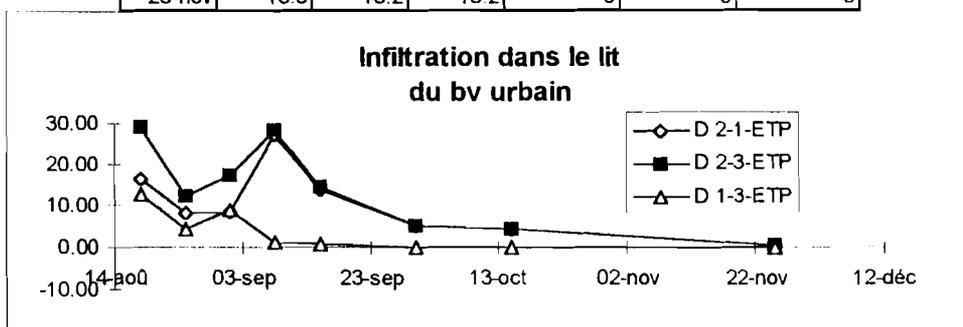
Nous obtenons le tableau suivant où nous voyons nettement la diminution de l'infiltration en cours de saison. Nous utilisons une estimation que nous avons rapporté à un débit instantané le jour de l'observation. En cours de saison des pluies les variations sont un peu perturbées, mais ensuite la décroissance de l'infiltration est très nette. La figure suivante montre aussi cette évolution.

La formule utilisée est :

$$Q_{d2-1-ETP} = Q_2 - Q_1 - (E_{(1\text{à}2)} / 24 / 3.6) \text{ où } (E_{(1\text{à}2)} / 24 / 3.6) \text{ est l'évaporation en l/s entre 2 et 1.}$$

Tableau 17 et figure 12 : débit d'infiltration dans le lit entre S2, S1 et S3

Date	Valeurs en l/s					
	station 2	station 1	station 3	D 2-1-ETP	D 2-3-ETP	D 1-3-ETP
18-aoû	29.5	12.8	0	16	29	13
25-aoû	14.6	6.45	2.13	8	12	4
01-sep	29.9	21.2	12.5	8	17	9
08-sep	29.6	2.19	0.9	27	28	1
15-sep	28.1	13.9	13.2	14	15	1
30-sep	8.07	2.67	2.67	5	5	0
15-oct	9.55	5.11	4.92	4	4	0
25-nov	18.9	18.2	18.2	0	0	0



IV/ LA QUALITE DES EAUX

Les eaux pluviales sont sources d'inondation et causes de pollution chimique des milieux récepteurs en remobilisant des éléments pollueurs par «rinçage» des sols durant la pluie: hydrocarbures, pesticides, matières organiques... sont transportés vers les nappes souterraines, les cours d'eau et le milieu marin. L'étude que nous menons sur la caractérisation de la qualité des eaux rejetées se fonde sur les hypothèses suivantes:

- *- les eaux usées versées directement dans la nature sont des eaux chargées (matières dissoutes, matières en suspension, autres déchets solides). Leur évacuation est parfois ralentie; il s'ensuit une sédimentation importante d'éléments pollueurs qui détruisent les sols: c'est par exemple le cas de l'exutoire du canal du Front de Terre.

- *- les eaux stagnantes favorisent par le lessivage des sols et la dilution d'éléments pollueurs la contamination des eaux souterraines.

- *- les eaux de pluie favorisent une remobilisation des éléments toxiques rejetés dans l'environnement (gaz d'échappement des véhicules, huile moteur des garages sur la voie publique...).

Les paramètres de mesure de la pollution sont de trois types⁽³⁾: physiques, chimiques et biologiques. Ces paramètres caractérisent tout aussi bien les eaux naturelles que les eaux résiduelles. Les paramètres physico-chimiques de mesure informent sur la qualité d'une eau et la nature des polluants à l'instant donné du prélèvement. Or la qualité d'une eau fluctue en fonction du temps, des saisons, des débits, des charges polluantes et de leurs origines. La seule mesure de ces paramètres donne une appréciation incomplète de l'état qualitatif d'une eau.

- les paramètres physiques

Les eaux usées domestiques présentent généralement une température variant entre 20°C et 40°C tandis que leur pH se situe entre 6.5 et 8. «La conductivité, c'est à dire la facilité avec laquelle l'eau conduit un courant électrique, augmente avec la quantité de sels dissous et est fonction de la température». Elle s'exprime en micro-siemens/cm ($\mu S/cm$). Les matières en suspension (MES) sont exprimées en mg/l de matière sèche insoluble. Leur détermination est essentielle pour évaluer la répartition entre la pollution dissoute et la pollution sédimentable dont le devenir est différent.

- les paramètres chimiques organiques

La DCO et la DBO sont des paramètres d'évaluation de la pollution organique. La DCO, demande chimique en oxygène, exprime la quantité d'oxygène dissous nécessaire pour oxyder par **voie chimique**, sans intervention d'êtres vivants, toutes les substances oxydables (sels minéraux oxydables, composés organiques biodégradables...). La DBO, plus précisément la DBO5, exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par **voie biologique** (c'est à dire les bactéries normalement présentes dans les eaux) les matières organiques de l'eau. Elle mesure la consommation d'oxygène par les bactéries d'une masse d'eau conservée dans l'obscurité en tube Emeri fermé, à 20°C, pendant 5 jours.

- les paramètres chimiques minéraux

L'azote et le phosphore sont des éléments indicateurs de pollution d'eau. L'azote (N) est un élément présent sous plusieurs formes dérivées comme l'ammonium (NH_4^+), les nitrites (NO_2^-), les nitrates (NO_3^-). Ainsi plusieurs techniques d'analyses ont été mises au point pour étudier les réactions chimiques et biologiques responsables du passage de l'azote entre ces différentes formes. Le phosphore présent dans les eaux naturelles ou dans les eaux usées, apparaît sous forme de phosphates.

³ cf RADOUX M.(1994): Qualité et traitement des eaux. Institut des Sciences de l'Environnement Faculté des Sciences UCAD Dakar. Fondation Universitaire Luxembourboise. Arlon Belgique.

- les paramètres biologiques

L'eau est à la fois un réservoir de germes infectieux et un vecteur de transmission de ces germes dont la recherche systématique n'est pas réalisable. Ainsi on s'attache à déterminer des micro-organismes "indicateurs de contamination fécale". Ce sont essentiellement les coliformes et les streptocoques. On distingue les coliformes totaux, bactéries non liées à la flore intestinale humaine ou animale et les coliformes fécaux indicateurs de pollution. La présence des streptocoques est un bon indicateur de la contamination fécale des eaux et du risque sanitaire encouru. La mesure de ces éléments est exprimée par leur nombre présent dans 100 ml d'eau. Les virus représentent le second élément de la pollution biologique. Un virus est décelé s'il est mis en contact avec une cellule capable de l'accueillir et de le multiplier.

L'étude de la qualité de l'eau s'effectue pour notre étude à deux niveaux; une étude concernant l'ensemble de la région de Dakar, s'étalera de juin 1994 à décembre 1995, avec un prélèvement d'échantillons dans des puits, des canaux à ciel ouvert, des mares et à l'exutoire de collecteurs. Le second niveau concerne le bassin versant de Mermoz-Bourguiba-Fann, où nous prélevons des échantillons en fonction de la variation de la hauteur d'eau à l'échelle limnimétrique. Les éléments étudiés sont les paramètres physiques et chimiques minéraux.

1/- Les eaux dans la région

Nous indiquons d'abord les sites de prélèvement d'échantillons avant de présenter les résultats que nous avons pour le moment.

a/ les sites de prélèvement

L'échantillonnage a eu lieu aux sites définis dans la carte 4, le 15 juin et le 15 août. Le prochain aura lieu le 15 décembre 1994. Nous avons retenu ce calendrier pour caractériser la situation des eaux en période sèche et chaude, puis en période humide et chaude et enfin en période sèche et froide. Ce calendrier sera reconduit pour l'année 1995 afin de pouvoir déceler une éventuelle évolution de la qualité des eaux selon la saison mais aussi au cours de deux années consécutives.

b/ les résultats

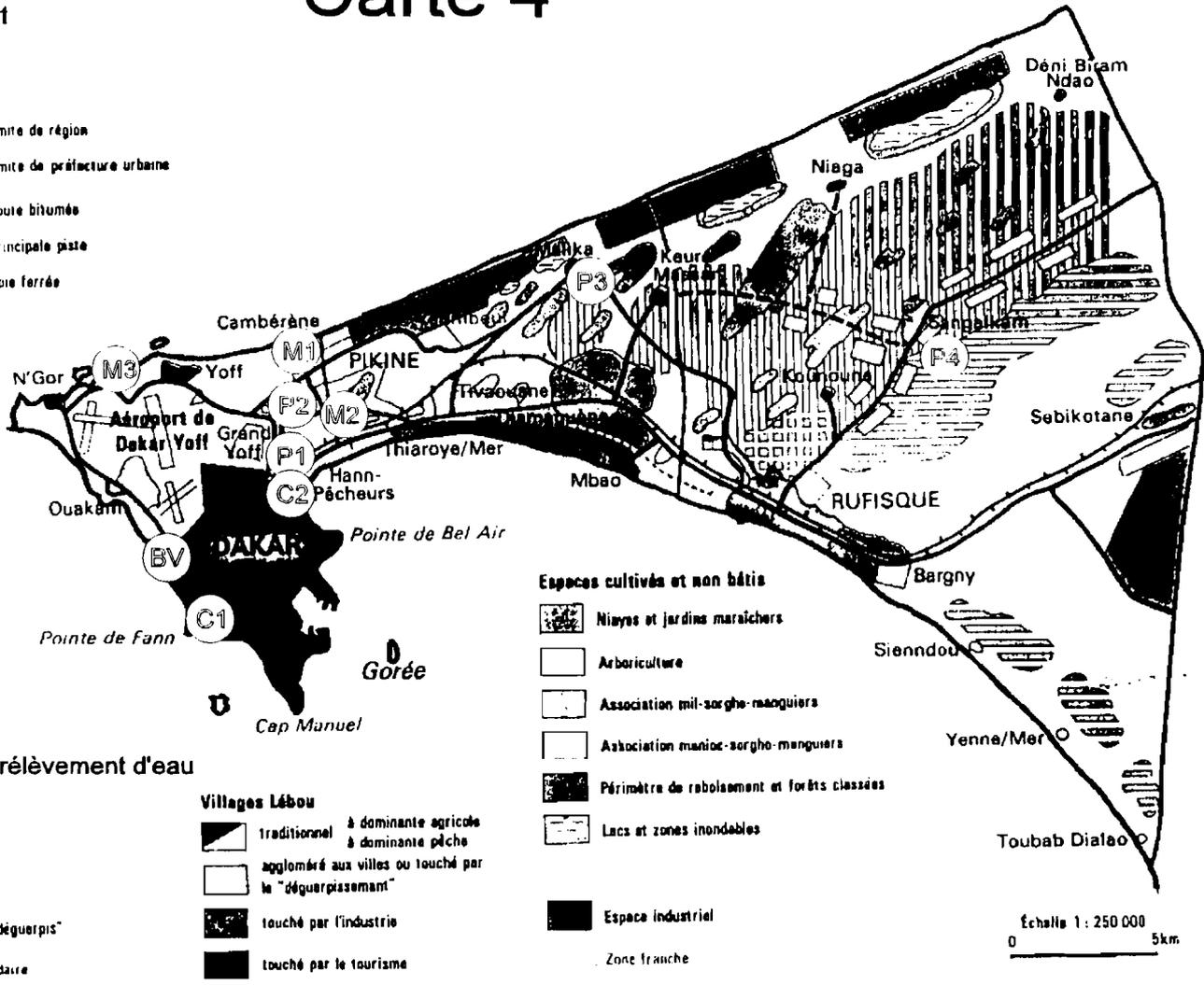
Nos échantillons ont été analysés au Laboratoire de chimie du centre ORSTOM de Hann. Les résultats sont répertoriés dans le tableau suivant. Ils ne couvrent pas encore la période dont nous voulons caractériser les eaux, mais on observe d'ores et déjà une évolution entre juin et août. Celle-ci traduit l'influence certaine de la pluie sur les éléments contenus dans les eaux.

