

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

PROJET
DE
FIN D'ÉTUDES

GC.0371

NUM

Titre Etude du système d'alimentation en eau
de la R.C.F.S

Auteur J. V. MONTEIRO

Génie CIVIL

Date JUIN 1984

Ecole Polytechnique de Thiès



Département de Génie Civil

PROJET DE FIN D'ETUDES

Etude du système d'alimentation
en eau de la Régie des Chemins
de Fer du SENEGAL - Thiès.

Auteur: Julio Vincent MONTEIRO

Directeur: Christian ROUSSEAU.

Co-Directeur: Abdoulaye SENE

Mai 1984

A mon défunt père, qui m'a orienté dans la voie
de l'ingénierie ;

A ma mère, mes frères et sœurs, qui m'ont soutenu
moralement durant les dures périodes de ma formation ;

A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué
à ma formation d'ingénieur.

PRELIMINAIRE.

La Régie des Chemins de Fer du Sénégal (R.C.F.S) de Thiès rencontrait d'énormes difficultés pour son alimentation en eau. Les autorités pensaient que cela était dû à une faiblesse de production du forage.

C'est ainsi en 1982, la Régie envoya une demande d'autorisation de construction d'un forage d'exploitation de $150 \text{ m}^3/\text{h}$ dans son domaine, au ministère de l'hydraulique : lettre n° 81 du 19-01-82.

Après examen de cette requête par la Direction des Etudes Hydrauliques de ce ministère, la R.C.F.S devait remettre une étude concernant son réseau : lettre 00065 MH/D.E.H [voir copie à l'annexe 0].

C'est ainsi, qu'elle fit appel à l'École Polytechnique de Thiès (E.P.T) en juin 1983 pour la réalisation de ce document.

QUELQUES ABREVIATIONS SOUVENT RENCONTREES.

- R.C.F.S : Régie des Chemins de Fer du Sénégal.
D.S-L : Dakar - Saint-Louis
D.N : Dakar Niger
E.P : Entreprise publique.
S.O.N.E.E.S : Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal
P.V.C : Chlorure de polyvinyle.
C.A.T : Cercle Amical Thiéssois
km 2 : cité Ballabey.
O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé.
B.I : Bouche d'Incendie
R.I.A : Robinet d'incendie Arme.
C.C.C : Condition Critique de consommation.
O.M.V.S : Organisation de Mise en valeur du Fleuve Sénégal
E.P.T : Ecole polytechnique de Thiès.
Régie : Régie des Chemins de Fer du Sénégal.
A.M.R : Ateliers des Matériels Roulants
A.M.M : Ateliers des Matériels Moteurs
 R_E : Réserve d'Équilibre.
 R_p : Réserve de Production
 R_I : Réserve d'Incendie
 R_u : Réserve d'Urgence.
H.M.T : Hauteur Manométrique Totale.
D.I.F : Division des Installations Fixes de la R.C.F.S
d1984 : demande de l'eau en 1984.
F.C.F.A : francs de la Communauté Française d'Afrique.

REMERCIEMENTS

Ce projet n'aurait pu se faire sans la participation de nombreuses personnes. Nous tenons à remercier sincèrement:

- Christian ROUSSEAU, le directeur du projet, professeur d'hydraulique urbaine à l'E.P.T, pour sa grande disponibilité et son apport sur le plan des idées et de la documentation;
- Abdoulaye SENE, le co-directeur du projet, professeur d'hydrologie des eaux souterraines à l'E.P.T, par ses conseils pertinents et sa documentation;
- Williams BADJI, le directeur du projet au niveau de la R.C.F.S, pour les suggestions et son soutien constant tout au long de ce travail;
- Nango SECK et ses collaborateurs, au niveau du service de la S.O.N.E.E.S Thiès;
- LOIZEAU, Gamou M'BAYE, PICHON et l'ensemble du personnel de la R.C.F.S, pour tous les renseignements qu'ils ont bien voulu nous fournir;
- à l'ensemble de la population des cités Ballabeg et Pillot pour leur soutien et leur disponibilité.

Je voudrai enfin adresser mes remerciements aux membres de l'encadrement de l'école, aussi bien militaire que pédagogique.

SOMMAIRE

Le but de ce travail est le renouvellement du réseau de distribution d'eau potable des installations de la R.C.F.S à Thiès. Etant donné qu'elle dispose d'un réseau vétuste - depuis 1927 - , cela implique aujourd'hui un accroissement des interventions pour une répartition adéquate de l'eau. Nous avons profité de ce projet, pour faire une étude sur la protection encadrée de ce domaine.

Nous décrivons tout d'abord la situation au moment où nous avons reçu le mandat. Nous proposons par la suite une solution globale aux différents problèmes,

→ La solution préconisée est : la construction d'un réseau maillé de 9000 ml ;

- et le renouvellement et la pose d'infrastructure permettant la lutte contre un éventuel incendie.

→ Ainsi les études économiques, menées au chapitre 5, montrent qu'il est avantageux pour la Régie de gérer son réseau. Cependant, si la construction est onéreuse - $140,7 \times 10^6$ FCFA en 1984 -, annuellement cela coûtera moins, pour atteindre à l'an 2024, $159,2 \times 10^6$ FCFA pour satisfaire ses besoins évalués à $2293,5 \text{ m}^3$; si toutefois la R.C.F.S finance par le biais du prix forfaitaire, l'alimentation en eau des locataires de la cité Ballabay. La construction pourra se faire en cinq (5) exercices budgétaires, cela aura aucun effet sur le durée du projet.

Si toutefois, la Régie réussit d'obtenir des Pouvoirs Publics, un amendement concernant le décret 83) 824 du 1^{er} août 1983, conférant à la S.O.N.E.E.S le monopole de la vente d'eau en zone urbaine, cela lui coûtera $90,2 \times 10^6$ FCFA à l'an 2024.

TABLE DES MATIERES

Le préliminaire:

Page-titre	
Feuille-blanche.	
Dédicace.	
Feuille-blanche.	
Préliminaire	
Remerciements.	
Quelques abréviations souvent rencontrées.	
Sommaire.	
Table des matières.	
Liste des tableaux.	
Liste des figures et schémas.	
Unités et notations utilisées.	

Le texte:

Avant-Propos	1
<u>1^{ère} Partie : SITUATION EXISTANTE</u>	3
<u>Chapitre 1 : INTRODUCTION</u>	7
1.1 Description du mandat	7
1.2 Plan de situation	7
1.3 Historique de la R.C.F.S	8
<u>Chapitre 2 : CONDITIONS DU PROJET</u>	13
2.1 Inventaire des installations	13
2.2 Estimation de la demande actuelle	21
2.3 Estimation de la production	30

<u>2^e Partie: FORMULATION ET ETUDE DE PLUSIEURS</u>	
VARIANTES	35
<u>Chapitre 3: CALCULS DES BESOINS EN EAU</u>	36
3.1 Introduction	36
3.2 Estimation des besoins en eau de la population.	36
3.3 Calculs des besoins en eau pour l'incendie.	43
3.4 Etablissement des conditions critiques de consommation (C.C.C)	48
3.5 Calculs des réserves de stockage	49
3.6 Estimation de la production	50
3.7 Comparaison entre la production et les besoins	51
3.8 La distribution de l'eau à régime permanent	52
<u>Chapitre 4: DETERMINATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION.</u>	55
4.1 Introduction	55
4.2 Etudes des variantes	55
4.3 Le choix de la variante	58

2.4 Comparaison entre la production et les besoins	30
2.5 Qualité de l'eau de distribution	3.2
2.6 État du réseau	34.

<u>3^e Partie: ETUDES DE LA VARIANTE CHOISIE</u>	60
--	----

<u>Chapitre 5: ETUDES DU RESEAU</u>	61
-------------------------------------	----

5.1 Description et schéma du réseau	61
-------------------------------------	----

5.2 Les caractéristiques du réseau	68
------------------------------------	----

5.3 Calculs des coûts	75
-----------------------	----

5.4 L'exploitation du réseau par la S.O.N.E.E.S.	75
--	----

5.5 Le choix de la variante	76
-----------------------------	----

5.6 Le contrat spécial	81
------------------------	----

5.7 Le plan de développement étalé sur plusieurs années	82
--	----

<u>Chapitre 6: RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION</u>	84
--	----

6.1 Recommandations	84
---------------------	----

6.2 Conclusion	88
----------------	----

Les références

<u>ANNEXES:</u>	89
-----------------	----

<u>Annexe 0: Lettre du ministère de l'hydraulique</u>	90
---	----

<u>Annexe 1: Détermination de la consommation en eau d'un quartier de Debar</u>	92
---	----

<u>Annexe 2: Résultats du recensement de la cité Ballabey en 1976</u>	94
---	----

<u>Annexe 3: Les données techniques reçues de la S.O.N.E.E.S</u>	96
--	----

<u>Annexe 4: Evolution de la consommation en eau de la ville de Thés de 1980-2000</u>	98
---	----

<u>ANNEXE 5</u> : Les valeurs résiduelles des infrastructures d'approvisionnement en eau potable.	100
<u>ANNEXE 6</u> : Calculs des éléments pour le réseau	101
<u>ANNEXE 7</u> : Tableau des données hydrologiques	106
<u>ANNEXE 8</u> : Evolutions de la consommation et de la production d'eau de 1984 à 2024	109
<u>ANNEXE 9</u> : Résultats de la simulation de la consommation journalière + débit incendie	111
<u>ANNEXE 10</u> : Dessins pour la conception de base	116
<u>ANNEXE 11</u> : La consommation horaire	121

<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	122
----------------------	-----

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre 2: CONDITIONS DU PROJET

<u>tableau 2.1</u> : Estimation de la quantité d'eau utilisée par travailleur	24
<u>tableau 2.2</u> : Relevés du compteur de la S.O.N.E.C.S à la gare ferroviaire	25
<u>tableau 2.3</u> : Estimation de la consommation de quelques unités industrielles	27
<u>tableau 2.4</u> : Estimation de la consommation actuelle globale	29
<u>tableau 2.5</u> : Résultats d'analyse d'une eau puisée le 22 février 1984 à un robinet du réseau	32

Chapitre 3: CALCULS DES BESOINS EN EAU.

<u>tableau 3.1</u> : Estimation des besoins en eau en l'an 2024 des unités industrielles	40
<u>tableau 3.2</u> : Estimation des besoins en eau des établissements commerciaux	41
<u>tableau 3.3</u> : Calcul de d_{1024} des autres unités industrielles	42
<u>tableau 3.4</u> : Estimation des besoins en eau à l'an 2024	43
<u>tableau 3.5</u> : Valeurs des différents groupes de réserve	50
<u>tableau 3.6</u> : Représentation de la demande dans le temps.	52

Chapitre 4 : DETERMINATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION.

tableau 4.1 : liste des tuyaux en PVC et de leur
correspondants en fonte 58

Chapitre 5 : ETUDES DU RESEAU

tableau 5.1 : Etude économique pour l'alimenta-
tion de la gare. 63

tableau 5.2 : Etude économique pour l'alimen-
tation de la coopérative 1 64

tableau 5.3 : Choix des diamètres des compteurs 68

tableau 5.4 : Valeurs des diamètres des différents
types de conduites 69

tableau 5.5 : les données caractéristiques du
réseau 72

tableau 5.6 : Résultats de la condition horai-
re maximale 74

tableau 5.7 : Solde de la première variante 78

tableau 5.8 : Solde de la deuxième variante 79

tableau 5.9 : Solde du contrat spécial 82.

Annexes :

<u>tableau I. 1 :</u>	Calculs de la moyenne annuelle de la consommation aux H.U.N Allées du centenaire à Dabar	93
<u>tableau III. 1 :</u>	Calculs de la consommation mo- yenne des entités publiques	96
<u>tableau III. 2 :</u>	Relevés des différents compteurs de la R.C.F.S	97
<u>tableau IV. 3 :</u>	Les débits et les hauteurs manomé- triques des forages de la SO.N.E.E.S à Thiès	97
<u>tableau IV. 1 :</u>	Evolution de la consommation dans la ville de Thiès de 1980 à 2000	99
<u>tableau V. 1 :</u>	Valeurs résiduelles des infrastruc- tures d'approvisionnement en eau en juin 1983	100.
<u>tableau VI. 1 :</u>	tableau des prix des compteurs d'eau	101.
<u>tableau VI. 2 :</u>	tableau des prix des tubes en anjou pour la pose des compteurs	101.
<u>tableau VI. 3 :</u>	prix des matériel contre incendie	102
<u>tableau VI. 4 :</u>	Coût de la protection incendie	102.
<u>tableau VI. 5 :</u>	Coût de la pose des compteurs	103.
<u>tableau VI. 6 :</u>	Coût de la réalisation du réseau en Prc	104.

Annexes (suite 1)

tableau VII.1: tableau des saignées. 106

tableau VIII.1: Evolution de la consommation
d'eau de 1984 à 2024 109

tableau VIII.2: Evolution de la production du
forage 110.

tableau XI.1: tableau de la consommation
horaire 121.

LISTE DES FIGURES ET SCHEMAS

Chapitre 1 : INTRODUCTION

- figure 1.1 Carte du Sénégal 4
figure 1.2 Plan général de la ville de Thiès 5
figure 1.3 Installations générales de la R.C.F.S 6

Chapitre 2: CONDITIONS DU PROJET.

- figure 2.1 le planning de distribution de l'eau 17
Graph 2.2 Courbes de la production et de la
consommation actuelles 31
figure 2.3 le réseau actuel 22.

Chapitre 3: CALCUL DES BESOINS EN EAU.

- figure 3.1 : le réseau incendie proposé 46.
Graph 3.1 : Courbe cumulative de consommation "Pass - diagram" 54

Chapitre 4: DETERMINATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

- figure 4.1 : le réseau ramifié 56
figure 4.2 : le réseau maillé 57

Chapitre 5: ETUDES DU RESEAU.

- figure 5.1 : Réseau principal 71
figure 5.2 : Résultats de la simulation de la consommation horaire maximale 73
figure 5.3 : le réseau de distribution proposé 65
Schéma 5.1 : les différentes conduites d'alimentation de la gare 62.

Annexes:

<u>Abaque VII.1</u>	Abaque pour le calcul des tuyaux en matière plastique.	107.
<u>figure IX.1</u>	Simulation de la consommation journalière maximale + débit incendie (usine de traverses).	112
<u>figure IX.2</u>	Simulation de la consommation journalière maximale + débit incendie (cité Ballabey, nœud 6)	113
<u>figure IX.3</u>	Simulation de la consommation journalière maximale + débit incendie (ateliers ou gara)	114
<u>figure IX.4</u>	Simulation de la consommation journalière maximale + débit incendie (Centre de Formation Professionnelle)	115
<u>figure X.1</u>	Regard de vanne de sectionnement	116
<u>figure X.2</u>	Schéma d'un branchement type de compteur d'eau	117
<u>figure X.3</u>	Installation d'une bouche d'incendie	118
<u>figure X.4</u>	Schéma d'un robinet d'incendie d'armé	119
<u>figure X.5</u>	tranchée ordinaire	119
<u>figure X.6</u>	tranchée sur route	120
<u>figure X.7</u>	Installation d'un coude	120
<u>figure X.8</u>	installation d'un té et d'une vanne	120

UNITES ET NOTATIONS UTILISEES

- (A, B) : chapitre A, équation B
- [6] : tiré de la référence bibliographique n° 6.
- [Annexe C]: voir à l'annexe C (fin du rapport).
- Tableau 01.6: tableau 6 de l'annexe 7.
- $\phi 160$: diamètre de 160 mm
- km : kilomètre
- mm : millimètre
- m^3/h : mètre cube à l'heure.
- m^3 : mètre cube
- F/m^3 : prix au mètre cube
- $l/hab/j$: litres par habitant par jour.
- $l/trav/j$: litres par travailleur et par jour.
- $l/unité/j$: litres par unité industrielle et par jour.
- m^3/j : mètre cube par jour.
- hab/j : nombre d'habitants par logement.
- mg/l : milligramme par litre de solution
- ha : hectare = $10000 m^2$.
- l/s : litres par seconde
- bar : unité de pression, équivaut sensiblement à 10 mètres d'eau.
- ml : mètre linéaire.
- m : mètre.



