

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP



GC.0056

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

Centre de Thiès

Département Génie Civil

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur de Conception

**Titre : DEVELOPPEMENT D'UN SYSTEME D'INFORMATION
GEOGRAPHIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU
DE LA VILLE DE THIES**

Auteurs :	M. Amadou Birame	KA
	M. Youssouph	NDIAYE
Directeur interne :	M. Babacar	NDIAYE
Co-Directeurs :	M. Alassane	BA
	M. Seyni	NDOYE

Année : 2002 – 2003

DEDICACES

Ce travail est dédié à nos familles respectives, à tous nos amis et à nos camarades de promotion.

REMERCIEMENTS

Nous profitons de ce présent document pour adresser nos remerciements les plus sincères à l'endroit de toutes les personnes qui ont contribué à la bonne réussite de ce projet. Parmi elles :

- ✓ **M. Babacar NDIAYE**, Professeur d'hydrogéologie à l'ESP et Chef du département Génie Civil, notre Directeur de projet, pour nous avoir orienté dans l'acquisition des données, pour ses conseils et sa disponibilité.
- ✓ **M. Alassane BA**, Professeur de topographie à l'ESP et notre co-Directeur, qui nous a guidé dans la conception du SIG et accepté de nous recevoir dans son bureau à n'importe quelle heure.
- ✓ **M. Seyni NDOYE**, Professeur d'hydraulique urbaine à l'ESP, notre co-Directeur, pour toute la documentation fournie, ses nombreux conseils et toutes les corrections apportées à ce document.
- ✓ **M. Cheikh Tidiane FALL**, Directeur de la Communication de la SDE, pour nous avoir introduit à la SDE.
- ✓ **M. Djibril NDIAYE**, à la Division de l'Exploitation de la SDE, pour sa parfaite collaboration.
- ✓ **M. Mohamadou SOW**, Directeur Technique de la SDE Thiès, pour toutes les précisions et données fournies.
- ✓ **M. Mamadou SARR**, à la SGPPE, pour toutes les données fournies.
- ✓ **M. Libasse NDIAYE**, Concept 3D, pour son assistance sur les DAO.
- ✓ **A l'ensemble de mes camarades de promotion**, pour leurs précieux conseils.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Caractéristiques des forages

ANNEXE 2 Caractéristiques des châteaux - d'eau

ANNEXE 3 : Reconstitution de la carte topographique de la ville de
Thiès

ANNEXE 4 carte topographique de la ville de Thiès

ANNEXE 5 Tableaux des données insérées dans ArcView

ANNEXE 6 : Production des forages chaque mois

ANNEXE 7°: caractéristiques de l'eau dans certains quartiers de Thiès

ANNEXES 8 : : Données sur l'évolution de la population de la ville de Thiès de
1988 à 2015

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1.1	Division administrative de la région de Thiès	2
Tableau 1.2	Caractéristiques pluviométriques de la région	3
Tableau 1.3	Evolution de la population de la ville de Thiès de 1988 à 2015	9
Tableau 4.1	Production des dix forages par mois	33
Tableau 5.1	Types d'analyses pouvant être faite sur l'eau	40
Figure 1.1	: Evolution de la population de la ville de Thiès de 1988 à 2015	9
Figure 1.2	: Carte de la ville de Thiès	10
Figure 1.3	: Carte en 3 D de la topographie de la ville de Thiès	11
Figure 3.1	: Le paradigme des SIG .	17
Figure 4.1	: Représentation d'un château d'eau	29
Figure 6.1	: Exemple n°1 de modèle conceptuel de données	44
Figure 6.2	: Exemple n°2 de modèle conceptuel de données	45

LISTE DES ABBREVIATIONS

- CAO** : Conception Assistée par Ordinateur
- DTGC** : Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques
- SDE** : Sénégalaise des Eaux
- SIG** : Système d'informations géographiques
- SGPRE** : Service de Gestion et de Planification des Ressources en Eau
- SGBD** : Système de Gestion des Bases de Données
- MCD** : Modèle Conceptuel des données
- MPD** : Modèle Physique des données
- FAO** : Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et
- GPS** : Global Positioning System
- ICS** : Industries Chimiques du Sénégal
- PC** : Personal Computer
- PVC** : Polychlorure de Vinyle
- RGPH** : Recensement Général de la Population et de l'Habitat
- SIGELEC** : Société industrielle de générateur électrique
- SSPT** : Société Sénégalaise des phosphates de Thiès
- NSTS** : Nouvelle Société Textile du Sénégal
- UTM** : Universal Transverse Mercator
- WGS 84** : World Geodetic System 84

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ANNEXES	I
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	II
LISTE DES ABBREVIATIONS	III
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU MILIEU	2
1.1-PRESENTATION DE LA REGION.....	2
1.1.1-Situation géographique.....	2
1.1.2-Le milieu naturel.....	3
1.1.3-Démographie.....	3
1.1.4-Climat.....	4
1.1.5-Economie.....	4
1.1.6-Agriculture.....	4
1.1.7-Elevage.....	4
1.1.8 - Pêche.....	5
1.1.9 - Industries et mines.....	5
1.1.10 - Artisanat et commerce.....	5
1.1.11 - Tourisme.....	6
1.1.11.1 - Par la route.....	6
1.1.11.2 - Par le train.....	7
1.1.11.3 - Par voie aérienne.....	7
1.2 PRESENTATION DE LA COMMUNE DE THIES.....	7
1.2.1 - Historique de la création de Thiès.....	7
1.2.2 - Organisation de la ville et de la ville et démographie.....	8
CHAPITRE 2 : HYDROGEOLOGIE	12
2.1 - QUELQUES DEFINITIONS UTILISEES EN HYDROGEOLOGIE.....	12
2.2 - LES RESSOURCES EN EAU DE LA REGION.....	13
2.2.1 - Eaux de surface.....	13
2.2.2 - Géologie et hydrogéologie.....	13
CHAPITRE 3 : GENERALITES SUR LES S.I.G.	16
INTRODUCTION.....	16
3.1 - DEFINITIONS DES S.I.G.....	16
3.2 - LE PARADIGME DU SIG.....	17
3.3 - LES COMPOSANTES D'UN SIG.....	18
3.3.1 - Matériel.....	18
3.3.2-Logiciel.....	18
3.3.3 - Données.....	19
3.3.4 - Personnes.....	19
3.3.5 - Méthodes.....	19
3.4 - LES SOUS-SYSTEMES D'UN SIG.....	20
3.4.1 - L'entrée des données.....	20
3.4.2 - Le stockage et gestion des données.....	20
3.4.3 - La manipulation et l'analyse des données.....	20
3.4.4 - Le sous-système graphique.....	20
3.5 - LES DONNÉES DANS LES SIG.....	21
3.6 - LES DOMAINES D'APPLICATIONS DES SIG.....	21
3.7 - PRESENTATION DU LOGICIEL ARCVIEW.....	21
3.7.1 - Les différents éléments d'un projet dans ArcView.....	22
3.7.1.1 - Vue.....	22
3.7.1.2 - Table.....	22
3.7.1.3 - Diagramme.....	22
3.7.1.4 - Mise en page.....	22
3.7.1.5 - Script.....	22

CHAPITRE 4 : LES FORAGES ET CHATEAUX D'EAU..	23
4.1 - LES FORAGES DE RECONNAISSANCE.....	23
4.2 - LES FORAGES D'EXPLOITATION.....	24
4.2.1 - <i>Equipements des forages</i>	24
4.2.1.1 - Le tubage plein.....	24
4.2.1.2 - Les crépines.....	24
4.2.1.3 - Cimentation.....	25
4.2.1.4 - Le massif filtrant.....	25
4.2.2 - <i>Les équipements d'exhaure des forages</i>	26
4.2.2.1 - Ouvrages d'exhaure.....	26
4.2.2.2 - Les pompes.....	27
4.3 - LES CHATEAUX - D'EAU	27
4.3.1 - <i>Principe</i>	27
4.3.2 - <i>Composition</i>	28
4.3.3 - <i>but</i>	29
4.3.4 - <i>Principe théorique</i>	30
4.3.5 - <i>L'aspect extérieur</i>	30
4.3.6 - <i>Importance</i>	30
4.3.7 - <i>Les composantes</i>	31
4.3.8 - <i>L'équipement hydraulique</i>	32
4.4 - EXPLOITATION DES PRELEVEMENTS SUR LES FORAGES EN 2002.....	33
CHAPITRE 5 : QUALITE DE L'EAU	35
5.1 LES DIFFERENTES ORIGINES DES PRODUITS RENCONTRES DANS L'EAU.....	36
5.2 ÉVOLUTION DE LA QUALITE DE L'EAU.....	36
5.2.1 <i>La corrosion</i>	37
5.2.2 <i>Les dépôts dans les conduites</i>	37
5.2.3 <i>Croissance microbiologique</i>	38
5.2.4 <i>Les remèdes</i>	38
CHAPITRE 6 : DEVELOPPEMENT DU SIG	42
6.1 - ACQUISITION DES DONNEES.....	42
6.2 - ORGANISATION DES DONNEES.....	42
6.3 - GEOREFERENCIENT ET CHANGEMENT DE SYSTEMES DE COORDONNEES.....	43
6.4 - MODELISATION DES DONNEES.....	44
6.4.1 - <i>Le modèle conceptuel de données (MCD)</i>	44
6.4.2 - <i>Le mode logique</i>	45
6.4.3 - <i>Le modèle physique</i>	45
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	46
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

INTRODUCTION

Les plus grandes civilisations sur le continent africain, européen, asiatique et américain sont celles qui ont eu la maîtrise de l'eau. L'Égypte pharaonique dont la grandeur de la civilisation nous émerveille encore ne doit son développement qu'à la place centrale qu'occupait le Nil dans la vie de ce peuple. D'où l'expression : « l'Égypte est un don du Nil ». On comprend ainsi que d'énormes investissements soient consentis par les états pour la maîtrise de l'eau.

La ville de Thiès constitue un grand centre économique du Sénégal. Elle concentre des activités économiques, politiques et administratives. C'est une ville qui se développe et l'accroissement démographique y est donc important. Pour pouvoir satisfaire la demande en eau d'une telle ville, il faut des outils de plus en plus modernes qui s'adaptent facilement aux changements qu'elle subit. Ces outils doivent permettre de connaître l'état des ressources naturelles ainsi que leur évolution.

Les systèmes d'informations géographiques constituent l'un des meilleurs moyens de quantifier les ressources en eau. Ils permettent grâce à une carte et une base de données géographique de pouvoir localiser et chiffrer l'état des ressources. De plus cette base de données est dynamique et peut faire l'objet d'une mise à jour.

Le but de ce projet de fin d'études est de développer un système d'informations géographiques sur les ressources en eau de la ville de Thiès. Ce système cherchera à faire l'inventaire des châteaux d'eaux et forages de la ville et tentera de fournir le maximum de données techniques sur ces ouvrages. Le logiciel utilisé à cet effet est ArcView.

Le premier chapitre de ce rapport s'intéressera à la présentation du milieu de l'étude. Ensuite nous nous intéresserons particulièrement à l'aspect hydrogéologique de la région dans le deuxième chapitre. Le troisième chapitre fera l'objet des généralités sur les systèmes d'informations géographiques ainsi qu'une présentation du logiciel ArcView. Les équipements des forages et ceux des châteaux d'eau seront abordés dans le quatrième chapitre. Dans le cinquième chapitre nous parlerons de la qualité de l'eau. En fin le développement du SIG fera l'objet du sixième et dernier chapitre.

Chapitre 1 : PRESENTATION DU MILIEU

1.1-Présentation de la région

1.1.1-Situation géographique

La région de Thiès est Située à 70 Km de Dakar elle couvre une superficie de 6.601 Km², soit 3,35% du territoire national. Elle est limitée :

au Nord par la région de Louga ;

au Sud par la région de Fatick ;

a l'Est par les régions de Diourbel et Fatick ;

a l'Ouest par la région de Dakar et L'Océan Atlantique.

La région de Thiès compte 3 départements Thiès, Mbour et Tivaouane, 10 arrondissements, 10 communes et 30 communautés rurales.

Caractéristiques	Thiès	Mbour	Tivaouane
Superficie	1604 Km ²	1858 Km ²	3138 Km ²
Arrondissements	Notto, Kcur Moussa et Thiénaba	Séssène, Fissel, Sindia.	Méouanc, Mérina Dakhar, Niakhéne, Pambal
Communes	Thiès, Khombole, Pout	Mbour, Joal- Fadiouth, Thiadiaye, Nguékokh,	Tivaouane ; Mékhé ; Mboro
Communautés rurales	Diender, Keur Moussa, Fandéne, Touba Toul, Thiénaba, Ngoudiane, Ndiyéne Sirakh, Notto, Tassette	Séssène, Sandiara, Nguéniéne, Fissel, Ndiagianiao, Sindia, Malicounda, Diass.	Méouanc, Taïba Ndiaye, Mérina, Dakhar, Koul, Pékesse, Niakhéne, Thilmakha, Mbayenne, Ngandiouf, Mont-Rolland, Notto Gouye Diama, Chérif Lô, Pire Gouréye

TABLEAU 1.1 : DIVISION ADMINISTRATIVE DE LA REGION DE THIES

1.1.2-Le milieu naturel

La région de Thiès se situe dans le bassin sédimentaire sénégalomauritanien. Elle présente un relief relativement plat excepté le plateau de Thiès (105 mètres), le massif de Ndiass (90 mètres), la " Cuesta " (65 Km² de large et 128 mètres d'altitude). Ces formes géologiques renferment beaucoup de richesses, qui sont sous exploitées (minerai de fer, attapulгите, etc.).

On distingue trois types de sols :

les sols Diors (70% des surfaces cultivables) sont aptes à la culture de l'arachide et du mil ;

Les sols Decks et Decks Diors (25% des surfaces cultivables) sont favorables à la culture du Sorgho, du Souna et du maïs ;

les sols de bas fonds (3 à 5% des surfaces cultivables) favorables en particulier aux cultures maraîchères.

Thiès possède d'importantes nappes souterraines ou artificielles. L'eau y est également de très bonne qualité (salinité inférieure à 0,3g/l).

Caractéristiques	Thiès	Mbour	Tivaouane
Climat	28°8C en octobre et 21°6C en janvier	20°C (en janvier) et 30 à 40°C (en Mai)	19°C à 35°C Insolation de 7 à 8h/jour
Pluviométrie	Période : juin-octobre 40 jours de pluie au Maximum	Juin à octobre 453mm de pluie en 33 jours	2 à 3 mois, allant du 15 juillet au 15 octobre

TABLEAU 1.2 : CARACTERISTIQUES PLUVIOMETRIQUES DE LA REGION

1.1.3-Démographie

Thiès est la deuxième région après Dakar avec une population estimée à 1176654 habitants (en 1996) répartis sur une étendue de 6601 Km² ; soit une densité moyenne de 178 hbts / Km². Thiès est également une région très

urbanisée, avec un taux atteignant 35,4% ; ce qui la place en troisième position après Dakar et Ziguinchor. Le taux de croissance de la population est estimé à 2,7% par an. La région est caractérisée par une concentration de la population dans certaines zones rurales. Les densités moyennes varient entre 62 et 137 hbts/Km². On note une forte émigration à destination de la capitale Dakar.

1.1.4-Climat

Le climat, de type soudano-sahélien, subit l'influence des alizés maritimes (de décembre à mai) qui balayent la côte atlantique du nord vers le nord-ouest sur toute la façade maritime de la région. En effet la région se situe dans une zone de transition soumise à l'influence des alizés maritimes et de l'harmattan. Avec une température moyenne de 32°C, une saison des pluies de 400 à 700 mm réparties sur 4 mois, la région de Thiès offre d'énormes potentialités touristiques.

1.1.5-Economie

La région de Thiès dispose de potentialités sur le plan de la pêche et de l'industrie minière, mais aussi et surtout, d'atouts sur le plan horticole, arboricole et de l'élevage, du fait de la douceur des climats et de la quasi abondance de la pluviométrie. Ces performances lui font occuper une place très privilégiée dans l'économie nationale.

1.1.6-Agriculture

Le maraîchage qui est la principale activité agricole assure 30,25% de la production nationale. L'arboriculture fruitière est aussi très présente, surtout dans les zones de Keur Moussa, Pout, Tivaouane, Mboro, Nguékokh, Diass.

1.1.7-Elevage

L'élevage est semi-extensif. Le cheptel est estimé à 120000 têtes (bovins, ovins, caprins, équins, et asins). L'embouche paysanne se développe en milieu rural malgré les conditions climatiques difficiles, liées à l'exercice de cette activité.

1.1.8 - Pêche

La région de Thiès produit à elle seule, les 2/3 de la production nationale artisanale. Elle contribue à hauteur de 11% du PIB du secteur primaire et 2,3% du PIB total. C'est un secteur en plein essor.

1.1.9 - Industries et mines

La région de Thiès, compte 8 unités industrielles :

- 1 unité extractive : SSPT,
- 2 unités chimiques : ICS, SIGELEC
- 1 unité de base :NSTS
- 1 unité mécanique : SISMAR
- 1 unité de matériaux de construction : SENAC-ETERNIT

La production de la région représente 11% de la production industrielle du pays, soit 9% de la valeur ajoutée industrielle totale. Le secteur des mines est fortement dominé par l'exploitation des phosphates dont les activités industrielles de la filière s'articule autour de trois grands produits :

- le phosphate de chaux tricalcique ;
- le phosphate d'alumine ;
- l'acide phosphorique.

