

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



GC.0004

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

Centre de THIES

NUM

DEPARTEMENT GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

TITRE :

**ETUDE ET REALISATION D'UN SYSTEME D'INFORMATION
GEOGRAPHIQUE POUR LE RESEAU D'ASSAINISSEMENT DE LA
VILLE DE THIES**

AUTEUR : M^{lle} Karima ZEROUAL

DIRECTEUR : M. Séni TAMBA

Année académique : 2004-2005

CO-DIRECTEUR : M. Alassane BA

REMERCIEMENTS

Après avoir rendu Louanges à Dieu, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à mes encadreurs, M. SENI TAMBA et M. ALASSANE BA pour leurs directives judicieuses et leur soutien permanent qui m'ont permis de mener à bien ce travail dans un environnement de recherche. Leurs critiques, toujours constructives sur mon rapport, m'ont permis également d'améliorer sa lisibilité.

Mes sincères remerciements sont adressés à M. RACINE FALL, Directeur Technique de la mairie de Thiès, et à M. AMADOU SALL, Cadre Technique au CSE et responsable du projet IMAP, leur suivi et leurs conseils sur le déroulement de mon PFE m'ont permis de mettre en pratique certains concepts du génie logiciel dans la réalisation du projet.

Je ne saurais terminer sans remercier Mr IBRAHIMA THIAM, Professeur de Topographie à l'ESP, pour son aide et ses encouragements.

Mes remerciements vont également à l'ensemble du corps professoral de l'Ecole Supérieure Polytechnique, centre de Thiès.

Je profite pour rendre un hommage au défunt M. AMADOU SARR, notre professeur d'écoulement à surface libre à l'ESP, que la terre du bon dieu lui soit légère.

Je rends un vibrant hommage :

A toute ma famille et surtout à mes parents

A ceux qui me sont chers

A tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin

Que chacun trouve ici ma profonde gratitude.

Le but de ce travail est de réaliser un système d'information géographique (S.I.G) qui permettrait de traiter, de modéliser et de gérer les données de l'assainissement. Cette étude est une application au cas de la ville de Thiès.

Les SIG sont de plus en plus présents dans de nombreux métiers, comme ceux de génie civil. Ils permettent de simplifier la réalité et effectuer une synthèse des données qui seront facilement assimilable par les individus qui doivent prendre une décision.

En 1999,-en collaboration avec la mairie de la ville de Thiès, un programme Instruments et Modèles pour un Aménagement Participatif (IMAP) a été créé. Dans ce cadre un moniteur urbain a été développé permettant la consultation des données dans un système d'information géographique. Le volet assainissement n'a pas été profondément traité dans ce moniteur ce qui nous a poussé à créer une autre application qui aborderait uniquement celui-ci.

Avant de procéder à la réalisation du SIG, il était question de faire un diagnostic sur l'état de l'assainissement actuel de la ville, pour ensuite passer à une étude qui portera sur le dimensionnement du réseau d'assainissement, eaux pluviales et eaux usées.

La ville de Thiès dispose d'un réseau d'assainissement incomplet et insuffisant, l'impacte de l'extension de l'urbanisation de la ville de Thiès sur le système d'assainissement a suscité de nombreux problèmes environnementaux liés surtout à l'insalubrité. L'étude avait pour but le dimensionnement des collecteurs eaux usées et eaux pluviales, La détermination de la section des conduites ainsi que leur caractéristiques géométriques.

La réalisation de l'interface SIG a été faite à l'aide de la programmation orientée objet sous Visual Basic, en insérant les commandes ActiveX du logiciel Arcview8.1. Cette interface permet de modéliser les collecteurs d'assainissement étudié auparavant, de les visualiser sur les différentes cartes de la ville, de consulter leurs données thématiques et de déterminer leurs coordonnées géographiques.

A la suite de ce travail, des recommandations ont été faites parmi lesquelles le développement de l'application en traitant d'autres données d'assainissement telles que ceux de la station d'épuration et l'introduction d'avantage des réseaux d'alimentation en eau potable.

Mots clés : SIG – Arcview – IMAP – Assainissement – Thiès

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES ABREVIATIONS	VIII
INTRODUCTION	1
PARTIE I : VILLE DE THIES CONTEXTE GENERAL.....	1
CHAPITRE I : VILLE DE THIES PARAMETRES CLIMATIQUES ET EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE	2
INTRODUCTION	2
1. GEOGRAPHIE.....	2
2. PARAMETRES CLIMATIQUES	3
2.1 Températures.....	3
2.2 Pluviométrie.....	4
3. EVOLUTION DEMOGRAPHIQUES.....	4
4 FONDEMENT DU PROJET IMAP (INSTRUMENTS ET MODELES POUR UN AMENAGEMENT PARTICIPATIF).....	6
CHAPITRE II : ETAT ACTUEL D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE THIES	7
INTRODUCTION	7
1. RESEAU DES EAUX USEES	7
1.1 Situation actuelle.....	7
1.2 Solutions prévues	8
2. RESEAU DES EAUX PLUVIALES	8
2.1 Situation actuelle.....	8
2.2 Solutions prévues	9
CONCLUSION	9
PARTIE II : RECONSTITUTION DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT....	10
INTRODUCTION	11
CHAPITRE I : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DES EAUX PLUVIALES	11
1. ANALYSE DES DONNEES DE PLUIE	11
1.1 Types d'averses.....	11
1.2 Modélisation de la pluie.....	12
2. CALCUL DU DEBIT DE POINTE.....	15
2.1 Méthode rationnelle	15
2.2 Méthode de Caquot	15
2.3 Délimitation du bassin versant.....	17

2.4 Modélisation du réseau	18
2.5 Détermination de la section des conduites.....	25
CHAPITRE II : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DES EAUX USEES..	29
1. CALCUL DES DEBITS D'EAUX USEES	29
1.1 Consommation d'eau potable de la population.....	29
1.2 Densité de la population.....	30
1.3 Débits d'eaux usées domestiques.....	31
2. DETERMINATION DE LA SECTION DES CONDUITES	31
CONCLUSION	37
PARTIE III : CONCEPTION DU SYSTEME D'INFORMATION	
GEOGRAPHIQUE.....	38
INTRODUCTION.....	39
1. GENERALITES SUR LES SIG	39
2. ETAPES DE REALISATION D'UN SIG	39
3. LOGICIELS SIG.....	40
3.1 PRESENTATION DE ARCVIEW.....	41
3.2 FORMAT ET STRUCTURATION DES DONNEES SUR ARCVIEW	41
4. ENVIRONNEMENT DU DEVELOPPEMENT DE L'APPLICATION	42
4.1 Etapes de realisation	42
4.2 Structure de la geodatabase.....	43
4.3 Architecture informatique de l'application.....	44
CONCLUSION ET RECOMMANDATION	45
BIBLIOGRAPHIE	46
ANNEXE : PRESENTATION DE L'INTERFACE « ASSAINISSEMENT DE	
LA VILLE DE THIES ».....	48

LISTE DES FIGURES

<u>Figure n°1</u> : Localisation de la ville de Thiès.....	3
<u>Figure n°2</u> : Variation moyenne des précipitations de Thiès.....	4
<u>Figure n°3</u> : Evolution de la population de la ville de Thiès.....	5
<u>Figure n°4</u> : Carte des isohyètes du Sénégal 1951-1980.....	12
<u>Figure n°5</u> : Courbes Intensité Durée Fréquence de la station de Thiès.....	13
<u>Figure n°6</u> : Groupement des sous bassins.....	22
<u>Figure n°7</u> : Réseau d'évacuation des eaux pluviales pour la ville de Thiès.....	27
<u>Figure n°8</u> : Localisation des sous bassins versants pour le réseau d'évacuation des eaux pluviales de la ville de Thiès.....	28
<u>Figure n°9</u> : Localisation de la zone étudiée pour le calcul des eaux usées de la ville de Thiès.....	35
<u>Figure n°10</u> : Schéma du réseau d'assainissement des eaux usées de la ville de Thiès.....	36
<u>Figure n°11</u> : Architecture informatique du Système d'information géographique pour l'Assainissement de la ville de Thiès.....	44

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau n°1</u> : Variations mensuelles des températures de la station de Thiès.....	3
<u>Tableau n°2</u> : Variation moyenne des précipitations de la station de Thiès.....	4
<u>Tableau n°3</u> : Croissance démographique de la ville de Thiès.....	5
<u>Tableau n°4</u> : Intensité de pluie pour la station de Thiès (pour une période de retour de 10 ans et un temps inférieure à 1 heure)	14
<u>Tableau n°5</u> : Coefficients de Montana pour la station de Thiès	14
<u>Tableau n°6</u> : Position des regards.....	20
<u>Tableau n°7</u> : Calcul des débits élémentaire.....	21
<u>Tableau n° 8</u> : Formules pour le groupement des bassins élémentaires.....	22
<u>Tableau n°9</u> : Groupement des bassins élémentaire.....	23
<u>Tableau n°10</u> : Valeurs de coefficient de Manning	25
<u>Tableau n°11</u> : Dimensionnement des collecteurs eaux pluviales.....	26
<u>Tableau n°12</u> : Consommation d'eau potable de la population de la ville de Thiès pour l'année 2004	29
<u>Tableau n°13</u> : Population et densité par quartier.....	30
<u>Tableau n°14</u> : Dimensionnement des collecteurs eaux usées.....	34
<u>Tableau n°15</u> : Structure de classe de la Géodatabase	43

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviations	Désignation
B.A	Béton Armé
CSE	Centre de Suivi Ecologique
DDC	Direction du développement et de la coopération suisse
ENDA-TM	Environnement et Développement du Tiers Monde
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
ESRI	Environmental Systemes Reseach Institute
HYDRAM	Laboratoire Hydrologie et Aménagements
IDF	Intensité-durée-fréquence
IMAP	Instruments et Modèles pour un Aménagement Participatif
ONAS	Office National d'Assainissement du Sénégal
ONG	Organisation non gouvernementale
S.T.E.P	Station d'Epuration
SDE	Sénégalaise des eaux
SIG	Système d'Information Géographique
UN-Habitat	United Nations Human Settlements Programme

INTRODUCTION

Dans la plupart des pays du tiers monde l'investissement en matière d'assainissement est très minime. Au Sénégal l'assainissement collectif ne concerne que 7,3% des ménages pour un réseau de près de 720 Km. La faiblesse du réseau d'assainissement implique le plus souvent des incendations dans les principales villes sénégalaises comme c'est le cas de la ville de Thiès. Actuellement, les pouvoirs publics admettent comme priorité l'assainissement des agglomérations vu son importance primordiale tant sur le plan de la santé publique que celui du développement économique.

La maîtrise du système d'assainissement exige la connaissance de plusieurs données à assembler, à analyser et à traiter. La manipulation de ces données est souvent ardue manuellement, il faut se faire aider par un outil fiable et efficace. C'est l'objet des systèmes d'informations géographique S.I.G.

L'objectif de ce travail est l'étude du réseau d'assainissement et la réalisation d'un système d'information géographique qui modéliserait ce réseau pour la ville de Thiès.

Cette étude sera menée suivant trois parties. Dans un premier temps, on se proposera de faire une présentation géographiques, climatique et démographique de la ville de Thiès et de la problématique de son assainissement. La deuxième partie portera sur la reconstitution du réseau, sa conception, la délimitation des bassins versants et le calcul des débits afin de dimensionner les collecteurs d'eaux usées et eaux pluviales. Dans la dernière partie, on va présenter la réalisation d'une application S.I.G intégrant l'ensemble des éléments du réseau pour pouvoir maîtriser son fonctionnement et son exploitation de manière plus efficace.

PARTIE I : VILLE DE THIES CONTEXTE GENERAL

PARTIE I : VILLE DE THIES CONTEXTE GENERAL

La première partie de ce rapport comporte deux chapitres, le premier comporte une présentation de la ville de Thiès; la détermination de ces paramètres climatiques (températures et pluviométries) et démographiques. Ensuite on abordera, dans le deuxième chapitre, les problèmes d'assainissement existant dans la ville.

CHAPITRE I : VILLE DE THIES PARAMETRES CLIMATIQUES ET EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE

INTRODUCTION

La ville de Thiès est un chef-lieu de région de Thiès ainsi que du département de Thiès. Elle est la deuxième ville du Sénégal sur le plan économique. Son climat est de type soudanien chaud et sec, caractérisé par l'alternance entre une saison sèche et une saison pluvieuse.

1.GEOGRAPHIE

Distante d'environ **70 km** à l'Est de Dakar et à moins de **30 km** de la côte Atlantique (Voir figure n°1), la ville de Thiès est localisé dans un rectangle délimité par les méridiens 16°53" et 16°58" W (Longitude) et les parallèles 14°46" et 14° N (Latitude).

Thiès est un important nœud routier et ferroviaire du Sénégal. Elle est située au carrefour des routes qui relient Dakar à Saint-Louis au Nord, à Kaolack au Sud, au Mali et au reste de l'Afrique de l'Ouest vers l'Est bénéficiant ainsi d'une situation géographique favorable. Nommée capitale des Rails, la ville a été choisie par les français comme plaque tournante du réseau ferroviaire avec l'installation des voies ferrées Dakar-Niger, Dakar Saint-Louis.

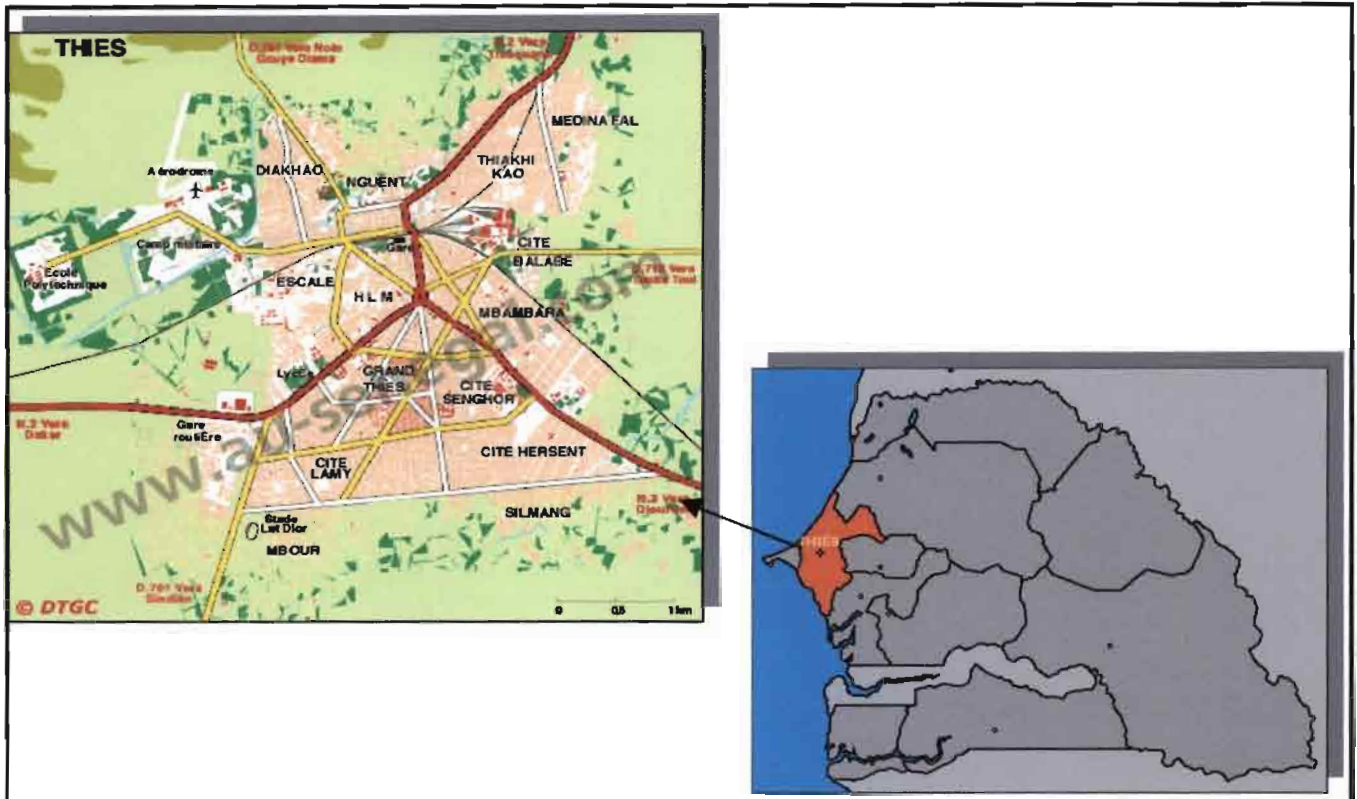


Figure n°1 : Localisation de la ville de Thiès (Source : www.au-senegal.com)

2. PARAMETRES CLIMATIQUES

Le climat de la région de Thiès est de type soudano-sahélien caractérisé par une longue saison sèche (de novembre à juin) et une courte saison de pluies (de juillet à octobre).

2.1 TEMPERATURES

La moyenne annuelle de température est de 26,4°C avec un maximum qui peut atteindre 34°C et un minimum de 19°C.