école polytechnique de thiès

REGIE DES CHEMINS DE FER



AVANT-PROPOS

Aucun être humain, aucun animal, aucune plante, pas même le moindre arbuste, tel serait le tableau de la Terre sans eau. Son importance est telle qu'il n'existe pas un élément terrestre qui n'en contienne pas, ne serait-ce l'eau de rétention.

Son utilisation est diverse et dépend beaucoup du contexte dans lequel on se trouve. C'est elle, dans les Temps - Anciens, qui a fixé les hommes, l'emplacement des grandes villes au confluent des rivières, au voisinage d'une source ou d'un oasis. Nous citerons le Nil, le Tigre, l'Euphrate, les grands lacs africains, -- qui sont le berceau de l'évolution de la race humaine. Au cours des siècles derniers, c'est elle qui servait comme source d'énergie pour faire tourner les moulins, et est toujours présente lorsqu'on parle aujourd'hui de la production hydroélectrique des barrages. En tant qu'ingénieur génie civil, c'est à elle que nous faisons appel chaque fois que l'on fait une gâchée de ciment pour la construction.

Son utilisation est encore primordiale pour l'extinction des incendies, où à cause de son tonnage, elle tient encore la tête des moyens de l'arrêter. Enfin une autre utilisation de l'eau, c'est l'agriculture; elle a conduit l'homme à effectuer des travaux importants pour l'irrigation. C'est cette fonction que nous, pays du Sahel, mettons en valeur dans la mesure où notre économie reste encore conditionnée par la récolte des arachides et des céréales. Il faut dire que notre économie dépend étroitement de la pluviométrie et de l'eau d'une façon générale. Cela explique les grands travaux que le Gouvernement est en train de faire dans la zone du fleuve Sénégal, dans le cadre de l'O.M.V.S.

Pourtant l'eau se trouve dans le sous-sol et il faut la chercher ce qui nécessite des quantités considérables d'énergie pour la pomper. Dès

2

qu'il en existe, c'est l'utilisation très restreinte pour les besoins de la population et pour les activités diverses, telles les industries. Ce besoin d'eau se fait en quantité et en qualité suffisantes.

Toute cette page peut se résumer en une phrase : l'eau, la plus convoitée des richesses.

1^{ère} PARTIE

SITUATION EXISTANTE

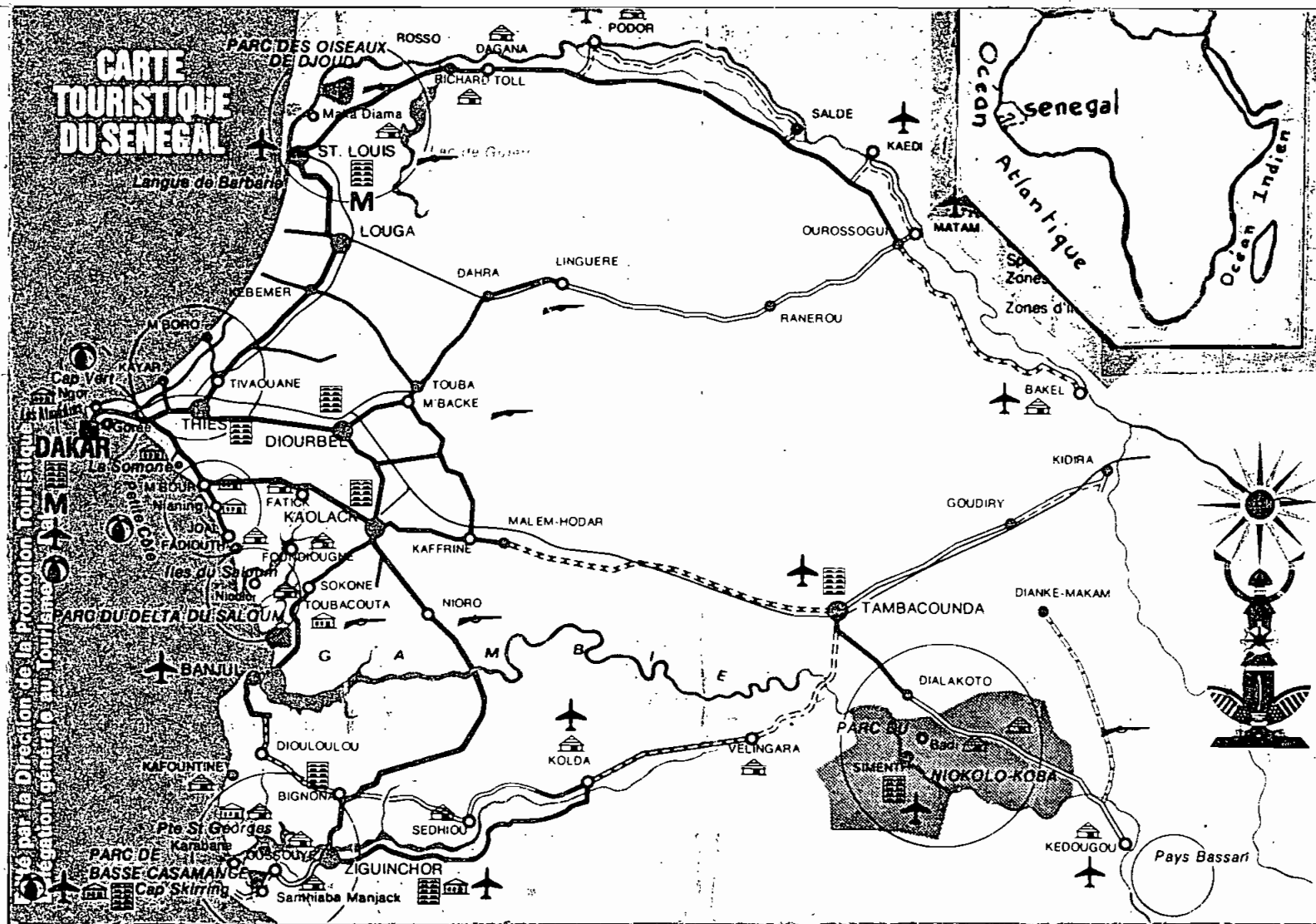


Figure 1.1: Carte du Sénégal.

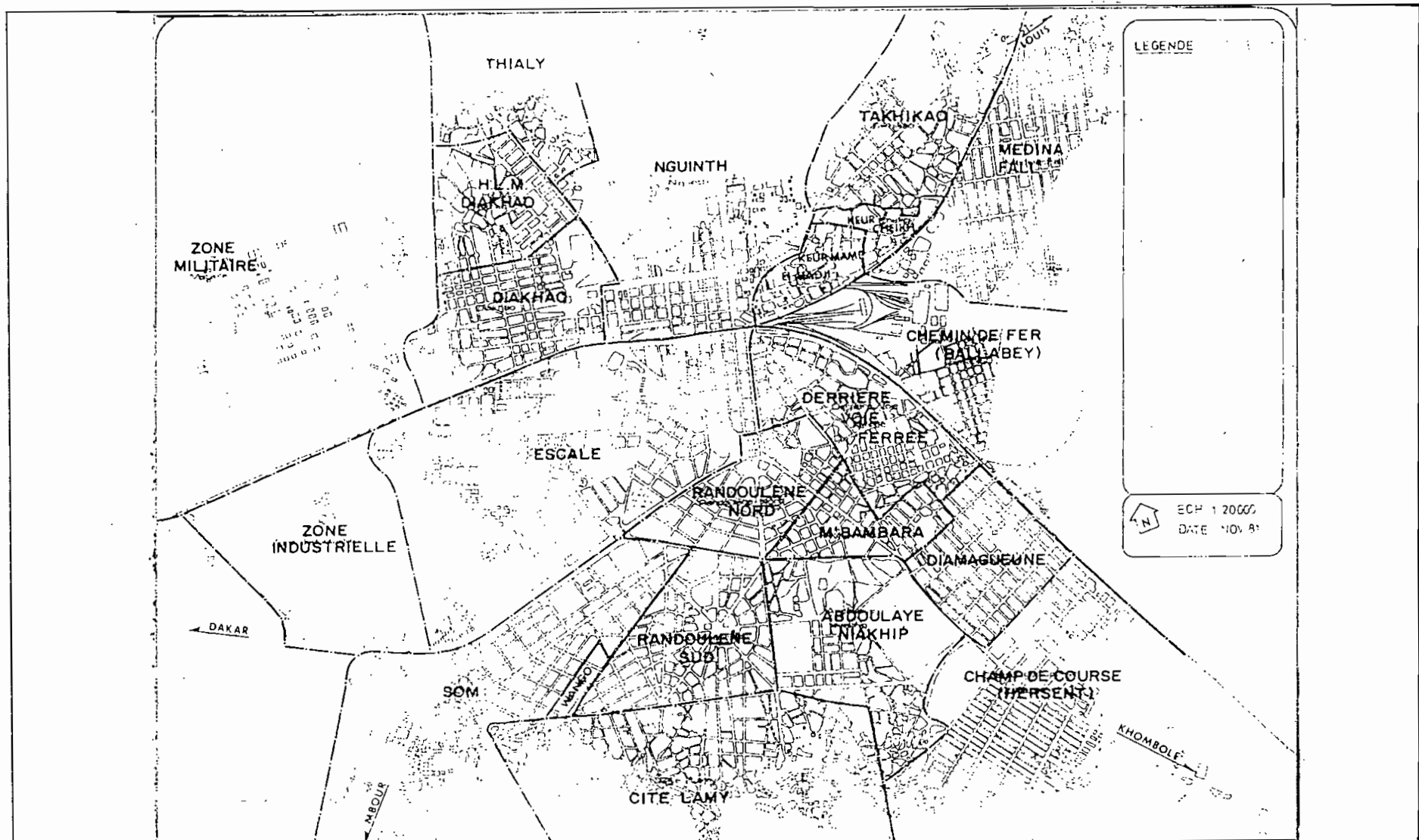
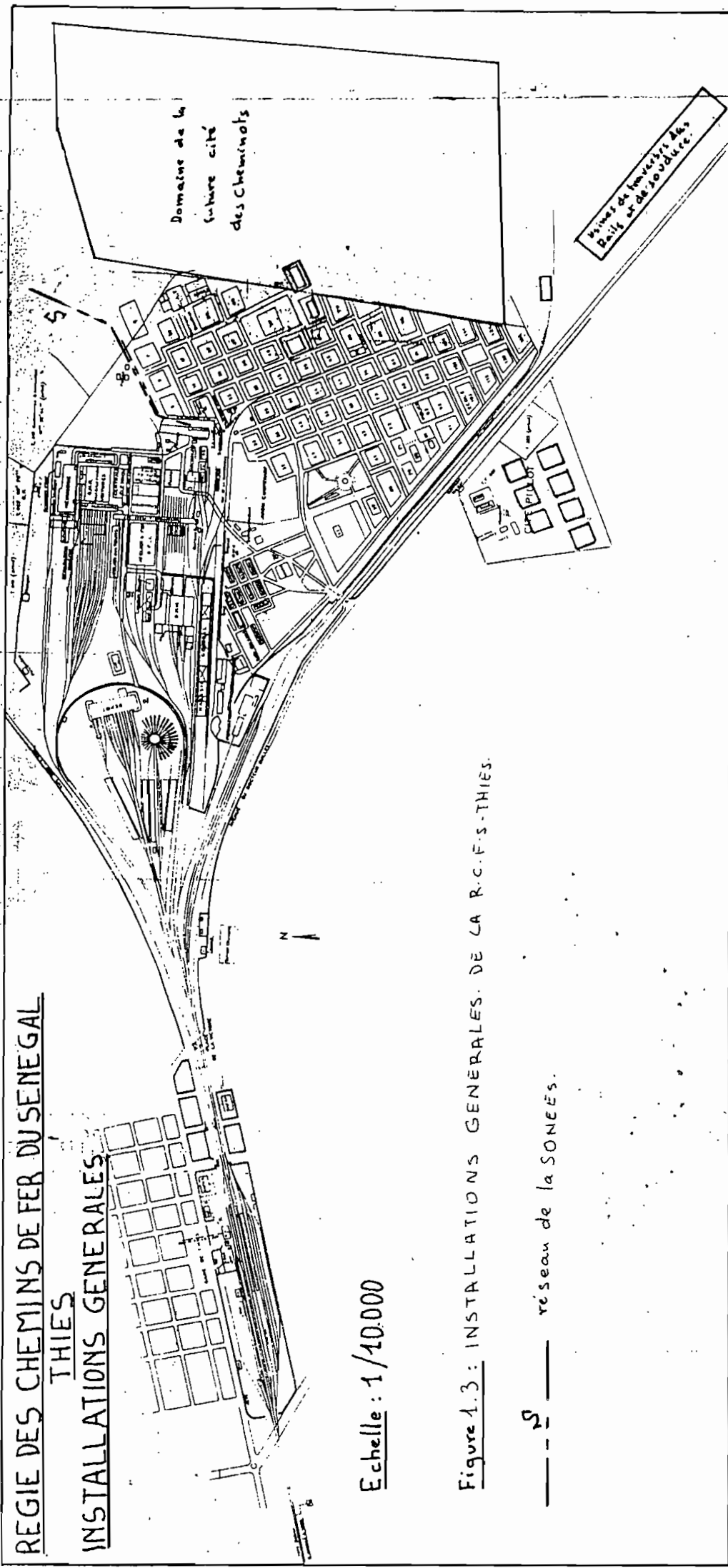


Figure 1.2 : Plan général de la ville de Thiès.



Echelle: 1/10.000

Figure 1.3: INSTALLATIONS GENERALES DE LA R.C.F.S. THIES.

CHAPITRE 1:

INTRODUCTION

1.1 Description du mandat:

L'eau courante est un bien de plus en plus demandée dans le monde, et en particulier au Sénégal. En effet, quoiqu'il y ait encore une grande partie de la population qui ne soit pas desservie par aucun robinet privé, il y a de plus en plus d'habitations qui ne sont pas connectées à un réseau public de distribution. Or, un quartier de la ville de Thiès - la cité Ballabey -, a ce privilège depuis plus de cinquante (50) ans. Ce quartier a présentement beaucoup de problèmes avec son vieux réseau et aujourd'hui beaucoup de solutions non planifiées ont été essayées pour remédier à cette situation. La Régie des Chemins de Fer du Sénégal (R.C.F.S), propriétaire de ce quartier, nous a donc demandé d'inventorier le réseau et de proposer des solutions efficaces pour assurer ce service essentiel qu'est la distribution de l'eau potable.