Ces produits sont essentiellement destinés à l'exportation.

1.1.10 - Artisanat et commerce

L'artisanat est un secteur très complexe où très peu d'études ont été réalisées. En 1990, la chambre des métiers de Thiès avait répertorié 1952 chefs d'entreprises et 443 compagnons. Il faut toutefois remarquer que le développement de ce secteur est fortement lié à celui du tourisme dans la région.

Le commerce polarise une population importante et diversifiée. Le réseau de distribution de la région est couvert par 4 marchés centraux, 14 marchés secondaires et 14 marchés hebdomadaires.

1.1.11 - Tourisme

La région de Thiès, de par sa position géographique, offre d'importantes ressources touristiques caractérisées par :

- une diversité touristique (balnéaire, découverte, chasse) ;
- une longue façade maritime : 200 Km de plages ;
- un climat favorable ;
- une proximité et un accès facile à l'aéroport international de Dakar ;
- une richesse en valeurs culturelles et historiques ;
- des infrastructures hôtelières et touristiques de grande qualité.

Ces performances se justifient notamment par l'existence d'un important réseau routier et ferroviaire ; la commune de Thiès étant le point de passage obligé des principaux axes de communication.

1.1.11.1 - Par la route

Il existe des voies de communication praticables reliant Thiès aux Régions limitrophes.

- l'axe Dakar - Thiès, entièrement bitumé et dédoublé jusqu'à Diamniadio.
- l'axe Saint-Louis – Thiès
- l'axe Kaolack – Thiès , via Diourbel, avec possibilité de se rendre à la capitale religieuse, Touba.
- le nouvel axe Mbour – Thiès qui permet d'accéder à Thiès sans faire un détour vers Diamniadio. Les travaux de construction de la route « Thiès-croisement Sindia » sont aujourd'hui terminés.

1.1.11.2 - Par le train

Toutes les voies ferrées du Sénégal desservent la ville de Thiès, depuis Dakar, Tambacounda à l'est, ou Saint-Louis au nord.

Un projet d'envergure est à l'étude pour réhabiliter et dynamiser ce secteur du transport sur rails. En attendant, seul l'axe « Dakar–Thiès–Tambacounda–Bamako (Mali) » continue d'être mis en service avec un intense trafic voyageurs et marchandises.

1.1.11.3 - Par voie aérienne.

L'aérodrome de la base militaire, disposant d'une piste opérationnelle, est ouvert aux aéronefs civils, sur autorisation expresse.

1.2 Présentation de la commune de Thiès

La ville de Thiès est située à 70 kilomètres à l'est de la capitale du Sénégal, à 14°. 46' de longitude ouest et 16°. 55 de latitude nord. C'est incontestablement un carrefour sur l'axe ferroviaire Dakar Saint Louis d'une part, et l'Est du pays ainsi que le Mali, d'autre part. La commune de Thiès, qui fait partie des 9 communes de la Région, occupe une superficie de 68,30 Km². Elle est limitée au Nord, à l'Est et au Sud par la communauté rurale de Fandène, et à l'Ouest par celle de Keur Moussa.

1.2.1 - Historique de la création de Thiès.

L'histoire de la création de Thiès est liée à la construction de la ligne télégraphique entre Dakar et Saint-Louis, dont les travaux se heurtèrent à l'opposition du Damel du Cayor, Lat Dior Ngoné Latyr DIOP.

Pour couvrir les troupes venant de Dakar et permettre la réalisation de cet important projet, **le poste de Thiès fut construit en 1863**, au bord de l'échancrure des plateaux de Thiès.

Contrairement aux autres postes de la contrée, le poste de Thiès survivra grâce à sa situation stratégique, qui lui conféra plus tard sa fonction militaire,

fonction qui finira par s'estomper petit à petit, au fur et à mesure de la pacification de la région.

C'est ainsi qu'il faut noter la prééminence, dès 1885, de la fonction économique sur cette fonction militaire. Cela a été rendu possible par le développement de la culture de l'arachide et **l'avènement du chemin de fer**.

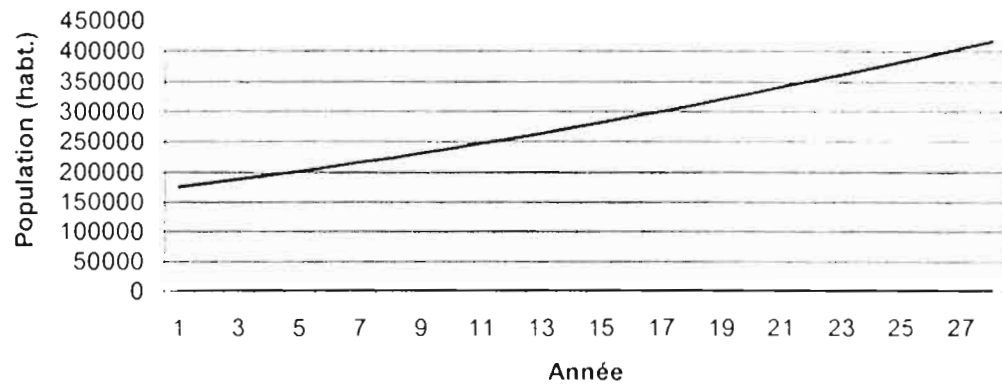
1.2.2 - Organisation de la ville et de la ville et démographie.

Thiès est actuellement la deuxième ville du Sénégal avec une population de 177000 habitants calculée lors du recensement de 1988 et estimée aujourd'hui à 300000 habitants. Le taux de croissance moyen annuel pour la période 1976-1988 était de 3,65% ; il tournerait à présent à plus de 3,4 % selon la direction de la prévision et de la statistique.

La commune de Thiès regroupe à la fois des quartiers urbains mais également des villages rattachés. Thiès connaîtrait un taux d'urbanisation de 34%, par rapport au département auquel il se rattache.

Les villages rattachés sont au nombre de huit : Pognène, Keur Issa, Keur Saïb Ndoye, Silmang, Thonakh, Diassap, Keur Modou Ndiaye. La commune compte une trentaine de quartiers urbains.

La superficie urbaine est estimée à 2200 ha. La densité pour l'ensemble de la ville est de l'ordre de 120 hab./ha. L'agence de Développement Municipal dans son étude explique cette relative faible densité par l'utilisation irrationnelle de l'espace (présence de nombreux terrains vagues) et une prédominance de l'habitat horizontal.



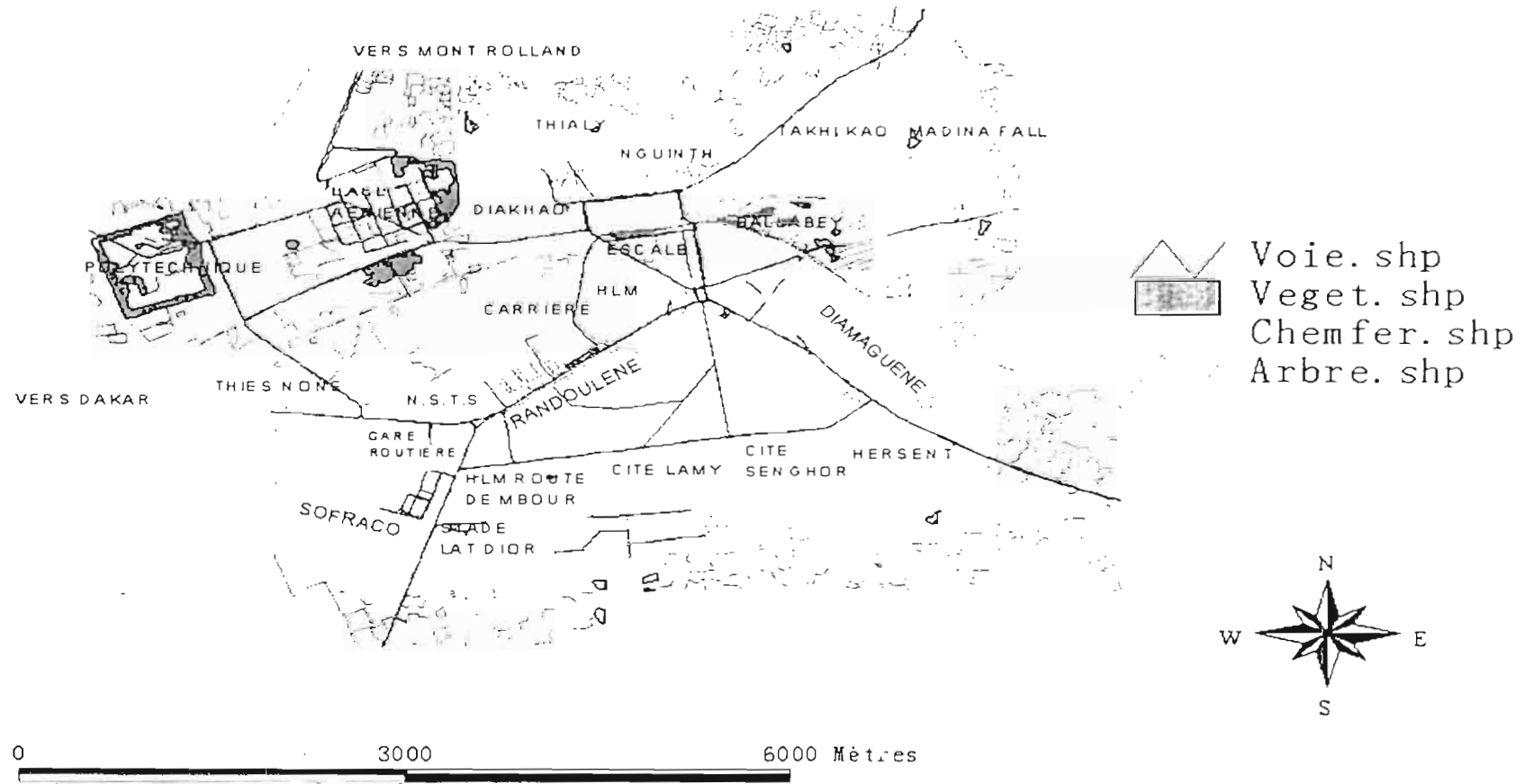


Figure 1.2 : Carte de la ville de Thiès

Chapitre 2 : HYDROGEOLOGIE

2.1 - Quelques définitions utilisées en hydrogéologie

- **Aquifère** : ce terme qui est composé des mots latins *aqua* (eau) et *ferre* (porter), signifie donc « qui porte l'eau » ou « qui transfère l'eau ». Les différents matériaux géologiques, pour être qualifiés de matériaux aquifères, doivent non seulement contenir de l'eau, mais aussi présenter une aptitude à transporter ou à permettre le transfert de cette eau à travers le sol et le sous-sol en débits importants en raison de leur perméabilité élevée. Un aquifère peut être libre lorsqu'il n'est pas recouvert par un matériau moins perméable, captif quand il est recouvert d'un matériau imperméable ou semi-captif si le matériau qui lui est sus-jacent est moins perméable, mais sans pouvoir être considéré imperméable
- **Nappe** : la nappe d'eau souterraine représente spécifiquement la partie saturée en eau du matériau aquifère. Lorsque la surface de la nappe d'eau souterraine (ou la surface de l'eau de la nappe souterraine) fluctue librement dans le temps, cette nappe est qualifiée de libre (ou de nappe à surface libre). La pression interstitielle de l'eau au niveau de cette surface libre est égale à la pression atmosphérique. Lorsqu'une nappe libre est peu profonde, au point de pouvoir être exploitée par des puits, elle s'appelle **nappe phréatique**. Le niveau phréatique désigne la surface supérieure de cette nappe. Lorsque la position de la surface ne peut pas varier, la nappe est captive (en charge) ou semi-captive. Le degré de captivité de la nappe est déterminé par le contraste de perméabilité des matériaux et la surface piezométrique se situe au-dessus de celle matérialisant le toit de la couche aquifère. Lorsque le niveau piezométrique se situe au-dessus de la surface du sol, la nappe est dite artésienne.
- **Niveau piezométrique** : c'est le niveau d'eau mesurée dans un forage ou dans un puits, à un instant donné. Ce niveau est dit statique par opposition au niveau dynamique résultant d'une intervention sur l'aquifère, pompage ou injection.

- **Surface piezométrique** : elle correspond à la surface supérieure d'équilibre d'une nappe aquifère.
- **Rabattement** : il mesure, en un point, la dénivelée entre le niveau statique, niveau piezométrique de la nappe au repos, et le niveau dynamique de la nappe rabattue.
- **Puits ou forage** : c'est un trou exécuté dans un aquifère et équipé pour capter la nappe. Il peut être destiné à l'exploitation ou à l'observation. Un puits est dit complet s'il capte la nappe sur toute son épaisseur sinon il est dit incomplet.
- **Piezomètre** : forage de faible diamètre servant à mesurer le niveau piezométrique dans la nappe (puits d'observation).

2.2 - Les ressources en eau de la région

2.2.1 - Eaux de surface

Les ressources en eaux superficielles de la région sont faibles, particulièrement depuis les années soixante-dix avec l'installation de la sécheresse. Il ne subsiste quelques sporadiques non pérennes. Les eaux de ruissellement sont délimitées par le bassin versant du Car Car, qui est un sous-bassin du Sine, lui même sous-bassin du fleuve Saloum.

2.2.2 - Géologie et hydrogéologie

La région de Thiès est le prolongement vers l'intérieur du pays de la presqu'île du Cap-Vert, celle-ci constituant la partie la plus occidentale du vaste bassin sédimentaire sénégal-mauritanien. Ce bassin est constitué de couches d'épaisseur variable alternant sables, grès, argile, calcaires et marne-calcaires qui se sont déposés depuis la fin du Secondaire (Maestrichien) jusqu'au Quaternaire. Les potentiels exploitables de ces formations dépendent de leurs caractéristiques, mais sont généralement élevés du fait de leur grande extension. La structure se singularise dans la presqu'île du Cap-Vert par une tectonique cassante dont le

point le plus saillant est constitué par le Horst (massif) de Ndiass d'âge Maestrichien. La zone vient s'appuyer contre ce Horst par l'intermédiaire de bancs calcaires paléocènes. Les principales formations aquifères que l'on retrouve dans la région de Thiès sont les sables et grès du Maestrichien, les calcaires paléocènes, les formations sablo-argileuses du Continental Terminal et les sables quaternaires du littoral nord.

- Le Maestrichien profond du Secondaire constitué de sables et grès qui, étant au contact de formations sus-jacentes (Eocène et Paléocène) peu perméables, est captif. Cette formation affleure au niveau du Horst de Ndiass, zone de recharge, pour plonger ensuite à une profondeur de 250 à 300 m environ au niveau de la région de Thiès. La formation n'étant traversée dans sa totalité que par quelques forages, son épaisseur est peu connue. Elle serait de l'ordre de 2000 m au niveau de Dakar. Le niveau statique est de l'ordre de 100 m. L'aquifère comporte une forte épaisseur d'eau douce (de l'ordre de 300 à 400m) ; celle-ci surmonte une épaisseur d'eau salée fossile (salinité de l'ordre de 40 g/l). Globalement on constate que, dans le secteur de Pout, les aquifères du Paléocène et du Maestrichien réagissent de façon similaire aux conditions climatiques et d'exploitation, avec des rabattements interannuels et des fluctuations saisonnières (dues aux transferts de pression) du même ordre de grandeur et avec le même temps très court de réponse aux premières pluies d'hivernage. Les paramètres obtenus (transmissivités et de perméabilité) sont assez bien repartis dans la région. Les transmissivités relevées sont de l'ordre de $4,1 \cdot 10^{-2}$ et à $5,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ et les perméabilités de l'ordre de $3,8 \cdot 10^{-4}$ à $1,7 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ [Sy, 2000].
- Les calcaires paléocènes karstifiés sont datés du Tertiaire. Dans la région de Thiès, cette couche constitue l'un des deux pans anticlinaux affleurant de part et d'autre du Horst de Ndiass. Elle est tantôt libre en continuité avec le Continental Terminal dans les zones d'affleurement constituant ainsi une surface de recharge majeure, tantôt semi-captive lorsqu'elle est surmontée par la couche marneuse de l'Eocène. Au niveau de Thiès, la profondeur du toit est de l'ordre de 100 m.

Le rabattement est d'environ 10 à 15 m ces dernières années (40 à 50 cm/an). Au niveau de cette nappe, les valeurs des transmissivités obtenues varient entre $4,2 \cdot 10^{-1}$ et $7,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ et les perméabilités entre $1,3 \cdot 10^{-2}$ et $1 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ [Sy, 2000].