Tableau n°1: Variations mensuelles des températures de la station de Thiès

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
T°moy mensuelles (1951/2000)	23,1	24,9	26,1	25,7	26,4	28	28,1	27,5	27,7	28,2	26,9	24,5
Moy T°minimales (°C)	15,8	16,8	17,6	18,3	19,8	22,2	23,3	23,2	23	22,2	19	19,4
Moy T°maximales (°C)	31,8	33	33,7	32,9	32,8	33,6	32,7	31,7	32,2	34,1	34,7	32,3

Source: TECSULT international limitée (2004) : « Etude de faisabilité » Projet du Lac Artificiel à Thiès-Sénégal [5]

2.2 PLUVIOMETRIE

Le tableau n°2 et la figure n°2 suivants donnent la répartition mensuelle des précipitations mesuré de 1918 à 2002 à la station de Thiès en coordonnées 14°48" N de latitude et 16°57" W de longitude.

Tableau n°2: Variation moyenne des précipitations de la station de Thiès

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Précipitations (mm)	0,6	0,8	0,1	0,1	0,6	22,4	97,5	230,8	171,4	41,5	2,5	3,4	571,7

Source: TECSULT international limitée (2004) : « Etude de faisabilité » Projet du Lac Artificiel à Thiès [5]

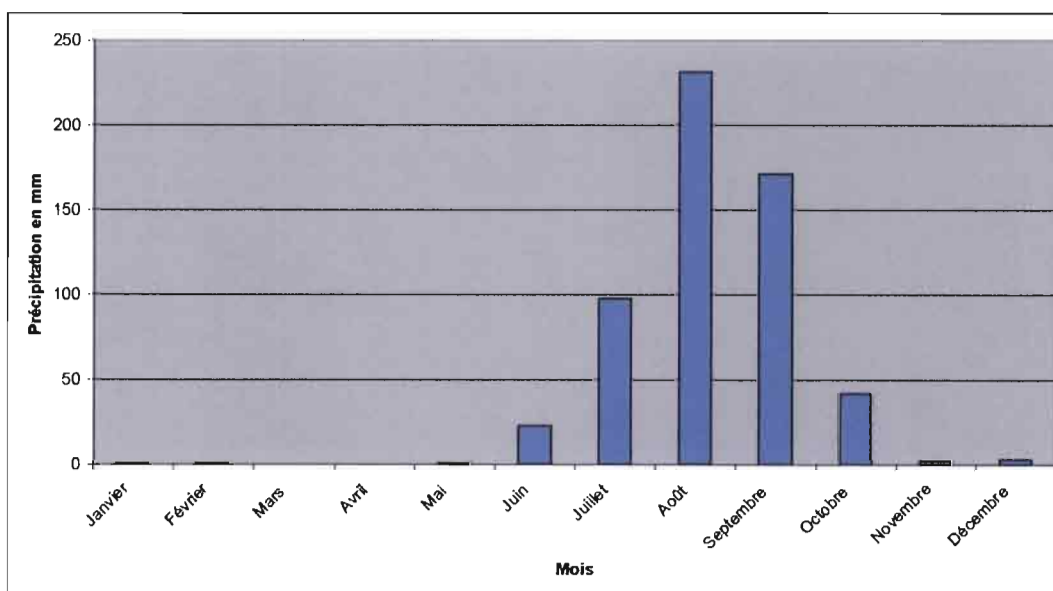


Figure n°2: Variation moyenne des précipitations de station de Thiès

Les fortes précipitations sont enregistrées durant les mois de juillet avec 97,5 mm, août avec 230,8mm et septembre avec 171,4mm.

3. EVOLUTION DEMOGRAPHIQUES

Thiès est la deuxième ville du Sénégal sur le plan économique et la troisième sur le plan démographique après Dakar et Touba, (bien que dans quelques ouvrages on trouve qu'elle est classée deuxième sur le plan démographique). Elle comptait **236 000** habitants en **1997**, avec un taux de croissance de **3,3%**. Les prévisions en **2025** sont de **654 000** habitants.

Le tableau n°3 et la figure n°3 montrent l'évolution de la population depuis 1938

Tableau n° 3: Croissance démographique de la ville de Thiès

	Année	Population
Recensement	1938	18 000
	1945	24 000
	1953	40 000
	1961	69 000
	1964	77 000
	1970	90 000
	1976	117 000
	1980	132 000
	1988	175 000
	1997	236 000
Prévision	2000	300 000
	2015	490 000
	2025	654 000

Source: Travail d'étude et de recherche présenté par Papa Djibril Ba (2003) : « Dynamique urbaine et dysfonctionnement des réseaux d'assainissement dans la ville de Thiès »[4]

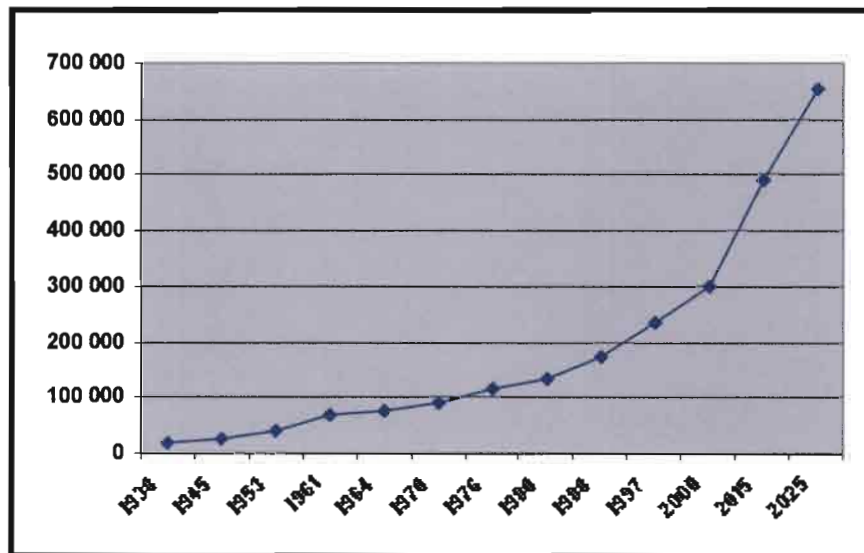


Figure n° 3: Evolution de la population de la ville de Thiès

La ville de Thiès continue à enregistrer une forte croissance démographique ce qui engendre une accélération exponentielle de l'emprise de la ville sur l'espace agricole alentour, engendrant ainsi des conflits avec les villages agricoles. Ces problèmes liés à la gestion foncière ont aussi des conséquences sur l'environnement (absence de décharge, absence de système d'évacuation des eaux usées pour certains quartiers et inondations fréquentes liées à la déforestation des collines voisines).

Face aux problèmes liés à la croissance urbaine, un cadre de mise en place d'un processus de gestion urbaine de la ville a été créé en 1999, c'est le programme Instruments et Modèles pour un Aménagement Participatif (IMAP).

4 FONDEMENT DU PROJET IMAP (INSTRUMENTS ET MODELES POUR UN AMENAGEMENT PARTICIPATIF)

L'IMAP avait pour objectif la gestion du développement du territoire. Il s'agissait de doter les ruraux d'outils et d'informations pour qu'ils soient en mesure de faire des propositions d'aménagement de l'espace.

Ce projet a été réalisé en collaboration avec :

- l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (**EPFL**) représenté par le laboratoire Hydrologie et Aménagements (**HYDRAM**),
- l'ONG **ENDA-RUP** (Environnement et Développement dans le Tiers Monde),
- le **DDC** (la direction du développement et de la coopération Suisse)
- la Commune de Thiès et la Communauté rurale de Fandène.

Grâce à ce projet, Thiès a été retenue comme ville pilote par le United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat) pour la mise en œuvre d'un observatoire urbain participatif.

Dans ce cadre un moniteur urbain a été développé permettant la consultation des données dans un système d'information géographique et une base de données.

Ce moniteur urbain permet l'accès aux données concernant l'habitat, les ressources et les infrastructures. Il a été abordé les volets eau, activités et réseau on pourra accéder aux informations concernant les canaux, les retenus d'eau, les forages, les puits, les réservoirs et les bornes fontaines. Mais le volet assainissement n'a pas été traité dans ce moniteur ce qui nous a poussé à créer un autre système d'information pour le réseau d'assainissement de la ville.

Avant de passer à l'étape d'étude d'assainissement de la ville de Thiès, un diagnostic sur l'état actuel d'assainissement de la ville sera fait dans le deuxième chapitre.

CHAPITRE II : ETAT ACTUEL D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE THIES

INTRODUCTION

En 1970, le Gouvernement du Sénégal a reçu une aide technique et financière du gouvernement italien pour l'assainissement de plusieurs villes sénégalaises dont notamment la ville de Thiès. La projection du réseau d'assainissement a fait l'objet d'une étude réalisée par le bureau d'étude italien ITALCONSULT qui a abouti au Plan Directeur d'Assainissement de Thiès réalisé entre 1979 et 1984. Le réseau de la ville de Thiès est du type séparatif qui a été conçu en fonction de deux bassins versants situés l'un au nord et l'autre au sud. Ce réseau est composé d'un système de drainage pluvial incomplet mais partiellement fonctionnel et d'un réseau d'assainissement incomplet qui n'a jamais servi.

Les travaux réalisés ont permis la mise en place d'un canal périmétral de **7 km** pour la protection de la ville des eaux provenant des bassins limitrophes dominants, d'un réseau de collecteurs couverts en béton armé de **4,5 km** de long à l'intérieur de la ville, pour la collecte et l'écoulement des **eaux pluviales** et un réseau de collecteurs en amiante-ciment d'une longueur d'environ **14,25 km** pour l'écoulement des eaux usées.

Pour des raisons financières, les travaux ont été interrompus à la fin de l'année **1984**.

1. RESEAU DES EAUX USEES

1.1 SITUATION ACTUELLE

Le bureau d'étude italien ITALCONSULT avait prévu la réalisation d'un réseau d'eaux usées en deux parties, l'une pour la moitié Nord de la ville et l'autre pour la partie Sud reliées à deux stations d'épuration. Les travaux réalisés ont permis la mise en place :

- d'un réseau de collecteur en amiante ciment d'un diamètre variant entre **250 mm** et **700 mm**, d'une longueur d'environ **14,25 km** pour l'écoulement des eaux usées.
- d'une partie des travaux pour la réalisation de la station d'épuration nord des eaux usées.

Le réseau des eaux usées reste inutilisé à cause du manque de quelques tronçons et de canal de rejet jusqu'à la station d'épuration situé à **5 Km** : dans la partie Sud la réalisation de la station d'épuration (S.T.E.P) n'a pas été effectuée.

Avec l'absence de réseaux d'évacuation des eaux usées fonctionnels, les populations utilisent soit des fosses septiques qui sont régulièrement vidangées par des camions citernes pour être ensuite réversés dans la nature, soit ils font recours directement au réseau d'eaux pluviales.

1.2 SOLUTIONS PREVUES

Un projet a été réalisé par l'ONAS (Office National d'Assainissement du Sénégal) en Mars 2002 « **Projet sectoriel eau long terme** » avait pour but de résoudre les problèmes liés à l'assainissement de la ville.

Des solutions ont été prévues et qui peuvent se résumer comme suit :

- la construction d'une station d'épuration;
- l'extension du réseau d'assainissement;
- la réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation des terres arables.

2. RESEAU DES EAUX PLUVIALES

2.1 SITUATION ACTUELLE

Le réseau d'eaux pluviales a été conçu en deux parties, la première partie était la construction d'un réseau périmétral protégeant la ville des eaux provenant des territoires extérieurs, et la seconde partie pour assurer le drainage des eaux pluviales à l'intérieure de la ville.

Les travaux n'ont pas été achevés. Le réseau actuel est vétuste, mal dimensionné et connaît de nombreux problèmes :

- ensablement;
- réseau insuffisant pour la collecte des eaux pluviales et leur évacuation ce qui engendre des inondations des quartiers à cause des stagnations d'eau;
- manque d'entretien et de maintenance;
- certaines dalles en B.A (Béton Armé) couvrant les réseaux d'eaux pluviales sont cassées et présentent un danger;
- obstruction par les ordures ménagères (avec le manque d'équipement de rejet des eaux usées les populations font recours aux réseaux d'eaux pluviales);
- certaines habitations font empiéter leur construction sur le réseau.

2.2 SOLUTIONS PREVUES

Face aux problèmes cités auparavant des solutions ont été prévues par l'ONAS afin de résoudre les problèmes d'évacuation des eaux de pluies et mettre terme aux inondations telles que :

- Le curage et la réhabilitation des canaux existant;
- La réfection des dalles de couverture;
- Le re-profilage des canaux obstrués par le sable et les ordures ménagères;
- L'extension du réseau d'eaux pluviales aux quartiers actuellement non desservis.

CONCLUSION

Cette première étape montre que la ville de Thiès dispose d'un réseau d'assainissement incomplet et insuffisant, l'impacte de l'extension de l'urbanisation de la ville de Thiès sur le système d'assainissement a suscité de nombreux problèmes environnementaux liés surtout à l'insalubrité.

Parmi les solutions envisagé par l'O.N.A.S. l'extensions du réseau d'assainissement. C'est l'objet de la deuxième partie où une reconstitution des réseaux eaux usées et eaux pluviales sera réalisée.

PARTIE II : RECONSTITUTION DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT

o

PARTIE II : RECONSTITUTION DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT

La deuxième partie de ce rapport porte sur l'étude de dimensionnement du réseau d'assainissement de la ville de Thiès, réseau eaux usées et réseaux eaux pluviales.

INTRODUCTION

Les villes africaines connaissent une urbanisation de plus en plus importante ce qui fait croître rapidement les exigences des populations urbaines en matière de cadre de vie et d'environnement.

Le bon fonctionnement du réseau d'assainissement permet d'améliorer les conditions de vie et d'habitat des populations, de limiter le développement des maladies liées à l'eau et de protéger l'environnement des rejets issus de l'activité humaine.

CHAPITRE I : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DES EAUX PLUVIALES

1. ANALYSE DES DONNEES DE PLUIE

1.1 TYPES D'AVERSES

En Afrique tropical on distingue deux catégories principales d'averse : les Tornades et les pluies de type mousson¹

- **LES PLUIES DE TYPE MOUSSON**

Ce sont des averses à caractère continu qui peuvent durer plusieurs heures. Leur intensité moyenne est modérée mais elles peuvent présenter des pointes d'intensité de 50 à 80 mm/h ou plus.

- **LES TORNADES**

Ce sont des averses qui proviennent du contact entre la mousson et l'harmattan² caractérisé par une courte durée et une forte intensité moyenne. Les pointes d'intensité en 5 minutes peuvent dépasser 300 mm/h.

Les tornades sont pratiquement les seules averses que l'on observe au nord de l'isohyète³ 1000 mm, c'est le cas de la ville de Thiès qui se trouve entre les isohyète 500 mm et 600 mm (voir figure n°4).

¹ Courant atmosphérique de la zone intertropicale, résultant du franchissement de l'équateur par les alizés, et généralement associé à des pluies abondantes.

² Vent chaud et sec, originaire du Sahara et soufflant sur l'Afrique occidentale.

³ Courbe joignant les points recevant la même quantité de précipitations pour une période considérée.

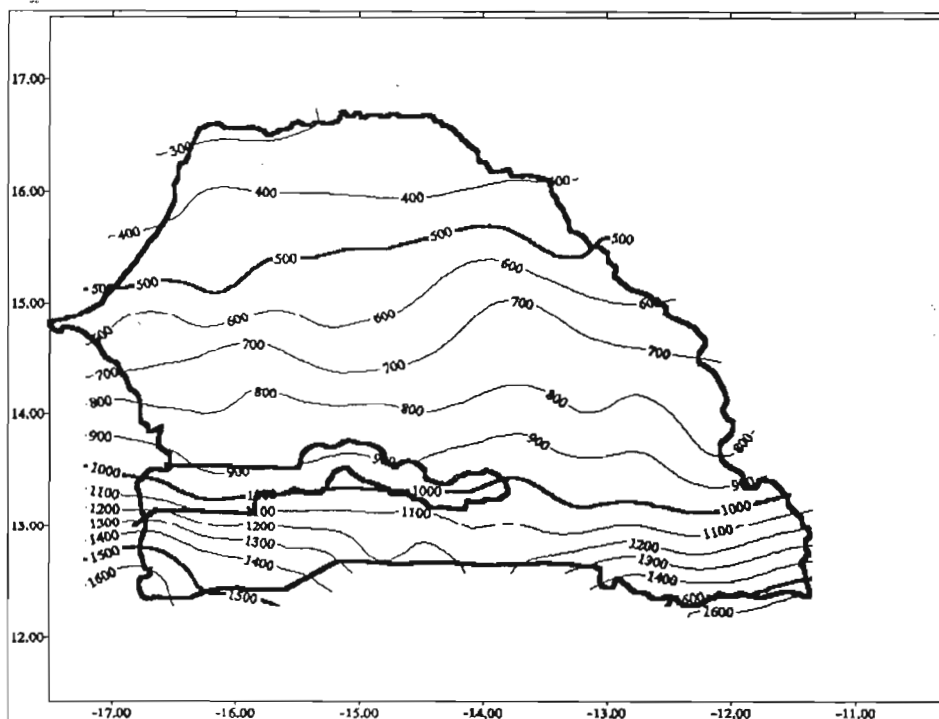


Figure n°4 : Carte des isohyètes du Sénégal 1951-1980.

1.2 MODELISATION DE LA PLUIE

La connaissance de l'intensité de la pluie et sa répartition dans l'espace est indispensable lorsqu'on veut dimensionner un réseau d'eaux pluviales.

- **COURBES INTENSITE-DUREE-FREQUENCE (IDF)**

Ce sont des courbes traduisant l'évolution de l'intensité moyenne maximale de la pluie en fonction de la durée t et de la période de retour T^4 . Elles sont établies sur la base de l'analyse d'averses enregistrées à une station au cours d'une longue période, elles permettent de synthétiser l'information pluviométrique et d'estimer les débits de crue.