1.2 Plan de situation:

Le projet que nous allons présenter répond à un besoin de la R.C.F.S, principalement de ses installations au niveau de la ville de Thiès. Cette ville est située à soixante-dix (70) kilomètres de Dakar, qui est une ville tournante au niveau de l'Afrique de l'Ouest (voir figure 1.1).

La ville de Thiès, qui fut créée par une famille de Sérère-Nones en 1804, est située dans le plateau qui porte son nom. Elle fut un point de convergence vers 1861, en raison même des activités industrielles et artisanales dues à l'existence des installations de la R.C.F.S. C'est une ville stratégique: ainsi jusqu'en 1965, les troupes militaires françaises y étaient installées et occupaient la partie Ouest. A l'opposé se situe le

domaine de la R.C.F.S avec ses 138 ha, en y incluant l'extension à l'Est de la cité Ballabey (voir figure 1.2). La ville de Thiès s'affirme de plus en plus, comme étant un carrefour ferroviaire et routier important bénéficiant de la proximité de Dakar. Son rôle est économique, et non de recevoir le trop plein de la population de Dakar. Sa position par rapport aux axes Dakar-Saint-Louis et Dakar-Bamako lui confie cette tâche. Thiès joue déjà le rôle de second centre administratif du Sénégal.

1.3 Historique de la R.C.F.S :

1.3.1 Le chemin de fer au Sénégal :

L'idée de relier par voie ferrée Saint-Louis à Dakar fut émise par Louis Faidherbe en 1854, alors qu'il était Gouverneur du Sénégal. Sa réalisation allait amener des problèmes politiques, avec notamment Lat Dior N'Goné Latyr DIOP, Damel du Cayor, qui refusait que cette voie passe dans son royaume, car elle allait la couper en deux (2). Finalement, le premier rail fut posé en 1881, et en 1884, le Dakar-Saint-Louis (D.S.L) arrive à Thiès.

En 1905, le Gouverneur du Sénégal demande au Capitaine Ballabey d'étudier la possibilité de relier Thiès à Kayes; il reviendra cinq (5) ans plus tard pour la réalisation de ce tronçon. Le 1^{er} janvier 1924, c'est la fusion des réseaux Thiès-Kayes et Kayes-Niger; le Capitaine Ballabey devient le premier directeur du Chemin de Fer de Thiès à Bamako. En 1933, le Gouverneur Général l'achète à la Compagnie Batignolles, et lui donne le nom du Dakar-Niger (D.N).

En 1934, on assiste au transfert des services de Dakar à Thiès, qui devient la Capitale du Rail.

En 1946, c'est la création de la Régie Fédérale des Chemins de Fer de l'Afrique Occidentale Française, qui sera remplacée lors de la création de la

Fédération du Mali par la Régie Fédérale des Chemins de Fer du Mali, le 31 mars 1959. Après l'éclatement de cette unité, le 20 août 1960, c'est l'ordonnancement 60-10 du 27 août 1960 qui crée la R.C.F.S. Actuellement, elle est régie en un établissement public (E.P).

1.3.2 La cité Ballabey:

Dès 1921, dans le journal des Colonies, cette cité figure sous le nom "Habitations Générales du Personnel de Thiès", qui sont en cours de construction. Mais, dès 1925, la cité Ballabey prend la configuration qu'elle connaît de nos jours, et les travaux se poursuivront jusqu'en 1954.

Centre nerveux de la R.C.F.S, la cité Ballabey qui comprend cent soixante six (166) logements, abrite les services centraux et les ateliers de l'entreprise. Intimement mêlés à la vie de la société, les habitants de cette cité vivent au rythme de la sirène qui marque le temps et les trains qui roulent sur les voies. La cité retentit au mugissement des machines, s'inflamme et s'épaise à l'unisson des travailleurs.

1.3.3 La cité Maurice Pillot:

Très vite, les dirigeants de la société ont constaté que la cité Ballabey ne pouvait abriter l'ensemble des cadres de l'entreprise. C'est ainsi, on a construit quatre-vingt deux (82) logements au Sud-Est: c'est la cité Maurice Pillot.

Lors de la réunion du conseil d'administration de la dite société le 28 mars 1968, la décision fut prise de vendre ces maisons aux occupants.

1.3.4 Les sources d'approvisionnement:

Il existe deux (2) types de nappes d'eaux souterraines à Thiès:

⊕ La nappe du Maestrichtien ou des sables aquifères profonds, est une nappe profonde très importante dans le bassin sédimentaire. Elle est exploitée par des forages de 100 à 300 mètres, et connaît une remontée importante, artésienne parfois, jusqu'à quelques mètres de la surface: comme cela s'est produit à

Coundane, près de la cité Ballabey;

⊕ les nappes du réseau des calcaires de l'Écône sont exploitées par des puits d'environ 25 mètres ; comme nous le verrons plus loin, c'est le cas des anciens puits et du forage n° 2 à la cité Ballabey.

La R.C.F.S possède le réseau le plus vieux de la ville de Thiers, et il s'étend sur tout son territoire : sur les terrains de la gare, des ateliers et jusqu'aux quartiers environnants - les cités Pillot et Ballabey-. Il a été posé en 1925, et est composé des tuyaux en fonte et en acier galvanisé, et est aujourd'hui encore en service. Ce réseau est en mauvais état : les fuites dans les tuyaux sont à peu près inexistantes, mais l'entartrage s'est installé dans les conduites et les vannes sont inutilisables.

En ce qui concerne le réseau, c'est une propriété de la R.C.F.S, qui a toujours su trouver l'eau dans son domaine géographique.

1.3.4.1 Les puits :

Jusqu'en 1941, l'alimentation fut assurée au moyen de pompes électriques, fonctionnant sur une dizaine de puits forés aux différents points du territoire de la R.C.F.S, entre autre à la cité Ballabey. Les besoins quotidiens étaient fournis sans difficultés et ce n'est que dans les 2 ou 3 derniers mois de la saison sèche que le niveau statique conduisait à des mesures de rationnement d'eau, qui présentaient de graves inconvénients surtout dans l'hypothèse d'un incendie.

Pour remédier à cette situation qui devint critique en 1942, par suite d'un abaissement plus prononcé de la nappe phréatique, diverses mesures furent envisagées. En premier lieu, on a creusé un forage de 330 mètres, mais les résultats étaient négatifs. Mais une nappe de surface suffisamment abondante fut découverte à Coundane, à trois (3) kms au Nord-Est de la cité Ballabey.

1.3.4.2 L'usine de traitement de Coundane :

Dès lors, on a réalisé un bassin de captage du débit de ce puit, voisin de $40 \text{ m}^3/\text{h}$. Ce bassin est un marigot à ciel ouvert en maçonnerie, et l'eau provenait des pluies de l'hivernage. Aussi une unité de traitement était nécessaire: il y avait la chloration et la purification. Cette eau était ensuite acheminée dans des réservoirs de surface de la cité Ballabey, et servait comme eau industrielle pour les installations ferroviaires et les trains à vapeur. Avec la sécheresse qui sévit depuis une dizaine d'années au Sénégal, la nappe a baissé et l'unité fut abandonnée: en 1978, il fallait alors creuser le bassin de six (6) mètres de profondeur pour avoir cet élément précieux.

1.3.4.3 Le forage 1:

En 1942, la capacité des puits diminua et la Régie commença à forer. C'est ainsi que l'on a foré un premier forage, communément appelé le "petit forage" de 30 mètres de profondeur. Déjà, on avait prévu une pollution accidentelle de ce dernier, cela dû aux W.C publics très proches - moins de 50 mètres de rayon -. Ce forage servait de renfort à l'eau de Coundane pour l'alimentation des ateliers. Finalement, on l'a abandonné à cause de la pollution de l'eau en 1964.

1.3.4.4 Le forage 2:

Parallèlement au premier forage, un second de 330 mètres fut creusé, et prit le nom de "grand forage". L'eau récupérée, était envoyée aux deux (2) châteaux d'eau de 150 m^3 chacun, pour alimenter les quartiers de la société et environs. Le débit diminuait chaque année, et c'est ainsi en 1972, la R.C.F.S décida de creuser un troisième forage, à une distance de 25 mètres de ce dernier.

1.3.4.5 Le forage 3:

Il est similaire au précédent et fonctionne jusqu'à nos jours. Il débite actuellement $48 \text{ m}^3/\text{h}$. et fonctionne toute la journée.

Cependant, il ne suffit pas à la demande, c'est pourquoi on a dû se brancher au réseau de la Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal (S.O.N.E.E.S), depuis des conduites de la ville de Thiès jusqu'à la cité Ballabey, près des châteaux d'eau (voir la figure 1.3 : Installations Générales)

1.3.4.6 Les branchements de la SANEE.S

Il en existe trois (3), qui alimentent les installations de la R.C.F.S :

- ⊕ un branchement de diamètre 160 mm (ϕ 160) qui sert d'appoint en cas de défaillance momentanée du forage 3;
- ⊕ un branchement ϕ 63, au niveau de la gare ferroviaire pour alimenter la gare, et les logements des agents de cette entité;
- ⊕ un branchement ϕ 63 pour deux (2) logements qui sont sur l'avenue Lat-Dior.

Il y a encore, un (1) branchement de la S.O.N.E.E.S au niveau de la cité Pillot, qui n'est pas pris en charge par la R.C.F.S. Nous en parlerons dans la rubrique "Les réseaux de distribution" au chapitre 2.

CHAPITRE 2 : CONDITIONS DU PROJET

Contrairement au réseau de la ville de Thiès, qui est une des infrastructures municipales, le réseau de la R.C.F.S est privé, et est composé de conduites en acier galvanisé et en fonte, qui sont très entartées et dans un état lamentable.

Nous présentons ici, une analyse des causes, ce qui s'avérera profitable lors de l'étude des solutions.

2.1 Inventaire des installations:

Une distribution d'eau est constituée par un ensemble d'ouvrages et d'organes ayant pour objet de mettre de l'eau à la disposition des habitants d'une ville, d'un quartier,

2.1.1 Les points d'approvisionnement:

A l'heure actuelle, il existe deux (2) sources d'eau dans le domaine de la R.C.F.S:

⊕ Le forage 3: qui fut creusé en 1972 par Intrafor-Cofor pour un débit de $80 \text{ m}^3/\text{h}$ et d'une profondeur de 340 mètres, où l'on capte l'aquifère du Maestrichien. Cependant, en 1980, il y a eu un décolmatage, et après maintes réparations de la pompe, il débite $48 \text{ m}^3/\text{h}$ et fonctionne 24 heures par jour.

⊕ Le branchement de la SONEES: qui vient du réservoir R3 géré par cette société au niveau du quartier de N Guinth. C'est un branchement de $\phi 160$ qui sert d'appoint (voir figure 1.3: Installations générales)

2.1.2 Le circuit de refoulement:

Il est lié au modèle d'approvisionnement:

⊕ par le forage: on a une conduite de refoulement de 180 mètres de long et $\phi 150$, qui le relie directement au château d'eau d'Est de 150 m^3 ;

⊕ par le branchement de la SONEES: après le compteur général, l'eau est acheminée jusqu'aux deux (2) réservoirs souterrains de 320 m^3 au total.

2.1.3 Les réservoirs:

Comme nous l'avons noté ci-dessus, il existe deux (2) types de réservoirs au niveau de la cité Ballabey - on le nomme aussi km 2, si on prend la gare ferroviaire comme repère - :

⊕ Les châteaux d'eau: on en a deux (2) de 150 m^3 chacun, qui sont dressés à 16 mètres au-dessus du sol naturel. L'eau peut y accéder de deux (2) manières:

- L'eau du forage arrive au niveau de celui de droite ou Est;
- L'eau de la SONEES est pompée du réservoir souterrain, et arrive au niveau de celui de gauche ou Ouest;

et un by-pass relie ces deux (2) châteaux d'eau, ce qui fait on a un système de vase communicant. Il existe un trop-plein qui envoie l'eau dans les réservoirs de surface;

⊕ Les réservoirs de surface: il y en a deux (2) de 160 m^3 chacun. Ils sont alimentés de deux (2) manières aussi:

- par le branchement de la SONEES, surtout si l'eau du forage est insuffisante;
- par les châteaux d'eau, par les tuyaux de trop plein, particulièrement la nuit.

La R.C.F.S dispose des réservoirs d'une capacité environ de:

$$(2 \times 150 \text{ m}^3) + (2 \times 160 \text{ m}^3) = 620 \text{ m}^3.$$

2.1.4 Les vannes de distribution:

Pour la distribution de l'eau au niveau des différentes entités de la société, l'eau passe des châteaux d'eau au réseau par l'intermédiaire de trois (3) vannes, qui alimentent les secteurs suivants:

⊕ Vanne 1: qui est ouverte toute la journée, parce qu'elle alimente l'hôtel du

Rail et le Cercle Amical Thiessois (C.A.T). On en a profité pour alimenter une dizaine de logements, qui se situent dans l'axe château d'eau - Hotel - CAT;

⊕ vanne 2: qui alimente les ateliers, la gare ferroviaire, les usines de traverses et de soudage des rails, et la cité Pillot. Elle est ouverte aux heures de travail essentiellement: 7^h30 à 12^h et de 14^h30 à 18^h;

⊕ vanne 3: qui alimente la cité Ballabey et qui est fermée lorsque la vanne 2 est ouverte.

Cependant, les vannes 2 et 3 sont fermées de 22^h à 6^h; nous en parlerons par la suite.

2.1.5 Les réseaux de distribution:

Ils sont deux (2) à alimenter les entités qui composent le complexe ferroviaire de Thiès:

⊕ le réseau qui vient du forage et qui est mixte, composé de: (voir figure 1.3: installations générales).

- deux (2) réseaux maillés: cité Ballabey et les ateliers;
- trois (3) réseaux ramifiés ou étoilés: les usines de traverses et de soudage des rails, la gare ferroviaire et l'eau potable des ateliers.

⊕ le réseau de la S.O.N.E.E.S: qui alimente la gare ferroviaire et deux (2) logements qui sont sur l'avenue Lat Dior.

2.1.5.1 Les usines de traverses et de soudage des rails:

Ce sont des unités qui ont été très actives dans le passé, et que l'on remet sur pied depuis près de deux (2) ans, après avoir eu l'idée de les vendre. Elles sont alimentées par un réseau étoilé de ϕ 100, pendant les heures de travail.

2.1.5.2 La gare ferroviaire:

Elle est alimentée par deux (2) réseaux:

- ⊕ un petit réseau ramifié alimenté par les châteaux d'eau du Km 2, au moyen de tuyau de fonte ϕ 200;
- ⊕ un branchement du réseau de la SONEES par un tuyau ϕ 63 de chlorure de polyvinyle, (P.V.C).

La zone de la gare est la seule à bénéficier de cet avantage.

2.1.5.3 Les ateliers:

On a deux (2) réseaux aussi, mais ils viennent des châteaux-d'eau:

- ⊕ un réseau maillé qui fut installé pour l'eau industrielle, et jusqu'en 1976 était alimenté par l'usine de Coundane;
- ⊕ un réseau ramifié pour l'eau potable, surtout les w.c, les salles de bains et les robinets pour l'eau de consommation.