- Les formations superficielles du Continental Terminal sont constituées de sable argileux, de sables latéritiques, de gravillons, avec des variations latérales et verticales de faciès très fréquentes. Du fait de sa faible profondeur (2 à 10 m) la quasi-totalité des infiltrations d'eau de pluie serve à l'alimenter. L'épaisseur est de l'ordre d'une dizaine de mètres. La surface piezométrique s'est régulièrement abaissée au cours des 30 dernières années (de l'ordre de 3 à 5 m) du seul fait de la sécheresse, car l'exploitation y est comparativement négligeable. L'aquifère, de nature libre, repose directement sur la nappe calcaire et marno-calcaire de l'Eocène. Ce qui favorise un échange entre ces deux nappes qui peuvent être considérées comme étant un seul système puisque aucune barrière de perméabilité ne les sépare. Les valeurs de transmissivité et de perméabilité trouvées sont de l'ordre de $1,1 \cdot 10^{-1}$ à $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ et $7,4 \cdot 10^{-3}$ à $1 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ [Sy, 2000].
- Les sables quaternaires : elles sont situées à l'ouest de la route Thiès-Saint-Louis partant de Cayar au Sud jusqu'à Saint-Louis au Nord. Cet aquifère est constitué par des dépôts de sables, sables argileux et argiles sableuses d'origine essentiellement éolienne [Noël, 1978 in Faye 1995]. Cet aquifère repose directement sur un substratum marneux ou marno-calcaire d'âge éocène. Localement les sables francs qui constituent le principal réservoir sont coupées par des lentilles de sables argileux à argile sableuse d'où l'inégale répartition des paramètres hydrodynamiques. Dans l'aquifère des sables quaternaires, les valeurs de la perméabilité K sont comprises entre $2,8 \cdot 10^{-5}$ et $8,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ et les valeurs de la transmissivité T varient entre $1,3 \cdot 10^{-5}$ à $9,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ [Faye, 1995].

Chapitre 3 : GENERALITES SUR LES S.I.G.

Introduction

La notion de systèmes d'information géographique (SIG) est apparue il y a une trentaine d'années en Amérique du Nord, dans les milieux universitaires, puis dans les milieux industriels et les organismes publics.

Désormais partie intégrante de la société de l'information, qui constitue aujourd'hui l'un des moteurs de la croissance économique et un véritable gisement d'emplois, les SIG sont largement utilisés : pouvoirs publics, collectivités territoriales, gestionnaires de réseaux (transports, télécommunications, eau, énergie), parcs nationaux, bureaux d'études, organismes scientifiques, etc.

...

3.1 - Définitions des S.I.G

Plusieurs définitions ont été avancées, parmi lesquelles nous retiendrons, celle proposée par :

la société Française de Photogrammétrie et de Télédétection en 1990 :

« Un système d'information géographique est un ensemble organisé de matériels informatiques, de logiciels, de données géographiques et de personnel, qui permet de saisir, stocker, mettre à jour, analyser et présenter toutes formes d'informations géographiquement référencées ».

Thiérault (1992) : « Un système d'information géographique est un ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et de données à référence spatiale utilisées pour saisir, conserver, transformer, analyser, modéliser, simuler et cartographier les phénomènes et les processus distribués dans l'espace géographique. Les données sont analysées afin de produire l'information nécessaire pour aider les décideurs ».

La FAO (1998) : « le terme 'Système d'information géographique' (SIG) désigne un système de stockage, de traitement et d'analyse de données, spécifiquement conçu pour traiter conjointement l'information graphique et attributive ».

3.2 - Le paradigme du SIG.

Les SIG intègrent un ensemble de processus en interaction partant de la réalité pour aboutir à la décision et gestion ; ils forment en définitive un tout. Les différentes étapes d'élaboration d'un SIG sont résumées par le schéma ci-dessous :

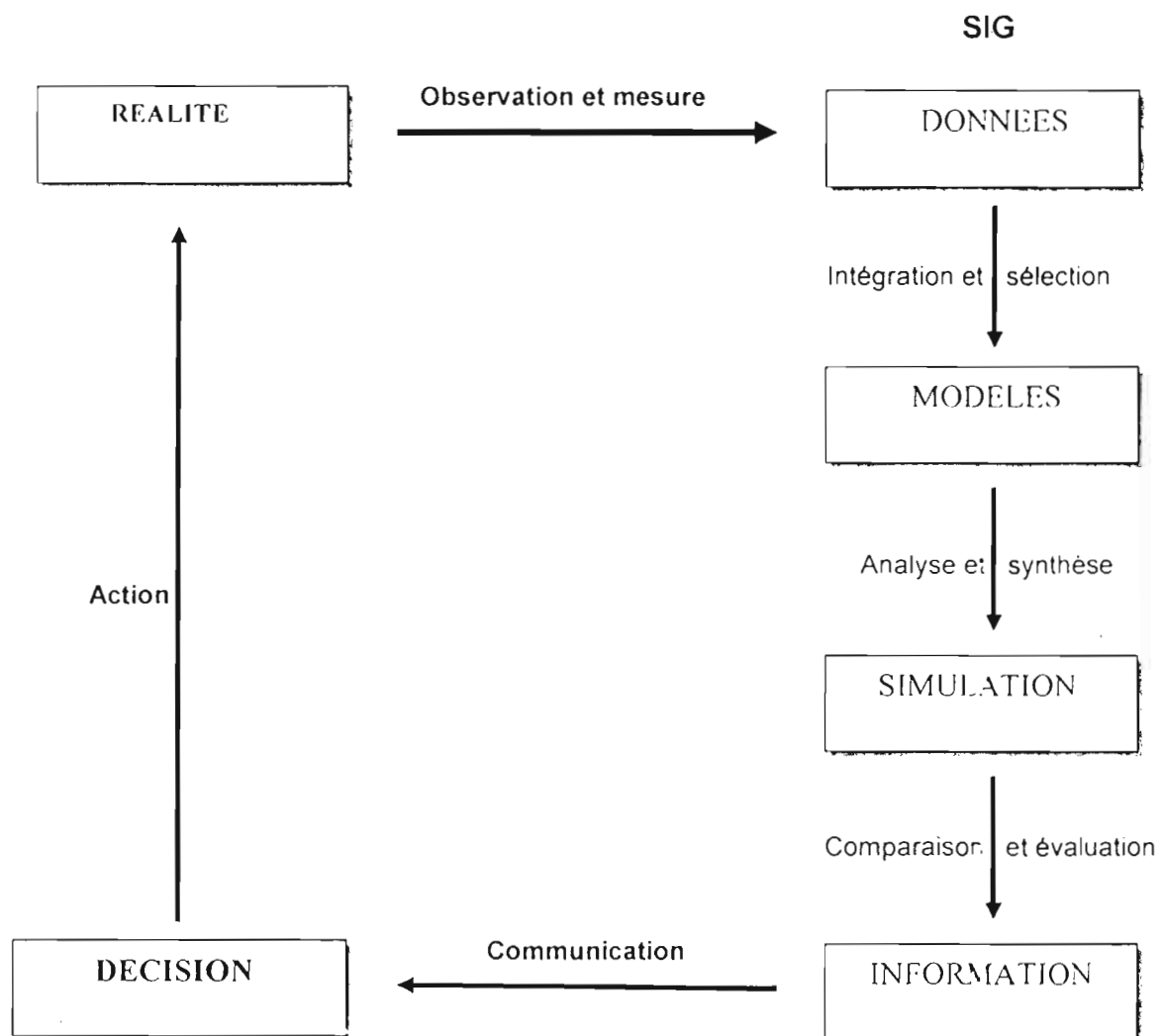


Figure 3.1: le paradigme des SIG [Thériault, 1996].

A partir d'une réalité, correspondant dans notre cas à la situation des ressources en eau, la première étape consiste à rassembler les données. C'est à la SDE (Société des Eaux), au SGPPE (Service de Gestion et de Planification des Ressources en Eau) et à la DTGC (Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques) qu'on a acquis l'essentiel des données. La phase suivante est la modélisation des données qui consiste à exploiter les données initiales dans une base de données. Il s'en suit l'étape de l'analyse spatiale, qui consiste à exploiter le modèle de données, et donc à valoriser les données au moyen de traitements et requêtes. Les techniques de modélisation et de simulation simplifient la réalité et effectuent une synthèse des données initiales et est facilement assimilable par les individus qui doivent prendre une décision.

3.3 - Les composantes d'un SIG

Un SIG combine une série de composantes pour faire fonctionner le système. Un SIG intègre cinq composantes clés. Suivants leurs qualités, ces composantes sont essentielles pour le bon fonctionnement d'un SIG.

3.3.1 - Matériel

Le matériel est le système informatique sur lequel un SIG fonctionne. Aujourd'hui, les SIG fonctionnent sur un large éventail de types de matériel, des serveurs centralisés aux ordinateurs personnels (PC) utilisés en autonomie ou selon des configurations en réseau.

3.3.2-Logiciel

Les SIG fournissent les fonctions et les outils requis pour stocker, analyser, et afficher les informations géographiques. Un examen des sous-systèmes clés de logiciel de SIG est fourni d'essous. Dans notre étude nous utiliserons le logiciel ARCVIEW que nous présenterons dans la suite.

3.3.3 - Données

Les données sont peut-être la composante la plus importante d'un SIG. Les données spatiales et les données attributaires connexes peuvent être collectées ou être achetées auprès d'un fournisseur privé ou public. Un SIG peut intégrer les données spatiales avec d'autres ressources en données existantes, souvent stockées dans un SGBD. L'intégration des données spatiales et des données attributaires est une fonctionnalité clé d'un SIG.

3.3.4 - Personnes

Les SIG sont de valeur limitée sans les personnes qui dirigent le système et élaborent des plans pour l'appliquer à des problèmes réels. Les utilisateurs de SIG vont du technicien qui conçoit et maintient le système à ceux qui l'utilisent pour les aider à effectuer leur travail quotidien (par exemple le gestionnaire et le thématicien). La claire identification des rôles de chacun des acteurs est souvent signe de bonne mise en oeuvre d'un SIG.

3.3.5 - Méthodes

Le succès de la mise en application d'un SIG est fonction de la bonne conception du plan de sa mise en oeuvre selon des méthodes et des pratiques propres à chaque organisation.

Comme dans toutes les organisations intégrant des technologies nouvelles, celles-ci ne peuvent être efficaces que si elles sont correctement associées dans la stratégie globale de l'entreprise. Cela exige non seulement des investissements suffisants en matériels et logiciels, mais également dans la formation et/ou la reconversion et la motivation du personnel amené à utiliser ces nouveaux outils.

Le simple achat d'un ordinateur avec un logiciel SIG et l'engagement de quelques personnes enthousiastes est loin d'être suffisant pour assurer le succès de l'installation d'un SIG dans une organisation.

3.4 - Les sous-systèmes d'un SIG

Un SIG est composé schématiquement de quatre principaux sous-systèmes. Ce sont :

3.4.1 - L'entrée des données

Le sous-système d'entrée des données permet à l'utilisateur de saisir, collecter, et transformer les données spatiales et thématiques sous forme numérique. L'entrée de données est généralement dérivée de la numérisation de cartes papier, de photographies aériennes, d'images satellitaires, et de rapports ou de documents d'enquête, etc..

3.4.2 - Le stockage et gestion des données

Le sous-système de stockage et de gestion des données permet de structurer les données spatiales et des attributaires, dans une forme qui leur permettent d'être rapidement mobilisées par l'utilisateur pour diverses opérations. Il implique généralement l'utilisation d'un système de gestion de base de données (SGBD) pour maintenir les données attributaires.

3.4.3 - La manipulation et l'analyse des données

Le sous-système d'analyse et de manipulation des données permet à l'utilisateur de définir et d'exécuter un traitement spatial sur les données pour produire des informations dérivées. Ce sous-système est généralement considéré comme le cœur du SIG, et le distingue généralement des autres systèmes d'information et des systèmes de conception assistés par ordinateur (CAO).

3.4.4 - Le sous-système graphique

Le sous-système graphique permet à l'utilisateur de produire des documents graphiques tels les cartes, rapports et graphiques qui représentent des produits dérivés de l'information originale. Il est important de comprendre que le SIG n'est pas une nouvelle invention. En fait, le traitement de l'information géographique a une histoire riche dans une série de disciplines différentes.

3.5 - LES DONNÉES DANS LES SIG

Quand nous considérons une carte, deux types de données sont à prendre en compte:

-Les *données spatiales* qui décrivent l'emplacement absolu et relatif des objets géographiques ainsi que leur étendue et leurs relations.

-Les *données attributaires (ou données descriptives)* qui sont relatées par la légende et les symboles, montrent les caractéristiques quantitatives ou qualitatives des objets géographiques.

3.6 - LES DOMAINES D'APPLICATIONS DES SIG

De nos jours, le SIG est utilisé dans plusieurs types d'organisation tels les administrations nationales et locales, les agences d'environnement, les compagnies pétrolières, les banques, les universités, etc. La mise en oeuvre d'un SIG, l'importance des moyens en termes d'équipement, les ressources humaines, les données et les objectifs peuvent varier considérablement d'une application à une autre. Néanmoins, quatre domaines d'applications peuvent être distingués, du plus simple au plus complexe de la façon suivante:

- Cartographie ;
- Gestion ;
- Analyse ;
- Modélisation.

Les besoins en information géographique et des outils pour le traitement sont en constante amélioration. Plus que la production rapide de cartes complexes et le traitement des données spatiales, l'existence d'outils capables de fournir des fonctions efficaces pour l'analyse et la simulation est importante.

Un SIG doit être considéré comme un outil permettant de modéliser de façon spécifique le monde réel et d'expérimenter de multiples scénari concernant la gestion et l'évolution de l'espace géographique.

3.7 - Présentation du logiciel ArcView.

ArcView est un logiciel de géomatique (ensemble des applications liées à la gestion et au traitement informatique des données géographiques) très répandu.

Il permet de faire de la cartographie et de l'analyse spatiale. Il est couramment utilisé dans la pratique.

3.7.1 - Les différents éléments d'un projet dans ArcView

Dans ArcView un projet, qui est un fichier permettant d'organiser son travail, contient cinq types de documents: vues, tables, diagrammes, mises en page et script. Chaque type de document possède sa propre fenêtre et une interface (menus, boutons, outils) spécifique.

3.7.1.1 - Vue

La vue permet de visualiser sous forme d'une carte les données spatiales des thèmes (permet de visualiser les données géométriques)

3.7.1.2 - Table

La table se présente sous forme de lignes et de colonnes et nous renseigne sur les entités d'une carte. Elle sert à l'affichage des données littérales.

3.7.1.3 - Diagramme

C'est une représentation graphique de tableaux de chiffres. Les diagrammes servent à représenter les données numériques (tableaux) sous forme graphique.

3.7.1.4 - Mise en page

La mise en page permet d'agencer des éléments d'un document cartographique à des fins de présentation ou d'impression. Elle sert à la réalisation de cartes bien présentées.

3.7.1.5 – Script

Les script permettent d'écrire, de charger et de modifier des programmes en code Avenue. Les Script ArcView servent à automatiser des tâches, à enrichir les fonctionnalités d'ArcView et à construire les applications complètes (sont écrits en code Avenue et permettent de construire de nouvelles applications).

Chapitre4 : LES FORAGES ET CHATEAUX D'EAU.

Il existe deux types de forage : les forages de reconnaissance et les forages d'exploitation. Si le premier type sert à l'investigation hydrogéologique le second est destiné au captage des eaux souterraines.

Tous les forages rencontrés au niveau de Thiès sont des forages d'exploitation excepté le piézomètre se trouvant vers le stade Lat Dior.

Dans ce présent chapitre nous allons présenter les équipements des forages et les différentes parties d'un château d'eau.

4.1 - Les forages de reconnaissance.

Sauf dans le cas où la nappe à exploiter est bien connue, il est utile d'effectuer un ou plusieurs forages de reconnaissances. Ces forages permettent de connaître par extrapolation, les débits à attendre des forages d'exploitation, de connaître les qualités de l'eau souterraine, de se faire une idée de la répercussion des forages d'exploitation sur les ouvrages existants (puits, sources, rivières, ...), de mesurer les caractéristiques locales de la nappe, et de caler les études géophysiques préalables.

Les forages de reconnaissance doivent avoir un diamètre important (200 à 400mm) pour permettre des essais de pompage à gros débit. Ils peuvent être précédés de sondages de reconnaissance en petit diamètre dans des terrains mal connus afin de mieux définir leur implantation. Leur diamètre devra être d'autant plus important que l'aquifère est mieux connu et que leur chance de réussite sont plus grandes. Ils sont exécutés de la même manière que les forages d'exploitation.

4.2 - Les forages d'exploitation.

4.2.1 - Equipements des forages.

L'équipement des forages est constitué de deux éléments fondamentaux : le tubage plein et la crépine. La qualité des tubages et des crépines est essentielle pour la durée de vie du forage [Banton et Lumony, 1997].

4.2.1.1 - Le tubage plein.

Les fonctions principales du tubage sont de maintenir les parois du forage (éviter les éboulements), de délimiter les venues d'eau à exploiter et parfois de supporter la pompe immergée. Les tubes peuvent être en acier, en PVC (pour les puits de faible profondeur), et plus rarement en acier inoxydable (coût très élevé). Les caractéristiques du tubage sont fonction, d'une part, des débits d'exploitation espérés, et d'autre part, du choix de la pompe immergée que l'on veut utiliser. Il est recommandé de laisser au moins un pouce (2,54 cm) de jeu entre le rayon du tube et la paroi nue du forage. Empiriquement, le diamètre de sortie de la pompe (en pouce) est de l'ordre de la moitié de la racine carrée du débit Q visé (en m^3/h). Le diamètre du tubage à prévoir est le diamètre de sortie de la pompe plus deux pouces (5 cm), le diamètre de foration étant supérieur de deux autres pouces (5 cm).