La formulation la plus utilisée pour évaluer l'intensité moyenne maximale de la pluie est celle de Montana (formule n°1).

$$i[T,t]=a(T).t^{-b(T)} \quad (1)$$

Où :

t : temps en minutes depuis l'origine de l'averse mis par l'eau jusqu'au point exutoire considéré appelé temps de concentration;

$a(T)$ et $b(T)$ sont des coefficients d'ajustement dites de Montana;

T : période de retour de l'événement pluvieux.

⁴ Nombre d'année au cours duquel, en moyenne, l'averse type considéré surviendra au moins une fois
Projet de Fin d'Etude 2005 / Karima.ZEROUAL

La figure n°5 donne la courbe IDF établit pour la station de Thiès.

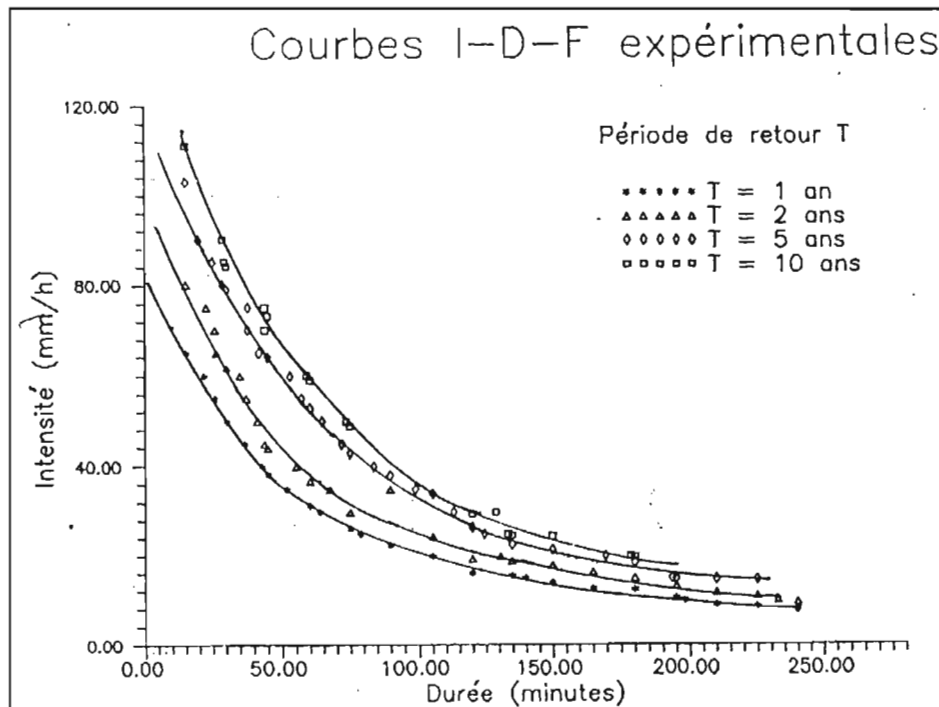


Figure n° 5 : Courbes Intensité Durée Fréquence de la station de Thiès (source : ESP).

Au début de saison de pluies, les averses sont brèves avec des intensités très fortes dépassant 100 mm/heure, ils durent moins d'une heure (51 minutes) et seulement 10% des averses atteignent ou dépassent 105 minutes.

- Calcul des Coefficients de Montana a et b

On calcul les coefficients de Montana à base de la courbe IDF. Pour cela on procède à une régression puissance de l'intensité de pluie i de type $i = a \cdot t^b$ où a et b sont les coefficients de Montana à déterminer.

Les averses tropicales présentent des intensités beaucoup plus élevées que celles des précipitations des zones de climat tempéré dans un temps relativement court. C'est pour cela que dans la pratique pour dimensionner les ouvrages de drainage urbain dans les pays tropicaux on ne tient compte que des valeurs de a et b pour $t < 1$ h.

A partir de la courbe I.D.F de la station de Thiès (Figure n°5) on détermine l'intensité de pluie i pour une période de retour de **10 ans** et des durées t inférieures ou égales à une heure.

Tableau n°4: intensité de pluie pour la station de Thiès
(Pour une période de retour de 10 ans et un temps inférieure à 1 heure)

t(mn)	Intensité de pluie (mm/mn) pour T=10 ans
15	112
20	104
25	96
30	89
35	82
40	77
45	71
50	67
55	62
60	59

Méthode de régression

On pose $A=\log(a)$, $X=\log(t)$, $Y=\log(i)$ et N le nombre de point de mesure dans notre cas $N=10$

On détermine a et b par la méthode des moindres carrés :

$$A = \frac{\sum X^2 \sum Y - \sum XY \sum X}{N \sum X^2 - (\sum Xi)^2}, \quad a = 10^A \quad \text{et} \quad b = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum Xi)^2}$$

Résultat de calcul

A partir du tableau n°4, on pourra déterminer les coefficients de Montana pour la station de Thiès:

t	i	X=log(t)	Y=Log(i)	X ²	X*Y
15	112	1,176	2,049	1,383	2,410
20	104	1,301	2,017	1,693	2,624
25	96	1,398	1,982	1,954	2,771
30	89	1,477	1,949	2,182	2,879
35	82	1,544	1,914	2,384	2,955
40	77	1,602	1,886	2,567	3,022
45	71	1,653	1,851	2,733	3,061
50	67	1,699	1,826	2,886	3,102
55	62	1,740	1,792	3,029	3,119
60	59	1,778	1,771	3,162	3,149
Somme		15,369	19,039	23,973	29,093

Tableau n°5: Coefficients de Montana pour la station de Thiès

Coefficient de Montana	a	b
Durée <1 heure	7,17	-0,47

2. CALCUL DU DEBIT DE POINTE

De nombreux modèles de prévision du débit ruisselé existent. On cite ici deux méthodes : la méthode rationnelle et la méthode de Caquot.

2.1 METHODE RATIONNELLE

Cette méthode permet de calculer le débit de pointe à l'exutoire d'un bassin versant, elle est encore utilisée pour les projets d'assainissement des villes africaines. Le calcul se fait en évaluant progressivement les temps de concentration aux divers points caractéristiques du parcours d'un réseau :

$$Q = KAIR \quad (2)$$

Avec :

Q = débit maximal, m³/s

A = Superficie du bassin versant, ha

I = Intensité de pluie, mm/h

R = Coefficient de ruissellement

K = facteur de conversion = $2,75 \cdot 10^{-3}$

Cependant cette méthode présente certains inconvénients parmi lesquels l'évaluation des temps de concentration devant se faire pour différents points caractéristiques du parcours du réseau.

2.2 METHODE DE CAQUOT

C'est la méthode ponctuelle la plus communément utilisée pour calculer des débits maximums pour un bassin versant urbain. Décrite dans l'instruction technique de 1977.

La méthode de Caquot permet de déterminer le débit maximum à n'importe quel point du réseau de drainage. L'expression générale de la formule est la suivante:

$$Q_p = k^{\frac{1}{u}} C^{\frac{1}{v}} I^{\frac{v}{w}} A^{\frac{w}{u}} \quad (3)$$

Avec

C : coefficient de ruissellement du bassin versant.

I : pente moyenne calculée selon le plus long chemin hydraulique L.

A : Surface du bassin versant exprimée en ha.

k, u, v, w sont des constantes, fonction des paramètres a et b de Montana.

$$k = \frac{a\mu^b}{6(\beta + \delta)} ;$$

$$u = 1 - bf ;$$

$$v = cb ;$$

$$w = 1 - \varepsilon + db$$

Dans la formule de Caquot le temps de concentration varie selon le débit de pointe, il est exprimé par $t_c = \mu \cdot I^c \cdot A^d \cdot Q_p^f$ pour lequel $\mu = 0,28M^{0,84}$ où $M = \frac{L}{\sqrt{A}}$ caractérise la forme du bassin versant.

2.2.1 Ajustement des paramètres de la formule de Caquot pour l'Afrique Tropicale

En Afrique tropical un ajustement des paramètres de la formule de Caquot a été adopté ⁵

↳ $\varepsilon = 0,05$: Coefficient d'abattement spatial des précipitations en Afrique Tropicale.

↳ β et δ Paramètres représentant respectivement les effets de stockage et d'écrêtement

$$\beta + \delta = 1,4$$

↳ Le temps de concentration peut être calculé par la formule

$$t_c = 0,34 \cdot I^{-0,41} \cdot A^{0,507} \cdot Q_p^{-0,287} \text{ pour lequel } \mu = 0,34$$

A partir des coefficients de Montana calculés auparavant pour la station de Thiès (voir Tableau n°5), **a=7,17** et **b=-0,47**. La formule (3) devient :

$$Q = 1,496xC^{1,156}xI^{0,223}A^{0,823} \text{ (m}^3/\text{s) (4)}$$

Avec

I : Pente hydraulique en m/m

A : Surface du bassin en ha

C : Coefficient de ruissellement du bassin (imperméabilité)

e

⁵ Voir « l'assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical subsaharien » présenté par Alain MOREL et préparé par le CERGRENE (Centre d'Enseignement et de Recherche pour la Gestion des Ressources Naturelles et de l'Environnement).

2.2.2 Correction du débit

Le modèle de Caquot introduit l'allongement moyen défini comme le rapport de la longueur du plus long cheminement hydraulique (L en hectomètres) à la surface du bassin considéré (A en

hectares) $M = \frac{L}{\sqrt{A}}$.

La formule de Caquot est donnée par un allongement moyen de 2 pour des valeurs de M différentes. Le débit de pointe doit être corrigé par $m = \left(\frac{M}{2}\right)^{0,76}$.

2.2.3 Limites de validité de la méthode de Caquot

La validité du modèle de Caquot ajusté pour l'Afrique est restreinte au domaine suivant :

$$22 \text{ ha} \leq A \leq 1110 \text{ ha}$$

$$0,0065 \leq I \leq 0,014$$

$$0,25 \leq C \leq 0,80$$

2.3 DELIMITATION DU BASSIN VERSANT

La délimitation du bassin versant est faite à partir de la carte topographique au 1/50000 et la carte digitalisée de la ville de Thiès.

Les limites latérales des bassins versants correspondent aux limites des surfaces bâties raccordées au réseau. Le découpage se réalise suivant les lignes de plus grande pente si ces lignes sont continues et sans obstacles.

La délimitation des sous bassins a été effectuée à l'aide du logiciel **AUTOCAD**, en superposant le plan digitalisé et les courbes de niveau. Ce qui a permis de déterminer les paramètres essentiels qui caractérisent les bassins :

- Pente moyenne en %;
- Superficie en ha;
- Coefficient de imperméabilisation en %;

Le coefficient de ruissellement peut être assimiler pour un milieu urbain au coefficient d'imperméabilisation du bassin versant. Il est par définition le rapport entre le volume de ruissellement et le volume de précipitation. Il mesure les pertes à l'écoulement des eaux dans le

bassin versant. Il peut être calculé par la formule n°5 suivante : $C = \frac{\sum A_{jimp}}{\sum A_j}$ (5)

C = Coefficient de ruissellement

ΣA_{jimp} = Surface imperméabilisée en ha (zones habitées et voies goudronnées).

ΣA_j = Surface totale du bassin considéré en ha.

Le bassin versant de la ville de Thiès couvre une superficie total de **3090 ha** et un périmètre de **28,6 Km.** (voir Figure n°7)

2.4 MODELISATION DU RESEAU

2.4.1 Topographie

En hydraulique urbaine, la topographie apparaît comme un élément fondamental. Sous l'effet de la gravité une goutte d'eau se déplacera d'un point à un autre. Le réseau devra coïncider avec le terrain naturel, si cela n'est pas possible on peut recourir à des stations de relèvements.

L'étude topographie a pour objet de déterminer la position ainsi que les côtes des différents regards. La détermination de la position des points a été faite sur la base de la carte topographique de la ville de Thiès scannée et à l'aide du logiciel **AUTOCAD** on a pu déterminer, avec précision, les coordonnées X et Y et les altitudes Z qui sont présentés dans le **tableau n° 6**.

2.4.2 Calcul des débits élémentaires

Le bassin versant urbain de la ville de Thiès a été découpé en **44** sous bassins (voir Figure n°7)

Le calcul du débit se fait à partir de la formule superficielle de Caquot ajustée pour la station de Thiès (**formule n°4**).

Pour la clarté du document un exemple de calcul est illustré pour le Bassin 1 et le reste des calculs se fera sur le tableur (Excel). Les autres bassins seront présentés dans le **tableau n°7**.

- Exemple de calcul du débit pour le Bassin 1

- ✓ Longueur du tronçon R3-R4, $L = \sqrt{(X_4 - X_3)^2 + (Y_4 - Y_3)^2} = 404 \text{ m.}$

- ✓ Surface du Bassin, $A = 12,9 \text{ ha}$

- ✓ Pente du Tronçon, $I = \frac{Z_3 - Z_4}{L} \times 1000 \text{ (mm/m)} = 12 \text{ mm/m}$

- ✓ Coefficient de ruissellement (**Formule n°5**) $C = \frac{\Sigma A_{jimp}}{\Sigma A_j}$

Dans notre cas, pour le Bassin 1, on prend **C=0,2** car on a une zone non aménagée

Le débit brut est calculé par la **formule n°4** $Q = 1,496xC^{1,156}xI^{0,223}A^{0,823}$

$$Q=0,71m^3/s.$$

Une correction du débit se fera si l'allongement moyen M du bassin est différent de 2. L'allongement est défini comme le rapport de la longueur du plus long cheminement hydraulique (L en hectomètres) à la surface du bassin considéré (A en hectares)

$$M = \frac{L}{\sqrt{A}} = \frac{4,04}{\sqrt{12,9}} = 1,12 \neq 2$$

Donc le débit de pointe doit être corrigé par $m = \left(\frac{M}{2}\right)^{0,7b} = 1,21$

b=-0,47 coefficient de Montana (voir 1.1.2).

$$Q_{\text{corrigés}}=Q_{\text{bruts}} \times m=0,71 \times 1,21=0,86 m^3/s$$

Tous les autres bassins sont calculés suivant le même principe. (Voir **tableau n°7**)

Tableau n° 6: Position des regards

Regards	Coordonnées X (m)	Coordonnées Y (m)	Altitude Z (m)
R6	288 642,73	1 634 673,89	100,83
R4	288 571,82	1 635 732,58	83,00
R3	288 170,33	1 635 777,86	88,07
R5	290 820,63	1 635 526,83	91,00
R38	290 805,46	1 637 573,23	70,00
R39	289 047,39	1 636 369,45	80,00
R40	289 470,72	1 636 347,96	79,00
R41	291 135,53	1 637 176,08	68,21
R42	291 434,82	1 637 535,70	65,28
R43	290 965,97	1 638 398,72	68,90
R1	291145,53	1 638 747,46	67,90
R2	291 839,84	1 637 828,73	65,00
R26	292 452,83	1 636 643,69	73,00
R32	292 993,67	1 638 530,93	59,50
R34	293 118,89	1 638 228,94	60,00
R33	293 472,44	1 639 186,46	57,50
R35	294 584,64	1 638 567,76	57,00
R36	294 407,86	1 639 377,97	55,00
R37	293 700,77	1 639 760,98	51,00
R28	293 428,91	1 637 073,89	65,00
R30	292 662,17	1 637 432,91	62,00
R31	292 710,46	1 637 665,44	62,20
R11	296 305,74	1 636 145,79	52,00
R12	294 995,91	1 635 979,09	63,00
R13	294 400,58	1 636 051,73	68,00
R16	294 533,29	1 635 466,10	68,00
R17	293 869,31	1 634 866,69	74,00
R8	293 667,79	1 634 618,31	75,00
R10	295 697,76	1 635 428,26	61,00
R7	288 737,17	1 634 527,18	101,17
R9	295 534,45	1 634 982,15	62,00
R14	294 418,94	1 636 442,66	67,00
R15	292 486,93	1 635 470,90	84,00
R18	290 986,17	1 635 545,65	90,03
R19	291 428,92	1 635 706,65	88,00
R20	292 360,43	1 635 850,40	81,00
R21	292 136,17	1 635 821,66	83,00
R22	291 699,17	1 635 752,65	86,00
R23	291 693,42	1 637 408,67	63,50
R24	291 923,42	1 636 408,16	78,00
R25	291 848,67	1 636 270,16	80,00
R27	292 780,18	1 636 425,41	74,46
R29	293 705,93	1 636 298,91	72,00