A propos des éléments ciblés dans l'analyse chimique, des paramètres essentiels dans la caractérisation de la qualité de l'eau n'ont pas été déterminés au Laboratoire de chimie pour des raisons de matériel non disponible. Nous nous sommes adressé au laboratoire de la SONEES pour la DCO et la DBO5⁴) mais le coût de la prestation (24000 fcfa par couple et par échantillon) est très au dessus de nos moyens car nous aurons 60 échantillons pour les deux années du suivi (10 par prélèvements). Nous souhaitons que le Laboratoire de l'ORSTOM s'équipe pour ce type d'analyses.

⁴ DCO: Demande Chimique en Oxygène. DBO5: Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours.

Carte 4

- Limite de région
- Limite de préfecture urbaine
- Route bitumée
- - - Principale piste
- Voie ferrée



Eaux de surfaces		Eaux souterraines	
C1	Canal de Soumbédioune	P1	Puits voie ferrée Hann
C2	Canal de Hann	P2	Puits horticulture
M1	Exutoire de cambérène	P3	Puits décharge Mbeubeus
M2	Mare SIPS	P4	Puits verger Sangalkan
M3	Exutoire Aéroport-Virage		
		BV	Bassin Versant Mermoz

Tableau 18: Eléments chimiques d'eau dans la région de Dakar

	Réf.	pH	EC	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3	NO2	PO4	MES	Ca	Mg	Na	K	Σ	Σ
			ms 20°C	még/l	még/l	még/l	még/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	még/l	még/l	még/l	még/l	anion	cation
juin	C1	7.42	1.72	6.2	0.78	5.2	0.37			24	191						
août		7.32	1.56	5.2	0.98	1.3	0.94				315	3.9	1.7	5.2	0.81	8.4	11.6
juin	C2	7.74	1.84	9.5	1.9	8	0.62			13	460						
août		7.16	2	13	2.1	2.8	0.33				195	5.4	3	9.5	0.75	18.2	18.7
juin	P1	6.6	2.2	11	4.1	1.8	0	423	0.49	4	85						
août		6.46	2.43	12	4.5	2	0	477	0.68	9.7	75		3.7	10	1.7	26.2	25.1
juin	P2	4.49	0.744	5	1.3	0.09	0	164	0	0.04	96						
août		6.7	0.905	6	2.3	0.79	0	14	0.02		307	2	1.5	5.1	0.22	9.3	8.8
juin	P3	7	0.634	1.7	0.34	4.3	0	6.5	7.2	5	765						
août		5.03	0.682	3.3	1	0.1	0	148	0.04		7	1.5	1.2	2.9	0.68	6.8	6.3
juin	P4	8.09	0.599	1.9	2	2.6	0	0.49	0.02	0.14	48						
août		6.93	0.652	2.5	1.8	2.5	0	14	0.23		62	2.9	1.2	2.6	0.14	7	6.8
juin	M1	7.23	2.35	7.2	1.3	16	1.1			51	1663						
août		7.19	1.07	4.1	0.87	1.4	0.42				90	3.7	1.4	4.9	0.78	6.8	10.8
juin	M2	7.4	36.1	414	34	32	2.2			19	3737						
août		7.57	9.47	92	18	5.9	1				402	16	27	75	2	116.9	120
juin	M3	6.96	0.604	4.1	2	0.78	0			0.43	58						
août		7.78	0.682	1.9	0.52	5.1	0				34	3.2	1.1	1.9	0.27	7.5	6.5
juin	BV	7.05	1.05	2.8	1.6	6.3	0.98			24	246						
août	BV1	7.6	0.242	0.65	0.35	1.3	0				908	1.3	0.33	0.58	0.21	2.3	2.4
août	BV2	7.38	1.01	3.1	0.39	7.5	0				107	3.2	1.6	3.4	0.45	11	8.7

Les résultats que nous obtiendrons avec les prélèvements de décembre viendront compléter ce tableau qui pourra alors donner une situation pour l'année 1994. La norme européenne impose aux stations d'épuration de ne pas rejeter de l'eau contenant plus de 35mg/l de MES. Nous remarquerons que Cambérène (M1) évacuait 1663 mg/l en juin et 90 en août, ce qui est très fort. Par contre les eaux rejetées directement dans la mer varient entre 107 et 908 mg/l, sauf ce qui provient de l'aéroport qui peut s'expliquer par la faible population déversant des déchets dans ce collecteur.

2/ La qualité des eaux de crue

a/ l'échantillonnage

Les prélèvements de 6 échantillons par crue que nous avons prévus n'ont pas été réalisés en partie à cause de l'insuffisance des crues ayant occasionné un écoulement à la station de référence. Durant la crue du 13 août, nous étions occupés à cerner les dimensions réelles du bassin versant. Nous n'avons pu prendre qu'un seul échantillon. Avec la seconde grosse crue, nous n'avons pu mobiliser une équipe pour le jaugeage et l'échantillonnage. Ce n'est qu'avec la pluie du 26 septembre qu'une série complète a été prélevée durant la montée et la baisse des eaux. Rappelons encore qu'à cette période, les eaux usées avaient envahi le canal.

b/ les résultats

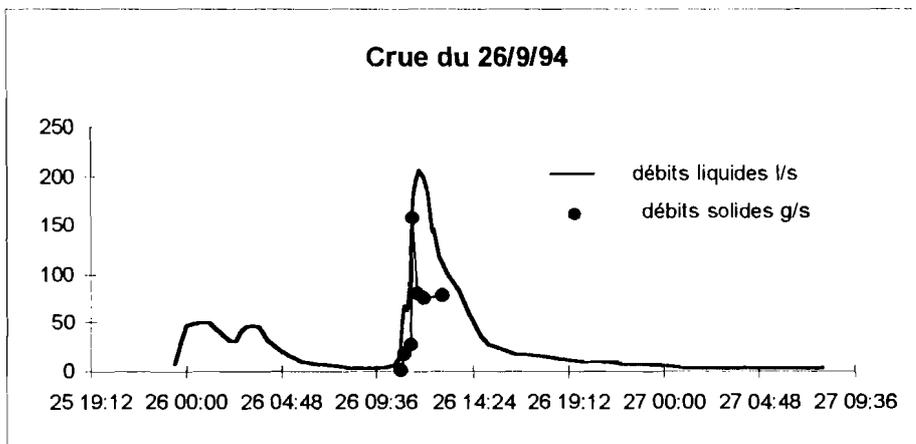
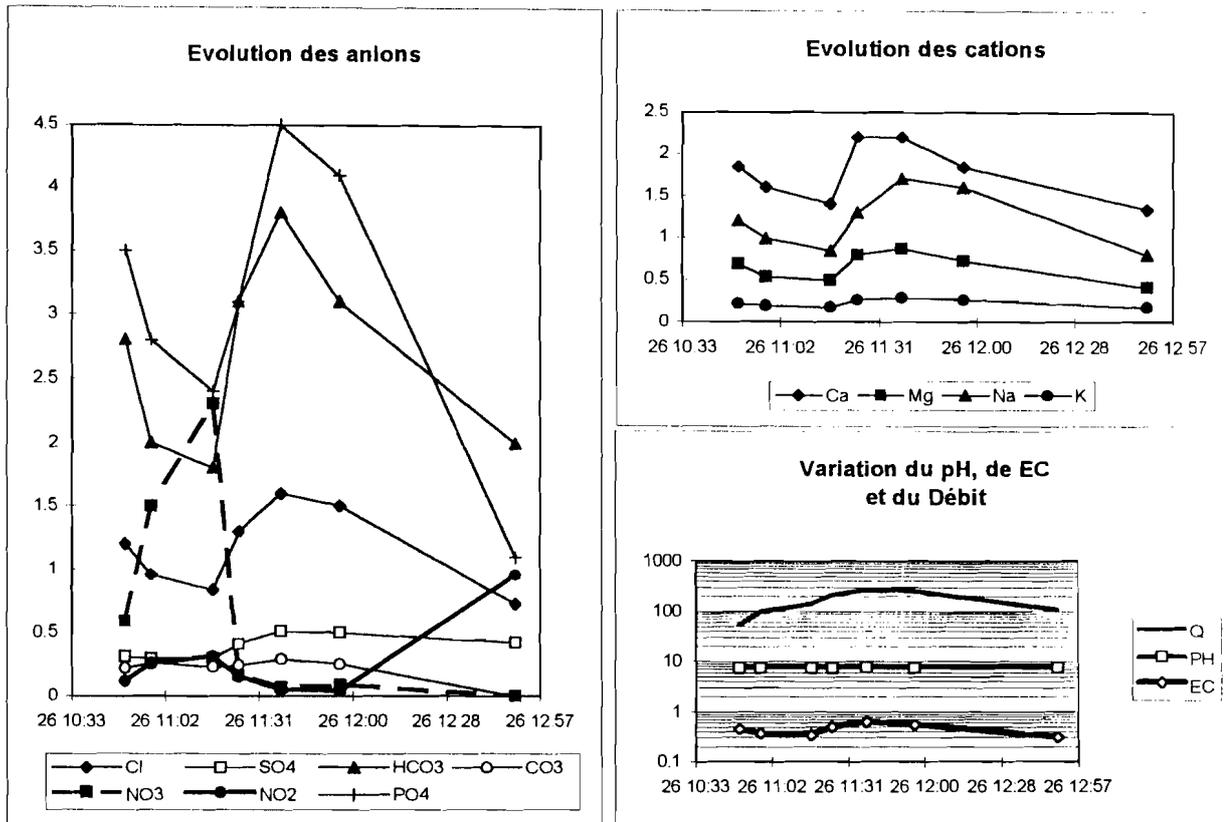
Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses au Laboratoire. Le graphique montre l'évolution des teneurs de chaque élément, en fonction de la progression des volumes. Ces volumes d'eau sont rejetés dans le milieu marin sans aucun traitement. Les normes de rejet préconisées par l'OMS sont loin d'être respectées. Le tableau donne les valeurs observées.