4.2.1.2 - Les crépines.

Les crépines sont des tubes perforés placés à la suite des tubes pleins, face à une partie ou à la totalité de la zone productrice de l'aquifère (i.e. des principales venues d'eau à capter). Il existe différentes crépines préfabriquées en acier : à trous ronds (efficaces pour les terrains durs), à trous oblongs (fentes rectangulaires verticales), à persiennes (fentes rectangulaires horizontales ; environ 600 fentes au mètre, d'une ouverture de l'ordre de 3 mm) à nervures repoussées (1000 nervures par mètre, deux fentes par nervure, d'épaisseur allant de 0,7 à 1 mm) et des crépines du type Johnson (à ouverture horizontale continue sur toute la longueur de la crépine, constitué par l'enroulement hélicoïdal d'un fil métallique). L'ouverture de la crépine doit être optimisée de manière à limiter ou à empêcher l'entrée des particules solides (obstruction du puits, détérioration de la

pompe). tout en limitant les pertes de charge engendrées par le rétrécissement des voies d'écoulement.

Dans les nappes captives, on obtient généralement un rendement du forage légèrement supérieur au pourcentage du forage crépiné. Par exemple, si l'on crépine 50 % de la nappe captée, on pourra obtenir un rendement de 60 % à 70 % du débit total disponible. Avec 60 à 70 % crépiné, on peut espérer un rendement de 90 %. Dans le cas des nappes libres, il faut éviter que la crépine soit dénoyée lors de l'exploitation (oxydation, colmatage par les dépôts de fer). Les ouvertures des crépines sont choisies en fonction de la granulométrie du terrain. Dans les roches dures (pas de risque d'éboulement, pas de particules), la crépine peut être omise.

4.2.1.3 - Cimentation.

L'espace annulaire entre le tubage et la paroi est généralement et idéalement cimenté au niveau du tubage plein et rempli d'un massif filtrant au niveau de la partie crépiné. Le rôle principal de la cimentation est d'étanchéiser l'espace annulaire et d'empêcher ainsi la contamination par l'infiltration des eaux de surface ou des nappes perchées. Dans le cas des puits artésiens, elle permet de limiter les pertes d'eau. La cimentation doit déborder du sol d'au moins 0,5 m pour constituer une margelle autour de la tête du forage. Le ciment injecté autour du tubage est classiquement du ciment de type Portland, plus rarement de la bentonite. Le ciment de type Portland est préparé à raison de 100 kg par 50 litres d'eau, donnant 80 litres de « lait » de densité 1,82. comme additifs, on peut rajouter du chlorure de calcium (CaCl_2) (pour augmenter rapidement la résistance du ciment au bout de quelques heures) ou de la bentonite.

4.2.1.4 - Le massif filtrant.

- Installé autour de la crépine, il est normalement constitué de graviers propres sans éléments fins argileux ni calcaires. La granulométrie de ce massif dépend de la granulométrie des terrains aquifères captés. Comme pour la crépine, son dimensionnement doit être optimal afin d'empêcher un ensablement de l'ouvrage et, d'un autre côté, une sous-exploitation du

potentiel de la nappe (pertes de charge). L'analyse granulométrique préalable du matériau aquifère détermine :

- le calibre caractéristique d'un terrain, i.e. le diamètre d_{90} de la courbe granulométrique cumulée (diamètre tel que 10 % des éléments sont plus fins et 90 %, plus gros) ; on admet généralement que pour $d_{90} < 0,25$ mm, le massif filtrant est requis ;
- le coefficient d'uniformité (CU) défini comme le rapport d_{40} / d_{60} ; le coefficient du gravier du massif filtrant devrait se situer entre 2 et 2,5.

4.2.2 - Les équipements d'exhaure des forages.

4.2.2.1 - Ouvrages d'exhaure.

- Une fois les capacités d'un forage connues à l'aide des pompages d'essai, on y installe le matériel d'exhaure propre à refouler l'eau vers l'usine, le réservoir ou le réseau voisin. Cet équipement d'exhaure comprend au moins dans l'ordre du courant :
 - un groupe électropompe dont au moins la pompe immergée,
 - une colonne montante permettant au tuyau soutenant la pompe d'atteindre le niveau du sol, à l'intérieur du forage,
 - un compteur d'exhaure à l'extérieur du forage,
 - éventuellement un réservoir antibélier à l'extérieur du forage,
 - une décharge permettant d'effectuer des essais du forage et rejetant son eau à l'égout, dans un fossé ou un ruisseau ou en tout cas assez loin du forage,
 - une vanne d'isolement,
 - le plus souvent un clapet de la pompe dont la fiabilité n'est pas absolue est doublé d'un clapet en tête de colonne montante.

L'ordre de ces différents organes n'est pas indifférent.

Le compteur doit être placé avant l'antibélier de façon à ne pas être affecté par les faibles débits engendrés ou absorbés par cet appareil lors des coups de bélier. Il doit de même être placé avant la décharge de façon à pouvoir être utilisé lors des essais de débits.

L'antibélier peut être branché avant la vanne d'isolement si le forage démarre et s'arrête sans vanne ouverte. Par contre, il arrive souvent que pour ménager le forage ou pour limiter l'appel de courant au démarrage de la pompe, on démarre la pompe vanne d'isolement fermée, on ouvre lentement la vanne et qu'à l'arrêt on commence par fermer lentement la vanne avant d'arrêter la pompe. Dans ce cas l'antibélier doit être branché après la vanne.

4.2.2.2 - Les pompes.

- Les groupes électropompes de forage sont de deux types :
- les groupes dits « de forage » où le moteur est situé en surface et où la pompe est immergée dans le forage, à la verticale du moteur. La transmission entre le moteur et la pompe s'effectue centré au milieu de la colonne montante et guidé par des paliers situés à la jonction des tubes de la colonne montante et lubrifiés à l'eau sous pression. L'ensemble de la colonne et de la pompe sont supportés par le châssis du moteur.
- Les groupes dits « immergés » où moteur et pompe sont immergés et débitent directement dans la colonne montante formée seulement de tuyaux. Ce dernier type de groupes a tendance à être de plus en plus employé en raison de sa simplicité de montage et de démontage.

4.3 - Les châteaux - d'eau

4.3.1 - Principe

- Le fonctionnement d'un château d'eau est basé sur le principe des vases communicants. Des vases sont dits communicants, lorsqu'un liquide passe librement de l'un dans l'autre. Lorsque plusieurs vases communicants contiennent un même liquide, les surfaces libres sont, dans tous les vases, au même niveau.

La distribution de l'eau des villes repose donc sur le principe des vases communicants. L'eau est amenée par des pompes élévatoires ou par une canalisation sans pompe quand elle provient d'une source dont l'altitude est plus grande que celle du château d'eau dans un vaste réservoir (château d'eau) placé

en un lieu élevé, afin que le niveau de la surface libre soit plus haut que les plus hautes maisons de la ville. Elle descend de là par des tuyaux qui courent sous les rues, remonte d'elle-même aux étages supérieurs de tous les bâtiments, parce qu'elle tend à remonter au même niveau que dans le réservoir. La pression varie selon la situation de l'habitation par rapport au réservoir ou au château d'eau qui l'alimente et qui doit se trouver sur un point élevé. Les habitations qui se trouvent dans le fond d'une vallée auront une pression plus élevée que celles qui se trouvent plus haut.

4.3.2 - Composition

Un château d'eau est un réservoir dont le fond s'élève au-dessus du niveau du sol. Une telle construction est essentiellement composée de deux parties: le réservoir proprement dit ou cuve, incorporé dans la partie cuve, la construction du support ou socle, incorporé dans la partie pied. A part ces parties élémentaires, le château d'eau doit évidemment contenir des prévisions pour l'adduction et l'écoulement de l'eau, ainsi que les conduites de trop-plein et de vidange du réservoir, les moyens d'accès au réservoir et d'aération

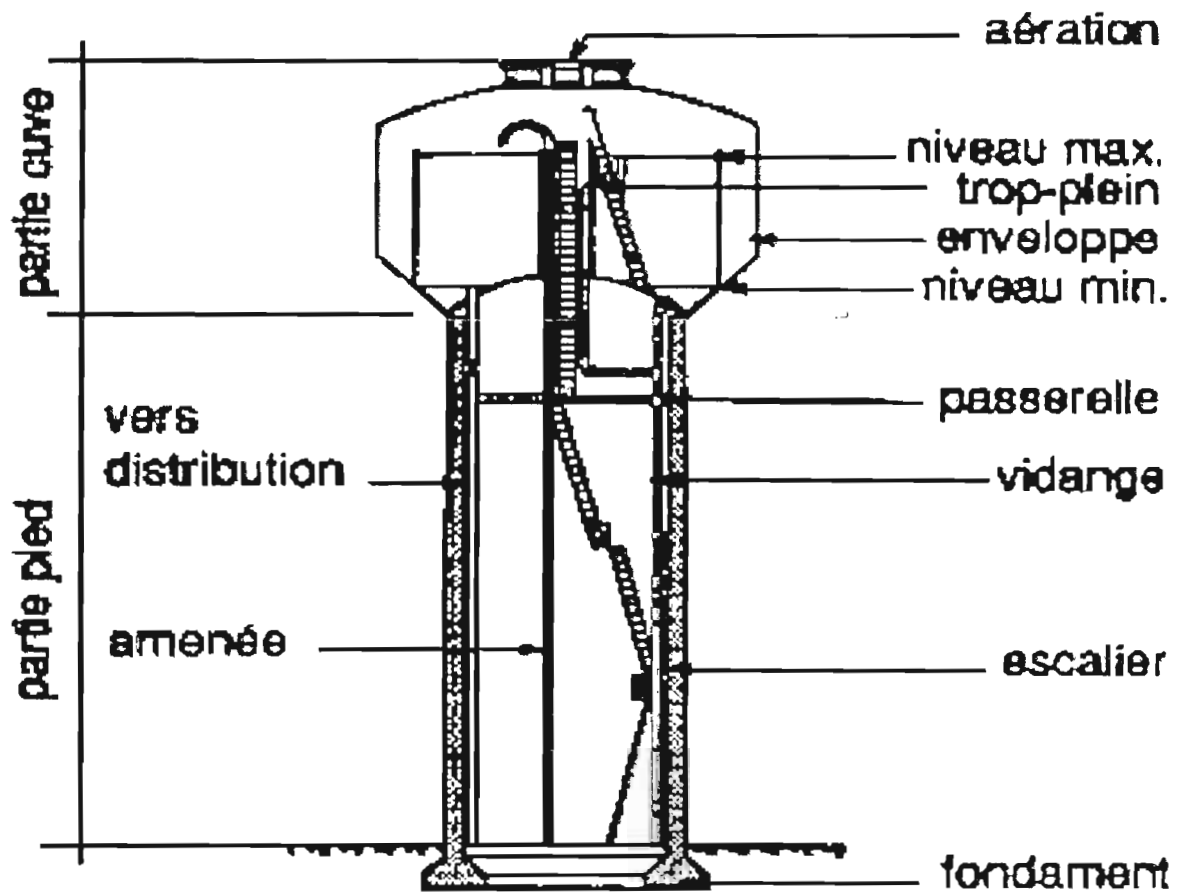


Figure 4.1 : représentation d'un château d'eau

4.3.3 - but

Dans l'ensemble de l'approvisionnement en eau, le château d'eau remplit une double fonction. La première est de constituer un tampon entre la production d'eau qui se fera de préférence d'une manière aussi égale que possible, et d'autre part, la livraison de cette eau au consommateur suivant un cycle journalier, qui connaît des consommations de pointe au cours de la journée et enregistre des débits minimaux pendant la nuit. De plus, il doit pouvoir garantir une pression minimale dans chaque point du réseau de distribution.

4.3.4 - Principe théorique

les fonctions de réserve-tampon et de régulateur de pression des châteaux d'eau sont déterminantes respectivement pour la capacité et la hauteur. La capacité est déduite des différences entre l'adduction depuis l'unité de production d'une part, et la livraison au réseau de distribution d'autre part. A cette fin, il convient de connaître les fluctuations diurnes de la demande dans le réseau et de faire une estimation des courbes de consommation futures. Encore faut-il tenir compte des consommations supplémentaires éventuelles par les services d'incendie et prévoir des quantités d'urgence au cas où la production devrait être interrompue. Le niveau d'installation de la réserve d'eau sera déterminé par la pression minimale imposée à certains points du réseau de distribution, ainsi que par la perte de charge dans les conduites. D'une étude du relief de la région et de la structure du réseau, des conduites, pourront ensuite être déduits le lieu d'emplacement le plus favorable du réservoir et la hauteur du château d'eau.

4.3.5 - L'aspect extérieur

L'aspect extérieur d'un château d'eau est déterminé en premier lieu par les caractéristiques techniques, plus précisément par la capacité et l'élévation de la cuve. Ensuite, ce seront la disponibilité des matériaux de construction et l'évolution du génie civil qui joueront un rôle.

4.3.6 - Importance

Dans le vaste ensemble qu'est une infrastructure de production et de distribution d'eau, le château d'eau, bien qu'y tenant un rôle indispensable, n'est qu'un maillon, assez modeste même dans l'investissement global consacré aux installations : les dizaines de milliers de kilomètres de canalisations de transport et

de distribution, les captages, les usines de traitement, les stations de pompage, les réservoirs au sol, en représentent en effet, de très loin, la part prépondérante.

4.3.7 - Les composantes

Le château d'eau a un rôle identique de volant et de réserve et d'organe régulateur de la pression dans le réseau. Seul le défaut de relief dans la zone où doit être implanté le réservoir impose de construire ce dernier sur tour. Structurellement, le château d'eau est donc une cuve surélevée, placée sur un support. Il faut y ajouter la fondation sous ce dernier, importante en raison de la masse de l'ouvrage.

La protection des tuyauteries impose de les loger dans une enceinte fermée, du sol à la cuve; ce fût participe souvent - quand il n'en est pas le seul support - au soutien du réservoir; il comporte des planchers régulièrement espacés. L'obligation de couverture minimale de 1 m de terre des canalisations extérieures implique, pour leur pénétration dans l'ouvrage, l'existence d'une cave, souvent nécessaire, par ailleurs, pour que la fondation atteigne le sol résistant. Un escalier en colimaçon ou parfois des échelles, permet l'accès à tous les niveaux, de la cave en haut de la cuve.

La cuve est caractérisée par sa capacité, par sa côte moyenne, qui est celle du plan qui divise son volume en deux parties égales, et est le niveau de base du calcul du réseau, ses côtes de trop-plein et de fond. Elle est généralement à double paroi, qui isole à la fois l'eau et la structure elle-même de l'effet des températures extérieures et évite les conséquences défavorables, tant sur le plan de l'aspect que sur celui de la tenue de l'ouvrage, de fuites éventuelles. Elle est couverte d'une toiture accessible, entourée, dans les ouvrages récents, d'un attique, rebord de corniche ou garde-corps d'une hauteur qui permet inspection et entretien en sécurité. Elle est traversée d'une cheminée, qui livre passage à l'escalier.

Elle est ventilée par des chatières, pour renouveler l'air au-dessus du plan d'eau et éviter la condensation; les orifices d'aération sont pourvus de grillages et

de moustiquaires. L'éclairage naturel est réduit; les points lumineux artificiels sont alimentés sous très basse tension.

L'étanchéité des cuves en béton est assurée par un enduit intérieur de mortier de ciment, rarement par une membrane plastique libre. Une peinture à base de résines époxydes, complétée par une protection cathodique, protège contre la corrosion la surface interne des cuves métalliques. Un paratonnerre assure la protection de l'ouvrage contre la foudre.

4.3.8 - L'équipement hydraulique

Les canalisations intérieures du château d'eau sont en acier, à brides boulonnées. Leur diamètre est souvent réduit par rapport à celui des conduites extérieures enterrées qui aboutissent à l'ouvrage; l'économie et le plus faible poids des pièces à manipuler compensent les pertes de charges accrues sur quelques dizaines de mètres de canalisations. Elles sont revêtues d'époxy, ou métallisées et peintes ensuite, ou encore plastifiées à chaud.

La conduite d'amenée traverse la cuve jusqu'au-dessus du niveau de trop-plein et l'alimente par jet à l'air libre; parfois, pour éviter que la perte d'acide carbonique libre provoquée par cette aération rende l'eau incrustante, la conduite d'amenée est prolongée jusqu'au fond de la cuve. Une vanne commandée soit par flotteur, soit électriquement ou hydrauliquement, obture la canalisation quand le niveau de trop-plein est atteint.

La conduite de distribution puise l'eau dans une cunette au fond de la cuve, à travers une crépine. Son diamètre est souvent plus important que celui de la conduite d'amenée, compte tenu des débits de pointe qu'elle doit véhiculer.