Tableau n°7: Calcul des débits élémentaire

Bassin	Tronçon	Longueur du tronçon (m)	Surface du bassin (ha)	pente du tronçon (mm/m)	Coef. de ruissellement	Débit brut (m3/s)	m	Débit corrigé (m3/s)
Bassin 1	R3-R4	404,04	12,9	12	0,2	0,71	1,21	0,86
Bassin 2	R4-R5	2264,18	200	4	0,3	8,50	1,08	9,15
Bassin3	R4-R6	1095,32	44,9	16	0,2	2,12	1,07	2,26
Bassin 4	R4-R38	3077,28	186,2	4	0,45	12,81	0,96	12,31
Bassin 5	R37-R37-	2839,8	133,6	5	0,2	4,01	0,93	3,75
Bassin 6	R38-R37-	1412,28	85,86	5	0,17	2,31	1,09	2,53
Bassin 7	R38-R39	2414,48	42,8	4	0,42	3,53	0,82	2,88
Bassin 8	R43-R42	1022,11	29,25	4	0,55	3,52	1,02	3,59
Bassin 9	R1-R2	1154,22	80,34	3	0,29	3,62	1,16	4,18
Bassin 10	R2-R26	1477,77	64,7	5	0,3	3,53	1,03	3,63
Bassin 11	R41-R42	756,26	17,5	4	0,31	1,19	1,03	1,23
Bassin 12	R22-R23	2321,88	150	10	0,4	11,48	1,02	11,68
Bassin 13	R23-R24	1247,51	42	12	0,48	5,18	1,01	5,24
Bassin 14	R23-R2	504,16	8,59	3	0,47	1,00	1,05	1,06
Bassin 15	R2-R32	1474,94	83,3	4	0,43	6,27	1,07	6,72
Bassin 16	R32-R33	1090,71	63,9	2	0,51	5,26	1,13	5,96
Bassin 17	R40-R41	1978,48	88	5	0,31	4,72	0,98	4,64
Bassin 18	1-2-1	533,69	11,26	3	0,44	1,16	1,08	1,25
Bassin 19	1-2-4	450,03	6,2	3	0,32	0,49	1,03	0,51
Bassin 20	R25-R27	1088,1	40,19	5	0,5	4,31	1,05	4,53
Bassin 21	R19-R20	1357,16	37,45	5	0,42	3,32	0,97	3,21
Bassin 22	R21-R20	260,78	6,54	8	0,61	1,35	1,25	1,69
Bassin 23	R20-R27	918,74	26,06	7	0,46	2,95	1,04	3,05
Bassin 24	R28-R29	1040,57	43,5	7	0,48	4,72	1,08	5,11
Bassin 25	R8-R18	3579,47	200	4	0,3	8,50	0,93	7,87
Bassin 26	R27-R30	1033,58	38,5	12	0,48	4,82	1,06	5,12
Bassin 27	R31-R32	998,88	43,9	3	0,41	3,28	1,10	3,60
Bassin 28	R34-R33	1579,49	51,1	2	0,53	4,57	0,97	4,43
Bassin 29	R35-R36	870,02	64,35	2	0,35	3,42	1,22	4,19
Bassin 30	R28-R36	3073,47	178,7	3	0,4	10,13	0,96	9,68
Bassin 31	R27-R28	1009,21	30,35	9	0,4	3,01	1,03	3,10
Bassin 32	1-2-2	851,57	19,8	3	0,47	2,00	1,01	2,03
Bassin 33	4-1	342,86	13,86	3	0,5	1,60	1,29	2,06
Bassin 34	3-2	279,87	6,79	3	0,51	0,91	1,23	1,12
Bassin 35	R17-R16	1301,26	49,37	5	0,57	5,93	1,03	6,09
Bassin 36	R16-R9	1095,45	46,43	5	0,4	3,75	1,07	4,02
Bassin 37	R15-R14	2634,54	116,27	6	0,43	9,03	0,94	8,45
Bassin 38	R13-R12	822,86	24,27	6	0,36	2,03	1,06	2,15
Bassin 39	R14-R12	736,82	29,6	5	0,27	1,64	1,14	1,87
Bassin 40	R10-R12	898,63	50,39	2	0,2	1,47	1,16	1,70
Bassin 41	R7-R8	5051,84	200	5	0,2	5,59	0,83	4,62
Bassin 42	R9-R8	1925,29	111,1	7	0,2	3,72	1,03	3,83
Bassin 43	R9-R10	486,33	30,47	2	0,2	0,97	1,31	1,27
Bassin 44	R10-R11	845,47	26,8	11	0,2	1,27	1,07	1,36

2.4.3 Groupement des bassins versants

La formule superficielle de Caquot est valable pour un bassin de caractéristiques physiques homogènes. L'application du modèle à un groupement de sous bassins hétérogènes de paramètres individuels A_j , C_j , I_j , L_j , nécessite l'emploi de formules d'équivalence.

Ces formules diffèrent selon que les bassins constituant le groupement soit en « série » ou en « parallèle » (figure n°6 et Tableau n°8).

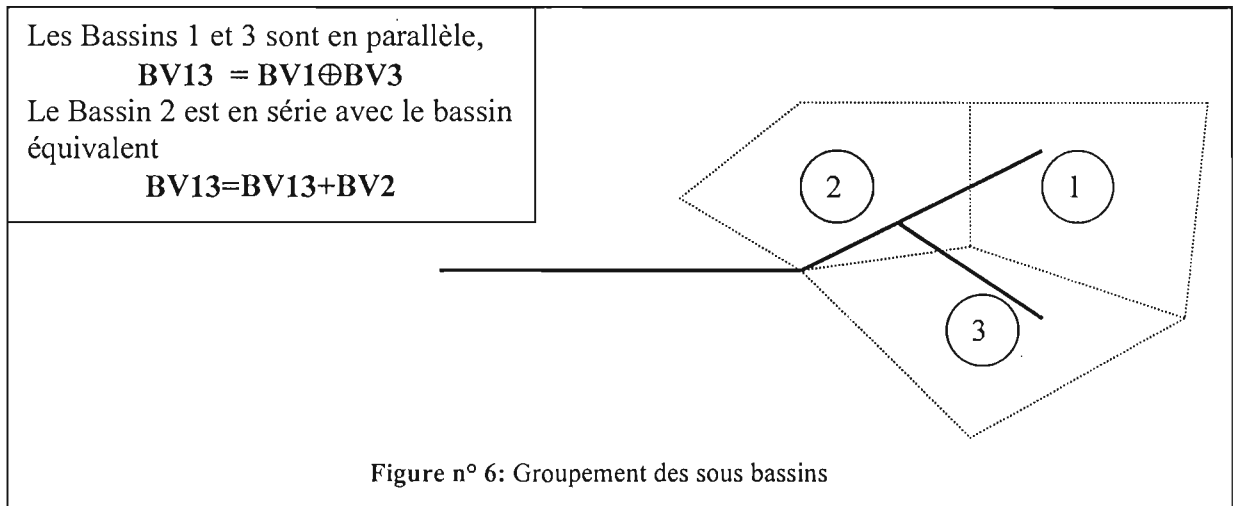


Tableau n° 8 : Formules pour le groupement des bassins élémentaires

Bassin	Surface équivalente A_{eq}	Pente équivalente I_{eq}	Coefficient d'imperméabilisation C_{eq}	Allongement M
Séries	$\sum A_i$	$\left(\frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{I_i}}} \right)^2$	$\frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i}$	$\frac{L_j}{\sqrt{A_j}}$
Parallèles	$\sum A_i$	$\left(\frac{\sum I Q_{pi}}{\sum Q_{pi}} \right)$	$\frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i}$	$\frac{L(Q_{p \max})}{\sqrt{A_j}}$

Il y a certaines règles à respecter lors du groupement des bassins versants :

- Pour les bassins en séries, il peut arriver que le débit pour le bassin versant équivalent soit inférieur au maximum des débits élémentaires des sous bassins ; dans ce cas le débit équivalent sera le débit maximum des bassins élémentaires.
- Pour les bassins en parallèles, il peut arriver que le débit pour le bassin versant équivalent soit supérieure à la somme des débits des bassins élémentaires; dans ce cas le débit équivalent sera la somme des débits des bassins élémentaires.

On procède à un groupement des sous bassins, en série ou en parallèle, puis on calcul les nouveaux paramètres d'équivalence pour ensuite calculer le débit.

Tableau n° 9 : Groupement des bassins élémentaire

Bassins	Groupement	Surface (ha)	Pente (mm/m)	C	Débit (m ³ /s)
BV1,BV2,BV3	Parallèle	257,8	5	0,28	10,00
BV4 et (BV1,BV2,BV3)	Séries	444	4	0,35	19,93
(BV4,BV1,BV2,BV3) et BV7	Parallèle	486,80	4	0,36	21,29
(BV4,BV1,BV2,BV3,BV7) et BV6	Séries	572,66	4	0,33	22,42
(BV4,BV1,BV2,BV3,BV7,BV6) et BV5	Séries	706,26	4	0,30	24,71
BV11,BV12,BV13	Parallèle	209,50	5	0,41	13,22
(BV11,BV12,BV13) et BV14	Séries	218,09	4	0,41	13,46
BV9 et BV10	Parallèle	145,04	3	0,29	5,86
(BV9,BV10) et ((BV11,BV12,BV13,BV14)	Séries	363,13	3	0,36	16,82
(BV9,BV10,BV11,BV12,BV13,BV14) et BV15	Séries	446,43	3	0,37	20,17
(BV9,BV10,BV11,BV12,BV13,BV14,BV15) et BV16	Séries	510,33	3	0,39	22,81
BV21, BV22	Parallèle	43,99	5	0,45	4,13
(BV21, BV22) et BV23	Séries	70,05	6	0,45	6,26
(BV21, BV22,BV23) et BV20	Parallèle	110,24	4	0,47	8,61
(BV21, BV22,BV23,BV20) et BV31	Séries	140,59	5	0,45	9,78
(BV21, BV22,BV23,BV20, BV31) et BV24	Parallèle	184,09	4	0,46	12,19

Tableau n° 9 : Groupement des bassins élémentaire (suite)

Bassins	Groupement	Surface (ha)	Pente (mm/m)	C	Débit (m ³ /s)
(BV21, BV22,BV23,BV20, BV31,BV24) et BV30	Séries	362,79	3	0,43	17,21
(BV21, BV22,BV23,BV20) et BV26	Séries	148,74	5	0,46	10,64
BV32 et BV19	Parallèle	26,00	6	0,42	1,71
(BV21, BV22,BV23,BV20, BV26) et (BV32,BV19)	Séries	174,74	5	0,45	10,64
(BV21, BV22,BV23,BV20, BV26,BV32,BV19) et BV18	Parallèle	186,00	5	0,45	9,84
(BV21, BV22,BV23,BV20, BV26,BV32,BV19, BV18) et BV27	Séries	229,9	5	0,44	12,78
BV35 et BV33	Parallèle	63,23	2	0,55	6,22
(BV35,BV33) et BV36	Séries	109,66	3	0,49	8,07
BV37 et BV34	Parallèle	123,06	6	0,43	8,95
(BV37,BV34) et BV39	Séries	152,66	6	0,40	9,46
(BV37,BV34,BV39) et BV38	Parallèle	176,93	6	0,39	10,51
(BV37,BV34,BV39,BV38) et BV40	Séries	227,32	5	0,35	11,39
BV25 et BV41	Parallèle	400,00	3	0,25	10,85
(BV25,BV41) et BV42	Séries	511,10	4	0,24	12,04
(BV25, BV41,BV42) et (BV35,BV33,BV36)	Parallèle	620,76	3	0,28	16,72
(BV25,BV41,BV42,BV35,BV33,BV36) et BV43	Séries	651,23	3	0,28	16,79
(BV25,BV41,BV42,BV35,BV33,BV36,BV43) et (BV37,BV34,BV39,BV38,BV40)	Parallèle	878,55	3	0,29	23,58
(BV25,BV41,BV42,BV35,BV33,BV36,BV43, BV37,BV34,BV39,BV38,BV40) et BV44	Séries	905,35	3	0,29	25,92

2.5 DETERMINATION DE LA SECTION DES CONDUITES

Ayant pour chaque tronçon les débits précédemment calculés, on déduit la géométrie des canalisations par la formule de **MANNING STRICKLER**, formule n°6.

$$Q = K \times S \times R^{2/3} \times I^{1/2} \text{ (m}^3\text{/s) (6)}$$

Avec :

Q : Débit dans les canalisations (m³/s)

R : Rayon hydraulique moyen (Rapport entre la section d'écoulement en m² et le périmètre mouillé en m : $R=S/P$)

I : Pente de la canalisation en m/m.

K : Coefficient de perte de charge de la canalisation ($70 < K < 110$), on adopte pour un caniveau en béton **K=70**.

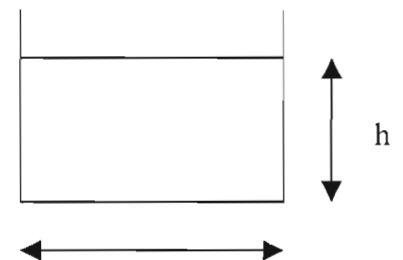
En effet le coefficient de Manning dépend de la nature de revêtement du caniveau. Ses valeurs usuelles sont données dans le tableau n°10 ci-dessous :

Tableau n°10 : Valeurs de coefficient de Manning

Nature du caniveau	Coeff de Manning K
En béton	70
En maçonnerie	50
En terre (argile)	30
En gros cailloux	25

Les canaux d'eau pluviale seront à ciel ouvert avec une section rectangulaire de largeur l et hauteur h .

On choisit une largeur l et on détermine à partir de la formule de **MANNING STRICKLER**, formule n°6 la hauteur du remplissage h .



Lors du choix de la section du canal, il faut tenir compte d'une hauteur maximale de remplissage de **2,50m**, car au-delà de cette hauteur l'entretien devient plus difficile.

L'évacuation par gravité des eaux nécessite le maintien de vitesses d'écoulement suffisantes pour éviter toute déposition de matières solides, la vitesse minimale ne devra pas atteindre 0,9m/s.

La corrosion du béton peut commencer par des phénomènes d'abrasion par les sables, c'est pourquoi qu'il est recommandé de ne pas dépasser une vitesse de **4 m/s** pour le débit pluvial maximal.

Ainsi pour chaque tronçon on calcul la section et on vérifie la vitesse $V=Q/S$, les résultats de calcul sont présenté dans le tableau n°11.

Tableau n°11 : Dimensionnement des collecteurs eaux pluviales

Tronçon	Débits corrigés (m ³ /s)	Longueur du tronçon (m)	pente du tronçon (mm/m)	Largeur (m)	Hauteur de remplissage (m)	Vitesse (m/s)
R3-R4	0,86	404,04	12	1,00	0,55	1,54
R4-R5	9,15	2264,18	4	2,00	1,55	2,96
R4-R6	2,26	1095,32	16	1,00	0,80	2,83
R4-R38	12,31	3077,28	4	2,50	2,00	3,84
R37-R37-1	3,75	2839,8	4	3,00	2,00	3,96
R38-R37-1	2,53	1412,28	4	3,00	2,00	3,72
R38-R39	2,88	2414,48	4	1,00	1,22	2,36
R43-R42	3,59	1022,11	4	1,00	1,36	2,63
R1-R2	4,18	1154,22	3	1,00	1,59	2,63
R2-R26	3,63	1477,77	5	1,00	1,30	2,80
R41-R42	1,23	756,26	4	1,00	0,81	1,51
R22-R23	11,68	2321,88	10	3,00	1,13	3,45
R23-R24	5,24	1247,51	12	1,50	1,02	3,42
R23-R2	1,06	504,16	2	2,00	2,00	3,55
R2-R32	6,72	1474,94	3	2,00	3,00	3,36
R32-R33	5,96	1090,71	3	2,00	3,00	3,80
R40-R41	4,64	1978,48	5	1,00	1,47	3,16
1-2-1	1,25	533,69	3	1,00	0,87	1,43
1-2-4	0,51	450,03	3	1,00	0,59	0,86
R25-R27	4,53	1088,1	5	1,00	1,45	3,12
R19-R20	3,21	1357,16	5	1,00	1,22	2,64
R21-R20	1,69	260,78	8	1,00	0,80	2,11
R20-R27	3,05	918,74	6	1,00	2,00	3,13
R28-R29	5,11	1040,57	7	1,00	1,42	3,61
R8-R18	7,87	3579,47	4	1,00	2,06	3,81
R27-R30	5,12	1033,58	5	2,00	1,60	3,33
R31-R32	3,60	998,88	5	2,00	1,80	3,55
R34-R33	4,43	1579,49	2	1,00	1,82	2,43
R35-R36	4,19	870,02	2	1,00	1,77	2,36
R28-R36	9,68	3073,47	3	2,00	2,40	3,60
R27-R28	3,10	1009,21	5	2,00	1,50	3,26
1-2-2	2,03	851,57	3	1,00	1,10	1,84
4-1	2,06	342,86	3	1,00	1,11	1,86
3-2	1,12	279,87	3	1,00	0,83	1,35
R17-R16	6,09	1301,26	5	1,00	1,69	3,59
R16-R9	4,02	1095,45	3	1,05	1,80	3,00
R15-R14	8,45	2634,54	6	1,50	1,55	3,64
R13-R12	2,15	822,86	6	1,00	0,96	2,25
R14-R12	1,87	736,82	6	1,50	1,80	3,50
R10-R12	1,70	898,63	5	2,00	1,65	3,48
R7-R8	4,62	5051,84	5	1,00	1,47	3,15
R9-R8	3,83	1925,29	3	2,00	1,80	3,00
R9-R10	1,27	486,33	3	2,00	2,30	3,63
R10-R11	1,36	845,47	3	2,60	2,50	3,99