Cependant, avec l'abandon de Coundane, les deux (2) réseaux ont été interconnectés et alimentés à partir de la vanne 2.

2.1.5.4 La cité Ballabey:

On y trouve deux (2) réseaux:

- ⊕ un réseau ramifié qui alimente l'hôtel du Rail, le C.A.T et une dizaine de maisons qui sont proches des châteaux d'eau et bénéficient d'une alimentation à longueur de journée. Pour ce réseau, on a commencé à remplacer les vieilles conduites de fonte par d'autres en P.V.C;
- ⊕ un réseau maillé pour le reste de cette zone; à cause des problèmes liés à la distribution de l'eau, elle est desservie de 6^h00 à 7^h30, puis de 12^h à 14^h30 et enfin de 18^h à 22^h.

2.1.5.5 La cité Pillot et les environs:

Ils sont alimentés par des réseaux maillés. Cependant, cela est abandonné ou est en voie de disparition. En effet en 1962, la R.C.F.S avait décidé de ne plus desservir les quartiers des Cheminots et de fermer les tuyaux qui alimentent les quartiers limitrophes.

En 1982, c'est au tour de la cité Pillot. C'est ainsi qu'aujourd'hui la S.O.N.E.E.S en accord avec la R.C.F.S, a raccordé le réseau de ce quartier à celui de Thie's. Cela fut facile dans la mesure où ces populations ont eu un concours financier des pouvoirs publics:

- ⊕ pour les installations générales: la municipalité a pris 35% de l'installation

en respectant la convention qu'elle a signée avec la S.O.N.E.E.S pour encourager les branchements individuels; le reste fut la participation du ministère de l'hydraulique;

⊕ pour les branchements individuels: l'État a payé 50% des frais occasionnés et le reste est à la charge des occupants qui ont pu avoir un emprunt de la R.C.F.S.

Cependant, la cité Pillot est alimentée par la R.C.F.S en attendant que la S.O.N.E.E.S ne le fasse, et cela dans un avenir très proche.

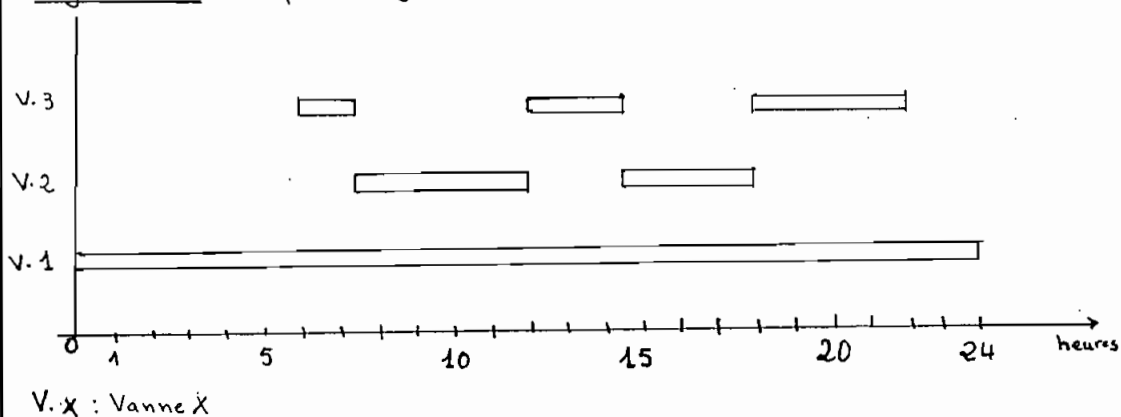
2.1.6 Le planning de distribution:

Au moment de cette étude, les populations des cités Ballabey et Pillot se plaignaient de ne pas avoir de l'eau continuellement. Nous allons faire le point de la situation de distribution de cet élément précieux, qui est l'eau.

Selon une étude menée en 1982, il semble que les pertes dans le réseau sont importantes: le débit nocturne - en dehors de toute activité normale consommatrice d'eau - est estimé à $60 \text{ m}^3/\text{h}$. Pour remédier à cela, la direction a fixé les arrêts de distribution d'eau entre 22^h et 6^h du matin. Une autre décision, qui est aussi importante: l'ouverture de la vanne 3 ne se fera que si les châteaux d'eau sont pleins, et que l'on n'alimente pas simultanément les ateliers et la cité Ballabey, afin d'avoir une bonne pression.

Cela permet d'avoir le planning de la figure 2.1.

Figure 2.1: Le planning de distribution de l'eau.



Vanne 1: alimente le CAT, l'hotel du Rail et une dizaine de logements;

Vanne 2: l'eau qui y découle, dessert la cité Pillot et les ateliers;

Vanne 3: pour la distribution de l'eau à la cité Ballabey.

⊕ à 6 heures: les deux (2) châteaux d'eau et les réservoirs souterrains sont pleins.

On ouvre la vanne 3, ce qui permet aux habitants de Ballabey d'avoir de l'eau pour la toilette matinale;

⊕ à 7 heures 30: c'est le début de la journée de travail; la vanne 3 est fermée et la 2 qui alimente les ateliers est ouverte;

⊕ à 12 heures: le travail est terminé pour la matinée dans les ateliers, on ferme la vanne 2 pour ouvrir celle qui alimente Ballabey. Au même moment, on met la pompe de relevage en marche qui envoie l'eau des réservoirs souterrains - 300 m³ recueillis durant la nuit - aux châteaux d'eau;

⊕ à 14 heures 30: les châteaux d'eau sont pleins et on ouvre la vanne 2 pour reformer la 3; les ateliers, la gare, la cité Pillot et les usines de traverses et de soudure des rails reçoivent cette eau;

⊕ à 18 heures: c'est la fin de la journée de travail, et on ferme la vanne 2, qui ne sera réouverte que le lendemain. Pendant ce temps, l'eau coule dans la cité Ballabey par la vanne 3 jusqu'à 22 heures;

⊕ à 22 heures: les vannes 2 et 3 sont fermées, et les châteaux d'eau sont vides. Le forage les remplit durant la nuit - de 22 heures à 6 heures du matin -; mais durant cette période, la vanne 1 est ouverte car elle alimente l'hotel du Rail et le C.A.T.

Et le cycle recommence. Il faut rappeler que le forage fonctionne toute la journée et débite 48 m³/h. Il remplit directement les châteaux d'eau.

Si toutefois, il arrive que le réseau manque de l'eau, on ouvre le robinet du branchement de la S.O.N.E.E.S qui alimentera les bassins superficiels et avec la pompe de relevage, on l'envoie aux châteaux d'eau.

2.1.7 La facturation d'eau:

Pour mettre l'eau à la disposition de la population, cela engendre des frais, et il faudrait que cela soit compensé par les consommateurs. Certes le réseau est privé, et la population bénéficie d'un prix forfaitaire mensuel, qui était basé sur le nombre de personnes (n):

- . si $n \leq 3$ Prix = $(250 \cdot n + 50)$ F.CFA;
- . si $4 \leq n < 6$ Prix = $(200 \cdot n + 200)$ F.CFA;
- . si $n \geq 6$ Prix = 1.400 F.CFA;

mais très rapidement n, c'est transformé en nombres de pièces. Ces prix ont été dressés en 1964; ils correspondaient à la moitié du prix moyen d'un branchement au niveau de la ville de Thiès. Ces prix devaient être révisés à chaque fois que le prix officiel évoluait.

Cependant, la R.C.F.S doit payer cette eau:

- l'eau du forage: taxe d'exonération: 12 F/m^3 ;
- électricité pour le pompage du forage: $62 \text{ F/kwh} \approx 62 \text{ F/m}^3$;
- les deux (2) branchements de la S.O.N.E.E.S, qui alimentent la gare et les deux (2) logements sur l'avenue Lat-Dior;
- le branchement de la S.O.N.E.E.S qui sert d'appoint au km 2, si toutefois elle l'utilise.

Pour les branchements au réseau de la S.O.N.E.E.S, elle paie au prix officiel:

- . $87,34 \text{ F/m}^3$ pour un volume bimestriel inférieur à 20 m^3 ;
- . $219,17 \text{ F/m}^3$ pour un volume compris entre 20 et 180 m^3 ;
- . $252,05 \text{ F/m}^3$ pour toute valeur supérieure à 180 m^3 par bimestre.

2.1.8 L'équipe d'entretien:

Il faudrait un suivi permanent pour le réseau, et surtout pour réparer les bris, s'ils existent.

Au temps colonial et de la machine à vapeur, il existait deux

(2) équipes : la première s'occupait de la robinetterie, tandis que la seconde se penchait sur les réservoirs. Mais au fur du temps, la dernière prit fin, et les travailleurs de la première, ont pris de l'âge, et ne furent pas pour autant remplacés. Actuellement, l'équipe est limitée à cinq (5) dont un chef de section : c'est la raison pour laquelle elle ne puisse répondre à toutes les sollicitations. En plus des installations de Thiès, son domaine d'interventions s'étend sur une longueur de cent (100) km : Thiès - Pout ; Thiès - Kelle et Thiès - Diourbel.

2. 1. 9 La prévention incendiaire :

L'eau peut servir pour éteindre les incendies, et cela implique des infrastructures adéquates. Cette protection doit pouvoir être assurée pour tout le réseau. Elle doit permettre en particulier aux pompiers d'avoir à leur disposition les débits d'eau nécessaires à l'extinction d'un feu.

Dès l'implantation des bâtiments, les concepteurs avaient conscience de cela. Ainsi, en 1941, il y avait quarante-quatre (44) bouches d'incendie et neuf (9) postes muraux d'incendie ou robinet d'incendie armé (R.I.A). La particularité de ces derniers, c'est qu'ils étaient équipés de brancard et d'un tuyau $\phi 40$ avec une longueur de 40 à 60 m.

Etant donné que, c'est un domaine privé, la municipalité ne pouvait gérer ces installations ; c'est ainsi en 1974, lors de leur visite périodique, les pompiers ont trouvé sept (7) B.I alimentés par des conduites $\phi 100$. Lors de nos visites - 1983-1984 -, nous avons remarqué :

- 1 B.I au niveau de la Cité Ballabay qui est fonctionnelle, et se trouve près de la direction générale ;
- 3 B.I dans les ateliers, et qui semblent fonctionnelles ;
- 4 R.I.A qui n'ont pas de raccords ;
- des R.I.A qui n'ont pas de raccords, et à la présence, on a mis de gros robinets, et qui servent aux travailleurs pour étancher leur soif ;

Cependant, il existe des extincteurs un peu partout dans les ateliers et les bureaux. Ils sont dans la majorité en poudre, car il existait une unité qui les remplissait. Actuellement, elle est abandonnée.

Il existe une équipe de travailleurs de cette société qui a reçu une formation de secouriste surtout dans le domaine incendie.

2.2 Estimation de la demande actuelle:

La quantité d'eau nécessaire à l'alimentation est généralement évaluée en : - Litres par habitant et par jour : $l/hab/j$.

- litres par unité industrielle et par jour : $l/unité/j$.

Cette consommation journalière varie suivant le mode d'alimentation, les niveaux de vie, les industries, les saisons, ... C'est dire donc, que les valeurs calculées, sont des moyennes.

Nous étudierons l'alimentation suivant chaque entité qui compose le complexe ferroviaire de Thiès (figure 2.3: Le réseau actuel).

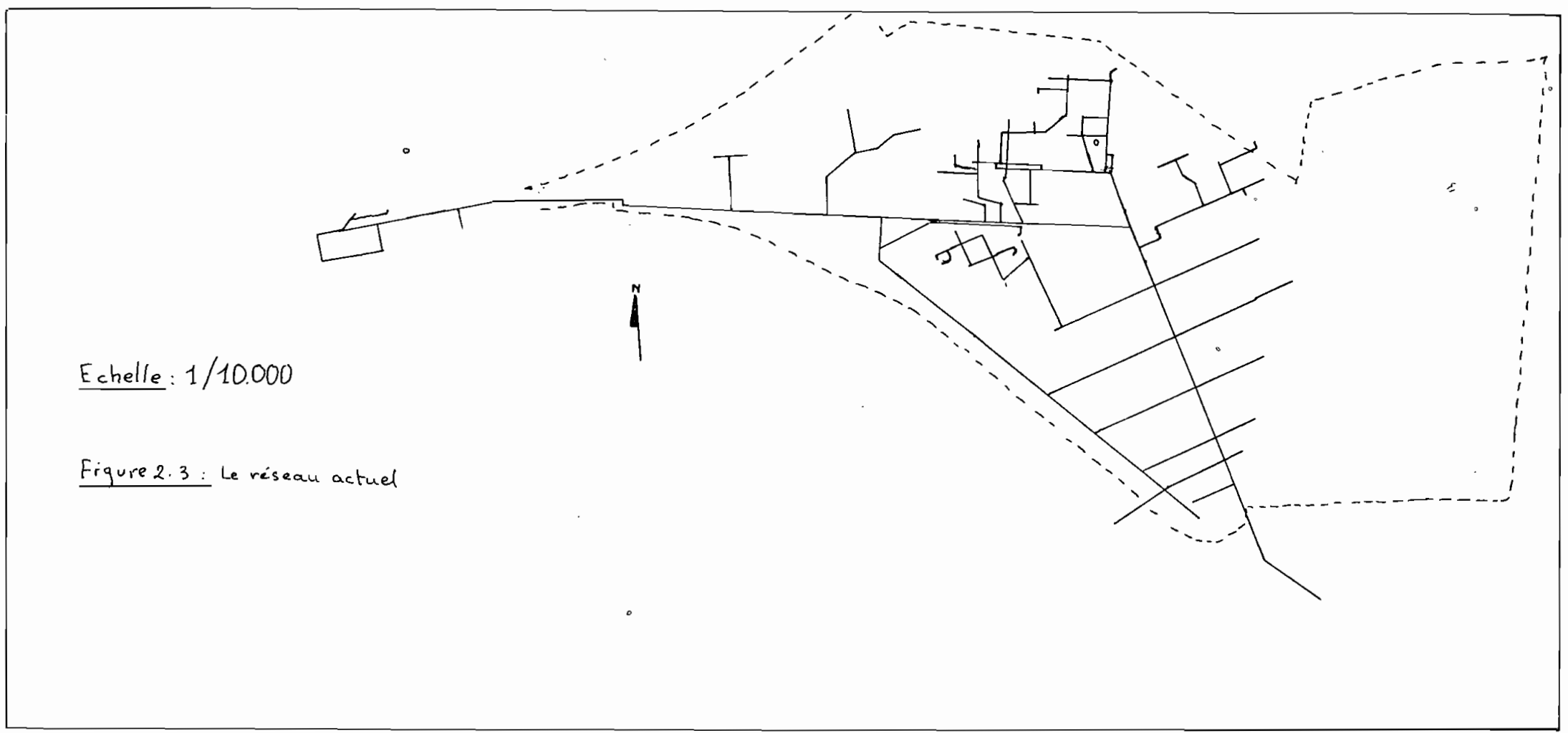
2.2.1. Les consommations unitaires:

2.2.1.1 La consommation résidentielle:

La consommation moyenne au Sénégal est $40 l/hab/j$; tandis que dans la région du Cap-Vert, elle est de $110 l/hab/j$.