Tableau 19: Eléments chimiques dans les eaux du bassin versant le 26 septembre

Date	Q	pH	EC	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3	NO2	PO4	Ca	Mg	Na	K	Σ	Σ	MES
	l/s		ms20°	még/l	még/l	még/l	még/l	mg/l	mg/l	mg/l	még/l	még/l	még/l	még/l	anion	cation	mg/l
26 10:50	52	7.45	0.453	1.2	0.31	2.8	0.22	0.59	0.12	3.5	1.84	0.68	1.2	0.22	4.5	3.9	38
26 10:58	96.3	7.42	0.373	0.96	0.3	2	0.26	1.5	0.25	2.8	1.6	0.53	0.99	0.19	3.5	3.3	194
26 11:17	138	7.42	0.339	0.84	0.3	1.8	0.23	2.3	0.31	2.4	1.4	0.49	0.84	0.17	3.2	2.9	198
26 11:25	206	7.5	0.501	1.3	0.41	3.1	0.24	0.16	0.15	3.1	2.2	0.79	1.3	0.26	5	4.6	769
26 11:38	263	7.56	0.629	1.6	0.51	3.8	0.29	0.07	0.05	4.5	2.2	0.87	1.7	0.29	6.2	5.1	305
26 11:56	248	7.48	0.548	1.5	0.5	3.1	0.25	0.09	0.04	4.1	1.84	0.72	1.6	0.26	5.3	4.4	303
26 12:50	107	7.72	0.308	0.73	0.42	2	0	0	0.96	1.1	1.34	0.41	0.8	0.17	3.1	2.7	730
ramené à Q	Q	PH	EC	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3	NO2	PO4	Ca	Mg	Na	K	Σ	Σ	MES
26 10:50	52	7.45	0.453	62.4	16.12	145.6	11.44	30.68	6.24	182	95.68	35.36	62.4	11.44	234	202.8	1.976
26 10:58	96.3	7.42	0.373	92.45	28.89	192.6	25.04	144.5	24.08	269.6	154.1	51.04	95.34	18.3	337.1	317.8	18.68
26 11:17	138	7.42	0.339	115.9	41.4	248.4	31.74	317.4	42.78	331.2	193.2	67.62	115.9	23.46	441.6	400.2	27.32
26 11:25	206	7.5	0.501	267.8	84.46	638.6	49.44	32.96	30.9	638.6	453.2	162.7	267.8	53.56	1030	947.6	158.4
26 11:38	263	7.56	0.629	420.8	134.1	999.4	76.27	18.41	13.15	1184	578.6	228.8	447.1	76.27	1631	1341	80.22
26 11:56	248	7.48	0.548	372	124	768.8	62	22.32	9.92	1017	456.3	178.6	396.8	64.48	1314	1091	75.14
26 12:50	107	7.72	0.308	78.11	44.94	214	0	0	102.7	117.7	143.4	43.87	85.6	18.19	331.7	288.9	78.11

Trois graphiques ont été réalisés pour caractériser les bilans chimiques. Le premier présente l'évolution des différents éléments chimiques en fonction de l'écoulement. Les nitrites (NO2) et les nitrates (NO3) connaissent une évolution proche de celle des matières en suspension c'est à dire sont à leur maximum avant le maximum de la crue, cependant la dernière valeur de NO2 est très forte et peut s'expliquer par la valeur correspondante en concentration de matières en suspension (des tas d'ordures sont de temps à autre arrachés des flancs du canal). Les sulfates, les carbonates et les cations suivent l'évolution de la crue. Le second graphique montre que le PH n'a que très légèrement augmenté avec la crue et reste légèrement basique contrairement à la conductivité électrique qui suit l'évolution des cations. Le dernier graphique représente les transports solides; nous remarquons que comme sur des bassins versants conventionnels, la charge maximale précède le maximum de la crue.

Figures 13 à 15 (pour les unités se référer au tableau 19 pour chaque élément)



CONCLUSION

Le présent rapport que nous présentons à l'UR achève la première campagne de suivi d'un bassin versant urbain à Dakar. Notre voeu le plus cher est qu'une deuxième campagne ait lieu, avec des moyens plus importants et des méthodes d'étude plus poussées afin que les résultats puissent garantir un intérêt pour la ville de Dakar et un avenir pour l'hydrologie urbaine au Sénégal. Ainsi nous souhaitons que ce travail reçoive une évaluation formative afin que nous puissions augmenter notre savoir et savoir-faire au service du développement.

Le début de la campagne de mesure s'était bien déroulé, deux éléments sont venus perturber cette campagne de mesure. Le premier fut la rupture de la canalisation d'eaux usées au niveau de la route de Ouakam qui pour cette raison deviendra la station 2 et permettra de suivre l'écoulement d'eaux usées qui n'était initialement pas prévue. Le second eut lieu le 18 octobre, date où l'enregistreur, le flotteur et le contre-poids furent volés et que la guérite a été forcée. Ceci a interrompu prématurément la campagne de mesure, car nous n'avions plus d'enregistrement continu des hauteurs d'eaux à la station 1. Les enregistrements limnigraphiques et pluviographiques étaient corrects jusqu'au 15/10/94. Le nombre de jaugeage était suffisant pour obtenir une courbe d'étalonnage de la station 1 et entrevoir l'évolution des eaux usées à la station 2, cette évolution aurait pu être mieux suivi si nous avions eu un second enregistreur mais dans la phase initiale les eaux usées n'étaient pas prévues pour cette campagne. Cet événement malheureux a clôturé la présente campagne. Nous avons alerté en vain les services de Police et de la Gendarmerie Territoriale en espérant retrouver cet appareil sans lequel la campagne prochaine est compromise. C'est à cause de cet incident que nous sollicitons encore le soutien de l'UR pour l'acquisition d'un autre enregistreur.

Concernant les prélèvements d'eau pour l'étude de la qualité, nous estimons avoir peu échantillonné le bassin versant pendant les crues parce que nous avons mis la priorité à cerner les limites du bassin versant et les jaugeages. La surface du bassin a évolué du simple au double par rapport à nos premières estimations. La station 4, qui regroupe les estimations des pourcentages de pertes et d'apports, devrait connaître une plus grande importance dans l'avenir si nous voulons rassembler une base de données pour une modélisation des écoulements en milieu urbain dakarois.

Il est bon de rappeler qu'une étude par simulation de pluie est prévue et demeure importante pour la détermination des coefficients d'écoulement dans les bassins versants qui ne sont pas jaugés. Dans la caractérisation de la qualité des eaux, il est encore une fois utile de procéder à l'étude des paramètres chimiques organiques (DCO et DBO5) et biologiques afin que nous puissions confronter nos résultats avec les données existantes.

LISTE DES CARTES

1- Carte de situation.....	9
2- Représentation schématique du système de drainage.....	10
3- Carte des altitudes.....	11
4- Carte des sites de prélèvement.....	31

LISTE DES TABLEAUX

1- Les différentes récurrences des averses en hauteurs et intensités.....	12
2- Résultats des averses supérieures à 3 mm.....	13
3- Récurrences des averses du 13/8 et 21/9/94 et représentation graphique.....	13
4- Indices de Wischmeyer.....	14
5- Les différentes récurrences des pluies journalières.....	15
6- Pluies journalières enregistrées à la station de Dakar-ENS.....	16
7- Les différentes moyennes mensuelles des pluies.....	16
8- Les précipitations mensuelles enregistrées.....	17
9- Les différentes récurrences des pluies annuelles à Dakar.....	17
10- Les verticales utilisées pour les jaugeages (V1 à V11).....	18
11- Liste des jaugeages effectués à la station 1.....	20
12- Bilan global de l'écoulement observé à la station de référence.....	22
13- Débits moyens journaliers.....	22
14- Liste des jaugeages au pont de OUAJAKAM (station 2).....	23
15- Variation du débit selon les heures de la journée.....	24
16- Liste de jaugeage pour le capteur 3.....	26
17- Débit d'infiltration dans le lit entre S2, S1 et S3.....	28
18- Eléments chimiques d'eau dans la région de Dakar.....	32
19- Eléments chimiques dans les eaux du bassin versant le 26 septembre.....	33