Figure n° 7: Réseau d'évacuation des eaux pluviales pour la ville de Thiès

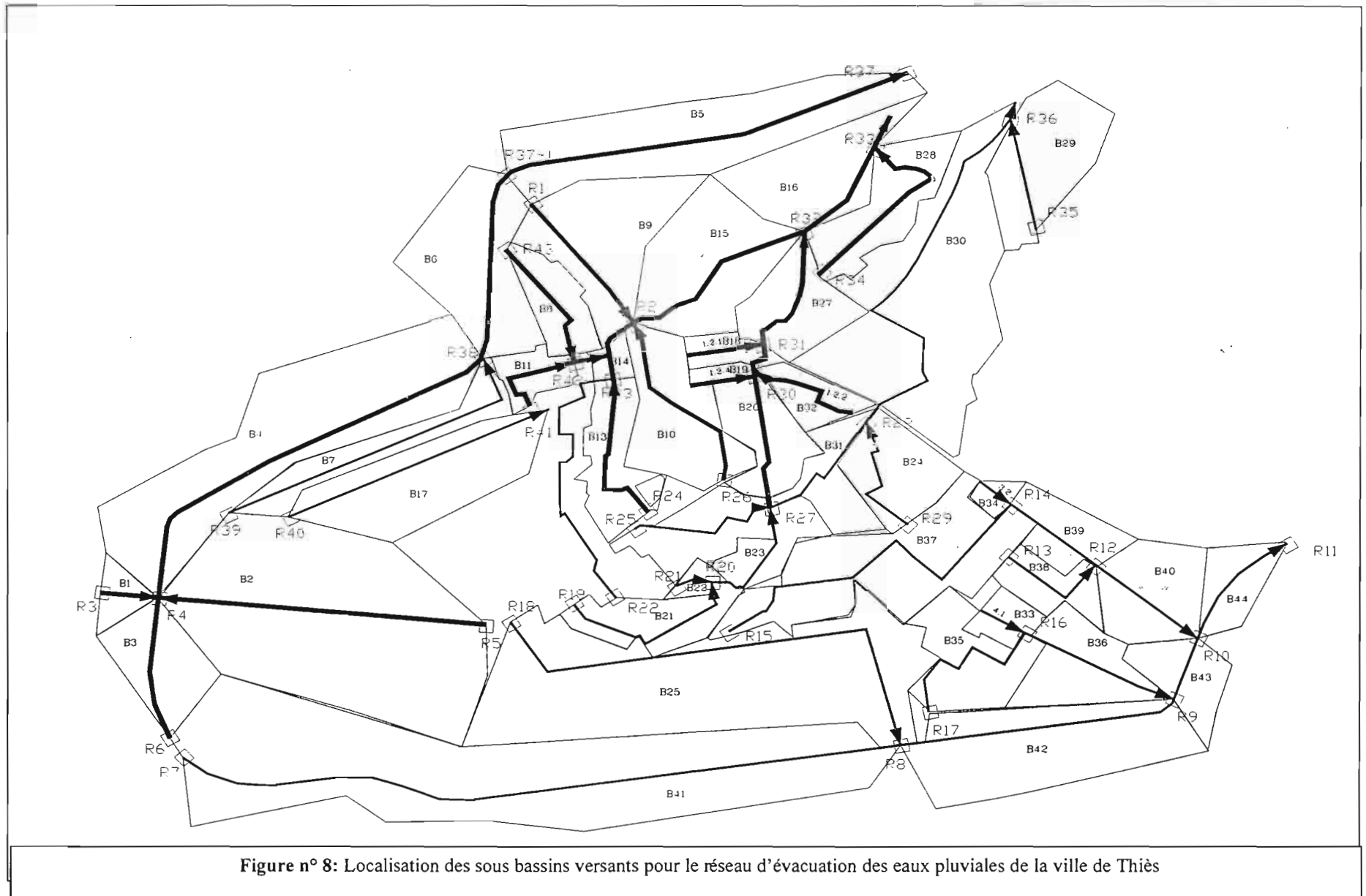


Figure n° 8: Localisation des sous bassins versants pour le réseau d'évacuation des eaux pluviales de la ville de Thiès

Ainsi l'évacuation des eaux pluviales sera assurée superficiellement via des canaux à ciel ouvert. Ces canaux auront une section rectangulaire et seront revêtus en béton. Le Schéma du réseau projeté, ainsi que la délimitation des bassins versants d'eaux pluviales correspondants, sont donnés aux figures n° 7 et n°8.

L'étape suivante consiste à dimensionner le réseau des eaux usées.

CHAPITRE II : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DES EAUX USEES

1. CALCUL DES DEBITS D'EAUX USEES

Le débit des eaux usées est évalué sur la base des consommations d'eau globales, de l'agglomération ou du secteur industriel, recensées au jour de la plus forte consommation.

1.1 CONSOMMATION D'EAU POTABLE DE LA POPULATION

L'égout sanitaire est conçu pour transporter les eaux usées d'origine domestiques, les eaux provenant des commerces, des industries et des établissements. Pour le dimensionnement du réseau d'eaux usées de la ville de Thiès, un travail préalable sera fait qui consiste à évaluer successivement les débits de toutes ces eaux précitées.

Pour évaluer les débits d'eaux usées on partira de la consommation d'eau potable de la population.

Les variations de la consommation d'eau pour l'année **2004** sont données par le tableau n°12

Tableau n°12 : Consommation d'eau potable de la population de la ville de Thiès pour l'année 2004

	Nombre d'abonnés	Janvier et Février (m ³)	Mars et Avril (m ³)	Mai et Juin (m ³)	Juillet et août (m ³)	Septembre et octobre (m ³)	Novembre et décembre (m ³)	Total 2004 (m ³)
Petite consommation	53 761	1 295 505	1 286 229	1 290 402	1 394 007	1 373 905	1 417 080	8 057 128
Gros consommation	1 522	617 478	639 496	614 648	477 428	444 076	575 759	3 368 885
Administrations et Cessions	489	273 415	249 505	282 134	219 093	273 006	308 631	64 522

Source : SDE

On remarque que la consommation d'eau potable est très importante pour la ville de Thiès. On pourra estimer le rejet d'eaux usées à **200l/hab/jour**

1.2 DENSITE DE LA POPULATION

La prise en compte de la densité de la population est très importante en matière d'assainissement. La ville de Thiès est située dans une région attractive et connaît une forte croissance démographique.

En effet, les quartiers de Escale, Som, Nguinth et Médina Fall ont une densité de moins de 50 habitant par hectare alors que dans d'autres quartiers quatre fois peuplé on a des densités qui dépassent les **200 habitants/ha** (Randoulène Sud, Randoulène Nord, Mbambara) (voir tableau n°13)

Tableau n°13: Population et densité par quartier

Quartiers	Population en 1998	Superficie en ha	Densité par ha
Takhikao	23 305	198	118
Nguinth	8 720	182	48
Médina Fall	20 001	477	42
Champ de Course	21 175	317	67
Thialy	5 346	54	99
Keur Ablaye	16 344	91	180
Diakhao	19 583	126	155
Diamaguène	18 396	166	111
DVF	20 645	142	145
Cité lamy	30 932	314	99
Escalé	11 6729	205	57
Mbambara	6 729	25	269
Randoulène Nord	10 657	43	248
Randoulène Sud	16 362	68	241
Som	24 012	527	46
Total	253 831	2 935	86

Source Audit urbain, organisationnel et financier de la ville de Thiès, ADM 1998

La zone étudiée pour le calcul des eaux usées (Figure n°9) occupe une superficie de **225 ha** avec une population desservie de **33 000 habitants**, donc on pourra tenir dans les calculs, une densité de **147 habitant par hectare**.

1.3 DEBITS D'EAUX USEES DOMESTIQUES

Le débit des eaux usées desservies par habitant et par jour de la population est estimé à **200l/hab/j**.

Cependant, il faut noter que ce débit subit des variations selon les heures de la journée. Le calcul des débits de rejet se fera en tenant compte des facteurs de pointe relatifs aux débits journaliers.

Le coefficient de pointe P sera calculé par la formule suivante :

$$p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{q_m}} \quad (7)$$

Avec : q_m est le débit moyen journalier des rejets exprimé en litres par seconde.

Le facteur de pointe doit être inférieure à 4, si on trouve que $P > 4$ le facteur de pointe sera égal à 4.

1.4 DEBITS D'EAUX USEES INDUSTRIELLES

De par leur nature, les eaux usées d'origine industrielle sont souvent différentes de celles en provenance des agglomérations. Lorsqu'il s'agit d'évaluer les débits d'eaux usées industrielles, il convient de distinguer les industries existantes et les industries qui viendront s'installer.

Dans notre cas, et pour la zone étudiée on ne tient pas compte des débits d'eaux usées industrielles.

2. DETERMINATION DE LA SECTION DES CONDUITES

Les sections des conduites seront circulaires, connaissant en chaque point les débits à évacuer et la pente des ouvrages, le diamètre se déduira de la formule d'écoulement de MANNING STRICKLER formule n°6.

Le rayon hydraulique est défini comme étant la section mouillée sur le périmètre mouillé. Pour le cas des conduites circulaires le rayon hydraulique est le quart du diamètre $D/4$, on en déduit la formule (8) suivante.

$$D = \left(\frac{4^{5/3} Qn}{K\pi I^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (8).$$

Le coefficient de Manning Strickler k dépend de la nature du matériau. Pour une conduite en PVC on prend $K=100$.

Pour les petits diamètres, les produits à grande inertie chimique et aux joints souples, tel que le PVC, sont les plus utilisés. Aussi, dans notre cas, où les débits d'eaux usées sont modérés, des collecteurs en PVC seront les plus commodes et les plus pratiques.

De ce qui précède, et sur la base des hypothèses et formules de dimensionnement émises antérieurement, il a été procédé au dimensionnement du réseau d'eaux usées. Les résultats détaillés de calcul figurent dans le tableau 13

Ci-dessous on présentera un exemple de calcul pour le tronçon 0.7-1

Exemple de calcul:

Tronçon 0. 7-1

Superficie du bassin = 0,72 ha, Longueur du tronçon = 118 m,

• **Calcul de la pente**

La pente I de la conduite est obtenue en calculant la dénivelée rapportée à la longueur de la conduite. $I = \frac{Z_2 - Z_1}{L}$. Z_1 et Z_2 sont les côtes de début et de fin de la conduite.

$$I = 0,013\text{m/m.}$$

• **Calcul du débit**

On a estimé le rejet d'eaux usées à **200l/hab/jour** pour une densité moyenne de 147Habitant par hectare et une superficie du bassin de 0,72 ha. On aura l'expression du débit :

$$Q = 200 \times 147 \times 0,72 / (24 \times 60 \times 60) = 0,245\text{l/s}$$

On calcule le facteur de pointe à partir de la formule (7)

$$p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{q_m}} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{0,245}} = 6,55$$

On trouve que le facteur de pointe est supérieur à 4 donc on prend la valeur de 4
D'où le débit de pointe sera : **Débit (l/s)=0,245x4=0,98l/s.**

• **Calcul du diamètre des conduits.**

La formule (8) permet de calculer le diamètre pour une section circulaire

$$\text{Calcul du diamètre} = D = \left(\frac{4^{5/3} Qn}{K\pi I^{1/2}} \right)^{3/8} = \left(\frac{4^{5/3} 0,98 / 1000}{100\pi \sqrt{0,013}} \right)^{3/8} = 46\text{mm}$$

Pour les collecteurs, Il est recommandé de ne jamais descendre en dessous d'une canalisation d'un diamètre de 200mm. Et puisque les collecteurs existants ont un diamètre de 250 mm, on prendra un diamètre de **250mm**.

Calcul de la capacité maximale de la conduite

On appelle capacité maximale d'une conduite le débit qui traverse cette conduite si l'écoulement s'effectue à section pleine.

Donc on calcul le débit pour un diamètre de 250 mm à partir de la formule de **MANNING STRICKLER** formule n°6

$$Q = K \times S \times R^{2/3} \times I^{1/2} = (100 \times \frac{\pi \times 0,25^2}{4} \times \left(\frac{0,25}{4}\right)^{2/3} \sqrt{0,013}) \times 1000 = 88l/s$$

Ainsi le débit est largement inférieur aux capacités maximales des conduites. En effet le taux de raccordement des populations au réseau est assez faible de même que les rejets des populations connectées.

Toutes les autres conduites seront calculées suivant le même principe (Voir Tableau n°14).

Il est nécessaire d'assurer une vitesse minimale d'écoulement des eaux usées pour éviter la décantation des sables et autres sédiments. Ainsi, pour éviter la formation d'hydrogène sulfuré.

La vitesse minimale à maintenir dans les canalisations est fixée à 0.5 m/s. Au cas où cette vitesse minimale ne pourrait être respectée, il s'agira de prévoir des dispositifs de curage automatiques ou manuels (chasse ou curage systématique).

La vitesse d'écoulement maximale est fixée à 5 m/s.

Le Schéma du réseau projeté, ainsi que la délimitation des bassins versants d'eaux usées correspondants sont donnés dans la figure n°9.

Tableau n°14: Dimensionnement des collecteurs eaux usées

Tronçon	Cote radier amont	Cote radier aval	Superficie du bassin (ha)	Longueur (ml)	Pente (m/m)	Débit total (l/s)	Section retenue (mm)	Débit à pleine section (l/s)	Vitesse à pleine section (m/s)
0.7-1	62,90	61,36	0,72	118,00	0,013	0,98	250	88,32	1,80
0.7-2	62,90	62,00	1,30	127,00	0,007	1,77	250	65,08	1,33
0.7-3	62,30	62,00	0,63	95,00	0,003	0,86	250	43,44	0,89
0.7-4	62,90	62,50	0,62	60,00	0,007	0,84	250	63,12	1,29
0.7-5	62,90	60,34	0,61	95,00	0,027	0,83	250	126,91	2,59
0.7-6	63,60	62,80	0,87	125,00	0,006	1,18	250	61,85	1,26
0.7-7.1	63,40	63,00	0,26	60,00	0,007	0,35	250	63,12	1,29
0.7-7.2	63,80	63,00	1,07	166,00	0,005	1,46	250	53,67	1,09
0.7-7	63,00	62,80	0,63	70,00	0,003	0,86	250	41,32	0,84
0.7-8	63,90	63,20	0,97	136,00	0,005	1,32	250	55,46	1,13
0.7-9	63,40	63,20	0,53	132,00	0,002	0,72	250	30,09	0,61
0.7-10	64,20	63,70	1,10	136,00	0,004	1,50	250	46,87	0,95
0.7-11	64,10	63,70	0,97	115,00	0,003	1,32	250	45,59	0,93
0.1	61,20	60,00	1,96	260,00	0,005	2,67	250	52,52	1,07
0.2	63,80	61,81	0,33	72,00	0,028	0,45	250	128,52	2,62
0.3.1	62,30	61,10	0,25	74,00	0,016	0,34	250	98,45	2,01
0.3.2	61,20	59,77	1,25	132,00	0,011	1,70	250	80,46	1,64
0.3	61,10	58,48	0,27	68,00	0,039	0,37	250	151,75	3,09
0.4	62,00	60,00	0,18	40,00	0,050	0,25	250	172,87	3,52
0.5	62,00	59,03	0,88	91,00	0,033	1,20	250	139,66	2,85
0.6	61,80	59,51	0,37	85,00	0,027	0,50	250	126,89	2,59
2.1	63,20	62,80	0,73	95,00	0,004	0,99	250	50,16	1,02
2.2	62,60	60,52	0,66	95,00	0,022	0,90	250	114,39	2,33
2.3	63,00	60,52	0,58	95,00	0,026	0,79	250	124,91	2,54
2.4	64,40	61,04	1,93	302,00	0,011	2,63	250	81,54	1,66
2.5	65,20	64,10	1,80	254,00	0,004	2,45	250	50,87	1,04
2.6	64,10	61,66	1,22	174,00	0,014	1,66	250	91,55	1,86
0.6.1	65,20	64,10	0,59	116,00	0,009	0,80	250	75,28	1,53
0.6.1.1	63,52	61,74	0,79	120,00	0,015	1,08	250	94,15	1,92
0.6.1.2	63,40	61,74	0,94	120,00	0,014	1,28	250	90,93	1,85
0.6.1.3	64,08	63,70	0,70	120,00	0,003	0,95	250	43,50	0,89
0.6.1.4	63,80	62,18	0,94	140,00	0,012	1,28	250	83,16	1,69
0.6.1.5	64,73	63,80	0,77	120,00	0,008	1,05	250	68,06	1,39
0.6.1.6	64,80	63,80	1,20	210,00	0,005	1,63	250	53,35	1,09
0.6.1.7	65,30	65,00	0,97	113,00	0,003	1,32	250	39,83	0,81
0.6.1.8	65,40	64,70	1,30	213,00	0,003	1,77	250	44,32	0,90
1.1	69,30	67,90	0,88	150,00	0,009	1,20	250	74,69	1,52
1.2	70,30	68,40	0,90	185,00	0,010	1,23	250	78,35	1,60
1.3	71,30	70,20	1,31	235,00	0,005	1,78	250	52,89	1,08
1.4	71,50	71,10	0,83	109,00	0,004	1,13	250	46,83	0,95
1.5	74,00	70,90	2,30	330,00	0,009	3,13	250	74,93	1,53
1.6	72,20	68,68	0,87	250,00	0,014	1,18	250	91,73	1,87
1.7	73,20	71,60	0,77	70,00	0,023	1,05	250	116,88	2,38
1.8	72,40	70,50	0,12	35,00	0,054	0,16	250	180,12	3,67
1.9	73,70	71,10	0,31	86,00	0,030	0,42	250	134,42	2,74