Les canalisations d'alimentation et de distribution comportent une vanne d'isolement après leur pénétration dans la cave. Elles sont équipées d'un compteur ou d'un débitmètre électromagnétique, qui enregistrent le diagramme de leur débit; un comptage spécial, dimensionné pour les faibles débits, installé en by-pass du compteur principal de la conduite de distribution fournit, en lecture de nuit, des indications sur les pertes du réseau. Une liaison entre les deux canalisations permet, par un jeu de vannes, la distribution, cuve hors service, et,

d'autre part, le nettoyage du plan d'eau par débordement dans la goulotte de trop-plein.

Dans les ouvrages d'extrémité, une unique canalisation d'amenée-distribution dans laquelle l'eau circule, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, pénètre dans le château d'eau; elle se divise néanmoins en deux branches, sous la cuve, pour assurer l'indispensable renouvellement d'eau, la branche de distribution comportant un clapet de non-retour qui empêche l'alimentation de la cuve par le fond.

Une canalisation de trop-plein évacue à l'égout, au fossé ou au cours d'eau le plus proche, le débit de débordement en cas de défection de la vanne automatique de fermeture de la conduite d'alimentation; la conduite de vidange la rejoint sous la cuve.

4.4 - Exploitation des prélèvements sur les forages en 2002

nom forage	volume jan 02 (m3)	volume fév 02 (m3)	volume mars 02 (m3)	volume avr 02 (m3)	vol mai 02 (m3)	volume juin 02 (m3)
F1	45213	40013	48470	50163	52290	39971
F2	53260	51143	62388	56108	63293	62233
F3 bis	54066	39215	51006	49445	51832	49412
F4 bis	56520	48890	53662	50805	52029	57584
F5	60897	55515	63492	60883	61530	55266
F6	65560	57230	61880	51400	50790	43560
F7	48353	38087	37282	33933	38828	45817
F8	61593	56091	59083	55313	66274	62541

volume juil 02 (m3)	volume aout 02 (m3)	volume sept02 (m3)	volume oct 02 (m3)	volume nov 02 (m3)	volume déc 02 (m3)
40421	42124	42402	39891	42473	42424
64066	64313	62197	71658	50109	55566
51928	50610	48948	48970	46703	32895
59985	59829	59299	58982	60072	59947
51238	71250	67902	61783	48070	64868
53268	53212	53020	54660	55543	49572
52560	54019	54609	50489	48667	41992
66643	68017	63195	65397	66606	64125

Tableau 4.1 production des dix forages par mois

En 2002 c'est 5 166 726 m³ d'eau qui sont produits par les 10 forages de Thiès exploités par la SDE. Signalons que les forages F9 et F10 ont été mis en exploitation à partir de décembre 2002.

Nous allons comparer cette production à la demande en eau d'une population estimée à 300000 hbts avec une demande quotidienne 35l /hab./jour.

Ainsi la demande de cette population équivaut à $35 \times 300000 \times 365$ soit 3832500000 l/an ou 3825000m³.

Si on ajoute à cette demande le volume d'eau utilisée par les industries, commerces et pour désaltérer les animaux on voit bien qu'on tendra vers la production totale des forages.

Enfin signalons l'existence de plusieurs forages privés à Thiès.

Chapitre 5 : Qualité de l'eau

Les nappes d'eaux souterraines sont formées par la percolation de l'eau de pluie et de ruissellement à travers les sols et les roches . Le processus d'infiltration est plus ou moins rapide selon les caractéristiques du sous-sol et la nature des roches, mais au cours de ce transfert, qui peut durer de quelques jours à plusieurs dizaines d'années; l'eau acide dissout les roches et se charge de quelques uns de ses éléments chimiques les plus solubles. Ainsi, l'eau des nappes supposée être de très bonne qualité après le filtre naturel du sous-sol ne l'est pas toujours. La qualité naturelle des eaux souterraines, va donc être naturellement influencée par ce que les géologues appellent le « fonds géochimique ». Certains minéraux et métaux sont rendus mobiles par l'acidité de l'eau et/ou le contact de l'air libre (les roches sont mises en contact avec l'air par les mines, les galeries), et l'eau se charge alors de ces éléments dont quelques uns à doses modérées, sont bons pour la santé (les eaux minérales, à l'origine, étaient d'ailleurs vendues en pharmacie) tandis que d'autres peuvent être indésirables. La charge est variable selon les roches. Les eaux souterraines drainant les roches plutoniques, les plus anciennes peuvent être naturellement chargées en arsenic, aluminium, fer et manganèse. Les eaux des calcaires, très sensibles à l'acidité de l'eau, sont naturellement chargées en calcium, magnésium, parfois en fer, fluor, manganèse. Les eaux souterraines acides peuvent être naturellement chargées en aluminium.

Dans la quasi-totalité des cas, ces charges sont évidemment infinitésimales, mais sur une surface étendue il peut y avoir quelques exceptions ou « anomalies géochimiques », liées à la proximité des gisements en minerais, entraînant alors des dosages exceptionnels, en l'absence de toute contamination d'origine humaine c'est en particulier le cas pour l'arsenic, le fer, le fluor, le bore. dont les doses naturelles dans les eaux souterraines peuvent être localement plus de cent fois supérieures aux valeurs requises pour la potabilisation des eaux. Ainsi, de même que les eaux de pluie, les eaux de source, issues des nappes souterraines peuvent être naturellement impropres à la consommation et à la fabrication d'eau potable. *Dans la nature, toutes les eaux ne sont pas bonnes à boire.* Ceci est important à savoir afin de mettre en place des méthodes pour la

potabiliser, comme c'est de plus en plus le cas pour certaines eaux minérales trop chargées en arsenic, en fer, etc...

L'eau, au cours de son parcours dans le sol ou dans les rivières, se charge de différents polluants d'origine naturelle et/ou d'origine humaine, qui devraient être traités ou éliminés avant que l'eau ne soit distribuée à la population.

5.1 Les différentes origines des produits rencontrés dans l'eau

- lessivage des sols
- rejets agricoles (nitrates, phosphore, pesticides...)
- lessivages urbains
- matières organiques
- sels
- Sulfate
- Chlorures
- Matières dissoutes
- Particules minérales en suspension
- produits toxiques
- Prion
- sols
- calcaire
- argile
- pollution Accidentelles
- Rejets Domestiques
- Agriculture
- Rejets Industriels

5.2 Evolution de la qualité de l'eau

Pour être distribuée l'eau doit transiter dans des conduites qui devraient présenter une totale inertie vis à vis de cette eau.

Malheureusement, l'expérience prouve que le réseau peut être le siège de nombreuses réactions dont la conséquence est la dégradation plus ou moins intense de l'eau transitée.

Ces dégradations généralement sans effets néfastes pour la santé, se traduisent par une détérioration des qualités organoleptiques de l'eau : couleur, goût, turbidité. Le consommateur est très sensible à ces manifestations et réagit par de nombreuses réclamations.

Des proliférations d'organismes tels que larves d'insectes, crustacés ou vers, déclenchent aussi, surtout en période estivale, des nuisances en distribution. A côté de ces phénomènes sensibles, d'autres paramètres physico-chimiques et biologiques sont susceptibles d'évoluer. Ils ont fait l'objet de nombreuses études. Enfin les interactions entre l'eau et le tuyau peuvent se traduire par une attaque du matériau diminuant ses qualités, notamment sa résistance, ou par des dépôts réduisant la capacité de transport du réseau.

5.2.1 La corrosion

La cause principale des problèmes de coloration et de turbidité de l'eau provient des attaques des conduites à base de fer. Certaines ressources en eau sont plus corrosives que d'autres :

Les eaux douces dont les valeurs de dureté et d'alcalinité sont toutes les deux inférieures à 50mg/l de CaCO₃.

Les eaux riches en chlorure et en sulfate, avec un effet complémentaire en d'autres ions comme le bicarbonate (on considère comme corrosives des eaux ayant plus de 50mg l de chlorure ou de sulfate).

5.2.2 Les dépôts dans les conduites

Une eau non agressive peut devenir incrustante si sa composition l'amène en dehors de la zone d'équilibre. Souvent ceci est dû à un traitement mal réglé qui peut donner lieu à des dépôts de fer, d'aluminium, de manganèse, et de matières diverses en suspensions telle que la silice, les débris organoleptiques et les algues.

Ces produits ont tendance à former des dépôts mobiles tels que boues et sédiments, surtout dans les zones des réseaux où les débits sont faibles.

Ces dépôts peuvent alors se retrouver en suspension et entraîner une coloration. Ils représentent également un milieu favorable pour les micro-organismes et les animaux produisant par la suite des goûts, des odeurs, une regermination de bactéries et la présence d'animaux.

Des mesures préventives sont essentielles pour de tels problèmes et supposent évidemment un contrôle amélioré des usines de traitement surtout en ce qui concerne le coagulant résiduel et le développement de nouvelles techniques pour le traitement des eaux superficielles.

5.2.3 Croissance microbiologique

Le rôle des micro-organismes dans la production des goûts et des odeurs est reconnu. Ils peuvent également contribuer aux problèmes de coloration en créant des boues qui sont périodiquement arrachées à la paroi du tuyau, en changeant la forme des dépôts et des produits de corrosion, et en encourageant la corrosion. Les facteurs encourageant la croissance biologique (taux organique élevé, ammoniacque, durées de stationnement élevées et peu de désinfectant résiduels) commencent à être connus.

5.2.4 Les remèdes

Afin de résoudre les problèmes complexes, qui ont de nombreuses causes possibles, il est indispensable d'adopter une démarche systématique de manière à être sûr que les causes sont bien diagnostiquées et que les mesures préventives sont prises avant les mesures curatives :

- d'abord corriger les problèmes liés à l'eau brute.
- corriger le traitement.
- nettoyer les conduites.
- enfin si nécessaire, renouveler les conduites ou les réhabiliter. [Lyonnaise des eaux, 1986].

Apprécier la qualité de la ressource conduit à analyser les caractéristiques des eaux souterraines, pour cela on dispose d'un ensemble d'essais sur l'eau

Analyses	Description et utilité	Dans quels cas réaliser cette analyse ?
pH	La mesure du pH (potentiel Hydrogène) traduit l'acidité ou l'alcalinité d'un milieu	Tous types d'eau et de traitement, en particulier sur les circuits fermés et les chaudières vapeur
TH (Titre Hydrotimétrique)	Correspond à la dureté d'une eau, en relation avec la proportion de calcium et de magnésium	Contrôle des adoucisseurs, concentration des circuits de refroidissement sur tour
TA et TAC	Proportion de carbonate et de bicarbonate, avec le TH et le pH, ils déterminent le caractère entartrant ou agressif d'une eau	Tous types d'eau et de traitement, en particulier sur les chaudières vapeur et les circuits de refroidissement évaporatifs
Chlorures	Un des éléments de la salinité, en forte proportion ils augmentent le caractère corrosif de l'eau	Présents sur tous types d'eau, après régénération des résines des adoucisseurs pour vérifier le rinçage
Conductivité	Est en relation directe avec la salinité totale de l'eau, unités: milli-siemens (mS) ou micro-siemens (μ S)	Tous types d'eau et de traitement, contrôle des osmoseurs, des purges de déconcentration des circuits et de la qualité des condensats des chaudières
Densité	Sert à déterminer la portion d'antigel	Sur les circuits d'eau glycolée (refroidissement de condenseurs, eau glacée à température négative)
Fer dissous	C'est un indicateur de suivi de la corrosion	Sur tous type d'eau et de traitement, l'eau potable doit en contenir moins de 0,1 mg/l

Analyses	Description et utilité	Dans quels cas réaliser cette analyse ?
Fer total	Comprend le fer dissous et le fer présent sous forme de particules en suspension	Le fer en suspension est présent sous plusieurs formes: métallique ou oxyde ferreux noir il est magnétique, sous forme d'oxyde ferrique de couleur rouille il est non magnétique.
Phosphates	Apportés par certains types de traitement, ils existent sous forme libre (ortho-phosphate), de polyphosphate ou de phosphate lié à des produits organiques (phosphonates)	ECS (maximum autorisé de 5 mg/l exprimé en P2O5), chaudière vapeur,circuit de refroidissement (la plupart du temps sous forme organique dans ce dernier cas)
Silice	Apportées également par certains types de traitement (ECS), en excès peut poser des problèmes de tartre très difficile à éliminer sur les chaudières vapeur	ECS avant et après traitement (maximum autorisé de 10 mg/l en SiO2 rajouté), chaudière vapeur (le rapport silice/TAC doit rester inférieur à 2,5)
Chlore résiduel	sert à déterminer la concentration de chlore à injecter dans l'eau pour avoir un effet bactéricide et pour prévenir une contamination au cours de la distribution	sur toute eau destinée à la consommation des populations

Tableau 5.1 types d'analyses pouvant être faite sur l'eau

* la liste des analyses n'est pas exhaustive

[.fr/protec/14_methcdes_d'analyse_des_eaux.htm].

5.2.5 Analyse de nos données

Le pH compris entre 7 et 8.4 est celui d'une eau neutre à alcalin. Ce pH est acceptable pour une eau de consommation. Il n'y a aucune menace de corrosion des conduites car l'eau n'est pas agressive du fait que le pH est inférieur au pH d'équilibre (6.5).

Les valeurs des teneurs ioniques (voir annexe 5) obtenues lors de la première année de fonctionnement ne montre aucune dégradation de la qualité et respecte les normes OMS pour l'eau potable. Les teneurs en nitrates (NO₃) sont inférieures à 2mg/l ce qui fait qu'aucune pollution anthropique n'a été décelé. Aucune trace de salinisation n'est à signaler. les teneurs en chlorures sont faibles.

Pour l'année 2002 les eaux produites sont d'un pH compris entre 7 et 7.3 ce qui nous donne des eaux neutres. Les teneurs en fer déjà élevée par rapport aux normes semblent avoir augmentées au fil des années. par exemple pour F3 on est passé de 0.25 à 1 mg/l. Les concentration en fer sont comprises entre 0.5 et 2.5 mg/l Les PH par contre se sont réduits la valeur minimale de 7.3 est devenu la valeur maximale en 2002.

Il ne semble pas y avoir de pollution de l'eau car il n'y a pas de présence de coliformes totaux ou de coliformes fécaux. Cependant cette étude n'aurait pas dû se limiter à l'analyse microbiologique. Car une variation des paramètres physico-chimiques est très probable (voir annexes 7).

Chapitre 6 : DEVELOPPEMENT DU SIG

L'objet de ce chapitre est d'exposer l'acquisition des données, leur organisation ainsi que leur modélisation. Il y sera également question des différentes transformations effectuées afin de positionner les forages et les châteaux d'eau sur la carte numérique de la ville de Thiès.

6.1 - Acquisition des données.

L'acquisition des données a été la partie la plus longue mais aussi la plus laborieuse du travail. Elle constitue aussi également une étape très importante. En effet, même si elles existent, les données sont souvent dispersées dans différents services (SDE, DR Thiès, SDE Dakar, SGPRES). Il arrive aussi que des données sur un même sujet soient différentes d'un service à un autre. Cela entraîne l'existence de données erronées ou non mises à jour. Donc nous étions obligés de faire une sélection des données en accordant la priorité aux informations fournies par la Direction Régionale de la SDE à Thiès et aux données les plus récentes.

Les données thématiques (banques de données) ont été principalement fournies par la SDE et la SGPRES dans une portion moins importante.

Les données spatiales (cartographie) ont été obtenues à la DTGC. Les coordonnées géographiques des forages font partie des données recueillies au niveau de la SGPRES.

6.2 - Organisation des données.

Une fois les données recueillies, il convient de les organiser en thème afin de ressortir les liens qui existent entre ces différentes informations.

Deux principaux thèmes ont été dégagés :

les forages et

les châteaux d'eau.

Une seule relation a pu être trouvée entre ces entités c'est à dire « refoules dans ».

La ville de Thiès compte dix forages de captage et un piézomètre ou puits d'observation. Le forage i est désigné par F_i . Cependant les deux forages F_9 et F_{10}

ne sont pas situés dans la ville même, mais dans ses environnants. De ce fait nous n'avons pas pu les positionner avec exactitude sur la carte numérique (voir CD). Donc il faut considérer les points les désignant sur la carte comme des indications sur leur localisation. Les points représentant la localisation de ces forages sont donnés à titre indicatif sur la carte.

Quant, aux réservoirs appelés châteaux d'eau ils sont au nombre de quatre. Le château d'eau i est désigné par R_i . Ils sont tous couplés à des forages. Ainsi on a (F_3, R_3) ; (F_4, R_4) ; (F_5, R_5) ; (F_7, R_7) . Il faut aussi signaler qu'un réservoir peut aussi être desservi par d'autres forages auxquels il n'est pas couplés.

Les conduites d'amenée (forage-château d'eau) seront également matérialisées sur le SIG.

6.3 - Géoréférencement et changement de systèmes de coordonnées.

Les données, sur la position des forages, obtenues au niveau de la SGPRE étaient exprimées en coordonnées géographiques c'est à dire en longitude et latitude. Or la carte numérique qui nous a été fournie par la DTGC représentait la ville de Thiès dans la grille kilométrique locale.

A partir de ce moment il fallait dans un premier temps transformer les coordonnées en coordonnées cartésiennes. Le système UTM WGS 1984 Zone 28° Hémisphère Nord a été choisi comme système de projection.