LISTE DES FIGURES

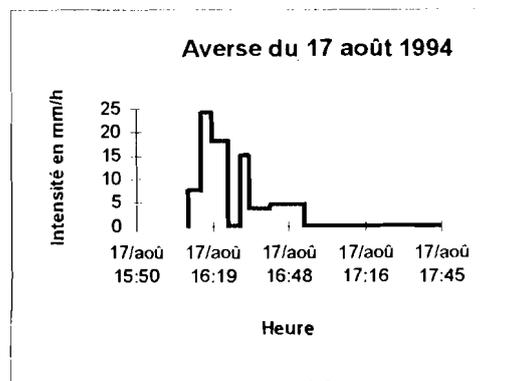
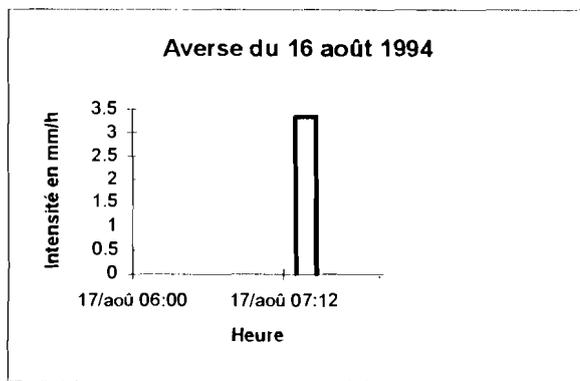
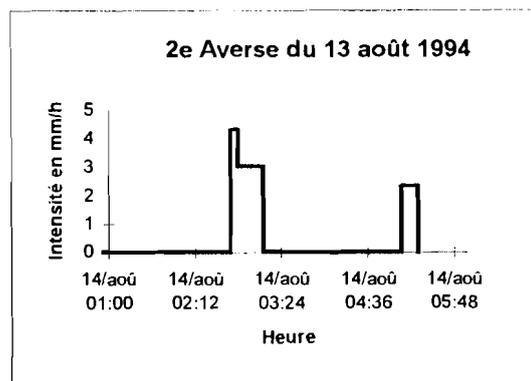
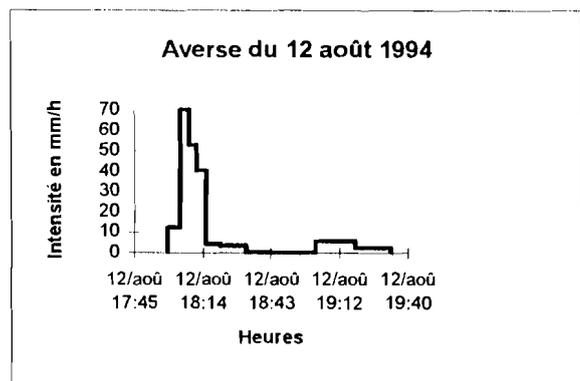
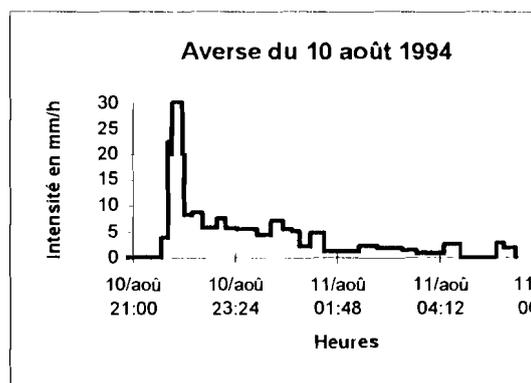
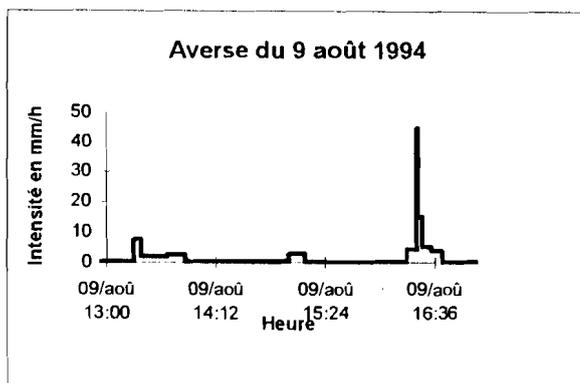
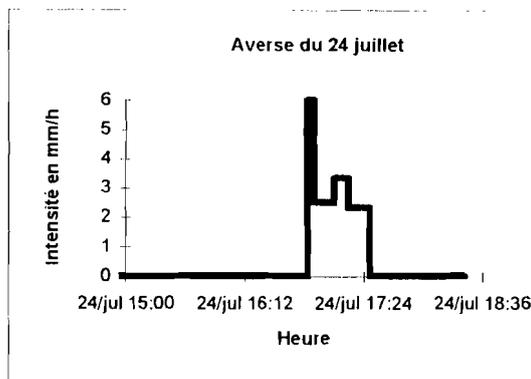
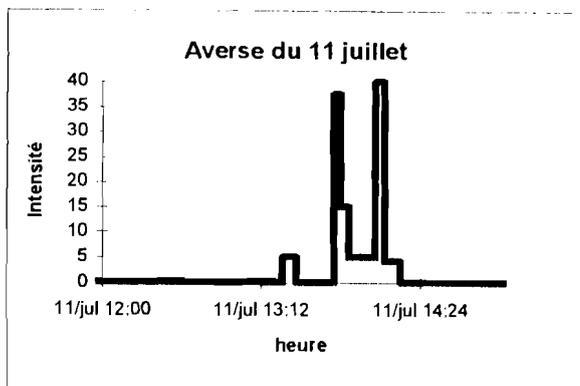
1- Représentation graphique des averses du 13/8 et 21/9/94.....	14
2- Evolution interannuelle des pluies à Dakar.....	17
3- La passerelle de jaugeage.....	18
4- Profil en long du lit de la rivière.....	19
5- L'évolution des profils en travers au droit de la passerelle.....	19
6- Courbe d'étalonnage de la station de référence.....	21
7- Pourcentages des volumes moyens journaliers.....	24
8- Variation du débit selon les heures de la journée.....	24
9- Variation du débit selon les heures de la journée à la station 2.....	25
10- Les variations horaires et journalières du débit d'eaux usées.....	25
11- Hydrogrammes des deux principales crues.....	27
12- Débit d'infiltration dans le lit entre S2, S1 et S3.....	28
13- Bilan chimique: évolution des anions.....	34
14- Bilan chimique: évolution des cations.....	34
15- Bilan chimique: évolution des transports solides.....	34
16- Représentation de la station de référence.....	annexe

TABLE DES MATIERES

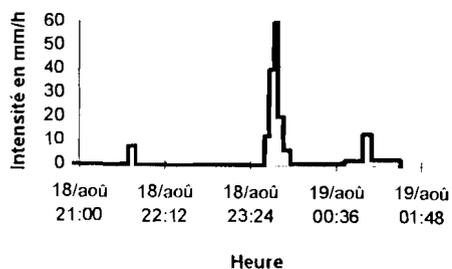
REMERCIEMENTS	1
INTRODUCTION	2
I/ LE CHOIX DU BASSIN VERSANT	3
1/ le bassin versant de la foire de Dakar.....	3
2/ le bassin versant de l'aéroport.....	3
3/ le bassin versant de Ndiogorane-Ngor.....	3
4/ le bassin versant E.N.S - Fann	4
a/ la reconnaissance.....	4
b/ les raisons du choix	4
c/ l'installation de la station	4
d/ la délimitation du bassin versant.....	4
II/ LE BASSIN VERSANT DE MERMOZ-BOURGUIBA-FANN	7
1/ présentation du bassin versant.....	7
2/- la cartographie du bassin.....	8
III/ LA CAMPAGNE HYDROLOGIQUE 1994	12
1/ la pluviométrie.....	12
a/ la pluviographie	12
a-1/ la pluviographie à Dakar.....	12
a-2/ la pluviographie à la station de l'Ecole Normale en 1994.....	13
b/ les pluies journalières.....	15
b-1/ les pluies journalières à Dakar.....	15
b-2/ les pluies journalières à la station de l'Ecole Normale en 1994.....	15
c/ les pluies mensuelles.....	16
c-1/les pluies mensuelles à Dakar	16
c-2/les pluies mensuelles à la station de l'école normale en 1994	17
d/ la pluie annuelle.....	17
d-1/la pluie annuelle à Dakar	17
d-2/la pluie annuelle à la station de l'école normale en 1994	18
2/ les écoulements.....	18
a/ la station de référence (station 1).....	18
a-1/ les caractéristiques de la station.....	18
a-2/ l'étalonnage de la station	20
a-3/ le bilan global de l'écoulement à la station 1	21
b/ les débits d'eaux usées.....	23
b-1/ les débits mesurés à la station 2.....	23
b-2/ les variations journalières du débit	24
b-3/ les variations horaires du débit	24
c/ les débits d'eaux pluviales.....	26
c-1/ les principales crues	27
c-2 / définition de la crue décennale.....	28
d/ estimation des pertes dans le canal.....	28
IV/ LA QUALITE DES EAUX	29
1/- les eaux dans la région.....	30
a/ les sites de prélèvement	30
b/ les résultats.....	30
2/ la qualité des eaux de crue.....	32
a/ l'échantillonnage.....	32
b/ les résultats	32
CONCLUSION.....	35
ANNEXES	