Pour ce qui est des cités Pillot et Ballabey, nous considérons $150 l/hab/j$, et cela pour plusieurs raisons:

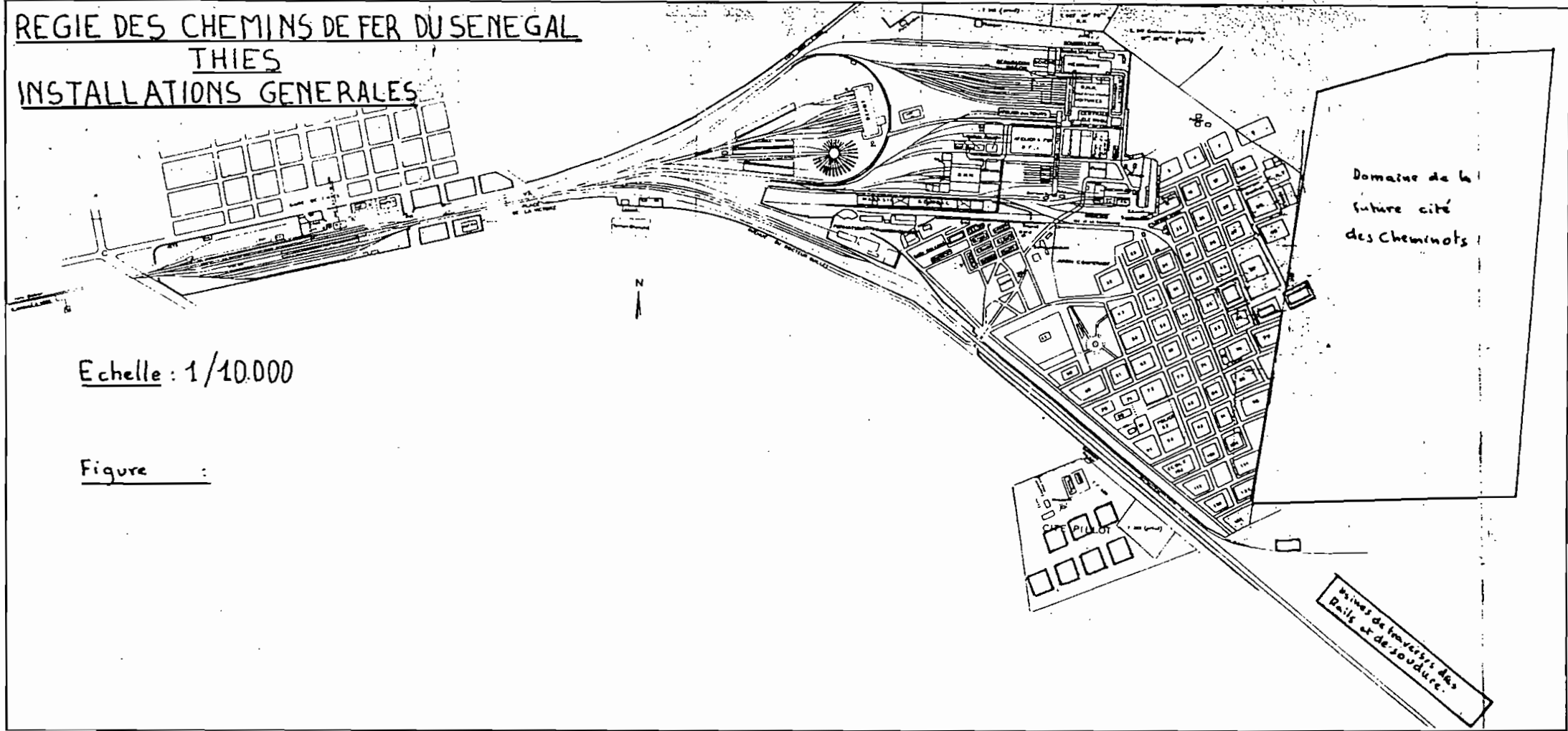
- ⊗ L'eau est pratiquement "gratuite" et cela "pousse" les habitants à en gaspiller dans la majorité des cas;
- ⊗ une grande partie de cette eau sert à l'arrosage des bananiers en particulier: en effet, lors de nos visites dans la cité Ballabey, nous avons constaté que les robinets des jardins étaient ouverts en permanence;
- ⊗ Le niveau de vie y est très élevé par rapport à la ville de Thiès; et nous avons mené des études au niveau d'un quartier de Dakar, qui a le même



Echelle: 1/10.000

Figure 2.3 : Le réseau actuel

REGIE DES CHEMINS DE FER DU SENEGAL
THIES
INSTALLATIONS GENERALES



Echelle : 1/10.000

Figure :

Domaine de la
future cité
des Cheminots

Voies de travers des
Rails et de soudure.

niveau de vie, et avons déterminé que la consommation y est de 150 l/hab/j.

[Annexe 1].

2.2.1.2 La consommation industrielle:

2.2.1.2.1 Par travailleur (ateliers et bureaux):

En fait nous avons deux (2) catégories de travailleurs à la R.C.F.S: les bureaucrates et les ouvriers/contre-maîtres. Ces derniers sont, dans la majorité des cas, obligés de prendre une douche après le travail dans les salles d'eau disposées dans les ateliers. Pour chaque cas, nous allons faire une estimation de la quantité d'eau utilisée pendant les heures de service.

Tableau 2.1: Estimation de la quantité d'eau utilisée par travailleur.

Désignation	bureau crates (l)	ouvriers / contre-maîtres (l)
boisson	3	3
hygiène	20	20
ablutions	15	15
douche	—	30
	<u>38 ≈ 40</u>	<u>68 ≈ 70</u>

Comme plus des trois quarts des travailleurs sont de la deuxième catégorie, nous prenons pour consommation par travailleur: 70 l/j.

2.2.1.2.2 Par unité industrielle:

Avec la modernisation des locomotives, l'eau est moins utilisée pour plusieurs procédés industriels. Nous allons passer en revue l'ensemble des unités industrielles de la R.C.F.S (voir figure 1.3: Installations générales.)

a) L'usine de traverses: elle est dans la phase de relancement et son activité n'est pas totale. L'eau y est utilisée pour l'arrosage et la fabrication des briques

et traverses: soit un total de 12 m³/j. Cependant, dans un avenir proche, l'usine fonctionnera à sa pleine capacité.

b) L'usine de soudure des rails: il y existe un circuit fermé, qui est alimenté par deux (2) bassins que l'on y a construit. On a surtout besoin d'eau pour compenser l'évaporation: il faut 50 m³/trimestre, soit 600 l/j. Cette eau est utilisée pour refroidir les rails après la soudure électrique.

c) Le Centre d'Enseignement Professionnel de Thiès: qui fut l'ancienne Ecole de Formation de la R.C.F.S, et depuis quelque temps, est sous la tutelle du ministère de l'Éducation Nationale. Cependant, il est alimenté par la société. Ce Centre accueille 40 élèves, qui sont tous externes. Nous estimons à 150 l/élève/jour la consommation d'eau en y incluant l'eau que l'on utilise pour la propreté de l'établissement. Ce centre dispose d'un internat, mais il est fermé depuis trois (3) ans par un arrêté ministériel.

d) La gare ferroviaire: on y utilise beaucoup d'eau, car on alimente les citernes des véhicules s'il manque de l'eau à Dakar, les véhicules de contrôle de la ligne; un restaurant, des bureaux et des logements constituent des infrastructures que l'on trouve à cette entité. Mais cette zone est alimentée par deux (2) réseaux: la S.O.N.E.E.S et la R.C.F.S. Nous supposons que chaque conduite fournit la moitié des besoins.

Tableau 2.2: Relevés du compteur de la S.O.N.E.E.S à la gare ferroviaire.

Périodes	Nombre de jours.	Quantité (m ³)	Débit journalier (m ³ /j)
21-09 au 17-11-82	57	372	6,53
17-11-82 au 18-01-83	63	619	9,82
18-01 au 20-03-83	61	674	11,05
20-03 au 27-05-83	68	999	14,69

Nous remarquons une augmentation à chaque bimestre, et aussi ces résultats sont vieux d'un an; nous nous proposons de prendre $20 \text{ m}^3/\text{j}$.

e) La forge: on y fabrique des pièces qu'il faut par la suite tremper pour les refroidir. Par jour, on fait quatre (4) trempes et on dispose de trois (3) bacs de 600 litres. Après la première trempé, on remplace le tiers du volume d'eau, et à la deuxième on renouvelle la totalité du bac: soit un volume journalier de 5 m^3 .

f) Les ateliers des matériels roulants (A.M.R): il existe deux (2), dans lesquels on approvisionne les trains en eau. Si l'on considère une moyenne de dix (10) trains par jour, on a: $3 \text{ m}^3 \times 10 = 30 \text{ m}^3/\text{j}$.

g) L'A.M.M (Diesel): on y répare les moteurs des wagons, et aussi on y lave les véhicules, en particulier les locomotives. Si l'on considère que pour chaque engin, on a besoin de 1 m^3 , ce qui donne quotidiennement: $1 \text{ m}^3 \times 10 = 10 \text{ m}^3/\text{j}$.

h) La station de service près du garage central: elle est équipée de dispositifs permettant de laver les automobiles et de faire la vidange. Le nombre de voitures qui y sont lavées est variable suivant les jours. Supposons, qu'il y ait quinze (15), le volume d'eau nécessaire est: $15 \times 0,5 \text{ m}^3 = 7,5 \text{ m}^3$, en considérant qu'il faut $0,5 \text{ m}^3$ pour le lavage d'un véhicule.

i) Les ateliers: nous regroupons sous cette rubrique plusieurs ateliers qui ne sont pas gros consommateurs d'eau. (voir tableau 2.3).

j) Le service médical: la R.C.F.S dispose d'un dispensaire et des services annexes, qui permettent d'accueillir jusqu'à quatre (4) personnes en observation médicale. Ce service utilise aussi de l'eau pour les soins, le nettoyage, ... Nous estimons à 2 m^3 la consommation journalière.

k) La coopérative: sous tutelle de la R.C.F.S, ce point d'approvisionnement en denrées alimentaires pour les travailleurs, nécessite environ $0,5 \text{ m}^3/\text{j}$.

l) Le C.A.T: c'est un club privé qui comprend un restaurant, des aires de jeux. Comme il ne dispose pas de compteur d'eau, nous estimons à 5 m^3 , les

Tableau 2.3: Estimation de la consommation de quelques unités industrielles.

Noms des unités	consommation en 1984 d ₁₉₈₄ (m ³ /j)
Dépôt à vapeur	8
Machines-outils + A.E.G	1
Magasin général	2
chaudronnerie	0,5
Ateliers tours	0,5
fonderie + fonte	1
Garage	0,5
Ateliers V.B	1
Ateliers boogies	0,5
Ateliers bois	0,5
magasin	0,1
	<hr/> 1 5,6

besoins journaliers étant donné que les joueurs n'ont pas la possibilité de prendre une douche après le jeu.

m) L'hôtel du Rail: dispose de douze (12) lits qui sont occupés 40% du temps. Nous estimons à 4 m³/j la consommation pour les personnes de passage et le nettoyage.

n) Les écoles (primaire et maternelle): ce sont deux (2) établissements différents, et à but éducatif:

- pour l'école maternelle: nous estimons à 2 m³/j la consommation pour la toilette spéciale des cinquante (50) gamins qui y vont;
- pour l'école primaire: nous pensons que 10 m³/j est une quantité raisonnable pour une école qui accueille 1000 élèves environ, et l'eau est peu utilisée pour le nettoyage des salles de classe.

o) Les terrains de sport: il existe deux (2) aires de jeu:

- un terrain de football: qui ne dispose pas d'infrastructure, ni des installations d'eau; mais les joueurs s'alimentent dans les maisons environnantes;

• un terrain de basket-ball: où depuis le mois de novembre 1983, on y a installé des robinets. Il faudrait environ $1 \text{ m}^3/\text{j}$ pour l'arrosage des plantes, et pour que les joueurs puissent se désalter.

↳ Les jardins publics: en un moment, on avait développé une politique d'embellissement du km^2 , mais elle fut très vite abandonnée. Aujourd'hui, il existe deux (2) lieux qui ont fait la fierté de ce site: Square Carde et le Jardin Coopératif, mais on ne les arrose plus.

Toutes ces valeurs estimées sont comparables à celles que nous avons obtenues au service région de la S.O.N.E.F.S. [Annexe 3].

2.2.2 Estimation de la population:

Nous disposons des valeurs du recensement de 1976 [Annexe 2], mais elles sont valables seulement pour la cité Ballabey. On remarque que, chaque famille est composée en moyenne de douze (12) personnes. Si l'on considère cette valeur, les cités Ballabey et Pillot regroupent:

$$(166 + 82) \text{ logements} \times 12 \text{ habitants/log} = 2976 \approx 3000 \text{ habitants.}$$

D'autre part, la R.C.F.S. emploie 2000 travailleurs ^{à Thiès} qui passent une partie de la journée au niveau des diverses entités de la société.

2.2.3 Estimation de la consommation:

Elle est formée de deux séries de chiffres:

- ⊕ la première qui est fonction de la population, donc alimentation des individus;
- ⊕ la seconde qui est fixée suivant le type d'industrie que l'on rencontre.

Tableau 2.4 : Estimation de la consommation actuelle globale.

Entités	Nombre d'unités	Consommation unitaire (m ³ /unité/j)	Consommation journalière (m ³ /j)
<u>En fonction de la population</u>			
cités Ballabey et Pillot	3000	0,150	450
travailleurs	2000	0,070	140
<u>En fonction des industries</u>			
usine de traverses	1	12	12
usine de soudure des rails	1	0,6	0,6
Centre d'Enseignement Professionnel de Thiès.	40	0,150	6
gare ferroviaire	1	20	20
forge	1	5	5
atelier matériels roulants	1	30	30
A.M.M. (Diesel)	1	10	10
Station service	1	7,5	7,5
unités industrielles	1	15,6	15,6
C.A.T.	1	5	5
Hotel du Rail	1	4	4
Ecoles (primaire et maternelle)	1	12	12
dispensaire	1	2	2
terrain de sport	1	1	1
Coopérative	1	0,5	0,5
jardins publics	4	-	-
<u>Consommation moyenne journalière</u>			721,2.
<u>Pertes : 20%</u>			144,24
<u>Production moyenne journalière</u>			865,44.
			≈ 866.

2.2.4 Remarques sur la consommation actuelle:

Durant nos visites, nous avons constaté:

- ④ une augmentation de 8 m³/h au niveau des châteaux d'eau, lorsque les ate-

lorsque les ateliers seuls sont alimentés. On en déduit que la consommation des ateliers est de $40 \text{ m}^3/\text{h}$, car le forage débite $48 \text{ m}^3/\text{h}$;

⊕ tandis que lors de l'ouverture de la vanne 3 - pour l'alimentation de la cité Ballabey -, il y a une baisse horaire de 12 m^3 . La consommation au km^2 , est de $60 \text{ m}^3/\text{h}$;

⊕ pour ce qui est de la vanne 1 - qui alimente le C.A.T.; l'hôtel du Rail et une dizaine de logements -, la consommation estimée est de $80 \text{ m}^3/\text{j}$.