Cette projection cartographique a été effectuée à l'aide de la feuille de calcul sur Microsoft Excel développée par Serge MILLES. Avec cette dernière il suffit tout simplement d'introduire les coordonnées géographiques du point considéré exprimées en degrés décimaux pour obtenir les coordonnées cartésiennes correspondantes.

Dans un second temps, nous avons établi une relation entre les coordonnées cartésiennes UTM de quelques points relevés sur une carte de la ville de Thiès et les coordonnées de ces mêmes points, mais cette fois ci relevés sur la carte numérique dans le système local. A partir de cette relation nous avons pu avoir les coordonnées des forages et des châteaux d'eau.

6.4 - Modélisation des données.

La modélisation des données et des traitements joue un rôle analogue au plan d'architecture pour construire un édifice ou au plan d'urbanisme pour développer une municipalité [Thériault, 1996].

La modélisation des données requiert trois phases successives pour définir les composants conceptuels, pour établir les liens logiques et enfin pour déterminer les moyens physiques. Ces trois phases correspondent respectivement au modèle conceptuel de données, au modèle logique et au modèle physique.

6.4.1 - Le modèle conceptuel de données (MCD).

Le MCD identifie les entités et les relations qui seront traités dans le système. D'après Peuquet (1984) et Dangermond (1986), la modélisation conceptuelle est indépendante du logiciel et du matériel. Elle décrit et définit les entités traitées, indique comment ces dernières seront représentées dans la base de données (entités non spatiales, points, lignes, zones, etc.) et elle détermine enfin les liens structurels qui doivent être établis entre les divers éléments intégrés dans le système.

Exemple :

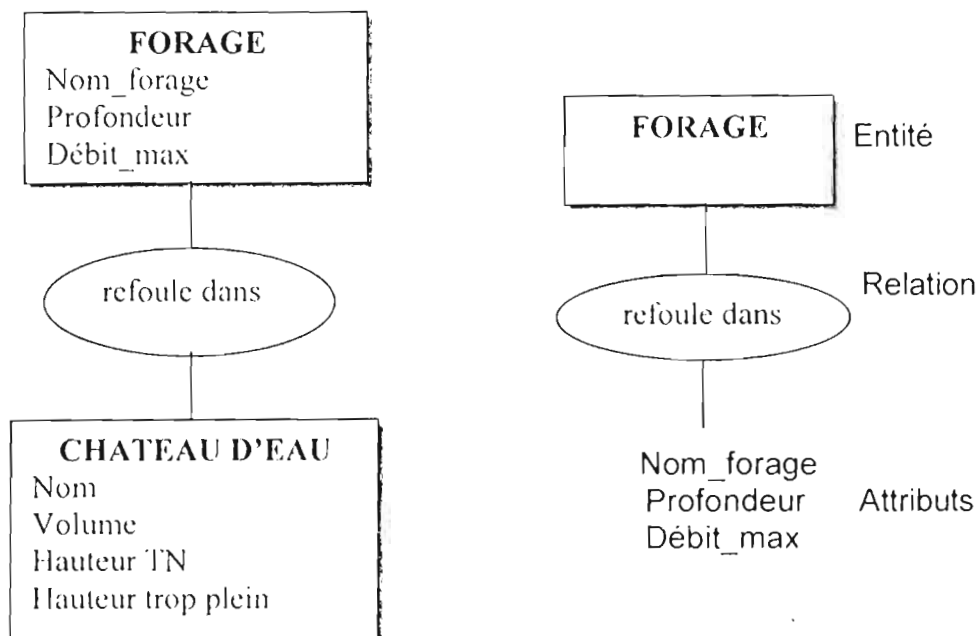


Figure 61 : exemple n°1 de modèle conceptuel de données

Les liens entre les différentes entités font intervenir la notion de cardinalité. C'est une notion importante dans la définition des relations car permettant de définir les contraintes d'intégrités référentielles des données (règles qui assurent la cohérence des données).

C'est ainsi qu'un forage ne refoule que dans un seul château d'eau alors qu'un château d'eau peut être alimenté par plusieurs forages. Ce'a est représenté par :

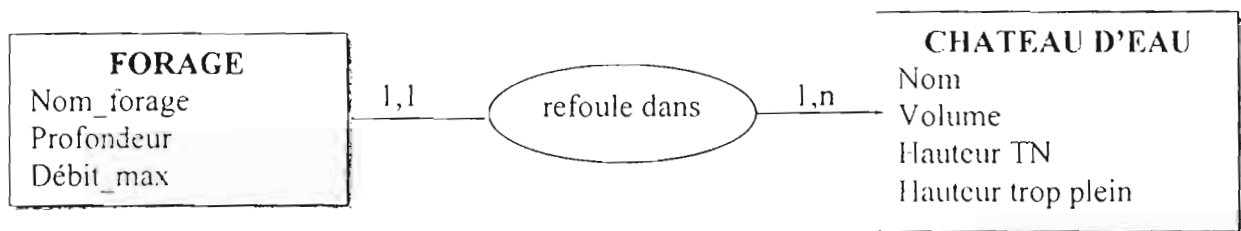


Figure 6.2 : exemple n°2 de modèle conceptuel de données

6.4.2 - Le mode logique.

Le MCD est ensuite transformé en modèle relationnel des données, qui constitue le modèle logique.

La structure est dépendante du logiciel mais demeure indépendante du matériel (ordinateur, espace disque, etc.) [Thériault, 1996].

6.4.3 - Le modèle physique.

Il s'intéresse aux aspects matériels de la répartition des données dans les tables (structuration).

Objet conceptuel	Objet physique
Entité	Table
Attributs	Colonne de table
Identification primaire	Clé primaire

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les ressources en eaux occupent une place centrale dans le développement d'une nation. La distribution de l'eau potable doit donc faire l'objet d'une gestion rigoureuse, surtout dans les pays du Sahel où celle-ci est rare.

La commune de Thiès, comme beaucoup de communes et même de villages du Sénégal tire l'essentiel de ses ressources en eaux de son sous-sol. Les forages et les châteaux d'eau qui constituent l'ossature de ces réseaux jouent donc un rôle important dans la distribution des eaux. C'est de leur bon fonctionnement que dépendra l'efficacité de la distribution.

La bonne gestion des ressources en eaux commencera par une connaissance de leur état. Il faut ensuite connaître les modes d'exploitations actuelles afin de pouvoir prédire un risque de surexploitation. Ce projet de fin d'études constitue donc un début de solution à la problématique de la bonne gestion de nos ressources en eaux. Il nous a d'abord permis de savoir que la ville de Thiès est essentiellement alimentée en eau potable par dix forages gérés par la SDE. En 2002 c'est 5 166 726 m³ qui ont été produits par ces derniers. Les résultats des analyses montrent que l'eau est de bonne qualité bien qu'elle ait une concentration en fer assez élevée. Cependant on constate au niveau de certains forages des valeurs de rabattement très élevées qui semblent s'expliquer par un puissant débit de pompage.

Ce projet a également été pour nous l'occasion de voir de façon clair que les données fournies par la SGPRES sur la position géographique des forages comportaient quelques erreurs. Il y a aussi qu'entre la direction régionale de Thiès et la direction générale de la SDE de Dakar il y a une différence de dénomination qui semble conduire parfois à des confusions.

Le tracé des canalisations de distribution n'a pas été possible en raison d'un manque d'informations au niveau de la direction de Dakar, qui n'a pas fourni les caractéristiques des conduites. Il était dès lors impossible d'envisager un calcul de réseaux. Il aurait été intéressant d'avoir une bonne connaissance du réseau afin de déterminer les points critiques, ainsi que d'autres paramètres pouvant servir à l'exploitation.

Ce SIG constitue une base de données qui est utilisable par tous ceux qui le désirent, il suffit d'avoir des connaissances moyennes du logiciel ArcView. En plus, il peut servir à tous ceux qui ont un besoin de connaissance de l'état des ressources ou matériel d'exploitation. Il gagnerait cependant à être complété par un calcul de réseaux.

Au terme de projet de fin d'études nous tenons à faire certaines recommandations aux professionnels de l'eau ainsi qu'à notre cher établissement.

1. La SDE gagnerait à mettre à jour ses données car certains forages ou châteaux d'eau qui ne fonctionnent plus apparaissent parfois dans la base de données.

2. La nomenclature des forages devrait être améliorée (par exemple on confond facilement des forages qui se nomment F1, F1bis et F1ter)

3. La SDE gagnerait à faciliter l'accès aux données aux élèves dans un souci de complémentarité entre l'école et elle.

4. L'école devrait s'organiser pour laisser du temps libre à ses élèves pour qu'ils puissent rentrer en profondeur dans leur sujet.

5. Nous invitons l'école à se doter de GPS pour faciliter les travaux topographiques de ses élèves.

6. Ce projet de fin d'études devrait être continué par d'autres groupes d'élèves notamment pour le calcul de réseau (si la coopération avec la SDE le permet) et surtout il serait intéressant de voir l'état des canalisations et la répercussion de cet état sur la qualité de l'eau fournie grâce à des analyses au niveau de plusieurs quartiers de Thiès.

Annexe 1 : Caractéristiques des forages

Forage1 Ter

Installation

désignation	caractéristiques	valeur
-------------	------------------	--------

ouvrage

désignation	caractéristiques	valeur
forage F1 ouvrage	Date de mise en service	1/1/1995
	Débit de mise en service	90
	Nombre (unité)	1

Equipement

désignation	caractéristiques	valeur
antibélier-equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	pression d'épreuve (bar)	1/15/1900
	pression de service (bar)	10
Batterie-Condensateur-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	nombre(unité)	2
	Puissance (kVAR)	10
Clapet-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal (mm)	150
	Marque	Bayard
Colonne d'exhaure-Equipement	Date de mise en service	01/011995
	Diamètre nominal (mm)	150
	Longeur (m)	180
	Matériau	Acier
Compteur-Equipement	Date de mise en service	1/1/1990
	Diamètre nominal (mm)	150
	Marque	Schlumberger
Coupure Amont-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Tension nominale (V)	400
GEP immergé-Equipement	Débit de service mesuré (m3/h)	85
	Débit (m3/h)	100
	Marque	Pleuger
	Marque du moteur	Pleuger
	Pression nominale (mce)	160
Pompe doseuse-Equipement	Débit maximum (l/h)	
	pression de service (bar)	10
Pompe doseuse-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Débit maximum (l/h)	60
	Pression de service (bar)	10
Transformateur-Equipement	Date de mise en service	01/01/97
	Marque	France transfo U=30kV/B2
	Puissance (kVA)	100
	Tension nominale (V)	30000
	Type dans la marque	H61

Suite forage F1ter

Tuyau-refoulement-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal(mm)	150 avec Long=1.7km
	Matériau	Fonte
Vanne N°1-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
	Type dans la marque	PN16
Vanne N°2-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Vanne N°3-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal(mm)	80
	Type dans la marque	PN16
	Marque	Bayard
Vanne N°4-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal (mm)	40
	Marque	Bayard
	Type dans la marque	PN16
Ventouse-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal(mm)	60
	Marque	Bayard

Forage2

désignation	caractéristiques	valeur
antibélier-équipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Position	horizontale
armoire Electrique Equipement	Date de mise en service	1/1/1999
Batterie-Condensateur-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	nombre(unité)	1
	Puissance (kVAR)	10
Clapet-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Colonne d'exhaure-Equipement	Date de mise en service	01/01/1995
	Diamètre nominal(mm)	125
	Longeur(m)	132
Compresseur-Equipement	Date de mise en service	1/1/1991
Compteur-Equipement:	Date de mise en service	1/1/1990
	Débit nominal(m3/h)	150
	Marque	Socam
	Type dans la marque	WP150
Coupure Amont-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Tension nominale(V)	400
GEP immergé-Equipement	Débit de service mesuré (m3/h)	100
	Débit(m3/h)	100
	Marque	Pleuger
	Marque du moteur	Pleuger
	Pression nominale (mce)	160
	Puissance nominale moteur (kW)	70
	Tension nominale(V)	400
Manomètre-Equipement:	Date de mise en service	1/1/1990
	Marque	Wika
	Pression de service (bar)	15
Pompe doseuse-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Débit maximum(l/h)	60
	Pression de service (bar)	10
Transformateur-Equipement	Puissance kVA	100
	Tension nominale(V)	30000 u=30kV/B2
	Type dans la marque	H59
Tuyau-refoulement-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	150 avec long=1.7km
	Matériau	Fonte

Suite Forage 2

Vanne N°1-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Vanne N°2-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Vanne N°3-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal(mm)	80
	Marque	Bayard
Vanne N°4-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal(mm)	40
	Marque	Bayard
Ventouse-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	60
	Marque	Bayard

ForageF3

Installation

désignation	caractéristiques	valeur
Forage F3 Installation	Date de mise en service	1/1/1988

Ouvrage

désignation	caractéristiques	valeur
ForageF3bis-Ouvrage	Cote au sol (m)	60
	Date de mise en service	1/1/1988
	Débit de service(m3/h)	70
	Nombre (unité)	1

Equipement

désignation	caractéristiques	valeur
Armoire Electrique -Equipement	Type dans la marque	Statorique
Batterie-Condensateur-Equipement	Date de mise en service	1/1/1986
	nombre(unité)	1
	Puissance (kVAR)	10
Clapet-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Colonne d'exhaure-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Matériau	Acier
Compteur-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Scumberger
Coupure Amont-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Tension nominale(V)	30000
Disjoncteur BT-Equipement	Date de mise en service	1/1/1986
GEP immergé-Equipement	Débit de service mesuré(m3/h)	85
	Débit (m3/h)	85
	Marque	KSB Guina'd
	Marque du moteur	KSB
	Pression nominale (mce)	165
	Tension nominale(V)	400
Manomètre-Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Pression de service (bar)	16
Pompe doseuse-Equipement	Date de mise en service	1/1/1991
	Débit maximum(l/h)	50
	Marque	DosaPro
	Nombre de tête(unité)	1
Transformateur-Equipement	Marque	France Transfo
	Puissance kVA	100
	Tension nominale(V)	30000

Suite forage 3

Tuyau-refoulement-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Matériau	Fonte
Vanne N°1-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Vanne N°2-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Ventouse-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	60
	Marque	Bayard

ForageF4 bis

Installation

désignation	caractéristiques	valeur
Forage F4 -Installation	Date de mise en service	1/1/1988

Ouvrage

désignation	caractéristiques	valeur
ForageF4bis-Ouvrage	Date de mise en service	1/1/1988
	Débit de service(m3/h)	75
	Nombre (unité)	1

Equipement

désignation	caractéristiques	valeur
Armoire Electrique -Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Type dans la marque	Statorique
Batterie-Condensateur-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	nombre(unité)	1
	Puissance (kVAR)	30
Clapet-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Colonne d'exhaure-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Longueur(m)	140
	Matériau	Acier
	Date de mise en service	01/01/88
Compteur-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Scumberger
Coupure Amont-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Tension nominale(V)	30000
	Type dans la marque	H59
Disjoncteur BT-Equipement	Date de mise en service	1/1/1970
	Marque	Merlin Gern
GEP immergé-Equipement	Débit de service mesuré(m3/h)	90
	Débit (m3/h)	90
	Marque	Pleuger
	Marque du moteur	Pleuger
	Pression nominale (mce)	170
	Tension nominale(V)	400
Manomètre-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Marque	Bourdon
	Pression de service (bar)	16
Pompe doseuse-Equipement	Date de mise en service	1/1/1990
	Débit maximum(l/h)	50
	Marque	Leroy Somer
	Nombre de tête(unité)	1

Suite Forage 4

Transformateur MT/BT-Equipement	Date de mise en service	1/1/1970
	Puissance kVA	160
	Tension nominale(V)	400
Tuyau-refoulement-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	150
	Matériau	Fonte
Vanne N°1-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Vanne N°2-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	80
	Marque	Bayard
Ventouse-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	60
	Marque	Bayard

ForageF5

Installation

désignation	caractéristiques	valeur
-------------	------------------	--------

ouvrage

Ouvrage

désignation	caractéristiques	valeur
ForageF5-Ouvrage	Cote au sol (m)	75
	Débit de service(m3/h)	95
	Nombre (unité)	1

Equipement

désignation	caractéristiques	valeur
Armoire Electrique -Equipement	Date de mise en service	1/1/1985
	Type dans la marque	Statorique
Batterie-Condensateur-Equipement	Date de mise en service	1/1/1986
	nombre(unité)	1
	Puissance (kVAR)	66
Clapet-Equipement	Date de mise en service	1/1/1982
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Socla
Colonne d'exhaure-Equipement	Type dans la marque	PN16
	Diamètre nominal(mm)	100
Compteur-Equipement	Matériau	Acier
	Date de mise en service	1/1/1992
	Diamètre nominal(mm)	150
Coupure Amont-Equ pement	Marque	Sclumberger
	Date de mise en service	1/1/1988
Disjoncteur BT-Equipement	Date de mise en service	1/1/1998
	Marque	Merlin Gerin
	Type dans la marque	C250
GEP immergé-Equipement	Débit de service mesuré (m3/h)	80
	Débit (m3/h)	80
	Marque	Pleuger
	Pression nominale (mce)	160
	Tension nominale(V)	380
Pompe doseuse-Equipement	Date de mise en service	1/1/1990
	Débit maximum(l/h)	50
	Marque	DosaPro
	Nombre de tête(unité)	1