ANNEXES

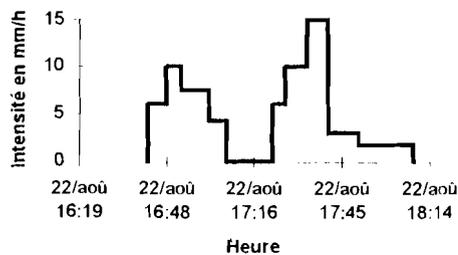
Annexe 1: Hyétoigrammes des averses



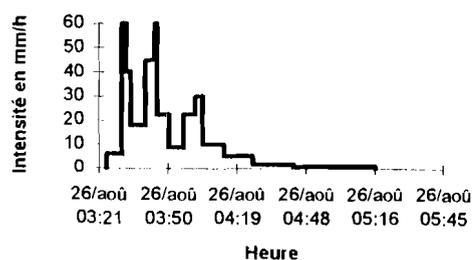
Averse du 18 août 1994



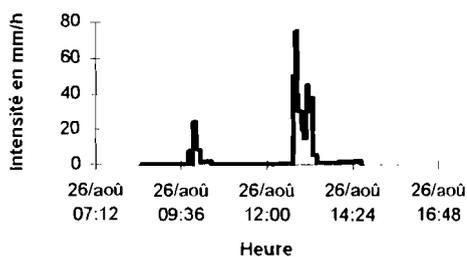
Averse du 22 août 1994



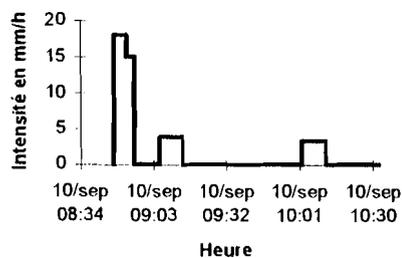
1ère averse du 26 août 1994



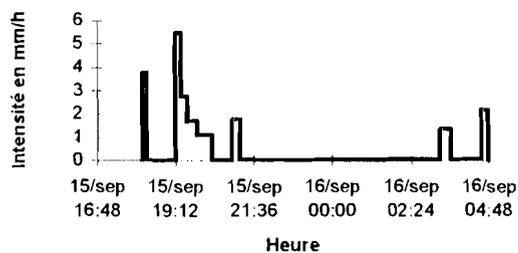
2e Averse du 26 août 1994



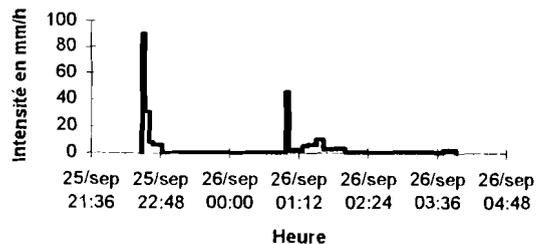
Averse du 10 septembre 1994



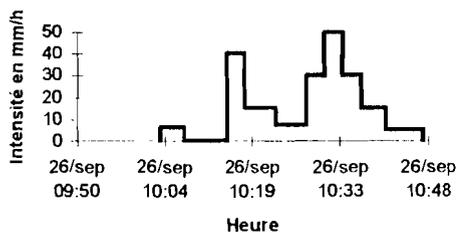
Averse du 15 septembre 1994



Averse du 25 septembre 1994

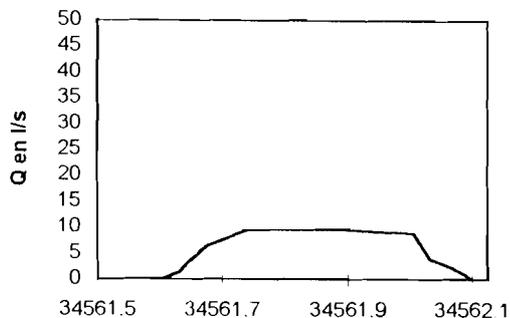


Averse du 26 septembre 1994

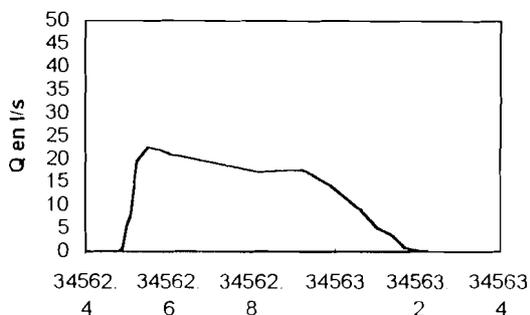


Annexe 2: Hydrogrammes de crue

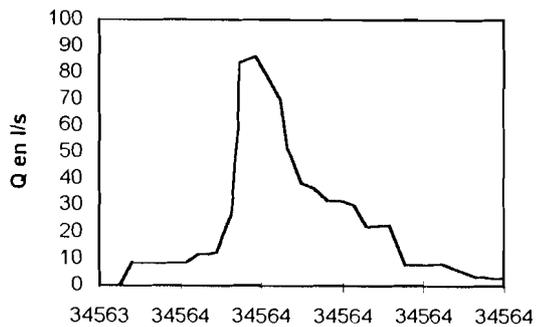
Hydrogramme du 15 août



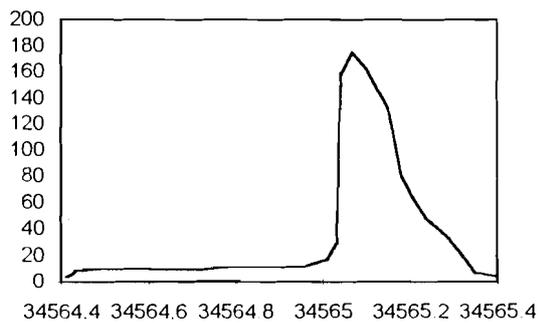
Hydrogramme du 16 août



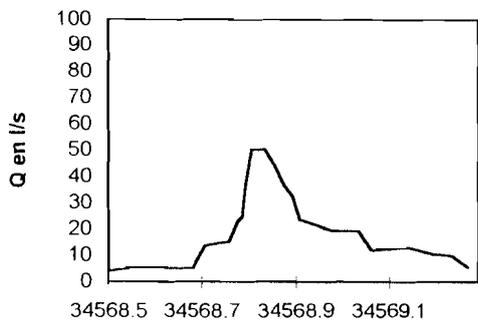
Hydrogramme du 17 août



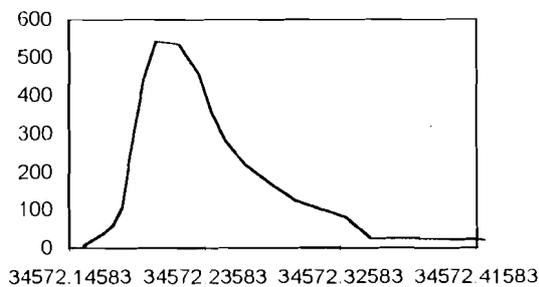
Hydrogramme du 18 au 19 août



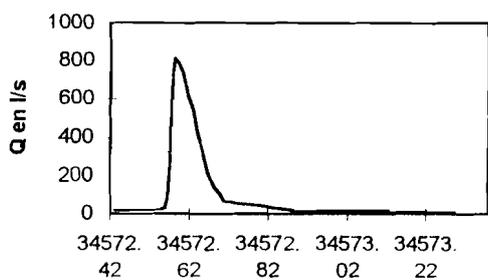
Hydrogramme du 22 au 23 août



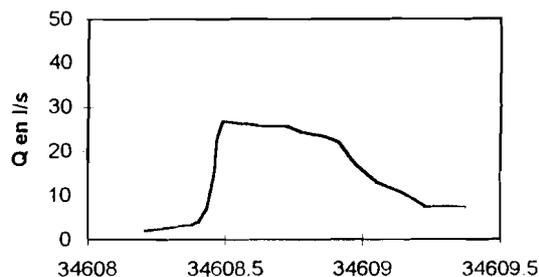
Hydrogramme de la 1ere crue du 26 août



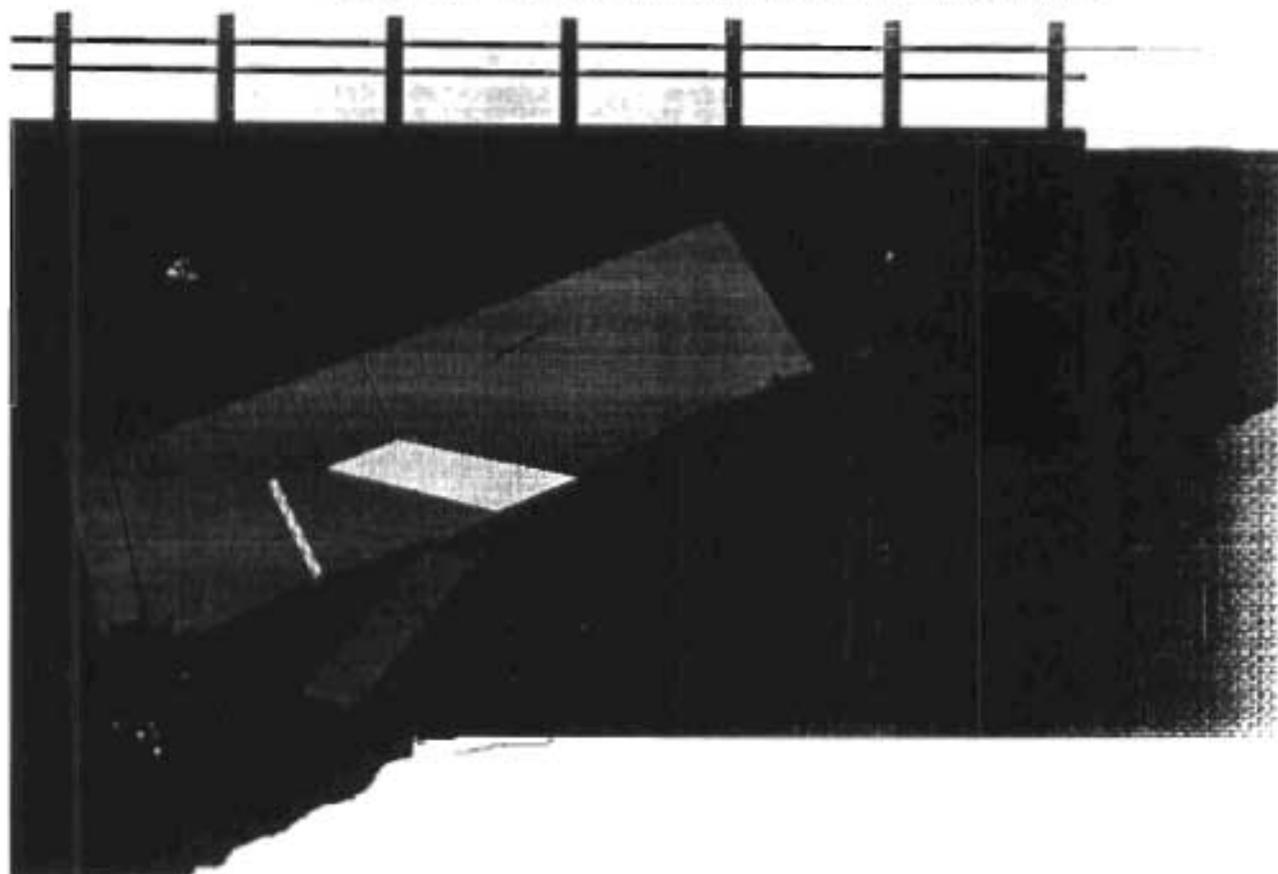
Hydrogramme de la 2e crue du 26 août



Hydrogramme d'eaux usées du 1er au 2 oct



Le schéma général de la station limnimétrique est le suivant:



Erosion sur le bassin



Crue dans la ville de dakar
photo journal "Le SOLEIL" 22/9/94



QUE D'EAU ! QUE D'EAU !

Une forte pluie s'est abattue toute la journée d'hier sur notre capitale. La montée des eaux a engendré des inondations dans différents quartiers, créant des embouteillages et une paralysie de la circulation. De nombreux automobilistes étaient ainsi obligés de garer leur véhicule à cause de ces bouchons, quand ils n'y étaient pas simplement contraints par des ennuis mécaniques.



eaux continentales
UR 24



**Installation d'un Bassin Versant Urbain
à DAKAR
SENEGAL**

**Mohamadane BASSEL
Yannick PEPIN
Jean-Pierre THIEBAUX**

Dakar, Juillet 1994

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une thèse sur le ruissellement urbain, M. BASSEL étudiant à l'Université Cheikh Anta Diop, Département de géographie a choisi un Bassin Versant Représentatif d'une zone de la ville de Dakar.

La station de contrôle choisie est située sur la Corniche Ouest de Dakar (carte 1). La superficie de son bassin se situe entre 30 et 40 hectares, mais ses limites restent à préciser au vu des écoulements qui auront lieu en cours de saison des pluies. A la date du 21 juillet 1994, il n'a plu que 12mm.