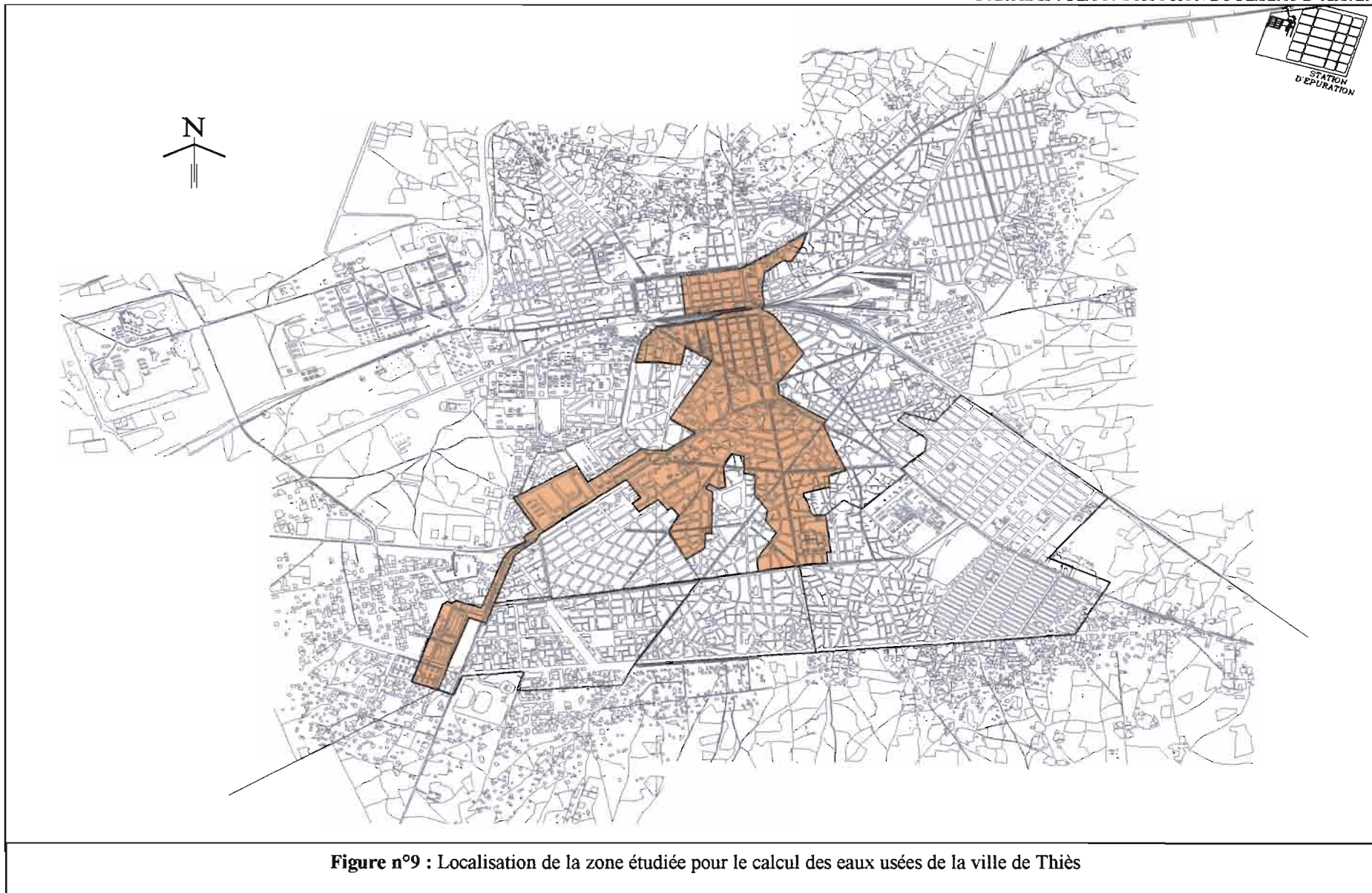


Figure n°9 : Localisation de la zone étudiée pour le calcul des eaux usées de la ville de Thiès

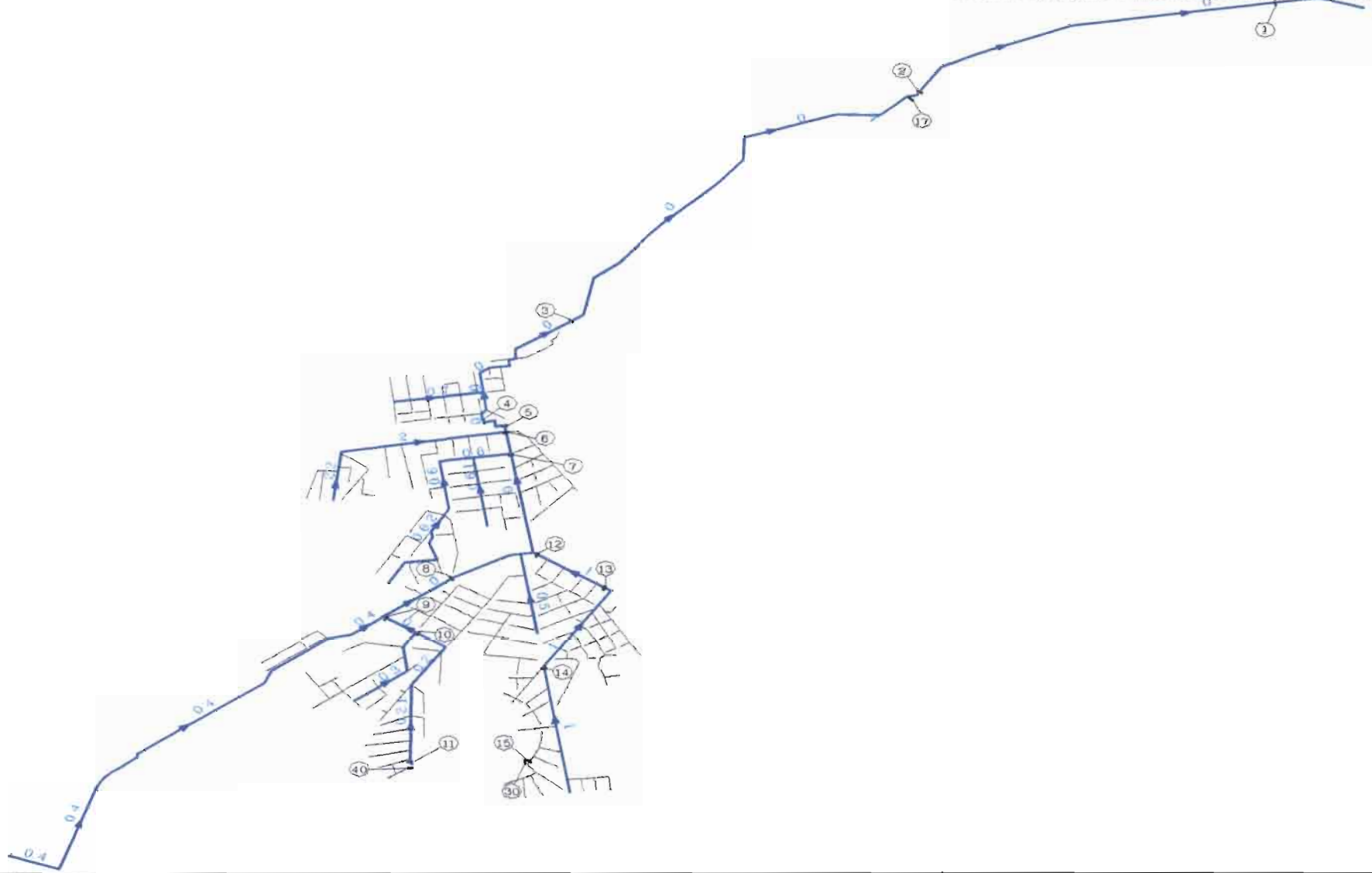


Figure n°10 : Schéma du réseau d'assainissement des eaux usées de la ville de Thiès

CONCLUSION

L'étude du réseau d'assainissement de la ville de Thiès avait pour but le dimensionnement des collecteurs eaux usées et eaux pluviales, La détermination de la section des conduites ainsi que leur caractéristiques géométriques.

Pour pouvoir maîtriser le fonctionnement de ce réseau et l'exploiter d'une manière plus efficace et aussi pouvoir diffuser les informations afin d'effectuer une synthèse des données qui seront facilement assimilable, une application S.I.G intégrant l'ensemble des éléments du réseau étudié sera réalisé dans la prochaine partie.

**PARTIE III : CONCEPTION DU SYSTEME D'INFORMATION
GEOGRAPHIQUE**

PARTIE III : Conception du SIG

Ce projet vise à développer un système d'information géographique qui a pour objectif la modélisation du réseau d'assainissement de la ville de Thiès, réseau eaux usées et réseau eaux pluviales.

INTRODUCTION

Les SIG (Systèmes d'Informations Géographiques) sont devenus très performants, grâce aux progrès effectués sur les logiciels et sur les matériels, Ils permettent de traiter rapidement et efficacement des volumes importants de données. Le développement d'applications utilisant l'information géographique a pris un essor considérable grâce d'une part à la disponibilité de données de référence et d'autre part aux performances des systèmes informatiques. Grâce à cet essor, les SIG prennent une place de plus en plus importante dans les systèmes d'information globaux et sont de plus en plus présents dans de nombreux métiers.

1.GENERALITES SUR LES SIG

Le SIG est un système d'information qui met à la disposition des utilisateurs des renseignements et offre des outils facilitant leur gestion et leur visualisation. Son but est de rassembler, traiter et mettre à disposition de l'information. Les performances de ces systèmes viennent de leur capacité à mélanger des renseignements attributaires ou qualitatifs avec des données géographiques. Ainsi des analyses territoriales peuvent être réalisées en tenant compte de données liées à la géographie.

Généralement le SIG distingue deux types de données : les données spatiales et les données thématiques conservées dans des tableaux spécialisés. Ces deux données sont reliées par un lien physique ou relationnel.

2. ETAPES DE REALISATION D'UN SIG

Le SIG intègre un ensemble de processus en interaction partant de la réalité pour aboutir à la décision et gestion, ses différentes étapes de réalisation sont résumées comme suit :

- La première étape consiste à **rassembler les données** à travers des mesures et d'observations ;
- La phase suivante est celle de la **modélisation** qui consiste à organiser et structurer les données initiales dans une base de données ;

- **L'analyse spatiale** consiste à exploiter le modèle de données et à les traiter (indices statistiques, calculs, cartes thématiques) et requêtes ;
- **La simulation** des différents variables d'aménagement se fait en fonction de l'analyse spatiale des données et au moyen de carte de synthèse et a pour but de produire une information significative.

En définitive, les techniques de modélisation et de simulation simplifient la réalité et effectuent une synthèse des données initiales qui seront facilement assimilable par les individus qui doivent prendre une décision.

3. LOGICIELS SIG

Les logiciels SIG sont utilisés pour intégrer, gérer et diffuser des données à référence spatiale. Une des applications principales de ces logiciels est de permettre une représentation cartographique de territoires, ils permettent de stocker les géométries des objets et leurs attributs graphiques en plus des attributs descriptifs.

Parmi les logiciels utilisés dans le SIG on cite :

- **ArcView** : Logiciel de la compagnie ESRI (Environnemental Systemes Reseach Institute), Ce logiciel est très répandu sur le marché.
- **AVS** : AVS est un logiciel développé par la compagnie AVS. Ce n'est pas a proprement dit un SIG mais c'est un logiciel permettant le développement des outils de visualisation. Ce logiciel possède certaines fonctions identiques à celles de logiciels SIG (requêtes, visualisation, etc.).
- **GeoMedia Pro.** : Logiciel de la compagnie Intergraph. GeoMedia est un SIG offrant des fonctions avancées.
- **MapInfo** : Logiciel de la compagnie MapInfo, il est largement répandu sur le marché et utilisé dans de nombreux domaines.

Face aux possibilités des différents logiciels SIG, il a été choisit pour cette étude le logiciel

ArcView version 8.1

La société ESRI, productrice de **ArcView 3.2**, a mis au point un nouveau logiciel nommé **Arcview 8.1**, ce nouveau logiciel, a été mis sur le marché en 2001.

3.1 PRESENTATION DE ARCVIEW

Le logiciel ArcView a été lancé par ESRI. C'est un logiciel SIG qui combinait l'affichage d'entités géographiques (points, lignes ou polygones) avec des outils de gestion de base de données pour assigner des attributs à ces entités. La gamme de SIG ESRI s'appelle "ARCGIS" et peut se décomposer en trois "versions" ArcView, ArcEditor et ArcInfo

Chacune des 3 "versions" fonctionne avec trois applications ArcCatalog, ArcMap et ArcToolBox.

- **ArcMap** : qui permet de créer des cartes et faire des analyses spatiales.
- **ArcCatalog**: qui permet de visualiser rapidement les jeux de données, d'effectuer la gestion des fichiers et de les décrire à l'aide de métadonnées.
- **ArcToolbox** : qui permet d'effectuer des transferts de format et de projection.

3.2 FORMAT ET STRUCTURATION DES DONNEES SUR ARCVIEW

Les formats de données des logiciels ESRI sont : le format Shapefile et la Geodatabase.

Le format Shapefile est composé de plusieurs fichiers ayant les extensions suivantes :

- **Shp** - Géométrie
- **Dbf** – Données descriptives
- **Shx** – Index de la géométrie
- **Sbn** ou **Sbx** – Index spatiaux
- **Ain** ou **Aih** – Index des attributs descriptifs
- **Prj** – Paramètres du système de coordonnées

Les **géodatabases** sont des bases de données relationnelles qui contiennent des informations géographiques permettant la gestion des données descriptives et géométriques. On peut définir la géodatabase par une collection de jeux de classes d'entités ("Feature DataSet"), de classes d'entités ("Feature Class") de tables et de rasters. C'est un ensemble de classes d'entités stockées avec la même référence spatiale et ayant des relations topologiques entre elles.

- **Classes d'entités (Feature Class)** : Les classes d'entités stockent les objets représentant des entités spatiales (c'est un ensemble homogène d'entités). Toutes les entités d'une même classe ont la même géométrie (point, polyligne, polygone ...) et les mêmes attributs. Ces attributs sont stockés dans la table de la classe d'entité.

- **Table** : Les tables stockent les objets représentant des entités non spatiales.
- **Géométrie** : La géométrie d'une entité est stockée dans un attribut "shape" dans la table relationnelle.

Les entités d'une géodatabase peuvent être de 4 types : **Point, multipoint, polyligne et polygone.**

4. ENVIRONNEMENT DU DEVELOPPEMENT DE L'APPLICATION

Le logiciel **ArcView 8.1** permet de développer une application avec les langages les plus courants comme Microsoft Visual Basic for Applications (**VBA**).

En effet, Le logiciel Arcview 8.1 est construit selon la nouvelle technologie **Component Object Model (COM)** : C'est une librairie d'objet qui permet une plus grande souplesse de développement en introduisant la notion de composants (par exemple les commandes Active X).

VBA associé à ArcView 8.1 et sa technologie COM fonctionne de la même manière qu'un langage orienté-objet : c'est un ensemble d'objets distincts, constitués eux-mêmes d'ensembles de structures de données et de routines (sous-programmes) intégrées. Chaque objet appartient à une classe qui définit les structures de données et les routines qu'il contient.

La commande **Mapcontrol** qui est une commande **Active-X**, c'est-à-dire une librairie standard, chargée comme composant dans Visual Basic. Elle fournit un large choix de fonctions. C'est ainsi qu'on pourra définir nos propres événements. Des données peuvent être entièrement définis pour satisfaire aux exigences de l'application et des vues de carte peuvent être prédéfinies pour la facilité d'utilisation.

4.1 ETAPES DE REALISATION

La première étape consiste à l'acquisition des données, on disposait de la carte digitalisée de la ville de Thiés, de la carte topographique et de l'orthophoto.

Après avoir rassemblé toutes les données sur un même répertoire appelé « Map ». On crée un **géodatabase** comme a été défini avant c'est la base de donnée relationnelle qui contiennent des informations géographiques permettant la gestion des données descriptives et géométriques. Cette création se fait sur ArcCatalogue. Il fallait ensuite faire la **projection** de ces données sur un système de coordonnées.

L'article 53 de la loi d'aménagement et de développement durable du territoire du 29 juin 1999 impose l'utilisation d'un système légal de coordonnées défini par décret.

" Les informations localisées issues des travaux topographiques ou cartographiques réalisés par l'Etat, les collectivités locales, les entreprises chargées de l'exécution d'une mission de service public, ou pour leur compte, doivent être rattachées au système national de référence de coordonnées géographiques, planimétriques et altimétriques défini par décret et utilisable par tous les acteurs participant à l'aménagement du territoire."

Sur les propriétés des références spatiales de chaque layer on définit la projection **WGS 1984 UTM Zone28N**, c'est le Système de référence géographiques défini pour le Sénégal.

Le traçage des collecteurs eaux usées, eaux pluviales et les limitations des quartiers a été fait sur le logiciel **Autocad** enregistré sous format **DXF**, ensuite un transfert au format **shp** sur **Arctoolbox** a été effectué pour finalement créer les classes d'entités.

4.2 STRUCTURE DE LA GEODATABASE

Sur ArcCatalogue et avec un clic-droit sur la géodatabase, on choisit Nouveau / Classe d'entité. La structure de notre classe a créée est la suivante (tableau n°15)

Tableau n°15 : Structure de classe de la Géodatabase

Classe	Type de géométrie	Attributs	Type d'attribut	Valeurs
Collecteur_EU	Polyline	Numéro	number	Nom_collecteur
				Diamètre
				Longueur
				Côte TN Amont
				Côte TN aval
				Côte Radier Amont
Collecteur EU existant	Polyline	Numéro	number	pas de valeurs prédéfinies
Collecteur EP	Polyline	Numéro	number	Tronçon
				Longueur
				Pente
				Largeur
				Hauteur
				Vitesse
Bassin	Polygone	Numéro	number	Bassin
				Coefficient de ruissellement
				Surface
Quartiers	Polygone	Numéro	number	pas de valeurs prédéfinies

Ensuite et sur **ArcMap** on procède au géoréférencement des cartes et layers.