La consommation réelle est :

$$(40 \text{ m}^3/\text{h} + 60 \text{ m}^3/\text{h}) \times 8 \text{ h/j} + 80 \text{ m}^3/\text{j} = 880 \text{ m}^3/\text{j};$$

nous remarquons qu'il y a une différence par rapport à :

• la production : cela représente les pertes dans le réseau [graphe 2.2]

• l'estimation faite ci-dessus : la différence est de $14 \text{ m}^3/\text{j}$, mais ce n'est pas importante, par rapport à la production journalière - environ de $1,21\%$ -.

2.3 Estimation de la production :

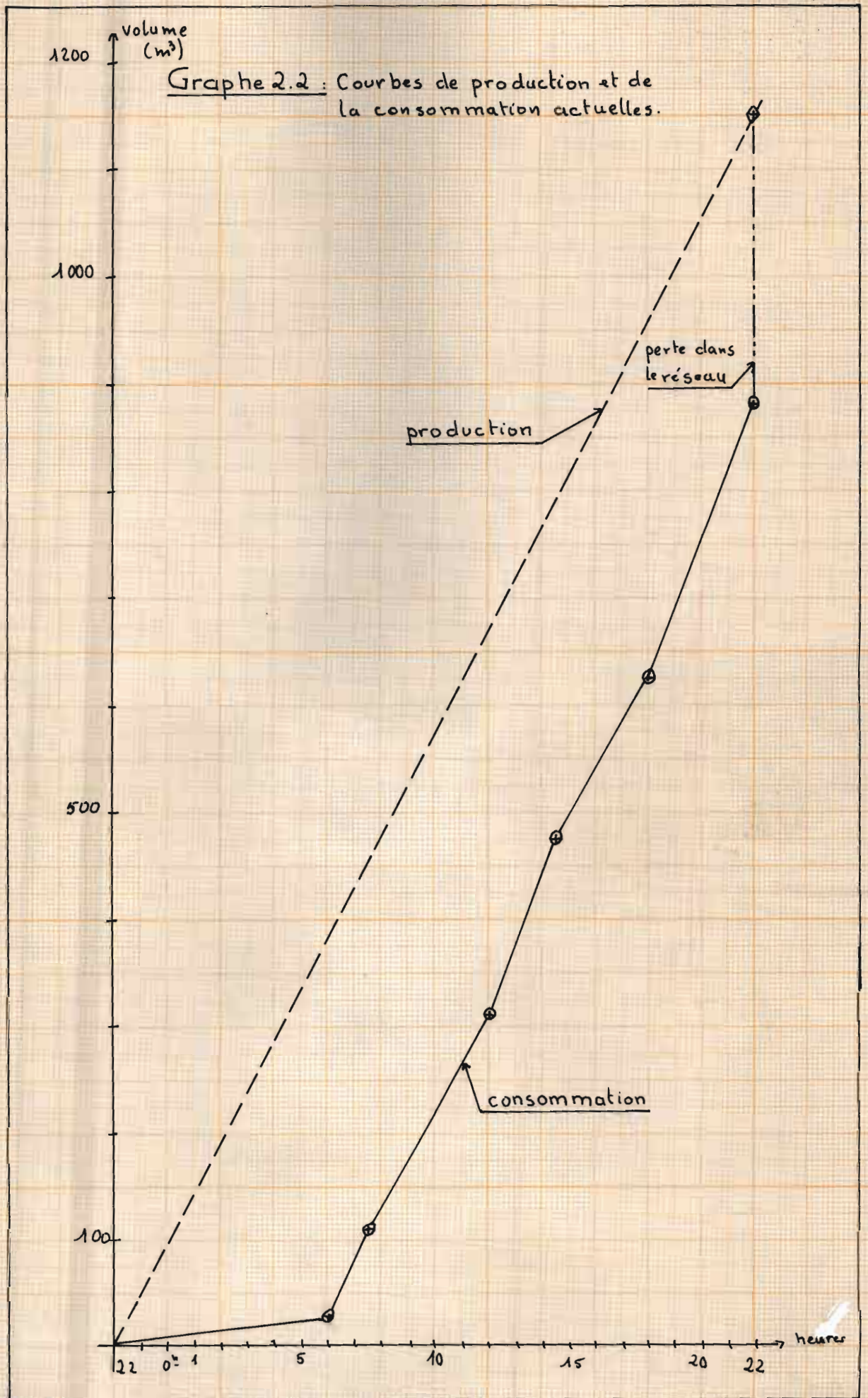
Actuellement, le R.C.F.S s'alimente à partir du forage 3, qui débite $48 \text{ m}^3/\text{h}$, et il fonctionne pendant toute la journée. La production est égale à : $48 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h/j} = 1152 \text{ m}^3/\text{j}$.

2.4 Comparaison entre la production et les besoins :

Si l'on reporte les deux (2) derniers résultats trouvés, on a :

production journalière :	1152 m^3
demande journalière :	$- 866 \text{ m}^3$
perte	286 m^3

ce qui donne la production journalière = $\frac{1152 \times 100\%}{866} = 133\%$ de la demande journalière. Mais, l'alimentation est période et par secteur, et est insuffisante. La raison principale est que le réseau est vétuste [Anne-



xe 5], et il y a beaucoup de pertes. Nous en voulons comme preuve, le rapport d'un expert allemand, qui a constaté qu'il y a en une (1) heure et cinq (5) heures du matin, une consommation de $60 \text{ m}^3/\text{h}$. Cela veut dire que toute cette quantité est perdue, quand on sait qu'à cette heure les activités sont nulles ou presque. C'est l'une des causes de cette étude, et nous estimons que les pertes sont de l'ordre de :

$20\% \times 721,2 \text{ m}^3/\text{j} + 286 \text{ m}^3/\text{j} = 430 \text{ m}^3/\text{j}$, soit 49,65% de la production journalière.

2.5 Qualité de l'eau de distribution.

Lorsqu'on parle d'alimentation en eau, nous nous soucions seulement de l'avoir. Cependant, la qualité est tout aussi importante. Il s'agit surtout de fournir à la population, une eau "potable" qui puisse être considérée sans inconvénient à la santé des consommateurs. Ceci peut s'obtenir par le respect des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.).

L'eau distribuée est puisée dans la nappe du Maestrichien à 340 mètres, et elle est fournie à la population sans un traitement au préalable. Sans faire une analyse complète de l'eau, nous avons recueilli les données pertinentes de cette nappe et de l'eau qui est distribuée dans le domaine de la R.C.F.S., et des problèmes qu'elle engendre. Durant notre étude, quatre (4) paramètres ont été mesurés sur l'eau du forage: le pH, la dureté, l'alcalinité et l'agressivité.

Tableau 2.5: Résultats d'analyse d'une eau puisée le 22 février 1984 à un robinet du réseau.

pH	dureté (mg/l de CaCO_3)	alcalinité (mg/l de CaCO_3)	agressivité pHe
7,3	56	235	8,05

Nous pouvons faire les remarques suivantes:

① pour le pH: il indique la concentration en ion H^+ de l'eau, et varie de 1 à 10^{-14} ions-gramme/litre et le $pH = -\log_{10} [H^+]$.

Dans notre cas, nous avons $pH = 7,3$; cela montre qu'il n'existe pas d'acides ou de bases forts. Cependant, nous pouvons dire qu'il existe un mélange de carbonates, bicarbonates, Cela est plus mis en évidence par les autres résultats;

② pour la dureté: en faisant les mesures de cette entité, nous pouvons déterminer l'existence des cations bi ou trivalents ou plus exactement la présence de calcium et de magnésium. Cependant, il existe des normes de classification de l'eau en fonction de la dureté.

Dans le cas présent, nous avons une eau douce - l'eau douce a une dureté inférieure à $60 \text{ mg/l. de } CaCO_3$ - . Les principaux caractères des eaux douces sont définis par leur agressivité et leur corrosion. Pour cette eau qui est douce, elle est probablement agressive vis-à-vis du calcaire (ce qui est démontrée par la mesure de l'agressivité). La mesure ne permet pas de déterminer le type d'ion qui cause cette dureté;

③ pour l'alcalinité: on la mesure par la quantité d'acide qu'il faut ajouter à l'eau pour abaisser son pH à $4,5$. La différence entre l'alcalinité et la dureté, dans ce cas-ci, est égale aux carbonates et bicarbonates alcalins de Na^+ et K^+ . La dureté représente les carbonates et bicarbonates de Ca^{++} et Mg^{++} . En effet, la dureté étant inférieure à l'alcalinité - voir tableau 2.5 -, il n'y a pas de combinaison des ions Ca^{++} et Mg^{++} avec les ions sulfate ou chlorure (dureté permanente);

④ pour l'agressivité: on la mesure par le pH_e , qui est le pH d'équilibre, et qui indique le pH pour une eau saturée en carbonate de calcium en solution. Il sert de repère dans l'état d'agressivité d'une eau.

On a $pH_e > pH$; cette eau est agressive vis-à-vis du calcaire et elle peut permettre la corrosion dans les tuyaux.

Note supplémentaire: Dans les travaux reportés au Rapport IGIP [2], un fait important est mis en évidence : c'est la teneur en sel de fer des eaux du Maestrichien à Thiès. Ces sels ont généralement la propriété de passer de l'état ferreux soluble à l'état ferrique insoluble dans les réseaux de distribution et donne souvent une couleur rougeâtre à l'eau distribuée. Les eaux de Thiès en contiennent des teneurs bien supérieures à la limite recommandée par l'O.M.S qui est $0,3 \text{ mg/l}$ [$1 \text{ à } 2 \text{ mg/l}$ ont été observés à Thiès]. La principale conséquence est un encrassement progressif des tuyaux qui, avec le temps, peuvent arriver à boucher complètement les petits diamètres. Dans nos observations des vieux tuyaux du réseau actuel, nous avons pu constater ce problème.

2.6 Etat du réseau:

Le réseau comprend un ensemble de pièces qui permettent à l'eau d'être acheminée jusqu'aux consommateurs. Le dépôt qui se fait au fur du temps, augmente et aujourd'hui un bon nombre de tuyaux est encrassé - le réseau est en place depuis 1927 - et les vannes ne sont plus fonctionnelles.

2^{ème} PARTIE

FORMULATION ET ETUDE
DE PLUSIEURS SOLUTIONS

CHAPITRE 3: CALCULS DES BESOINS EN EAU

3.1 Introduction:

Pour l'étude d'un projet de distribution d'eau, nous devons évaluer les besoins en eau de la localité. C'est un problème fondamental dans la mesure où, plusieurs facteurs peuvent les influencer: population, activités industrielles, le niveau de vie de la population, les infrastructures,...

La détermination du volume d'eau à distribuer indique une valeur moyenne; elle peut varier suivant l'année, les saisons et même d'une année à l'autre. Cependant, on doit être capable de satisfaire en tout moment, les besoins de la population, des unités industrielles,...

3.2 Estimation des besoins en eau de la population:

3.2.1 Etude de l'occupation future du territoire:

Le domaine industriel de la R.C.F.S à Thiès s'étend sur 138 ha, soit 4,28 % de la superficie de la commune de Thiès en 1980, et est composé de six (6) entités principales. C'est ainsi, nous pouvons distinguer d'Ouest en Est: la gare ferroviaire, les ateliers, la cité Ballabey, la cité Pillot, les usines de traverses et de soudure des rails, et le domaine de la future cité de la Fédération des cheminots.

Or, l'une des vocations actuelles de la société, est de ne plus fournir de l'eau et de l'électricité aux installations extra-ferroviaires. C'est ainsi, depuis le 1^{er} janvier 1983, la cité Pillot est officiellement alimentée en eau par la S.O.N.E.E.S. Il en sera de même pour le futur quartier des cheminots. Ainsi, notre étude portera sur les quatre (4) autres groupes.

3.2.2 La période de design:

La caractéristique principale d'un réseau de distribution est le

coût élevé du remplacement des conduites. C'est ainsi que, l'on considère généralement une période de design de trente (30) années pour ce type de structure.

Nous nous proposons de prendre quarante (40) pour la raison suivante: nous utilisons des tuyaux de chlorure de polyvinyle (P.V.C) qui, s'ils ne sont pas exposés aux rayons ultra-violet du soleil conservent leur rigidité. Il faudrait aussi souligner que les effets corrosifs du sol n'ont pas d'action sur ces tuyaux et les risques d'entartrage sont éliminés, car on ne peut avoir d'incrustation sur la face intérieure, car elle est lisse. La période d'études s'étendra de 1984 à 2024.

3.2.3 Estimation de la population:

Comme nous l'avons souligné précédemment, nous rencontrons deux (2) types de population: les travailleurs au niveau des ateliers et usines; et les habitants de la cité Ballabey.

La R.C.F.S dispose à ce jour deux mille (2000) travailleurs, qui passent en moyenne huit (8) heures par jour dans une des entités qui la composent. Nous pensons que, la modernisation qui se fait aujourd'hui au niveau des entreprises, aura aucun effet sur ce chiffre durant toute la période de design.

La société possède cent soixante six (166) logements, et les a mis à la disposition de ses cadres dont une trentaine d'expatriés, qui ont une famille de cinq (5) personnes en moyenne. Avec la politique de sénégalisation, ces Européens seront remplacés par des autochtones, d'ici une dizaine d'années. Si l'on se base sur les résultats du recensement de 1976 [Annexe 2], nous remarquons qu'un logement est occupé par douze (12) personnes en moyenne. Cependant, le nombre de logements ne peut varier, et nous estimons au maximum, il peut avoir quatorze (14) personnes par logement, car l'on dispose en moyenne de

quatre (4) chambres à coucher. Le nombre d'habitants pour la période de design est: $14 \text{ hab/log} \times 166 \text{ log} = 2324 \text{ habitants}$.

3.2.4 Estimation de la consommation:

Nous allons examiner chaque type de consommation pour pouvoir par la suite faire le dimensionnement des conduites par lesquelles l'eau passera.

A) La consommation résidentielle:

L'eau est amenée à l'intérieur des maisons par des branchements particuliers. La consommation actuelle est estimée à 150 l/hab/j . Cette valeur augmente en fonction du niveau de vie de la population et du développement de la région considérée.

A Thiès, le taux d'accroissement de la consommation est de $4,96\%$ [3].

Nous constatons [Annexe 4] une augmentation annuelle de 4 l/hab/j . Si

l'on applique cet accroissement, la consommation journalière à l'an 2024, d_{2024} sera:

$$d_{2024} = d_{1984} + \Delta d_{1984}^{2024} \quad (3.1)$$

avec Δd_{1984}^{2024} : la variation de la consommation journalière par habitant de 1984 à 2024 en considérant le taux de $4,96\%$ /an.

$$\Delta d_{1984}^{2024} = 2 \text{ l/hab/j/an} \times 40 \text{ ans} = 80 \text{ l/hab/j}$$

$$d_{2024} = 150 \text{ l/hab/j} + 80 \text{ l/hab/j} = 230 \text{ l/hab/j}$$

$$\underline{d_{2024} = 230 \text{ l/hab/j}}$$

Nous ne considérons pas cette valeur pour le design des conduites pour quatre (4) raisons:

- 1) la pose des compteurs d'eau - que nous allons suggérer - permet une réduction d'environ 30% de la consommation [1];
- 2) en faisant payer la quantité d'eau consommée - même à un prix forfaitaire - cela aura un effet psychologique sur la population, qui penserait faire plus d'économie;

3) le niveau de vie à Ballabey est supérieur à celui de Thiès, et elle dispose en plus des installations individuelles, ce qui permet d'avoir une consommation plus grande que la moyenne, qui est 59 l/hab/j . [Annexe 4];

4) le problème de l'eau au Sénégal sera un frein psychologique. En effet, la R.C.F.S puise dans la nappe du Maestrichien qui est surexploitée et alimente les villes de Thiès et Dakar par l'intermédiaire de la SONEES. Si l'on ne trouve pas une solution d'ici quelques années, on pourra lui octroyer un quota.