L'ORSTOM apporte son concours dans l'aménagement du bassin versant:

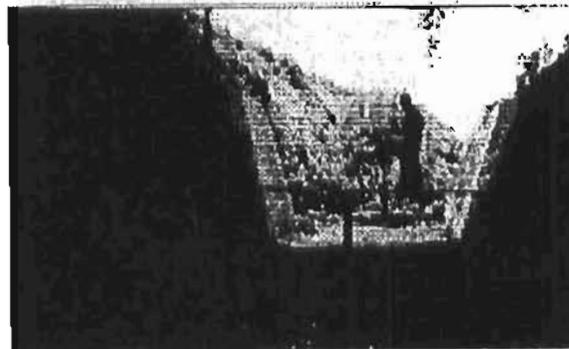
-Prêt de matériel

- *Pluviographe et accessoires,
- *Limnigraphe et accessoires (Echelles, Passerelle & Limnigraphe),
- *Matériel de jaugeage (Moulinet, Perche & Compteur).

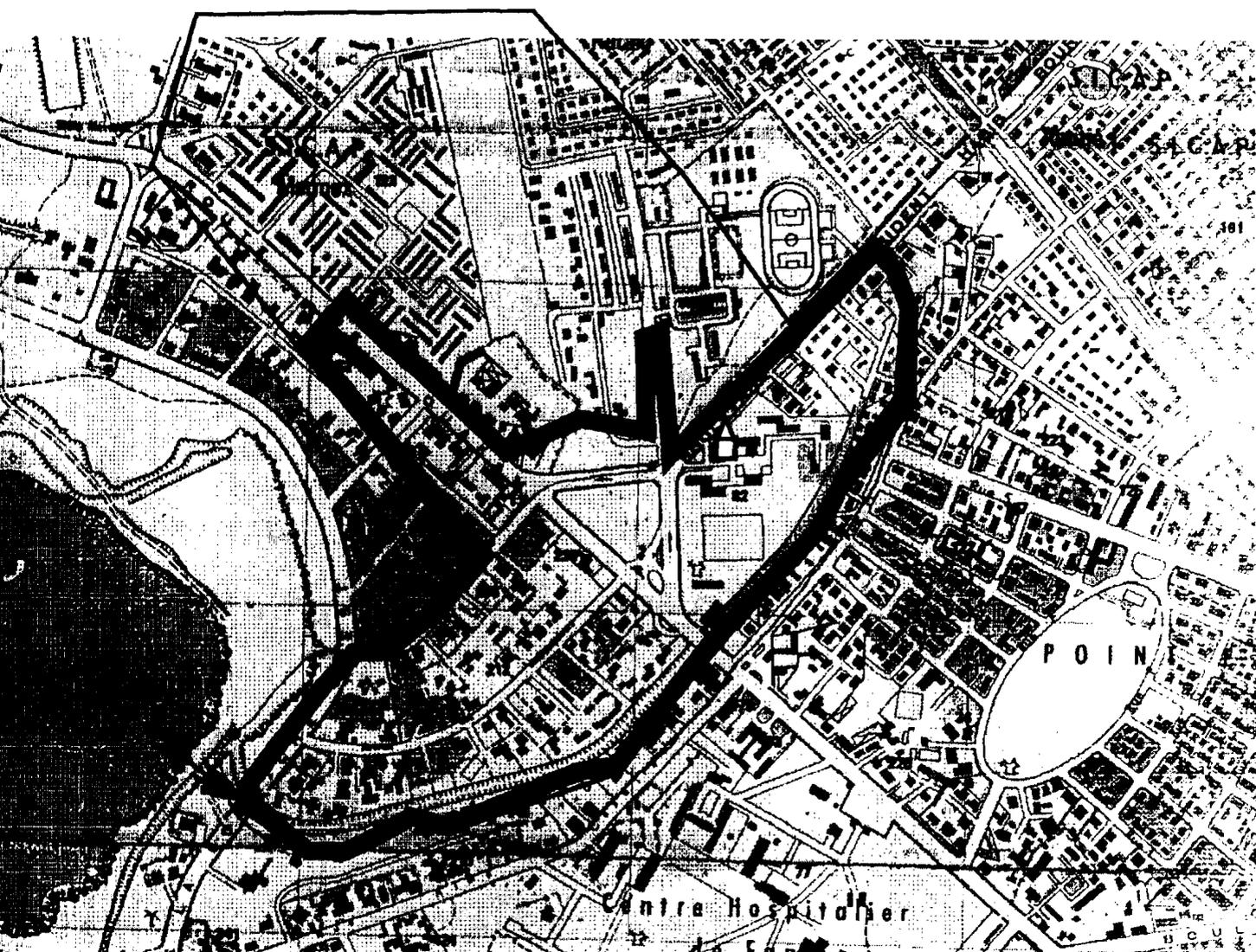
-Assistance et formation

- *Conception et fabrication d'une passerelle de jaugeage,
- *Installation d'une station limnimétrique et du pluviographe avec l'intéressé,
- *Formation à l'utilisation des divers appareillages,
- *Aide à l'interprétation des données.

Le présent rapport donne le compte-rendu de l'installation des appareils effectuée.



Bassin Urbain de Dakar Situation Géographique



LOCALISATION DES APPAREILS

A) LE BASSIN

Le bassin choisi est situé sur la Corniche Ouest de Dakar. Il comprend un canyon artificiel qui avait été réalisé pour le transport de matériaux par train lors de la construction du port de Dakar. La pente de ce passage de train est douce environ 1%, sa largeur est d'environ de 10 mètres. L'écoulement provient du ruissellement des eaux de pluie sur le bassin dont les limites sont approximatives. Quelques égouts se jettent dans ce canyon et une partie du ruissellement des routes goudronnées adjacentes s'y déverse. La carte de situation nous montre les limites approximatives qui devront ultérieurement être précisées lors des pluies et des écoulements afin de connaître ses limites réelles.

Le point choisi comme exutoire est placé sous le pont enjambant ce canyon sur la route de la Corniche Ouest. Sous le pont, le passage de l'eau est calibré à cet endroit par deux parois cimentées de 4 mètres de haut et de 18 mètres de long, orienté comme support du pont donc décalé par rapport au lit. La surface du bassin se situe entre 30 et 40 hectares. Le système de mesure de la pluie et du ruissellement se compose:

- d'un pluviographe journalier pour la pluie,
- d'une batterie d'échelle et d'un limnigraphe OTT XX pour les niveaux d'eau,
- d'une passerelle de jaugeage pour les mesures de débits.

B) PLUVIOGRAPHE (17°27'58" W, 14°41'56" N)

Le pluviographe a été installé dans la cours de l'Ecole Normale à proximité du service de l'entretien (carte de situation). Il s'agit d'un pluviographe Précis Mécanique à tambour avec une rotation journalière, la bague a une surface réceptrice de 400 cm².

C) STATION LIMNIGRAPHIQUE (17°28'26" W, 14°41'38" N)

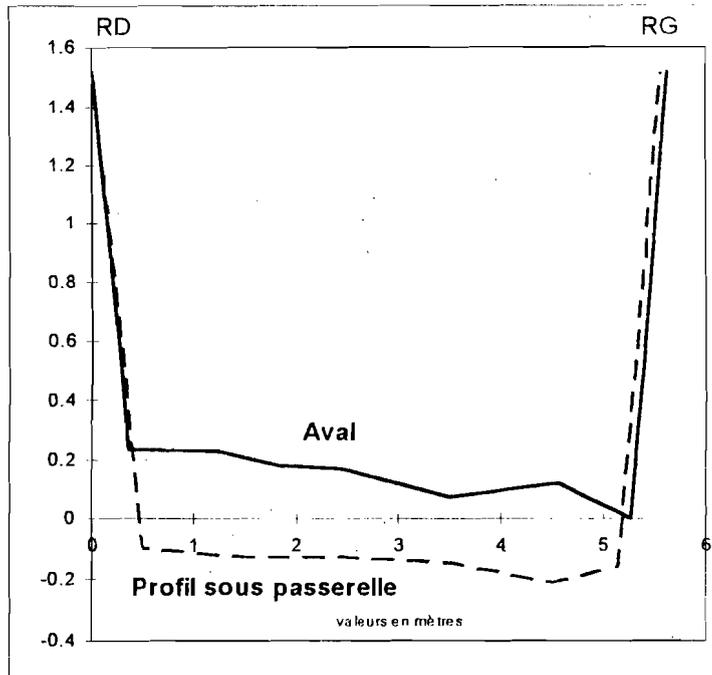
Un nivellement de reconnaissance avait été effectué le 6 juillet afin de mesurer les éléments nécessaires à l'aménagement de la station limnimétrique. Un zéro fictif avait été choisi, il s'agit du point bas observé à la sortie RG du pont et qui est le seuil de contrôle. Ceci correspondait à 1.52m sous l'emplacement de la future passerelle de jaugeage. Deux profils en travers avait été réalisés. Les résultats obtenus sont donnés ci-dessous.

Profil sous la passerelle

distance	Hauteur
0	1.52
0.5	-0.097
1.5	-0.127
2.5	-0.125
3.5	-0.146
4.5	-0.207
5.15	-0.162
5.57	1.52

Profil 9 mètres en aval de la passerelle

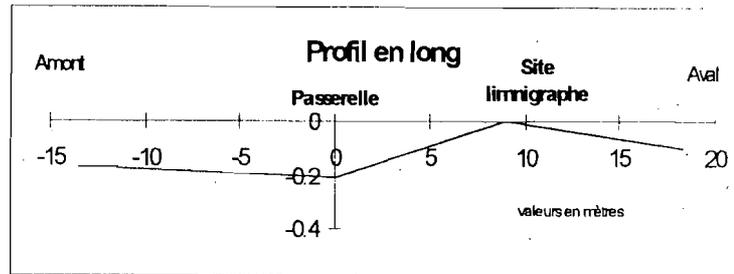
distance	Hauteur
5.62	1.52
5.27	0
4.55	0.12
3.5	0.073
2.45	0.17
1.85	0.18
1.25	0.225
0.35	0.235
0	1.52



Une recherche de points bas avait également été réalisée car il existe un seuil à la sortie du pont. Les résultats sont les suivants:

Profil en long 6/7/94

Distance	Hauteur
-13.5	-0.17
0	-0.207 (sous passerelle)
9	0
18.3	-0.1



Une estimation des débits en fonction de la hauteur avait été faite avec la formule de Manning-Strickler. La pente de la ligne d'eau choisie était de 1% et le coefficient de rugosité 30, car le fond n'est pas bétonné. Les estimations donnaient les résultats suivants:

H m	0.2	0.5	1	1.5
Q max m ³ /s	0.01	2.29	10	20.2
Qs max l/s/km ²	34.8	5731	25070	50600
Vmoy m/s	0.2	1.34	2.26	2.83

1.50m étant la hauteur sous la passerelle.