Suite forage 5

TransformateurMT/BT-Equipement	Marque	France Transfo
	Puissance kVA	100
	Type dans la marque	H59
Tuyau-refoulement-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Matériau	Fonte
Vanne N°1-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
Vanne N°2-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Diamètre nominal(mm)	150
Ventouse-Equipement	Diamètre nominal(mm)	60
	Marque	Bayard

ForageF6

désignation	caractéristiques	valeur
-------------	------------------	--------

Ouvrage

désignation	caractéristiques	valeur
ForageF6-Ouvrage	Date de mise en service	1 1/1986
	Débit de service(m3/h)	96
	Nombre (unité)	1

équipement

désignation	caractéristiques	valeur
Armoire Electrique -Equipe ment	Date de mise en service	1 1/1995
	Type dans la marque	Statorique
Batterie-Condensateur-Equipe ment	Date de mise en service	2
	nombre(unité)	1
Clapet-Equipe ment	Date de mise en service	50
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Socla
Colonne d'exhaure-Equipe ment	Diamètre nominal(mm)	150
	Matériau	Acier
Compteur-Equipe ment:	Date de mise en service	
	Diamètre nominal(mm)	1 1/1992
	Marque	150
Coupure Amont-Equipe ment	Type dans la marque	Sc lumberger
	Date de mise en service	01/01/96
	Tension nominale(V)	30000
Disjoncteur BT-Equipe ment	Type dans la marque	H59
	Marque	Merlin Gerin
GEP immergé-Equipe ment	Débit de service mesuré	Pleuger
	Débit(m3)	75
	Marque	380
	Pression nominale(mce)	
	Puissance nominale moteur(kW)	
Manomètre-Equipe ment	Tension nominale(V)	
	Date de mise en service	1 1/1988
	Marque	16
Pompe doseuse-Equipe ment	Pression de service (bar)	60
	Date de mise en service	
	Nombre de tête(unité)	1
Transformateur-Equipe ment	Pression de service (bar)	10
	Puissance kVA	100
	Tension nominale(V)	30000
	Type dans la marque	H59

Suite forage 6

Vanne N°1-Equipement	Date de mise en service	1/1/1996
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Pont à Mousson
Vanne N°2-Equipement	Date de mise en service	1/1/1996
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Pont à Mousson
Ventouse-Equipement	Date de mise en service	1/1/1996
	Diamètre nominal(mm)	80
	Marque	Pont à Mousson

ForageF7

désignation	caractéristiques	valeur
-------------	------------------	--------

Ouvrage

désignation	caractéristiques	valeur
ForageF7-Ouvrage	Débit de service(m3/h)	80
	Nombre (unité)	1

désignation	caractéristiques	valeur
Armoire Electrique -Equipement	Date de mise en service	1/1/1995
	Type dans la marque	Statorique
Batterie-Condensateur-Equipement	Nombre(unité)	2
	nombre(unité)	1
Clapet-Equipement	Puissance (kVAR)	50
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Socla
Colonne d'exhaure-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Matériau	Acier
Compteur-Equipement:	Date de mise en service	1/1/1992
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Scumberger
	Type dans la marque	WP150
Coupure Amont-Equipement	Date de mise en service	35065
	Tension nominale(V)	30000
	Type dans la marque	H59
Disjoncteur BT-Equipement	Marque	Merlin Gerin
GEP immergé-Equipement	Marque	Pleuger
	Marque du moteur	Pleuger
	Puissance nominale moteur (kW)	75
	Tension nominale(V)	380
Manomètre-Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Marque	Bourdon
	Pression de service (bar)	16
Pompe doseuse-Equipement	Date de mise en service	01/01/88
	Débit maximum(l/h)	60
	Nombre de tête(unité)	1
	Pression de service (bar)	10
Transformateur-Equipement	Puissance kVA	100
	Tension nominale(V)	30000
	Type dans la marque	H59
Vanne N°1-Equipement	Date de mise en service	01/01/96
	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	

Suite forage 7

Vanne N°2-Equipement	Date de mise en service	01/01/96
	Diamètre nominal(mm)	80
	Marque	PontAMousson
Vanne N°3-Equipement	Date de mise en service	1/1/1995
	Diamètre nominal(mm)	60
	Marque	Bayard
Ventouse-Equipement	Date de mise en service	01/01/96
	Diamètre nominal(mm)	80
	Marque	PontAMousson

ForageF8

désignation	caractéristiques	valeur
-------------	------------------	--------

Ouvrage

désignation	caractéristiques	valeur
ForageF8-Ouvrage	Date de mise en service	1/1/1986
	Débit de service(m3/h)	96
	Nombre (unité)	1

équipement

désignation	caractéristiques	valeur
Anti-Bélier Equipement	Date de mise en service	1/1/1987
	Position	horizontale
	Pression de service(bar)	15
Armoire Electrique -Equipement	Date de mise en service	1/1/1988
	Type dans la marque	Statorique
Batterie-Condensateur-Equipement	Date de mise en service	1/1/1986
	nombre(unité)	2
	Type dans la marque	secovar
Clapet-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
	Type dans la marque	PN16
Colonne d'exhaure-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Longeur(m)	114
	Matériau	Acier
Compteur-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Socam
	Type dans la marque	WP15
Coupure Amont-Equipement	Tension nominale(V)	30000
	Type dans la marque	H59
Disjoncteur BT-Equipement	Date de mise en service	1/1/1986
	Marque	Merlin Gerin
GEP immergé-Equipement:	Débit de service mesuré(m3/h)	100
	Débit(m3)	100
	Marque	PLeuger
	Marque du moteur	PLeuger
	Pression nominale(mce)	160
	Puissance nominale moteur(kW)	66
	Tension nominale(V)	380
Hydrobloc-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Manomètre-Equipement	Pression de service (bar)	16

Suite forage 8

Pompe doseuse-Equipement	Date de mise en service	1/1/1990
	Débit maximum(l/h)	50
	Marque	Leroy somer
	Nombre de tête(unité)	1
	Pression de service (bar)	10
TransformateurMT/BT-Equipement	Date de mise en service	1/1/1986
	Puissance kVA	100
	Tension nominale(V)	30000
	Type dans la marque	H59
Tuyau-refoulement-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
Vanne N°1-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Vanne N°2-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Vanne N°3-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Vanne N°4-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Vanne N°5-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Vanne N°6-Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Bayard
Vanne N°7-Equipement:	Diamètre nominal(mm)	80
	Marque	Bayard
Vanne N°8-Equipement:	Diamètre nominal(mm)	80
	Marque	Bayard
Vanne N°9-Equipement:	Diamètre nominal(mm)	40
	Marque	Bayard
Ventouse-Equipement	Diamètre nominal(mm)	60
	Marque	Bayard
	Type dans la Marque	PN16

ForageF9

Installation

désignation	caractéristiques	valeur
ouvrage		

désignation	caractéristiques	valeur
ForageF9-Ouvrage	Cote au sol (m)	75
	Débit de service(m3/h)	95
	Nombre (unité)	1

Equipement

désignation	caractéristiques	valeur
Armoire Electrique -Equipement	Type dans la marque	Statorique
Compteur F9 Thiès Equipement	Date de mise en service	1/1/1960
GEP immergé-Equipement	Débit de service mesuré (m3/h)	150
	Débit (m3/h)	150
	Marque	KSB Guinard
	Marque du Moteur	KSB
	Puissance nominale moteur	150
	Tension nominale(V)	400
Pompe doseuse N°1-Equipement	Nombre de tête(unité)	1
Pompe doseuse N°2-Equipement	Nombre de tête(unité)	1
TransformateurMT/BT-Equipement	Marque	Merlin Gerin
	Puissance kVA	200
	Tension nominale(V)	30000

Forage F10

Installation

désignation	caractéristiques	valeur
ouvrage		

Equipement

désignation	caractéristiques	valeur
Armoire Electrique -Equipement	Type dans la marque	Statorique
Compteur F10Thiès Equipement	Date de mise en service	1/1/1960
GEP immergé-Equipement	Débit de service mesuré (m3/h)	150
	Débit (m3/h)	150
	Marque	KSB Guinard
	Marque du moteur	KSB Guinard
	Puissance absorbée (kW)	100
	Puissance nominale moteur	150
	Tension nominale(V)	400
Pompe doseuse N°1-Equipement	Nombre de tête(unité)	1
Pompe doseuse N°2-Equipement	Nombre de tête(unité)	1
Transformateur-Equipement	Marque	Merlin Gern
	Puissance kVA	200
	Tension nominale(V)	30000

Annexe 2 : Caractéristiques des châteaux - d'eau**CE 600 Thiès Ouvrage
(R6)**

Installation

Désignation	Caractéristiques	Valeur
CE-Installation	Date de mise en service	1/1/1960
	côte terrain naturel (m)	75
	côte trop plein	96.38
	côte radier	90.48
	Matériaux	Béton Armé
	Cuve diamètre	-
	Année	1950

Ouvrage

Désignation	Caractéristiques	Valeur
Château d'eau 600 Thiès Ouvrage	Diamètre	12
	Volume(m3)	600

Equipement

Désignation	Caractéristiques	Valeur
Conduite alimentation Equipement	Diamètre nominal(mm)	200
	Matériau	fonte
Conduite distribution Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Matériau	fonte
Conduite vidange Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Matériau	fonte
Trop plein Equipement	Diamètre nominal(mm)	200
	Matériau	fonte
Vanne N°1 Equipement	Diamètre nominal(mm)	200
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°2 Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°3 Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°4 Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°5 Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°6 Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°7 Equipement	Diamètre nominal(mm)	150
	Marque	Pont A Mousson

CE R7 500 m3

Installation

Désignation	Caractéristiques	Valeur
	côte terrain naturel (m)	97 8
	côte trop plein	125 3
	côte radier	118 6
	Matériaux	Béton Armé
	Cuve diamètre	-
	Année	-

Ouvrage

Désignation	Caractéristiques	Valeur
Château d'eau R700 500m3-Ouvrage	Volume(m3)	500

Equipement

Désignation	Caractéristiques	Valeur
Conduite alimentation Equipement	Diamètre nominal(mm)	200
	Matériau	fonte
Conduite distribution Equipement	Diamètre nominal(mm)	300
	Matériau	fonte
Conduite vidange Equipement	Diamètre nominal(mm)	250
	Matériau	fonte
Trop plein Equipement	Diamètre nominal(mm)	250
	Matériau	fonte
Vanne N°1 Equipement	Diamètre nominal(mm)	300
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°2 Equipement	Diamètre nominal(mm)	200
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°3 Equipement	Diamètre nominal(mm)	200
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°4 Equipement	Diamètre nominal(mm)	250
	Marque	Pont A Mousson

CE R3 Ouvrage

Installation

Désignation	Caractéristiques	Valeur
	côte terrain naturel (m)	60
	côte trop plein	88.05
	côte radier	81
	Matériaux	Béton Armé
	Cuve diamètre	-
	Année	1951

Ouvrage

Désignation	Caractéristiques	Valeur
Château d'eau R3- Ouvrage	Volume(m3)	1000

Equipement

Désignation	Caractéristiques	Valeur
Clapet-Equipement	Diamètre nominal(mm)	300
	Marque	Pont A Mousson
Conduite alimentation Equipement	Diamètre nominal(mm)	200
	Matériau	fonte
Conduite distribution Equipement	Diamètre nominal(mm)	300
	Matériau	fonte
Conduite vidange Equipement	Diamètre nominal(mm)	200
	Matériau	fonte
Trop plein Equipement	Diamètre nominal(mm)	200
	Matériau	fonte
Vanne N°1 Equipement	Diamètre nominal(mm)	300
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°2 Equipement	Diamètre nominal(mm)	200
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°3 Equipement	Diamètre nominal(mm)	200
	Marque	Pont A Mousson

CE R4 1500m3

Installation

Désignation	Caractéristiques	Valeur
	côte terrain naturel (m)	76.35
	côte trop plein	103.28
	côte radier	97.28
	Matériaux	Béton Armé
	Cuve diamètre	18
	Année	1951

Ouvrage

Désignation	Caractéristiques	Valeur
Château d'eau R700 500m3-Ouvrage	Volume(m3)	1500

Equipement

Désignation	Caractéristiques	Valeur
Conduite alimentation Equipement	Diamètre nominal(mm)	350
	Matériau	fonte
Conduite alimentation(ancienne) Equipement	Diamètre nominal(mm)	500
	Matériau	fonte
Conduite distribution Equipement	Diamètre nominal(mm)	500
	Matériau	fonte
Conduite vidange Equipement	Diamètre nominal(mm)	250
	Matériau	fonte
Trop plein Equipement:	Diamètre nominal(mm)	250
	Matériau	fonte
Vanne N°1 Equipement	Diamètre nominal(mm)	250
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°2 Equipement	Diamètre nominal(mm)	250
	Marque	Pont A Mousson
Vanne N°3 Equipement	Diamètre nominal(mm)	500
	Marque	Pont A Mousson

Annexe 3 : Reconstitution de la carte topographique de la ville de Thiès

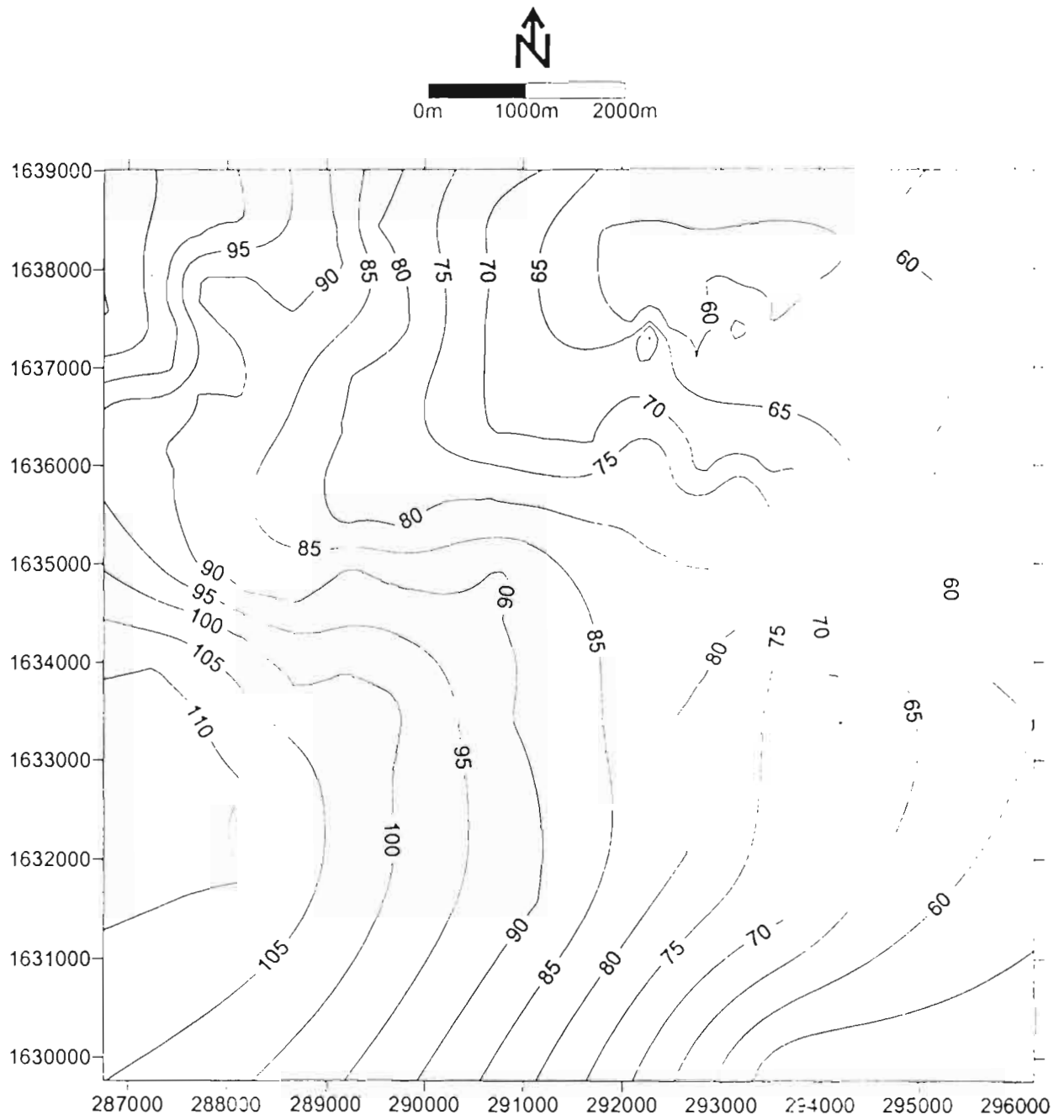
Tableau de reconstitution de la carte topographique de Thiès					
Long	lat	Côte (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
-16,916667	14,75	70	293668.446	1631409.47	70
-16,916667	14,791433	70	293707.56	1635993.92	70
-16,916667	14,735135	50	293654.439	1629764.7	50
-16,916667	14,806307	60	293721.628	1637639.7	60
-16,912012	14,811262	60	294227.457	1638183.68	60
-16,921322	14,776577	80	293192.304	1634354.43	80
-16,921322	14,78919	80	293204.249	1635750.03	80
-16,921322	14,804053	70	293218.339	1637394.59	70
-16,921322	14,80766	60	293221.76	1637793.7	60
-16,930167	14,75	80	292214.674	1631421.9	80
-16,930167	14,783783	80	292246.784	1635159.93	80
-16,930167	14,791892	80	292254.502	1636057.17	80
-16,930167	14,803603	80	292265.655	1637352.98	80
-16,925978	14,759008	80	292674.312	1632414.75	80
-16,925978	14,757207	80	292672.604	1632215.47	80
-16,925978	14,755857	80	292671.325	1632066.1	80
-16,925978	14,76982	80	292684.564	1633611.07	80
-16,925978	14,777027	80	292691.402	1634408.51	80
-16,925978	14,781982	80	292696.105	1634956.78	80
-16,925978	14,791442	70	292705.089	1636003.51	70
-16,925978	14,800902	60	292714.078	1637050.24	60
-16,925978	14,801802	60	292714.933	1637149.82	60
-16,935288	14,786037	80	291697.553	1635414.08	80
-16,935288	14,793243	70	291704.43	1636211.41	70
-16,939943	14,751802	90	291163.642	1631630.34	90
-16,939943	14,75946	90	291170.952	1632477.69	90
-16,939943	14,787387	80	291197.641	1635567.78	80
-16,939943	14,793693	70	291203.675	1636265.53	70
-16,9446	14,781533	90	290690.613	1634924.38	90
-16,9446	14,787387	80	290696.225	1635572.12	80
-16,9446	14,794143	70	290702.704	1636319.67	70
-16,972533	14,758108	110	287660.219	1632358.63	110
-16,972533	14,768919	110	287670.717	1633554.87	110
-16,972533	14,777478	100	287679.035	1634501.93	100
-16,972533	14,781982	90	287683.413	1635000.3	90
-16,972533	14,797748	90	287698.751	1636744.82	90
-16,972533	14,805842	90	287706.632	1637640.43	90
-16,972533	14,812162	100	287712.788	1638339.75	100