Par la suite on crée l'interface sur Visual Basic, pour cela on insère la commande ActiveX « **MapControl** ».

Des codes ont été créés pour l'affichage des données, le calcul des distances, les outils informations et zoom (etc.) (voir Annexe 1 Interface SIG).

L'Architecture de notre SIG peut être illustrée par la figure n°11

4.3 ARCHITECTURE INFORMATIQUE DE L'APPLICATION

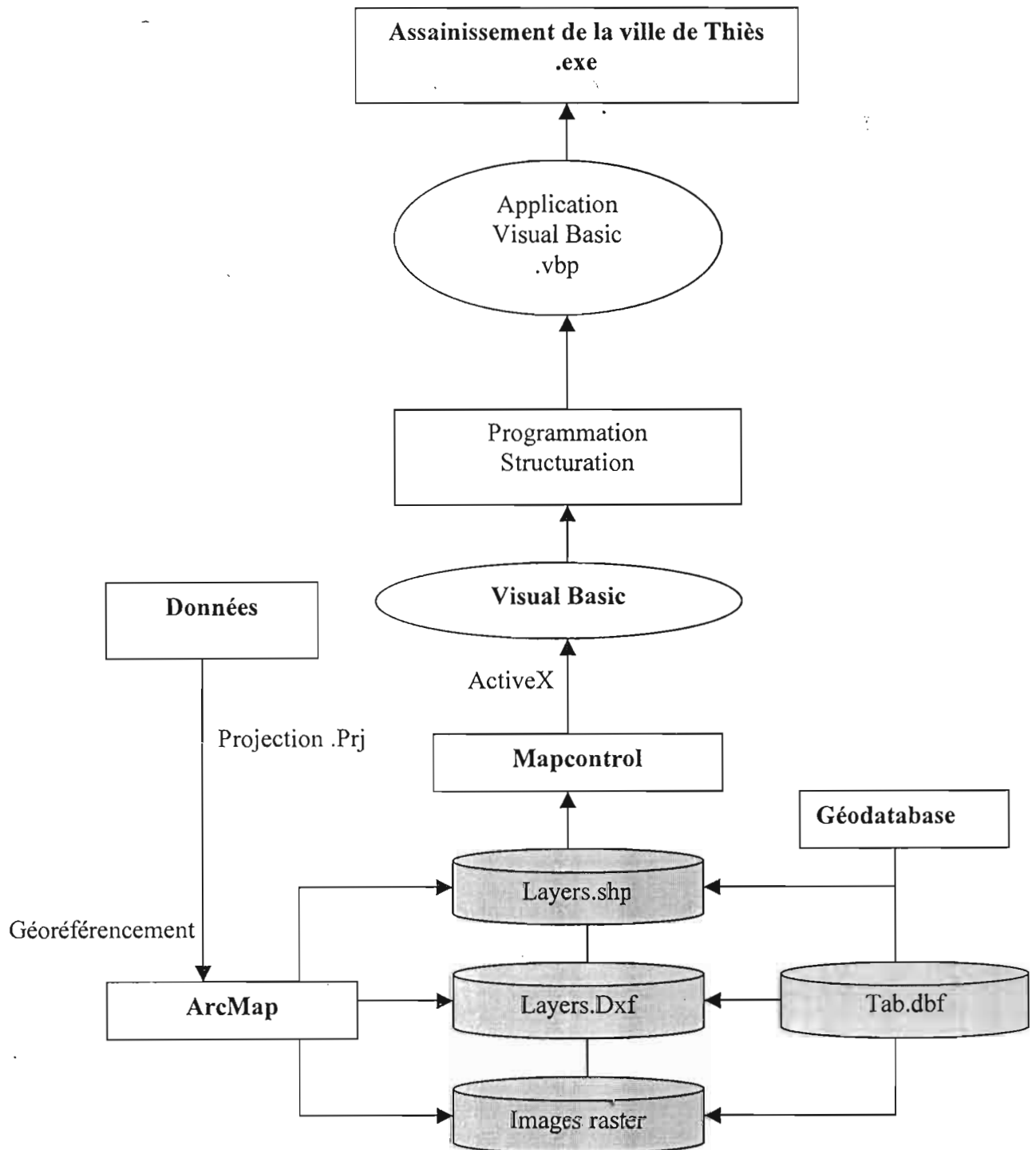


Figure n°11: Architecture informatique du Système d'information géographique de l'Assainissement de la ville de Thiès

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

Au terme de ce travail, il a été réalisé une première version de l'interface S.I.G. pour l'assainissement de la ville de Thiès, un diagnostic sur l'état d'assainissement actuel de la ville ainsi que le dimensionnement des réseaux eaux usées et eaux pluviales.

La démarche du travail adopté, tout au long du développement, s'est appuyée sur l'étude réalisée dans ce travail. En effet l'application est basée uniquement sur nos résultats de calcul. Une autre partie reste encore à réaliser, elle concerne l'étude des stations d'épurations.

L'utilisation de cette application nécessite l'installation du logiciel Arcview 8.1 sur la machine. elle est destinée à être partagée par des utilisateurs qui disposent du logiciel de base ArcGis, en effet l'utilisation des objets activeX de ESRI ne peut fonctionner que sur une machine sur laquelle ArcGis est installé. La réalisation d'une application exécutable indépendante devra se faire avec d'autres utilitaires fournies par la société ESRI et exigeant une licence d'utilisation.

A l'issue de cette étude, il peut être recommandé ce qui suit :

- Sensibiliser la population sur le risque d'utiliser le réseau d'eaux pluviales comme un rejet des ordures ménagères et d'empiéter leur construction sur le réseau ;
- Re-profilage des canaux obstrués par le sable et les ordures ménagères ;
- Effectuer un curage et réhabiliter les canaux existants ;
- Inciter la population à se raccorder sur le réseau d'eaux usées;
- Développer l'application en traitant d'autres données d'assainissement telle que la station d'épuration et introduire d'avantage les réseaux d'alimentation en eau potable.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et Rapports :

- [1] DESTHIEUX, Gilles. Travail pratique de diplôme en Génie rural : Conception et Utilisation d'un système d'information géographique pour les collectivités locales de Thiès et Fandène (Sénégal), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse), 2000.
- [2] DDC et EPFL, Rapport final Phase I, IMAP, 2001.
- [3] SANSONNENS, Cyril. Travail de diplôme traitant de la gestion intégrée des ressources en eau du bassin versant de Thiès : Analyse statistique de données météorologiques de la station de Thiès, Institut de Géographie, Département des Géosciences, Université de Fribourg (Suisse), 2004.
- [4] BA, Papa Djibril. Travail d'étude et de recherche : Dynamique urbaine et dysfonctionnement des réseaux d'assainissement dans la ville de Thiès, université Gaston Berger Saint-Louis (Sénégal), 2003.
- [5] TECSULT international limitée. Etude de faisabilité, Projet du Lac Artificiel à Thiès-Sénégal, 2004.
- [6] MOREL, Alain. L'assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical subsaharien, Edition Lux-Développement, Luxembourg, 1996.
- [7] SATIN, Marc et SELMI, Béchir. Guide Technique de l'Assainissement, Edition, Le Moniteur, Paris, 1999
- [8] BOURRIER, Régis. Les réseaux d'assainissements : calculs, applications, perspectives, Edition LAVOISIER, 1985.
- [9] DUPONT, André. Hydraulique urbaine, Edition EYROLLES, 1979.
- [10] C E R S I G, École Nationale des Science Géographique, Centre d'étude et de Recherche en S I G. Introduction à la programmation en VBA sur ArcGIS, CEDEX, 2003.
- [11] ESRI. Getting Started with the Map Control Using Visual Basic, USA, 2001.
- [12] ESRI. Building a Geodatabase, USA, 2002.

- [13] SHANER, Jeff and WRIGHTSELL, Wrightsell. *Editing in ArcMap*, ESRI, USA, 2002.
- [14] MINAMI, Michael, *Using ArcMap*, ESRI, USA, 2000.
- [15] ZAK, diane, *Programmation avec Microsoft, Visual Basic 6.0*, Editions REYNALD GOULER, 1999.
- [16] Sites Web

<http://www.ESRI.com>

<http://Forumsig.symen.ch>

<http://arcgisdeveloperonline.esri.com>

<http://www.ensg-ing.fr/FAD/FAD-PDF/Sig-Pdf>

www.au-senegal.com

ANNEXE : PRESENTATION DE L'INTERFACE « ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE THIES »

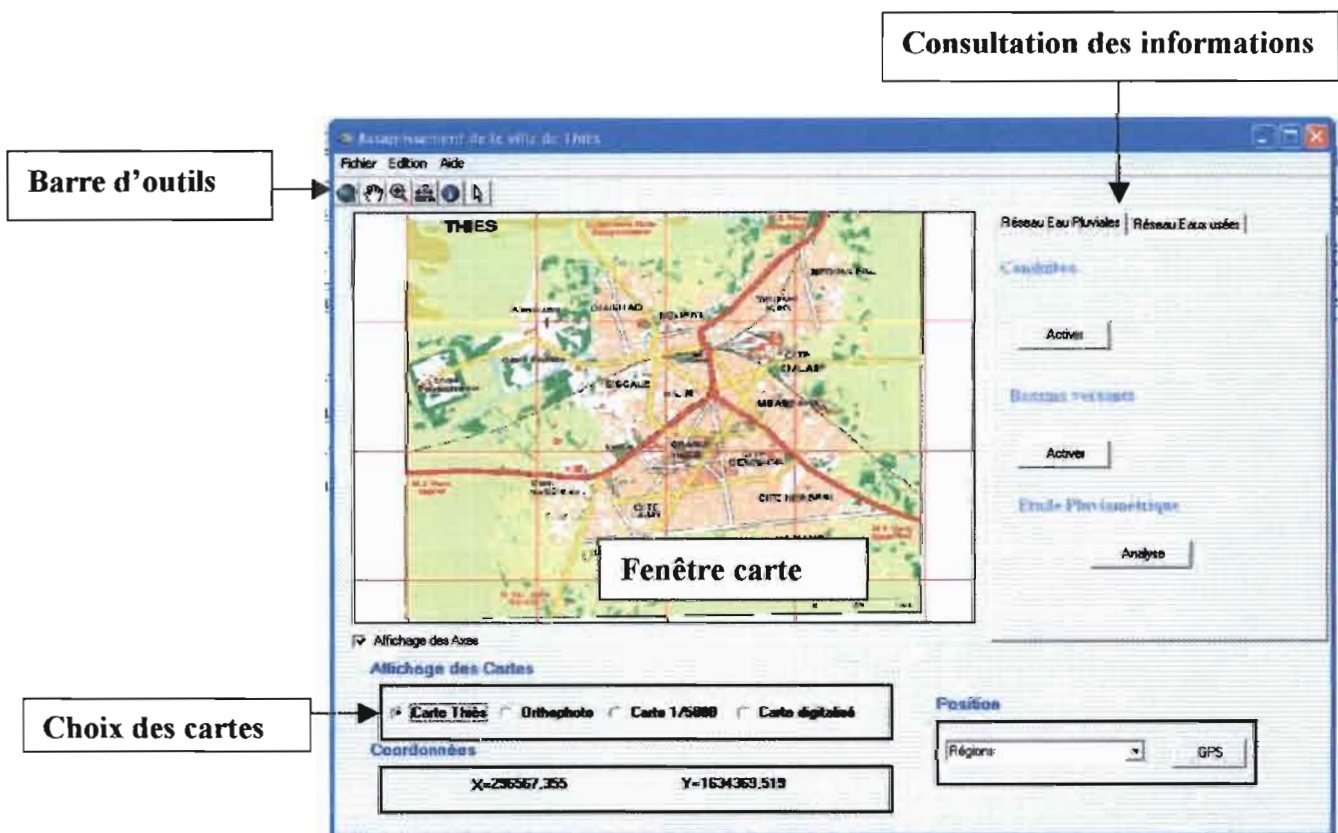


1. Démarrage et composantes de la fenêtre principale:

La première exécution du programme fait apparaître l'interface de présentation suivante:

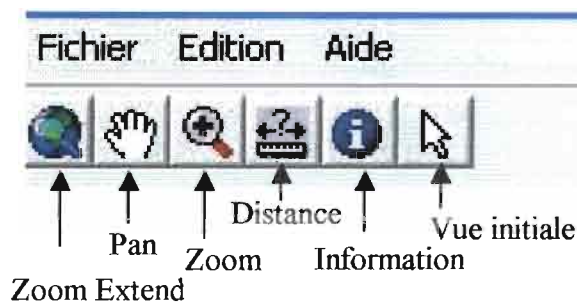


Après validation, vous retrouver la fenêtre principale.



2. La barre d'outils

Elle contient les outils standard qui permettent d'agir sur la carte.



Zoom extend : permet d'afficher l'ensemble de la carte et les axes.

Pan : permet de déplacer la carte.

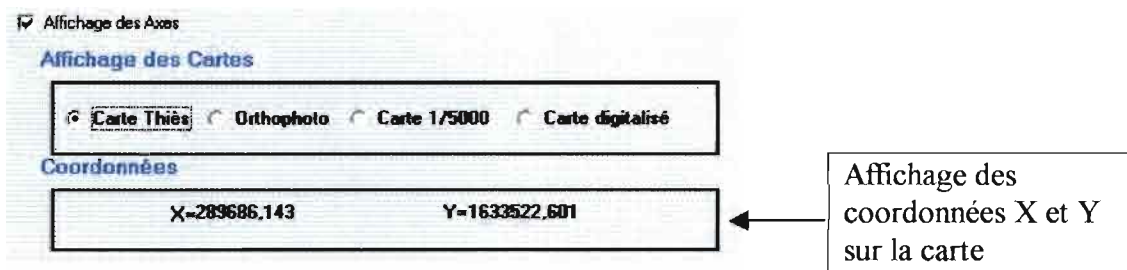
Zoom : permet d'agrandir la carte en un endroit précis.

Distance : permet de mesurer une distance entre deux points dans la carte.

Information : cet outil permet de consulter les informations sur les objets affichés.

Vue initiale : permet le retour à la vue initiale après un zoom ou un zoom extend.

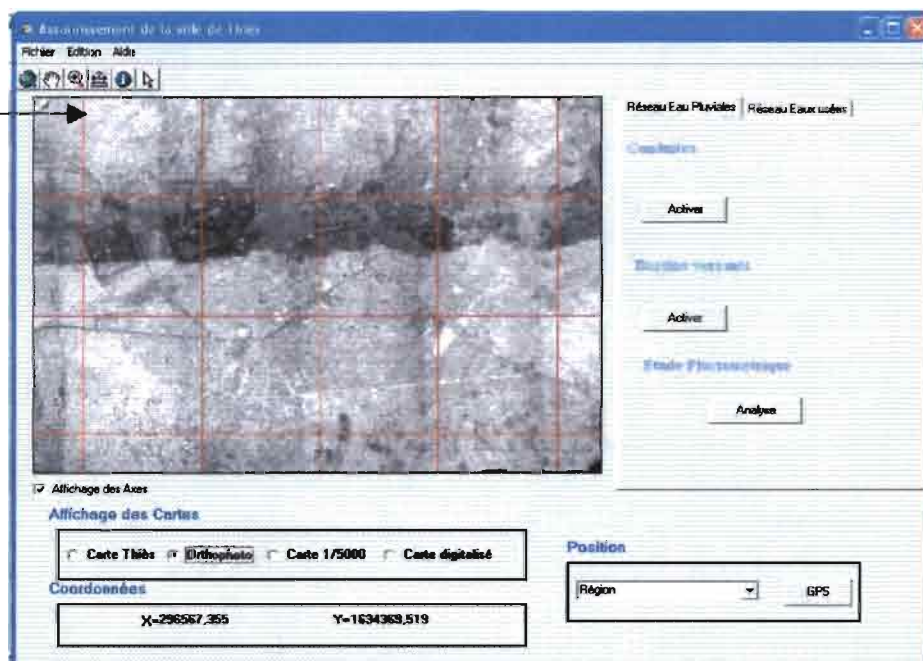
3. Le choix des cartes



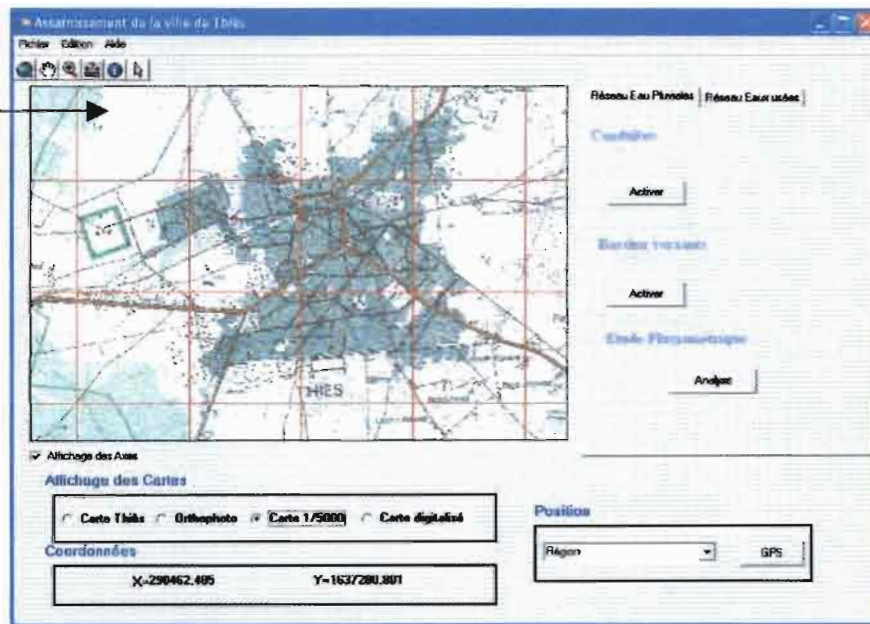
Sur un simple click l'utilisateur peut choisir d'afficher :