$$Q = K \sqrt{i} \frac{s_m^3}{P_m^3} \text{ puis } Q_s = \frac{Q}{S. bas.} \cdot et V_{moy} = \frac{Q}{S_m}$$

a) Batterie d'échelles

L'échelle est composée de deux éléments 0 à 1m et 1 à 2m superposés et fixés sur les parois cimentées inclinées qui ont une pente moyenne de 4 centimètres par mètre. Ceci nous a conduit à établir un barème de correspondance Hauteur lue/ Hauteur réelle (tableau 1), les enregistrements limnimétriques seront dépouillés en mm. L'échelle est située en rive gauche en amont de la passerelle sous le pont routier. La borne IGN n°53 est fixée sur le parapet aval du pont, côté route: son altitude IGN est de 17.66m. Un rattachement a été réalisé entre l'échelle et la borne les résultats sont les suivants:

Nivellement du 20/7/94

Borne IGN n°53	Altitude IGN	17.66	m IGN
Zéro échelle	bas 0-1	7.13	m IGN
1m échelle	bas 1-2 ou Haut 0-1	8.09	m IGN
2m échelle	Haut 1-2	9.05	m IGN
niveau 1.52	ancien nivellement	8.89	m IGN
passerelle	niveau haut	8.92	m IGN
ciment	haut du mur aval RD	12.86	m IGN

b) Limnigraphe

Le limnigraphe est un OTT XX à mouvement d'horlogerie mécanique, la vitesse de déroulement est de 10 mm/h et la réduction 1/5ème. Il est situé à la fin de la paroi bétonnée en rive gauche. Il est monté sur une gaine PVC de Ø 250 mm de 4.5 mètres de hauteur, il possède un accès composé d'une grille de 1.5m et une protection contre les déchets qui sont déversés.

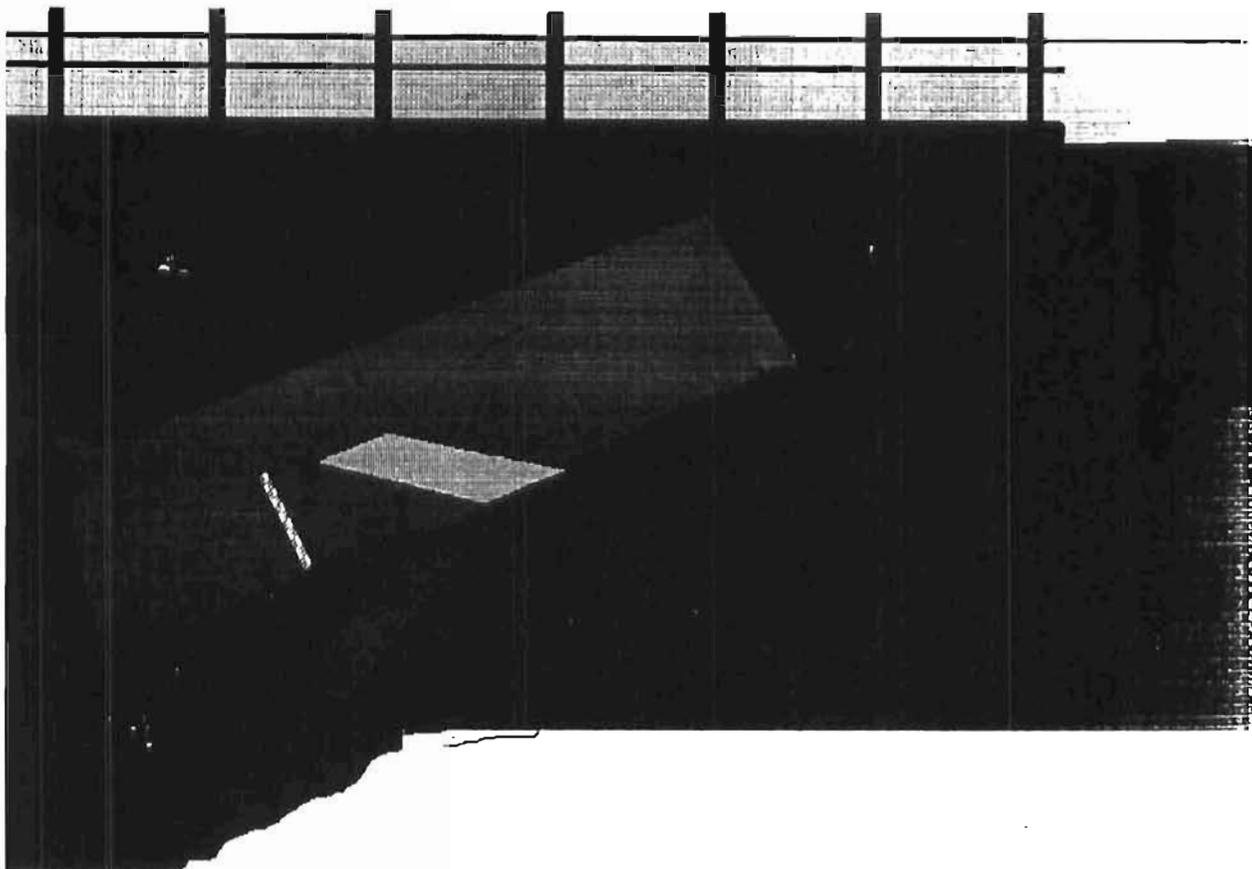
c) Passerelle de jaugeage

Etant donné la hauteur du canal formé par les deux parois bétonnées sous le pont (4 mètres) et sa largeur au sommet (7.20 mètres), une passerelle de jaugeage a été conçue pour faciliter les déplacements de l'équipe de jaugeage. Elle se situe à 1.50 mètres du sol, elle mesure 5.60 mètres de long sur 1 mètre de large. Elle a été réalisée en UPN de 50 et 80 mm et recouverte par des planches. Une échelle relie la passerelle au sommet de la paroi cimentée et permet l'accès au limnigraphe en rive gauche. La passerelle a été marquée tous les 50cm pour matérialiser les verticales indépendantes.

Tableau 1 : Correspondance hauteur lue à l'échelle et hauteur limnigraphe

		Barème hauteur échelle/hauteur réelle en mm									
0	0	350	335	700	670	1050	1005	1400	1341	1750	1677
5	5	355	340	705	675	1055	1010	1405	1346	1755	1682
10	10	360	345	710	679	1060	1015	1410	1351	1760	1687
15	14	365	349	715	684	1065	1019	1415	1355	1765	1691
20	19	370	354	720	689	1070	1024	1420	1360	1770	1696
25	24	375	359	725	694	1075	1029	1425	1365	1775	1701
30	29	380	364	730	699	1080	1034	1430	1370	1780	1706
35	33	385	368	735	703	1085	1039	1435	1375	1785	1711
40	38	390	373	740	708	1090	1043	1440	1379	1790	1715
45	43	395	378	745	713	1095	1048	1445	1384	1795	1720
50	48	400	383	750	718	1100	1053	1450	1389	1800	1725
55	53	405	388	755	723	1105	1058	1455	1394	1805	1730
60	57	410	392	760	727	1110	1063	1460	1399	1810	1735
65	62	415	397	765	732	1115	1067	1465	1403	1815	1739
70	67	420	402	770	737	1120	1072	1470	1408	1820	1744
75	72	425	407	775	742	1125	1077	1475	1413	1825	1749
80	77	430	412	780	746	1130	1082	1480	1418	1830	1754
85	81	435	416	785	751	1135	1087	1485	1423	1835	1759
90	86	440	421	790	756	1140	1091	1490	1427	1840	1763
95	91	445	426	795	761	1145	1096	1495	1432	1845	1768
100	96	450	431	800	766	1150	1101	1500	1437	1850	1773
105	100	455	435	805	770	1155	1106	1505	1442	1855	1778
110	105	460	440	810	775	1160	1111	1510	1447	1860	1783
115	110	465	445	815	780	1165	1115	1515	1451	1865	1787
120	115	470	450	820	785	1170	1120	1520	1456	1870	1792
125	120	475	455	825	790	1175	1125	1525	1461	1875	1797
130	124	480	459	830	794	1180	1130	1530	1466	1880	1802
135	129	485	464	835	799	1185	1135	1535	1471	1885	1807
140	134	490	469	840	804	1190	1139	1540	1475	1890	1811
145	139	495	474	845	809	1195	1144	1545	1480	1895	1816
150	144	500	479	850	813	1200	1149	1550	1485	1900	1821
155	148	505	483	855	818	1205	1154	1555	1490	1905	1826
160	153	510	488	860	823	1210	1159	1560	1495	1910	1831
165	158	515	493	865	828	1215	1163	1565	1499	1915	1835
170	163	520	498	870	833	1220	1168	1570	1504	1920	1840
175	167	525	502	875	837	1225	1173	1575	1509	1925	1845
180	172	530	507	880	842	1230	1178	1580	1514	1930	1850
185	177	535	512	885	847	1235	1183	1585	1519	1935	1855
190	182	540	517	890	852	1240	1187	1590	1523	1940	1859
195	187	545	522	895	857	1245	1192	1595	1528	1945	1864
200	191	550	526	900	861	1250	1197	1600	1533	1950	1869
205	196	555	531	905	866	1255	1202	1605	1538	1955	1874
210	201	560	536	910	871	1260	1207	1610	1543	1960	1879
215	206	565	541	915	876	1265	1211	1615	1547	1965	1883
220	211	570	545	920	880	1270	1216	1620	1552	1970	1888
225	215	575	550	925	885	1275	1221	1625	1557	1975	1893
230	220	580	555	930	890	1280	1226	1630	1562	1980	1898
235	225	585	560	935	895	1285	1231	1635	1567	1985	1903
240	230	590	565	940	900	1290	1235	1640	1571	1990	1907
245	234	595	569	945	904	1295	1240	1645	1576	1995	1912
250	239	600	574	950	909	1300	1245	1650	1581	2000	1917
255	244	605	579	955	914	1305	1250	1655	1586	2005	1922
260	249	610	584	960	919	1310	1255	1660	1591	2010	1927
265	254	615	589	965	924	1315	1259	1665	1595	2015	1931
270	258	620	593	970	928	1320	1264	1670	1600	2020	1936
275	263	625	598	975	933	1325	1269	1675	1605	2025	1941
280	268	630	603	980	938	1330	1274	1680	1610	2030	1946
285	273	635	608	985	943	1335	1279	1685	1615	2035	1951
290	278	640	612	990	947	1340	1283	1690	1619	2040	1955
295	282	645	617	995	952	1345	1288	1695	1624	2045	1960
300	287	650	622	1000	957	1350	1293	1700	1629	2050	1965
305	292	655	627	1005	962	1355	1298	1705	1634	2055	1970
310	297	660	632	1010	967	1360	1303	1710	1639	2060	1975
315	301	665	636	1015	971	1365	1307	1715	1643	2065	1979
320	306	670	641	1020	976	1370	1312	1720	1648	2070	1984
325	311	675	646	1025	981	1375	1317	1725	1653	2075	1989
330	316	680	651	1030	986	1380	1322	1730	1658	2080	1994
335	321	685	656	1035	991	1385	1327	1735	1663	2085	1999
340	325	690	660	1040	995	1390	1331	1740	1667	2090	2003
345	330	695	665	1045	1000	1395	1336	1745	1672	2095	2008
350	335	700	670	1050	1005	1400	1341	1750	1677	2100	2013