Tableau de reconstitution de la carte topographique de Thiès					
Long	lat	Côte (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
-16,967877	14.752703	110	288156.368	1631756.17	110
-16,967877	14.762162	110	288165.529	1632802.81	110
-16,967877	14.775225	100	288178.189	1634248.24	100
-16,967877	14.779279	90	288182.12	1634696.82	90
-16,967877	14.796847	90	288199.169	1636640.72	90
-16,967877	14.79955	90	288201.793	1636939.81	90
-16,967877	14.808559	90	288210.545	1637936.66	90
-16,963222	14.770721	100	288675.068	1633745.48	100
-16,963222	14.778378	90	288682.474	1634592.73	90
-16,963222	14.80509	90	288708.341	1637548.42	90
-16,958566	14.772072	100	289177.723	1633890.59	100
-16,958566	14.781532	90	289186.853	1634937.34	90
-16,958566	14.785586	80	289190.767	1635385.92	80
-16,958566	14.794595	80	289199.47	1636382.76	80
-16,958566	14.80946	90	289213.84	1638027.58	90
-16,953911	14.753604	100	289661.199	1631842.75	100
-16,953911	14.759009	100	289666.396	1632440.82	100
-16,953911	14.762613	100	289669.862	1632839.6	100
-16,953911	14.77027	100	289677.229	1633686.84	100
-16,953911	14.78018	90	289686.769	1634783.36	90
-16,953911	14.785586	80	289691.976	1635381.55	80
-16,953911	14.802252	80	289708.04	1637225.64	80
-16,953911	14.81036	80	289715.862	1638122.79	80
-16,949255	14.779279	90	290187.231	1634679.32	90
-16,949255	14.787838	80	290195.456	1635626.37	80
-16,9446	14.788738	80	290697.52	1635721.67	80
-16,9446	14.815315	70	290723.029	1638662.33	70
-16,939944	14.751351	90	291163.103	1631580.44	90
-16,939944	14.75991	90	291171.274	1632527.46	90
-16,939944	14.787387	80	291197.533	1635567.78	80
-16,939944	14.793694	70	291203.568	1636265.64	70
-16,939944	14.818469	70	291227.296	1639006.97	70
-16,907356	14.811712	60	294729.126	1638229.19	60
-16,972067	14.768018	110	287720.021	1633454.74	110
-16,95298	14.768018	100	289775.311	1633436.78	100
-16,942737	14.768018	90	290878.270	1633427.22	90
-16,927374	14.768018	80	292532.536	1633412.96	80
-16,910615	14.768018	70	294337.106	1633397.56	70
-16,913408	14.768018	70	294036.363	1633400.12	70
-16,893389	14.768018	60	296191.946	1633381.86	60

Tableau de reconstitution de la carte topographique de Thiès					
long	lat	Côte (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
-16.976257	14.772523	110	287273.224	1633957.18	110
-16.964618	14.772523	100	288526.492	1633946.19	100
-16.942272	14.772523	90	290932.651	1633925.26	90
-16.924115	14.772523	80	292887.728	1633908.44	80
-16.911546	14.772523	70	294241.1	1633896.88	70
-16.913873	14.772523	70	293990.54	1633899.02	70
-16.89851	14.772523	60	295644.747	1633884.98	60
-16.971136	14.777027	100	287829.02	1634450.71	100
-16.943669	14.777027	90	290786.539	1634424.93	90
-16.925978	14.777027	80	292691.402	1634408.51	80
-16.913873	14.777027	70	293994.787	1634397.37	70
-16.902235	14.777027	60	295247.881	1634386.72	60
-16.900372	14.777027	60	295448.474	1634385.02	60
-16.959497	14.786036	80	289090.96	1635436.59	80
-16.952514	14.786036	80	289842.826	1635430.03	80
-16.935289	14.786036	80	291697.444	1635413.97	80
-16.914804	14.786036	70	293903.046	1635395.05	70
-16.904097	14.786036	60	295055.85	1635385.24	60
-16.974395	14.790541	90	287491.257	1635949.13	90
-16.960428	14.790541	80	288995.074	1635935.94	80
-16.924587	14.790541	70	292853.997	1635902.53	70
-16.918994	14.790541	70	293456.177	1635897.37	70
-16.915736	14.790541	70	293806.955	1635894.37	70
-16.903166	14.790541	60	295160.317	1635882.85	60
-16.979516	14.795045	90	286944.278	1636452.36	90
-16.959032	14.795045	80	289149.732	1636432.99	80
-16.945065	14.795045	70	290653.505	1636419.91	70
-16.903631	14.795045	60	295114.481	1636381.63	60
-16.901769	14.795045	60	295314.95	1636379.93	60
-16.97486	14.79955	100	287449.968	1636946.42	100
-16.967877	14.79955	90	288201.793	1636939.81	90
-16.958101	14.79955	80	289254.322	1636930.6	80
-16.945531	14.79955	70	290607.657	1636918.82	70
-16.901304	14.79955	60	295369.24	1636877.97	60
-16.979981	14.804054	110	286903.016	1637449.66	110
-16.974395	14.804054	100	287504.422	1637444.35	100
-16.97067	14.804054	90	287905.466	1637440.82	90
-16.952514	14.804054	80	289860.182	1637423.72	80
-16.945531	14.804054	70	290611.982	1637417.18	70
-16.931099	14.804054	60	292165.745	1637403.74	60

Tableau de reconstitution de la carte topographique de Thiès					
Long	lat	Côte(m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
-16,928771	14,804054	60	292416.379	1637401.59	60
-16,924581	14,804054	60	292867.475	1637397.71	60
-16,92365	14,804054	60	292967.707	1637396.85	60
-16,920857	14,804054	60	293,268.402	1637394.27	60
-16,9027	14,804054	60	295223.175	1637377.6	60
-16,981378	14,808559	110	286757.017	1637949.47	110
-16,975326	14,808559	100	287408.581	1637943.72	100
-16,972533	14,808559	90	287709.278	1637941.07	90
-16,968343	14,808559	90	288160.375	1637937.1	90
-16,960428	14,808559	90	289012.506	1637929.63	90
-16,95298	14,808559	80	289814.355	1637922.63	80
-16,945065	14,808559	70	290666.479	1637915.22	70
-16,925512	14,808559	60	292771.526	1637897.04	60
-16,914339	14,808559	60	293974.386	1637886.73	60
-16,903166	14,808559	60	295177.238	1637876.49	60
-16,968343	14,813063	100	288164.754	1638435.43	100
-16,959497	14,813063	90	289117.096	1638427.13	90
-16,955773	14,813063	80	289518.012	1638423.62	80
-16,945531	14,813063	70	290620.637	1638414.02	70
-16,934823	14,813063	60	291773.424	1638404.04	60
-16,926443	14,813063	60	292675.582	1638396.25	60
-16,924115	14,813063	60	292926.204	1638394.11	60

Annexe 4 carte topographique de la ville de Thiès



Annexes 5 : Tableaux des données insérées dans ArcView

caractéristiques des châteaux d'eau											
Nom	coord X	coord Y	Année	côte TN (m)	côte trop plein	côte radier	Matériaux	hauteur d'eau (m)	hauteur réservoir (m)	Volume(m3)	origine eau
CE R7	303276	701121	1951	97.8	125.3	118.6	Béton Armé	6.7	20.8	500	F6, F7 et F9
CE R3	305619	705079	1951	60	88.05	81	Béton Armé	7.5	28	1000	F3 et F10
CE R4	305090	703285	1951	76.35	103.28	97.28	Béton Armé	6	22	1500	F1, F2 et F4
CE R5	303687	704921	1950	75	96.38	90.48	Béton Armé	6	28	600	F5

paramètres physiques en 2002														
nom forage	cond ms/cm	PH	Turb	TH °F	TH Ca °F	TAC °F	CL- °F	HCO3 mg/l	NH4+	M org mg/l	Fe2+	SiO2	Résultats	conclusions
F1	672	7	3.99	20	14	29.6	6	361.1	0	3.1	0.7	3	turb,ok/CL-,ok/Fe2+ non/SiO2 ok	eau satisfaisante
F2	683	7.1	0.55	20.8	16	31.2	6	380.6	0	1.1	0.5	3	turb,ok/CL-,ok/Fe2+ non/SiO2 ok	eau satisfaisante
F3 bis	668	7.1	0.87	21.2	18.8	32	6	390.4	0	0.9	1	3	turb,ok/CL-,ok/Fe2+ non/SiO2 ok	eau satisfaisante
F4 bis	650	7.1	0.87	17.6	11.6	31.6	4	385.5	0	0.9	1.25	3	turb,ok/CL-,ok/Fe2+ non/SiO2 ok	eau satisfaisante
F5	667	7.3	3.99	18	16	32	3	390.4	0.1	2.3	1.8	3	turb,ok/CL-,ok/Fe2+ non/SiO2 ok	eau satisfaisante
F6	635	7.3	0.78	19.6	15.6	31.2	5	380.6	0	1.1	1.7	3	turb,ok/CL-,ok/Fe2+ non/SiO2 ok	eau satisfaisante
F7	684	7.2	1.74	17.2	14	27.2	6	331.8	0	0.2	0.8	3	turb,ok/CL-,ok/Fe2+ non/SiO2 ok	eau satisfaisante
F8	649	7	0.85	21.2	17.6	34	5	414.8	0	1	1.5	3	turb,ok/CL-,ok/Fe2+ non/SiO2 ok	eau satisfaisante
F9	761	7	0.94	21.6	19.2	30.8	5	375.8	0	1.3	2.5	3	turb,ok/CL-,ok/Fe2+ non/SiO2 ok	eau satisfaisante
F10	1073	7.1	0.91	31.2	17.6	28	19	341.6	0.2	0.8	2.5	3	turb,ok/CL-,ok/Fe2+ non/SiO2 ok	eau satisfaisante

paramètres physiques à la réception du forage															
nom forage	PH	CL	SO4(2-)	CO3H(-)	NO3-	F(-)	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	NH4+	Fe	total anions (meq)	total cations (meq)	conclusion
F1	8.9	23	-	442.4	<2	<0.1	114.2	6.1	35	0	<0.1	1.1	7.9	7.74	
F2	-	21	16.5	189	-	-	95	13	35	-	-	-	-	-	eau
F3 bis	7.2	21.3	-	402.7	<2	0.1	107	13.1	17	-	<0.1	0.25	7.21	7.15	de
F4 bis	7.3	12	2.9	418	<2	0.1	114	8.4	19.3	-	<0.1	1	7.26	7.22	1ère
F5	8.1	14.2	1.9	393.6	<2	0.35	105.2	13.3	10.7	3.5	0.1	-	6.91	6.9	qualité
F6	7	26.6	-	396.6	<2	<0.1	112.2	6.8	20.7	0.4	<0.1	0.6	7.25	7.07	
F7	8.2	11.3	1	408.8	<2	<0.1	106.2	7.5	14.2	2.9	<0.1	-	7.04	6.61	
F8	7.8	18.4	17.8	414.9	<2	0.1	111.2	9.2	20.5	0.8	<0.1	-	7.7	7.57	
F9	début de fonctionnement des forages en décembre 2002														
F10															

Masse des éléments exprimée en mg

Annexe 6 : Production des forages chaque mois

nom forage	volume jan 02 (m3)	volume fév 02 (m3)	volume mars 02 (m3)	volume avr 02 (m3)	volume mai 02 (m3)	volume juin 02 (m3)
F1	45213	40013	48470	50163	52290	39971
F2	53260	51143	62388	56108	63293	62233
F3 bis	54066	39215	51006	49445	51832	49412
F4 bis	56520	48890	53662	50805	52029	57584
F5	60897	55515	63492	60883	61530	55266
F6	65560	57230	61880	51400	50790	43560
F7	48353	38087	37282	33933	38828	45817
F8	61593	56091	59083	55313	66274	62541
F9	Forages non encore fonctionnels					
F10						

nom forage	volume juil 02 (m3)	volume aout 02 (m3)	volume sept02 (m3)	volume oct 02 (m3)	volume nov 02 (m3)	volume déc 02 (m3)
F1	40421	42124	42402	39891	42473	42424
F2	64066	64313	62197	71658	50109	55566
F3 bis	51928	50610	48948	48970	46703	32895
F4 bis	59985	59829	59299	58982	60072	59947
F5	51238	71250	67902	61783	48070	64868
F6	53268	53212	53020	54660	55543	49572
F7	52560	54019	54609	50489	48667	41992
F8	66643	68017	63195	65397	66606	64125
F9	forages non encore fonctionnels					
F10						

s	total 1er sem (m3)	total 2èmesem (m3)	total (m3)	% prod totale	différence entre semestre	prod° moyenne
F1	276120	249735	525855	10,1777218	-26385	43821,25
F2	348425	367909	716334	13,8643698	19484	59694,5
F3 bis	294976	280054	575030	11,1294851	-14922	47919,16667
F4 bis	319490	358114	677604	13,1147655	38624	56467
F5	357583	365111	722694	13,9874652	7528	60224,5
F6	330420	319275	649695	12,5745975	-11145	54141,25
F7	242300	302336	544636	10,5412209	60036	45386,33333
F8	360895	393983	754878	14,6103742	33088	62906,5
F9		23270	23270	0,45038192	non	non
F10	pas de bilan	14074	14074	0,27239687	non	non

Annexes 7 : caractéristiques de l'eau dans certains quartiers de Thiès

Lieu de prélèvement	chlore résiduelmg/l	germes totaux/100ml	coliformes totaux/100ml	coliformes fécaux /100ml	streptocoques fécaux /100ml	conclusions
Mbambara	0.4	<100	0	0	0	0 EBS
Diamaguène	0.4	100	0	0	0	0 EBS
champs de course	0.4	400	0	0	0	0 EBS
Hersent	0.4	<100	0	0	0	0 EBS
KS Ablaye	0.4	<100	0	0	0	0 EBS
angle KS fallou	0.4	300	0	0	0	0 EBS
Cité Lamy	0.4	200	0	0	0	0 EBS
Cité Senghor	0.4	500	0	0	0	0 EBS
CE R4	0.4	<100	0	0	0	0 EBS
Abibou DIA	0.4	500	0	0	0	0 EBS
SOM	0.4	<100	0	0	0	0 EBS
Niety cad	0.4	<100	0	0	0	0 EBS
Randoulène	0.4	<100	0	0	0	0 EBS
Diakhao	0.4	200	0	0	0	0 EBS
Sérère	0.4	200	0	0	0	0 EBS
Escale	0.4	500	0	0	0	0 EBS
Malick Kairé	0.4	200	0	0	0	0 EBS
Prise d'eau SDE	0.3	300	0	0	0	0 EBS
Gandiol	0.3	600	0	0	0	0 EBS

Annexes 8 : :Données sur l'évolution de la population de la ville de Thiès de 1988 à 2015

1	2	3	4	5	6	7
1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
175866	128111	188565	195229	202076	209121	216381
8	9	10	11	12	13	14
1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
223867	231582	239527	247705	256113	264746	273599
15	16	17	18	19	20	21
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
282675	291989	301543	311324	321325	331543	341911
22	23	24	25	26	27	28
2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
352414	363021	373729	384536	395428	406395	417423

Source : RGPH, projection de 1988 à 2015