Pour toutes ces remarques, nous proposons une consommation moyenne

$$d_{2024} = 160 \text{ l/hab/j}$$

B) La consommation industrielle:

Nous ferons la distinction entre l'eau consommée par les travailleurs, et celle utilisée pour la bonne marche de la société.

1) Consommation des travailleurs: Comme énoncé précédemment, on distingue la classe des bureaucrates, et celle des contre-maîtres/ouvriers. Comme nous avons le même accroissement que la consommation résidentielle, et étant donné que la deuxième classe consomme plus d'eau, nous avons une consommation théorique $d_{2024} = 70 \text{ l/trav/j} + 80 \text{ l/trav/j} = 150 \text{ l/trav/j}$.

$$d_{2024} = 150 \text{ l/trav/j}$$

En se basant sur les remarques émises pour la consommation résidentielle, nous nous proposons de prendre:

$$d_{2024} = 80 \text{ l/trav/j}$$

2) Consommation des unités industrielles: En partant des résultats de l'annexe 4, nous pouvons calculer l'augmentation annuelle de la consommation industrielle.

$$d_{2000} = d_{1980} (1 + x\%)^{20} \quad (3.2)$$

avec x : le taux d'accroissement annuel de la consommation.

$$\Rightarrow x\% = \left(\frac{d_{2000}}{d_{1980}} \right)^{1/20} - 1.$$

Sachant que $d_{2000} = 1504 \text{ m}^3/\text{j}$ et $d_{1980} = 520 \text{ m}^3/\text{j}$, on a $x = 5,45\%$.

Connaissant la consommation d_{1984} , nous pouvons déterminer d_{2024} :

$$d_{2024} = d_{1984} \times (1 + x\%)^{40} \quad (3.4)$$

pour $x = 5,45$ $d_{2024} = 8,365 d_{1984}$ (3.5)

Cette équation est valable pour le calcul des débits de consommation industrielle. La valeur de la consommation actuelle sera soit calculée, soit lue au chapitre précédent.

a) L'usine de traverses: elle est mise au service après une période d'abandon, et n'est pas à sa pleine capacité. Cependant, nous disposons des données permettant de calculer la consommation journalière:

$$\text{fabrication des traverses: } 8 \ell / \text{traverse} \times 900 \text{ traverses/j} = 7200 \ell / \text{j}$$

$$\text{arrusage des traverses: } 10.000 \ell / \text{h} \times 10 \text{ h/j} = 10000 \ell / \text{j}$$

$$\text{fabrication des dalles: } 10 \ell / \text{dalle} \times 100 \text{ dalles/j} = 1000 \ell / \text{j}$$

$$18,2 \text{ m}^3 / \text{j} = 18.200 \ell / \text{j}$$

b) La gare ferroviaire: elle est alimentée par la S.N.E.E.S et la R.C.F.S. Nous proposons qu'elle le soit simplement à partir de la deuxième cité, c'est plus économique - voir le paragraphe 5.1 du présent rapport - Capacité est: $20 \times 2 = 40 \text{ m}^3 / \text{j}$

c) Pour les autres unités industrielles, nous utilisons l'équation (3.5). Les autres valeurs de d_{1984} sont lues au chapitre 2.

Tableau 3.1: Estimation des besoins d'eau en l'an 2024 des unités industrielles.

Unités industrielles	d_{1984} (m^3/j)	d_{2024} (m^3/j)
usine de traverses	18,2	153
usine de soudure des rails	0,6	5
gare ferroviaire	40	335
forge	5	42
A.M.M (Diesel)	10	84
ateliers machines roulants (A.M.R)	30	251
station service	7,5	63
autres unités industrielles	15,6	131
		<u>1063</u>

C) La consommation hôtelière et touristique :

Nous parlerons du C.A.T et de l'hotel du Rail. Nous utiliserons l'équation (3.5), car on considère le même taux d'accroissement.

Tableau 3.2 : Estimation des besoins en eau des établissements commerciaux

Etablissements commerciaux	d ₁₉₈₄ (m ³ /j)	d ₂₀₂₄ (m ³ /j)
C.A.T	5	42
Hotel du Rail	4	34
		<u>76</u>

D) La consommation publique.

C'est celle des services publics, et dans les villes, elle est à la charge des municipalités : écoles, jardins publics, terrains de sport, service médical, incendie, ... Pour ce dernier, nous en parlerons au paragraphe 3.3.

Les résultats de l'annexe 4, en relation avec l'équation (3.3) nous permettent de calculer l'accroissement annuel de la consommation, x :

$d_{1980} = 1320 \text{ m}^3/\text{j}$ $d_{2000} = 2016 \text{ m}^3/\text{j}$ $\Rightarrow x = \left(\frac{2016}{1320}\right)^{1/20} - 1 = 2,14\%$.

En partant de l'équation (3.4) pour $x = 2,14\%$ $d_{2024} = 2,33 d_{1984}$ (3.6)

a) Les terrains de sport : seul le terrain de basket-ball dispose d'infrastructures permettant une utilisation de l'eau. Avec la politique d'aménagement des installations publiques, le terrain de football sera alimenté très bientôt. Nous estimons qu'il faudra une consommation de $4 \text{ m}^3/\text{j}$. En utilisant l'équation (3.6), on a :

$d_{2024} = 9,32 \text{ m}^3/\text{j} \approx 10 \text{ m}^3/\text{j}$.

b) Les jardins publics : il s'agit de l'arrosage qui varie suivant la saison, le climat, l'exposition du terrain, ...

Avec la politique d'aménagement, les quatre (4) jardins publics seront entretenus : Square Carde, Jardin Coopératif, Place Filizéau et Place Joffre. Si nous

considérons la valeur moyenne de consommation des jardins publics de Thiès [Annexe 3], nous avons: $d_{1984} = 2,5 \text{ m}^3/\text{j} \times 4 = 10 \text{ m}^3/\text{j}$. Cependant, nous n'avons pas considéré la différence de surface. En appliquant l'équation (3.6) $d_{2024} = 23,32 \text{ m}^3/\text{j} \approx 24 \text{ m}^3/\text{j}$.

c) Le Centre d'Enseignement Professionnel de Thiès: il y existe un internat qui peut accueillir quarante (40) élèves et n'est pas fonctionnel. Nous estimons qu'avec son fonctionnement, cela nécessitera $4 \text{ m}^3/\text{j}$ en supplément aux $6 \text{ m}^3/\text{j}$ définis au chapitre précédent. Cela donne: $d_{1984} = 10 \text{ m}^3/\text{j}$ et $d_{2024} \approx 24 \text{ m}^3/\text{j}$.

d) Les autres entités: ce sont celles dont, nous n'avons pas à calculer le débit actuel.

Tableau 3.3: Calcul de d_{2024} des autres unités publiques

Unités publiques	d_{1984} (m^3/j)	d_{2024} (m^3/j)
Service médical	2	5
école primaire	10	24
école maternelle	2	5
coopérative 2 (Ballabey)	0,5	1,2
		35,2

E) Pertes dans le réseau:

Dans un nouveau réseau, on essaye de ne pas en avoir, mais les fuites finissent toujours par se produire. Cela correspond aux pertes, et il faut ajouter aux valeurs trouvées ci-dessus une marge de sécurité; on l'estime généralement à 30%.

3.2.5 Les besoins totaux:

Ils représentent la quantité d'eau nécessaire pour satisfaire les besoins des hommes et des unités industrielles dans le domaine industriel de la B.C.F.S à Thiès.

Tableau 3.4 : Estimation des besoins en eau à l'an 2024.

Entités	Nombre d'unités	Consommation unitaire (m ³ /unité/j)	Consommation journalière (m ³ /j)
<u>Consommation résidentielle</u>			
Cité Ballabey	2324	0,160	372
<u>Consommation industrielle</u>			
travailleurs de la R.C.F.S	2000	0,080	160
usines et ateliers	1	1063	1063
<u>Consommation hôtelière et touristique</u>			
C.A.T	1	42	42
Hotel du Rail	1	34	34
<u>Consommation publique</u>			
terrains de sport	1	10	10
jardins publics	1	24	24
Centre d'enseignement Professionnel de Thies	1	24	24
Divers	1	35,2	35,2
<u>Consommation moyenne journalière</u>			1764,2
Pertes : 30%			529,3
<u>Production moyenne journalière</u>			2293,5

Les valeurs trouvées ci-dessus, sont celles de l'an 2024; mais elles connaîtront une augmentation au cours des quarante (40) années de design [Annexe 8].

3.3 Les besoins en eau pour l'incendie :

La sécurité en général, est fonction de deux (2) éléments: L'homme

qui a une grande part et le matériel qui doit être disponible au moment opportun. Certes, la sécurité ne peut être acquise entièrement, mais lorsqu'on dispose du matériel sur place, la confiance est plus grande. Très souvent, on considère cette lutte contre l'incendie comme secondaire, car on pense que cela ne peut nous arriver.

Cependant, on peut utiliser l'eau exceptionnellement pour combattre le sinistre, qui peut être de quatre (4) types :

⊕ classe A : feu dit sec, intéresse généralement les matériaux à base de cellulose, tels que bois, papier, tissu, ... L'eau est l'agent d'extinction le plus efficace. Ce type peut se produire dans les bureaux et les maisons ;

⊕ classe B : feux dits gras : hydrocarbures dans la majorité des cas. Pour lutter contre cela, l'eau est pour la plupart des cas inefficace et déconseiller ; cependant, on peut utiliser du sable. On les rencontre surtout aux dépôts d'hydrocarbures ;

⊕ classe C : il est causé par l'électricité ou le gaz ; et on peut utiliser des extincteurs à poudre, à CO₂ et à eau pulvérisée (ce n'est qu'un spécialiste en incendie qui peut le faire) pour l'éteindre ;

⊕ classe D : feu hors classification et qui a des caractères particuliers, et à cause de leur variété n'a pu à ce jour, être réparti en classes bien définies : feux de métaux, plastiques, produits chimiques, ... Dans ce cas, il faut l'intervention des pompiers.

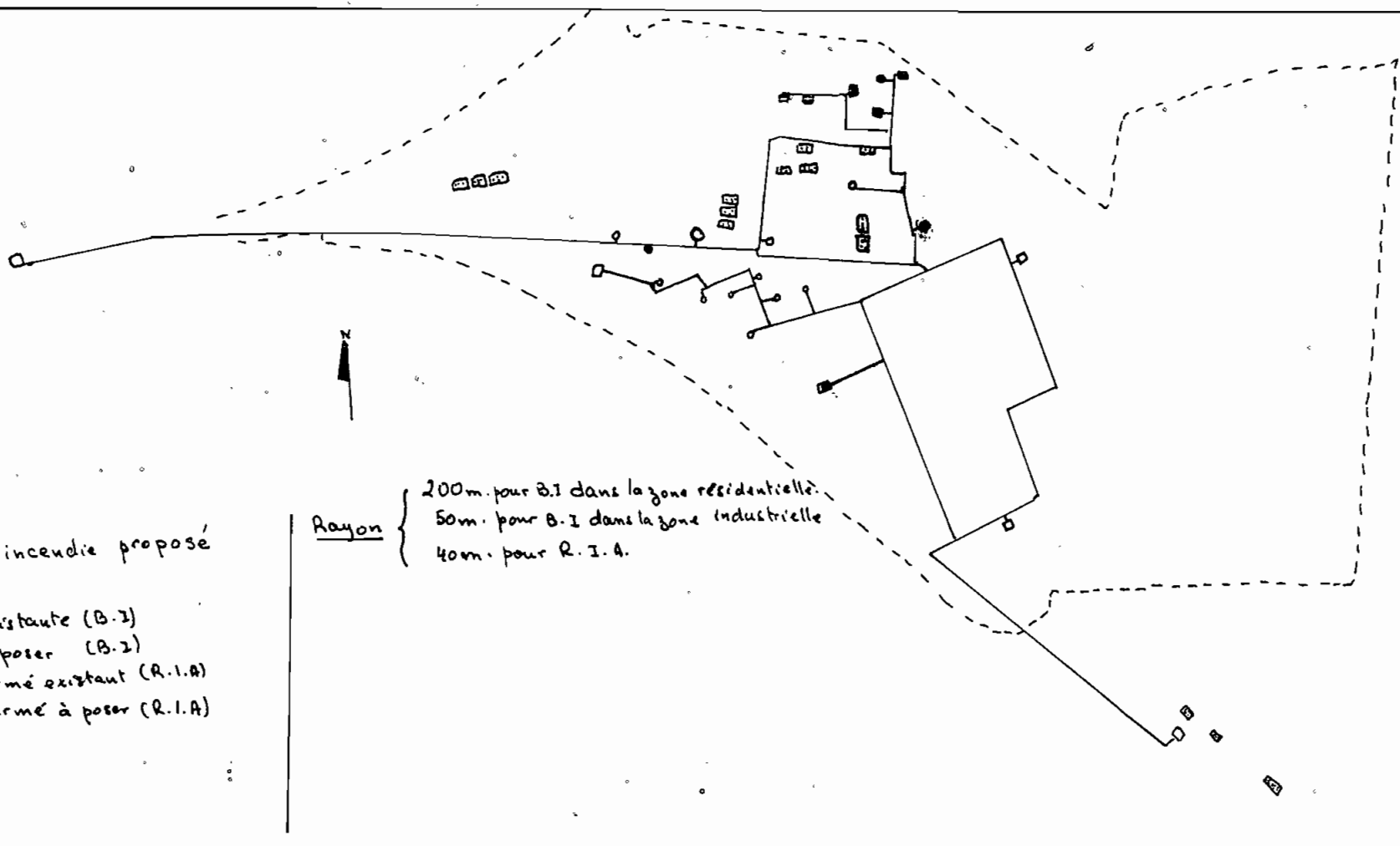
Cette classification est toute théorique. Dans la pratique, ces diverses classes peuvent être réunies au cours d'un incendie ; aussi, en ce qui concerne leur extinction, il est impossible d'indiquer des règles fixes d'autant qu'un certain nombre de facteurs importants (la nature des constructions, les aménagements des locaux, ...) influencent la marche des incendies.

Nous devons respecter les normes d'incendie, et nous citerons quatre (4) articles: [4].

- ⊕ la pression dans les conduites doit être au minimum 1 bar \approx 10 m. d'eau, et les conduites doivent avoir un diamètre minimum de 100 mm;
- ⊕ tous les réseaux de distribution doivent être capables d'alimenter une pompe à incendie refoulant l'eau prélevée à partir d'une conduite publique en lui communiquant la pression minimale de 1 bar. Cependant, une pression moindre pourrait être admise sous réserve de ne jamais descendre en dessous de 0,6 bar ou 6 m. d'eau;
- ⊕ les prises dans les zones résidentielles doivent se trouver en principe à une distance de 400 m. les unes des autres, et est réduite à 100 m. dans les zones d'établissements publics. Le débit souhaité à chaque prise est $30 \text{ m}^3/\text{h} \approx 8,33 \text{ l/s}$;
- ⊕ tous les lieux où il est susceptible de produire un feu d'hydrocarbure ou d'électricité doivent disposer d'extincteurs à poudre, à CO_2 , à mousse ou des bacs de sable.