Le schéma général de la station limnimétrique est le suivant:



C) MATERIEL DE JAUGEAGE

Un ensemble de mesure de débit est mis à la disposition de Mr Bassel. Ce matériel de jaugeage comprend:

- un moulinet Arkansas 1 top par tour
- deux hélices
 - A 414 (hélice auto-composante) dont la formule est:
 - $n < 5.60 \quad V = 0.1280 n + 0.030$
 - $n > 5.60 \quad V = 0.1305 n + 0.016$
 - 14480-1 (hélice 0.25) dont la formule est:
 - $n < 0.71 \quad V = 0.2498 n + 0.014$
 - $n > 0.71 \quad V = 0.2625 n + 0.005$
- une perche de 20 mm de 4 mètres (4 éléments de 1m)
- un coulisseau de 1.50 mètres
- un compteur F4
- un compteur CJR 22
- un coffret micro-moulinet avec perche 9mm avec les hélices
 - 3-38358 (hélice 0.25) dont la formule est:
 - $n < 0.5 \quad V = 0.2380 n + 0.009$
 - $n > 0.5 \quad V = 0.2560 n$
 - 2-39869 (hélice 0.10) dont la formule est:
 - tout $n \quad V = 0.1033 n + 0.012$
 - 1-39928 (hélice 0.05) dont la formule est:
 - $n < 4.15 \quad V = 0.0603 n + 0.016$
 - $n > 4.15 \quad V = 0.0550 n + 0.038$



eaux continentales

UR 24



**Bassin Versant Urbain
Observations sur la crue du 13/08/1994**

**Mohamadane BASSEL
Yannick PEPIN**

Dakar, Août 1994

OBSERVATIONS SUR LA CRUE DU 13/08/1994 SUR LE BASSIN VERSANT URBAIN DE DAKAR

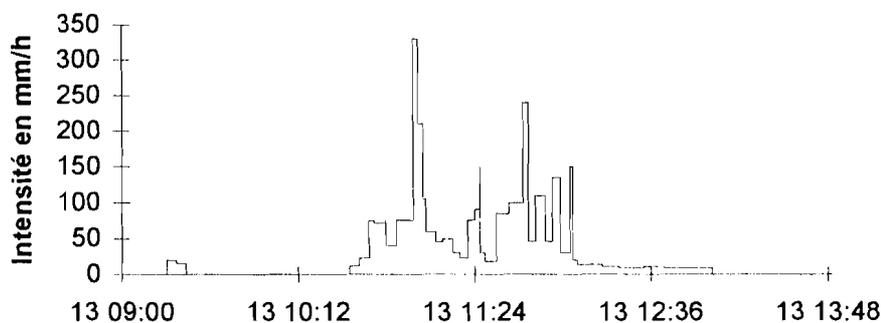
A) Pluviométrie

La pluie journalière a été de 121.7 mm, au pluviographe situé dans l'école normale (numéro: 1389900501), elle a une période de retour de 19 ans. Elle s'est décomposée en une première averse entre 9 heures et 13 heures de 119.6 mm (retour 17 ans) dont 100 mm entre 10h30 et 12 heures; puis une seconde faible entre 2 et 5 heures du matin de 2.1mm. Seule la première averse a donné lieu à un écoulement.

Les caractéristiques de la première averse sont: début le 13.8.1994 à 10h33 durée 149mn soit 2 heures 29 minutes

	5mn	10mn	15mn	30mn	45mn	60mn	90mn	120mn	180mn	durée
hauteur mm	16	22.3	28	42.5	56	76.3	102.7	108.4	113	149
intensité mm/h	192	134	112	85	75	76	77	54	38	
réurrence ans	49	22	17	15	26	85	>100	>100	>100	

La forme est la suivante:



L'intensité maximale observée a été de 330 millimètres par heure pendant 2 minutes.

B) Bassin versant

Le bassin habituellement actif s'est vu adjoindre un écoulement provenant d'autres bassins par le fait de la saturation des systèmes d'évacuation des eaux pluviales. Les limites du bassin étaient les limites normales pour le mur longeant le bassin côté centre ville, toute l'avenue Bourguiba (goudron) depuis la tête du bassin (SICAP Bourguiba) jusqu'à l'école normale, toute la zone située entre l'école de police et la route de Ouakam et ce jusqu'à l'ancienne piste de l'aéroport (voir ligne de crête formée par des rochers), la zone comprise entre la route de Ouakam et la corniche ouest (la route étant exclue sauf à côté du pont).

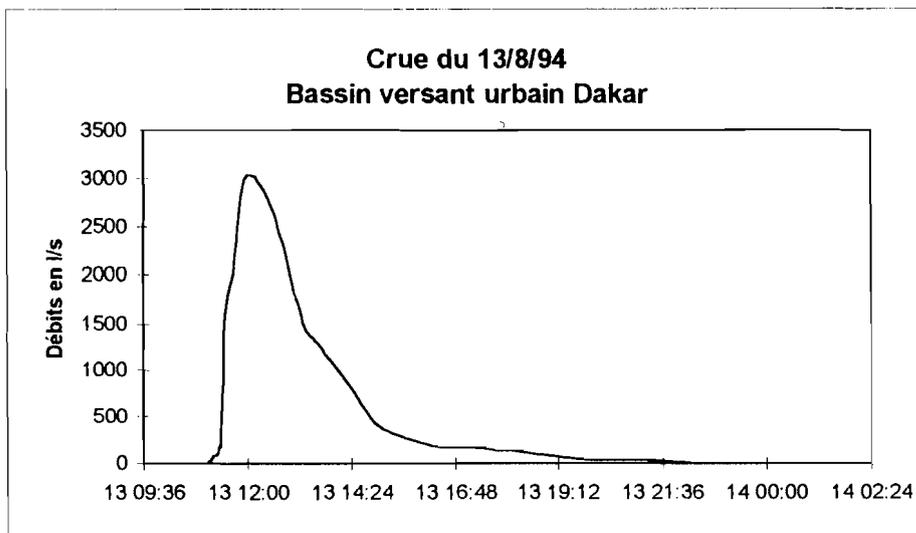
C) Ecoulement

Les routes ont été très rapidement inondées, en raison de la saturation des canaux évacuateurs. L'eau envahissait l'école normale. L'ensemble formé par les croisements avenue Bourguiba - route de Ouakam - voie de dégagement nord (4 voies) était complètement inondé.

Par contre seule la moitié de l'écoulement transitant sur le pont de la route de Ouakam pénétrait dans le canal. Une fuite importante existe aussi dans l'école normale par la porte d'accès du point E. Il est très difficile d'estimer ce qui transitait dans les canaux ouverts et les conduites fermées. La surface du bassin ayant participé à l'écoulement est d'environ 6 km² dont nous pouvons penser que seule la moitié doit être prise en compte, soit 3 km².

D) Crue observée

L'écoulement à la station (1389900500-1) a eu lieu à partir de 10 heures 52 minutes le 13 août et s'est terminée le 14 août à 1 heure 02 minutes, soit un temps de base de 14 heures 10 minutes. La hauteur maximale a été de 1.39 à l'échelle avec un débit de 3.04 m³/s à 12 heures 01 minute, le volume écoulé de 25 370 m³ et le temps de montée de 1 heure 08 minutes. Cet écoulement rapporté à la surface du bassin normal (47.1 ha) donnerait une lame écoulée de 60.8 mm et un débit spécifique de pointe de 7290 l/s/km² d'où avec une pluie de 119.6 mm un coefficient d'écoulement de 50%. Ramenée à un bassin de 3 km², nous obtenons une lame de 8.5 mm et un débit spécifique de pointe de 1015 l/s/km² d'où un coefficient d'écoulement de 7%. Cette crue est de forme unitaire. Sa forme est:



Conséquences de la crue

Cette très forte averse a causé la mort de deux personnes tombées dans le canal à ciel ouvert de Karak-Soumbédioune qui se situe à environ 500 mètres environ du pont de la route de Ouakam.

Le ruissellement a occasionné l'érosion des surfaces en latérite et des dépôts de terre autour du parc en face de l'école normale, qui progressivement colmatara les systèmes d'évacuations fermés.

Cet écoulement a déstabilisé un morceau (2 m de long, 1m de haut et 40 cm d'épaisseur) du mur du caniveau se jetant dans le canal juste en amont du pont de la route de Ouakam, un affouillement en dessous de sa base a mis en évidence un tuyau d'évacuation d'eaux usées d'un diamètre de 300mm. La petite pluie (1.1mm) du 15 août a fini d'éroder la terre sous ce pan de mur qui s'est effondré sur le tuyau d'eaux usées et l'a brisé. Ceci a créé une crue à la station vers 13 heures 45 alors qu'il avait plu le matin. Depuis, le canal au niveau du pont de Ouakam reçoit en permanence les eaux usées provenant de la fuite du tuyau. Ceci perturbe les observations du ruissellement des eaux pluviales. Nous avons donc été contraints depuis de mesurer les débits entrant au niveau de la route de Ouakam: le 17/8/94 sur un volume de 99.7 l/s passant au pont de Ouakam seulement 30.7 l/s provenaient du ruissellement.

En HYDROM, nous avons défini trois capteurs pour la station:

capteur 1 d=214m	=	Station limnigraphique	1389900500-1
capteur 2 d=0m	=	Pont de la route de Ouakam	1389900500-2
capteur 3 d=327m	=	Entrée du jardin Aval	1389900500-3

Conclusion

Nous avons observé une crue type décennale à Dakar, nous observons que le lit est encombré d'arbres et ce présente comme une succession de petites mares, les vitesses y sont faibles. Le coefficient d'écoulement y est faible ainsi que le débit de pointe si on considère le bassin supplémentaire qui s'y est ajouté. L'infiltration dans le lit est très importante (le 17/8/94 pour 33.4l/s entrant au pont de Ouakam seulement 13.7l/s passait à la station 1 et rien à l'entrée du jardin).