Carte de Thiès

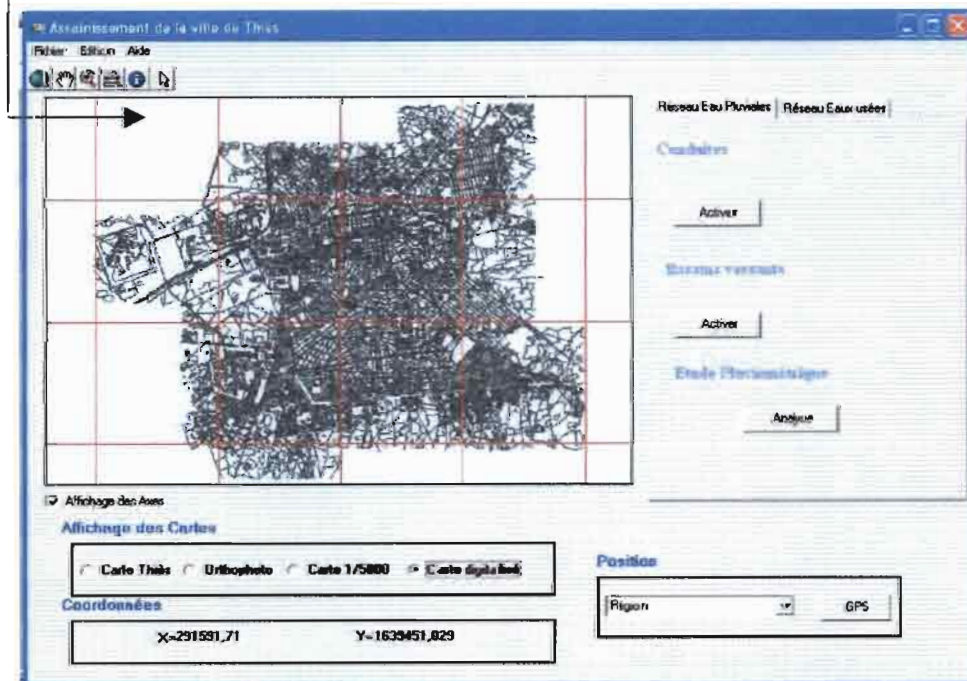
Orthophoto : Photographie aérienne datant de 1997, couvrant la ville et les quartiers.



- **Carte 1/5000** : du service National de Topographie, datant de 1989.

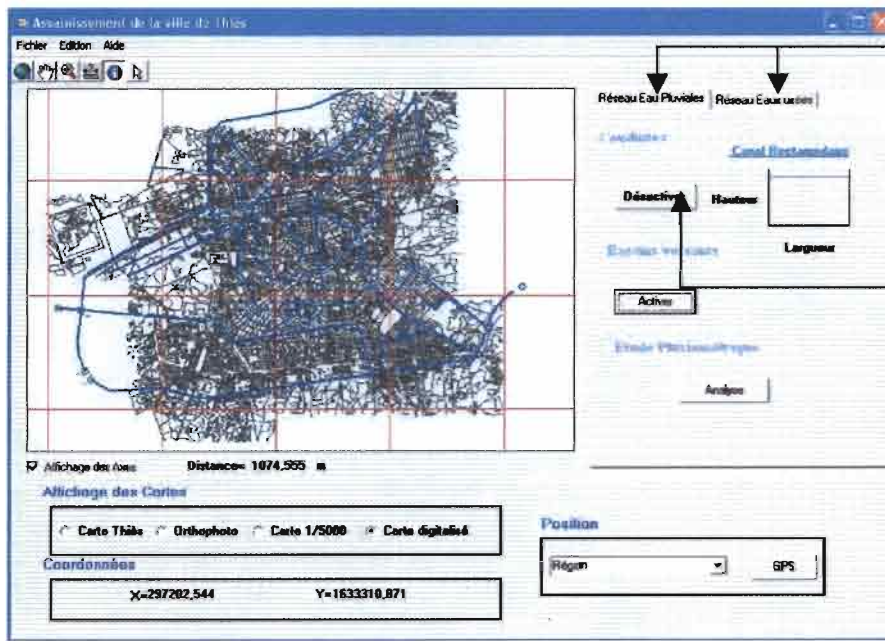


- **Carte digitalisée**



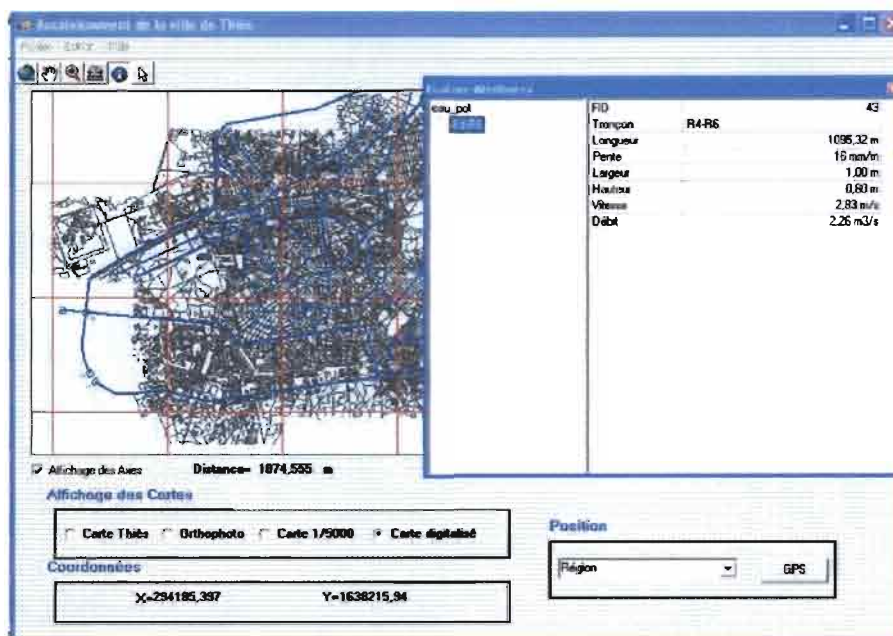
4. Consultation des informations

Si on click sur le bouton activer de la conduite « Réseau eau Pluviales », les conduites s'affichent sur la carte.

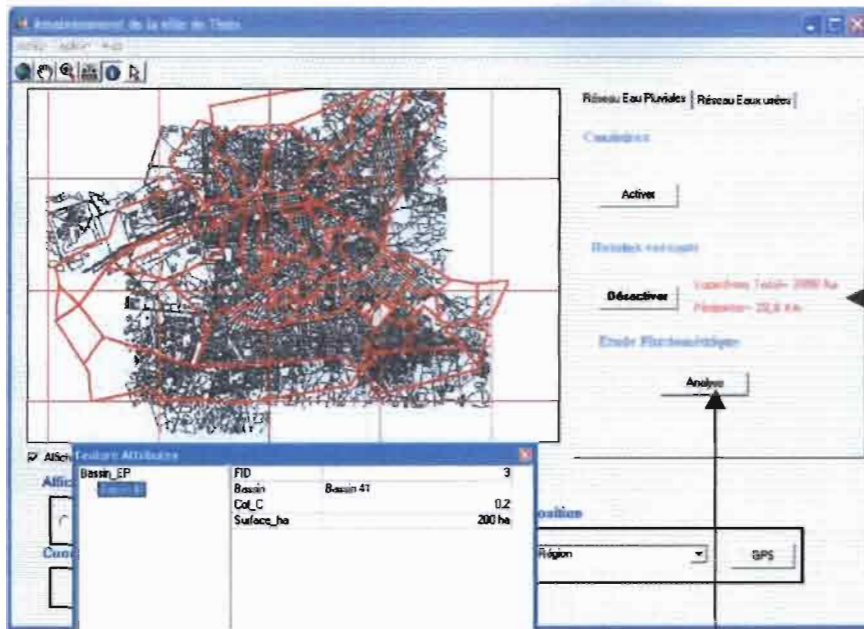


Pour sélectionner les menus, il faut cliquer sur la thématique désirée, une fois sélectionnée, le menu correspondant s'affiche.

Pour accéder aux informations géographiques, l'utilisateur affiche la carte correspondant aux éléments désirés. lorsque l'information est affichés sur la carte la case s'affiche en gras.

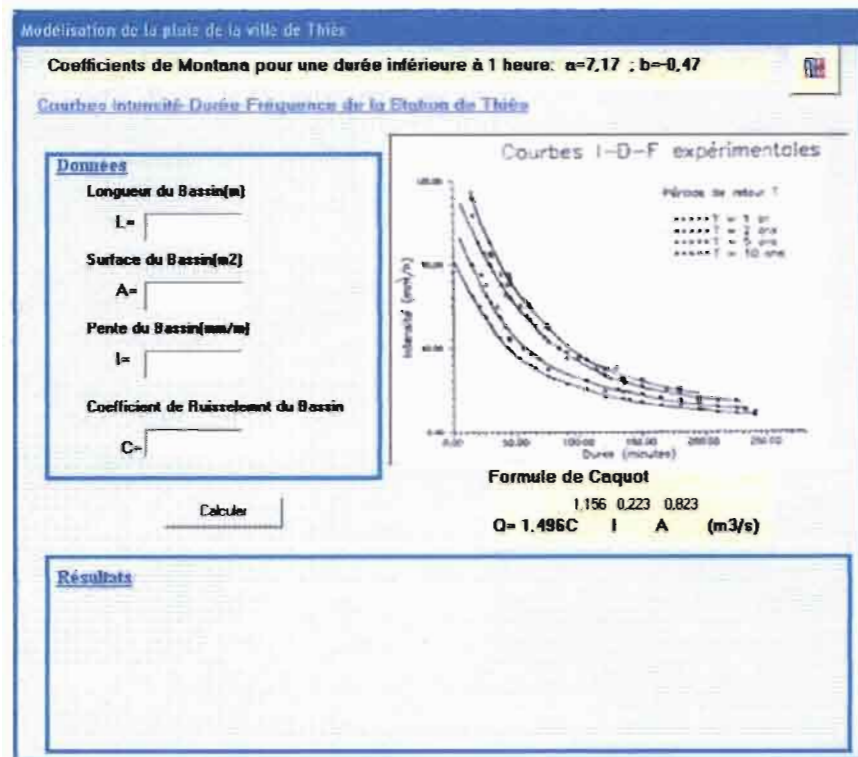


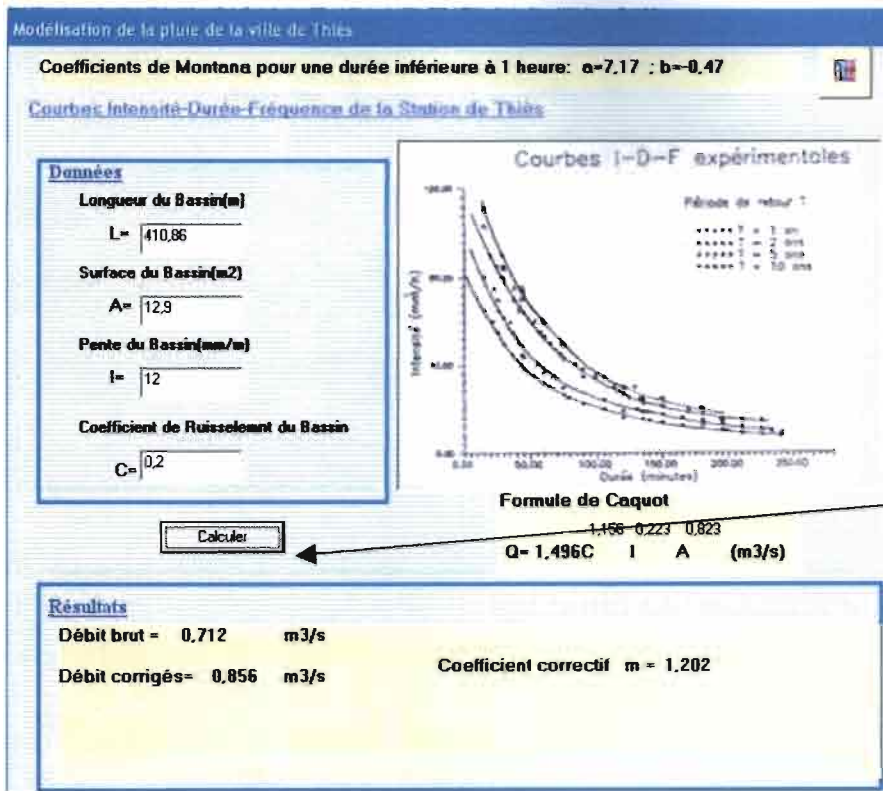
L'outil Information donne pour chaque tronçon son nom, la longueur, la pente, la largeur du canal, la hauteur, la vitesse et le débit.



Le bouton activer pour les bassins versants, permet de visualiser les bassins sur la carte et aussi en cliquant sur l'outil « information » on aura pour chaque bassin la surface et le coefficient de ruissellement.

Un volet d'étude Pluviométrique a été fait, par un click sur analyse la fenêtre suivante sera affichée.

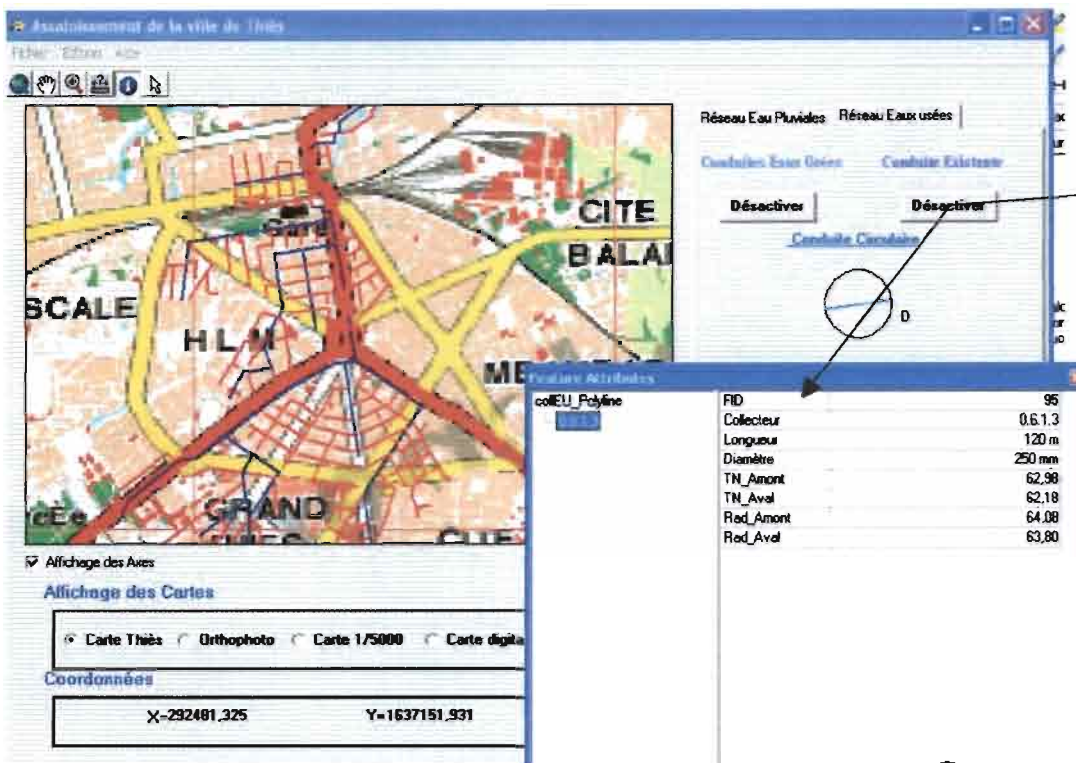




On pourra faire le calcul du débit à partir de la formule superficielle de Caquot, en faisant la Saisie de la longueur du bassin, la surface, la pente et le coefficient de ruissellement.

L'outil calculer fait afficher les résultats des débits bruts et débits corrigés.

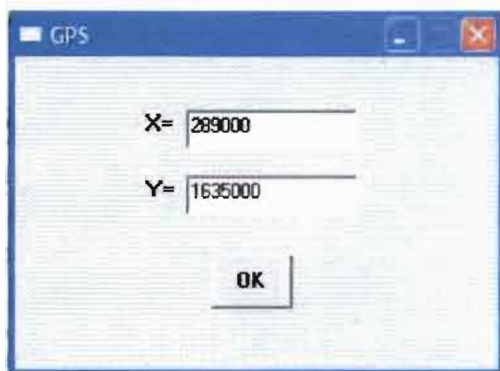
Le réseau eaux usées affiches les conduites existantes et les conduites calculées dans notre rapport



De la même manière, l'outil information donne pour chaque collecteur le nom, la longueur, le diamètre, les cotes Terrain naturel et les cotes radiers amont et aval.



Sur la liste de choix « position », on pourra sélectionner un quartier et voir son emplacement sur la carte.



En cliquant sur la commande **GPS**, on aura un menu où on pourra saisir les coordonnées X et Y, automatiquement sur la carte on aura affiché le point exacte de ces coordonnées.