Pour la lutte contre l'incendie, nous avons essayé d'utiliser au maximum les conduites de distribution et de refoulement. En conséquence, il est prévu:

- 13 poteaux de 100 mm - dont 4 sont fonctionnels - pouvant débiter $30 \text{ m}^3/\text{h}$ sous 6 m. d'eau au minimum; la répartition se fera comme suite:
 - . 3 à la cité Ballabey
 - . 1 à l'usine de traverses des rails
 - . 8 dans les ateliers et la gare.
 - . 1 à la direction générale.
- 10 R.I.A - dont 4 n'ont pas de raccords - avec des tuyaux $\phi 40 \text{ mm}$ qui débitent $15 \text{ m}^3/\text{h}$:
 - . 5 dans la zone des bureaux
 - . 1 au Centre d'Enseignement Professionnel de Thiès
 - . 1 au dispensaire
 - . 3 aux ateliers (magasin général)
- 15 bacs à sable avec deux (2) pelles par bac. Ils seront placés au niveau:



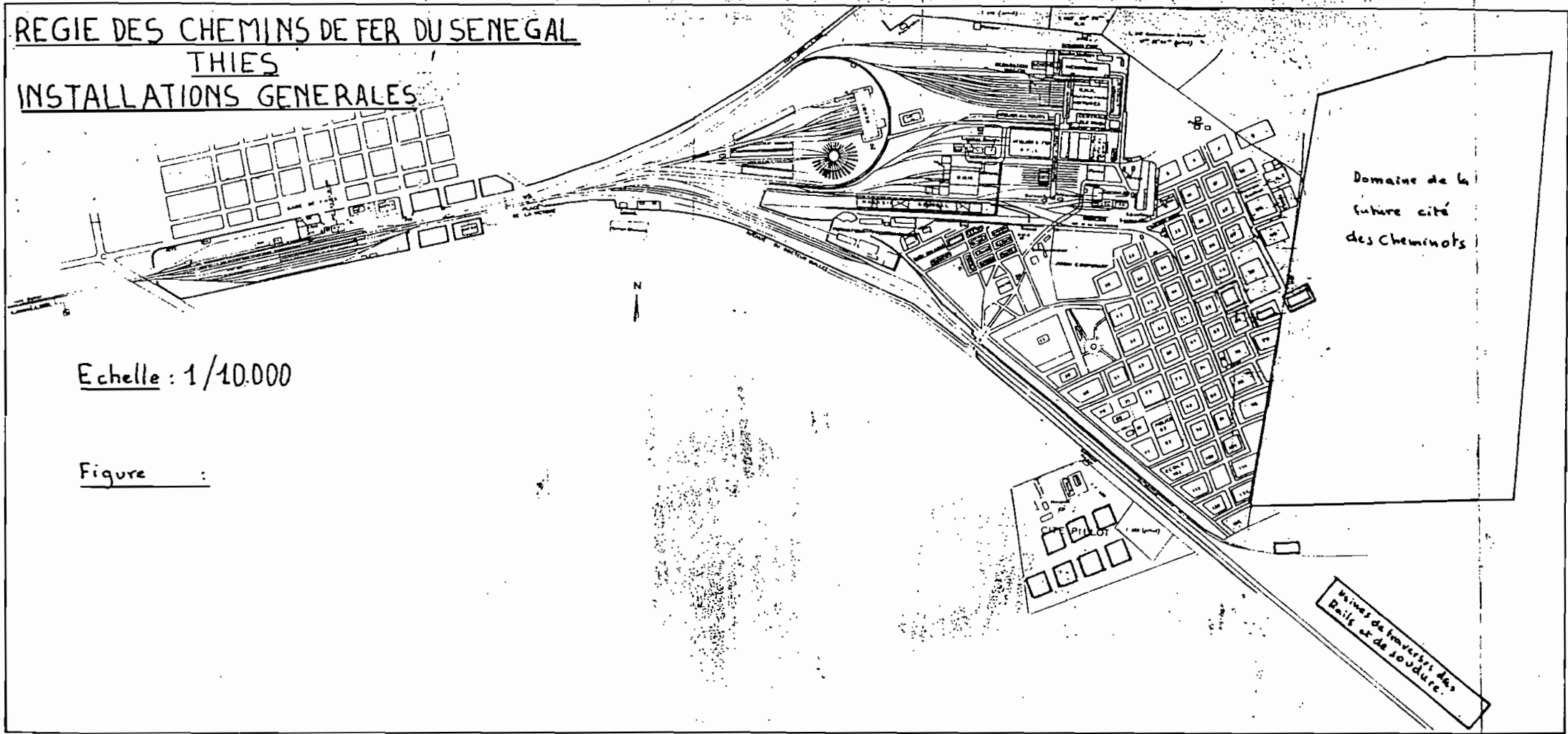
Echelle: 1/10.000

Figure 3-1: Le réseau incendie proposé

- Bouche d'incendie existante (B.1)
- Bouche d'incendie à poser (B.2)
- Robinet d'incendie armé existant (R.1.A)
- Robinet d'incendie armé à poser (R.1.A)
- ▭ bac de sable.

Rayon { 200m. pour B.I dans la zone résidentielle.
 50m. pour B.I dans la zone industrielle
 40m. pour R.1.A.

REGIE DES CHEMINS DE FER DU SENEGAL
THIES
INSTALLATIONS GENERALES



Echelle : 1/10.000

Figure :

- 8 pour les lieux de réserve de carburant
 - 7 dans les ateliers où l'on peut avoir un incendie d'électricité.
- des extincteurs à poudre, à mousse, ...

A l'annexe 10, nous trouvons les schémas des R.I.A et B.I. (voir figure 3.1: le réseau incendie).

3.4 Etablissement des conditions critiques de consommation (C.C.C)

Dans un réseau de distribution, nous calculons le débit journalier moyen, qui est la consommation de vingt-quatre heures. Cependant, les conditions d'écoulement varient continuellement en fonction de la demande instantanée: ce sont les conditions critiques de consommation (C.C.C), et sont aussi les plus défavorables que le réseau rencontrera durant son existence.

C'est ainsi qu'il existe plusieurs groupes de C.C.C, mais nous allons en retenir deux (2):

1) la condition de consommation horaire maximale $Q_{h,max}$: qui est la consommation la plus grande dans une heure de l'année. On a:

$$Q_{h,max} = n \cdot Q_j \text{ moy.}$$

n : coefficient de pointe horaire maximale, qui est fonction du nombre de la population à desservir $n = 250\%$ [1].

le débit journalier moyen $Q_j \text{ moy.} = 2293,5 \text{ m}^3/\text{j} = 26,54 \text{ l/s.}$

$$Q_{h,max} = 66,36 \text{ l/s.}$$

2) la condition de consommation journalière maximale + débit incendie ($Q_{j,max} + Q_{inc}$)

c'est la consommation journalière maximale et en supposant qu'un incendie à lieu simultanément en un point quelconque du réseau. On sait que:

$Q_{j,max} = m \cdot Q_j \text{ moy.}$; m : coefficient de pointe journalière maximale

$$m = 150\% \quad [1].$$

le débit incendie $Q_{inc} = 30 \text{ m}^3/\text{h} = 8,33 \text{ l/s.}$

$$Q_{j,max} + Q_{inc} = 48,15 \text{ l/s.}$$

Nous considérons le cas le plus élevé des C.C.C. Au cas présent, c'est la condition horaire maximale : le débit $Q_{h, \max} = 66,36 \text{ l/s}$.

Il y a une anomalie en ce qui concerne la c.c.c. : en principe la deuxième que l'on a exposé est la plus critique. Cela est dû, à notre égard, au débit d'incendie $30 \text{ m}^3/\text{h} \approx 8,33 \text{ l/s}$, qui est très faible. Nous pensons qu'il serait souhaitable de prendre le débit minimum requis par la norme canadienne, soit 30 l/s et cela en dépit du fait qu'il y a de grandes réserves de carburant au niveau des ateliers. [1].

La c.c.c. aurait un débit $Q = 69,81 \text{ l/s}$.

Par rapport à la première condition, nous aurons une différence, mais elle est moindre que, si l'on applique $Q_{\text{inc}} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$, comme on le fait actuellement au Sénégal.

3.5 Calculs des réserves de stockage:

Un réservoir permet de réaliser une liaison entre la production d'eau qui est constante et la consommation qui est variable. On a ainsi une régulation. Il permet d'emmagasiner l'eau lorsque la production est supérieure à la demande, et il la restitue au cas contraire.

A cause des variations et d'autres cas particuliers - incendie, bris de conduite, ... -, on doit avoir en réserve une certaine quantité d'eau potable. Pour la capacité des réserves de stockage, quatre (4) types de réserve sont à retenir :

⊕ réserve d'équilibre (R_E) : c'est la quantité nécessaire lorsque la demande est supérieure à celle de la journée maximale. On prend :

$$R_E = 0,2 Q_{j, \text{moy}} = 0,2 \times 2293,5 \text{ m}^3 = 458,7 \text{ m}^3;$$

⊕ réserve d'incendie (R_I) : que l'on utilisera en cas de sinistre. Cette quantité doit en tout moment être disponible. Lors d'un incendie, dans 25% des cas, il dure plus de 2 heures [5]. $R_I = 30 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ h} = 60 \text{ m}^3$.

④ réserve d'urgence (R_u): réserve pour un éventuel bris de conduites principales ou de pompe. Elle est égale entre 2 à 14 heures de la consommation journalière moyenne et ce, en fonction de l'importance du réseau. Dans notre cas, nous considérons 2 heures, car la zone à desservir est petite;

⑤ réserve de production (R_p): surtout si l'on a un bris au niveau de l'unité de production. Elle est égale à 4 heures de production.

$$\text{On prend généralement : } R_u + R_p = \frac{1}{3} (R_E + R_I) \quad (3.7)$$

Ces éléments nous permettent de définir trois (3) groupes de réserve.

Tableau 3.5: Valeurs des différents groupes de réserve.

	Réserve maximale	Réserve souhaitable	Réserve minimale
équations	$R_E + R_I + R_u + R_p$	$R_E + R_I + R_u$	$R_E + R_I$
capacité (m ³)	691,6	709,6	518,7

Cependant, nous disposons au km², quatre réservoirs de 620 m³ de capacité - voir paragraphe 2.1.3 -. Cette valeur est supérieure à deux (2) groupes de réserve, mais nous pensons qu'il n'est pas utile de construire d'autres réservoirs, car la considération de 30% de pertes est très grande. Ces réserves pourront satisfaire les besoins.

3.6 Estimation de la production:

L'eau qui sert d'alimentation peut provenir des eaux de surface - captage des eaux pluviales -, ou des eaux souterraines - forages, puits, ... -. Dans le cas présent, elle provient de la dernière catégorie citée, et est pompée. La pompe peut fournir 70 à 95 m³/h avec une hauteur manométrique totale (H.M.T) de 140 à 195 m. Comme on veut pomper toute la journée, on a

étranglé la vanne de sortie pour fournir 48 m³/h. En pompant par période, on a très rapidement le colmatage des crépines.

Cependant, à l'an 2024, il faudrait une production de 2294 m³. Si l'on conserve la même politique de pompage, le forage doit débiter : $\frac{2294 \text{ m}^3}{24 \text{ h}} = 95,58 \approx 96 \text{ m}^3/\text{h}$; ce qui est possible avec la pompe qui est utilisée actuellement. Toutefois, en cas de bris de la pompe, il faudrait la remplacer par une similaire.

Nous avons dressé à l'annexe 8, la liste de la production horaire du forage durant tout le temps de l'étude. Ces valeurs ont été obtenues à partir du tableau d'évolution de la consommation (Annexe 8), en considérant une perte normale de 30%.

3.7 Comparaison entre les besoins et la production :

La seule source d'approvisionnement est le forage. Peut-il satisfaire à la demande?

Pour répondre à cette question, nous devons examiner deux (2) caractéristiques qui sont:

⊕ le débit: en se référant au tableau VIII.2 de l'annexe 8, nous avons le débit de production maximale est : 96 m³/h;

⊕ H.M.T: la pompe est installée actuellement à une profondeur de 138 m., et le château d'eau a une hauteur de 18m. [Annexe 7].

$$H.M.T = 138 + 18 = 156 \text{ m.}$$

En connaissant ces éléments, il faudrait savoir s'il existe des pompes qui puissent remplir ces caractéristiques et si aussi, le forage est capable de fournir ce débit.

Cependant, nous disposons d'une pompe qui peut débiter 70 à 95 m³/h et une H.M.T de 140 à 195 m. Ainsi, on peut toutefois trouver une pompe répondant à ces critères. En ce qui concerne le forage, nous pensons

qu'il peut fournir une telle quantité, car la S.O.N.E.E.S exploite la même nappe dans les environs, avec des débits supérieurs, mais les pompes fonctionnent 20 heures par jour. Si l'on applique un temps égal de pompage, le forage devra fournir au maximum : $\frac{2294 \text{ m}^3}{20 \text{ h}} = 114,7 \approx 115 \text{ m}^3/\text{h}$ (Annexe 3)

Nous pensons qu'il serait pas utile de creuser un forage, car les besoins peuvent être satisfaits.

3.8 La distribution de l'eau à régime permanent:

La consommation journalière que nous avons calculée se répartit d'une manière variable dans le temps. Si, pour la consommation industrielle, elle est concentrée essentiellement en 8 heures, celle résidentielle ou touristique et hôtelière, elle est répartie dans la journée. Il faut noter que la production est constante.

Nous devons connaître cette distribution, pour pouvoir répondre à une des questions de cette étude à savoir la disponibilité de l'eau à longueur de journée. Pour cette raison, nous traçons l'hydrogramme de consommation journalière basée sur les activités de ce domaine que nous avons parcouru.

Tableau 3.6: Répartition de la demande dans le temps.

Périodes	consommation résidentielle	consommation industrielle	consommation hotel et touris.	consommation publique
0 ^h - 7 ^h 30	2,3.q ₁	2,25.q ₂	2,25.q ₃	2,25.q ₄
7 ^h 30 - 12 ^h	7,4.q ₁	9,25.q ₂	6,6.q ₃	9,9.q ₄
12 ^h - 14 ^h 30	3,2.q ₁	2,50.q ₂	4,7.q ₃	2,9.q ₄
14 ^h 30 - 18 ^h	4,5.q ₁	5,70.q ₂	3,85.q ₃	5,95.q ₄
18 ^h - 24 ^h	6,6.q ₁	4,3.q ₂	6,6.q ₃	3.q ₄
Total	24.q ₁	24.q ₂	24.q ₃	24.q ₄

$$\begin{aligned}
 \text{avec : } Q_1 &= 24q_1 = 372 \text{ m}^3 \times 1,3 = 483,6 \text{ m}^3 & \Rightarrow q_1 &= 20,15 \text{ m}^3 \\
 Q_2 &= 24q_2 = 1225 \text{ m}^3 \times 1,3 = 1590 \text{ m}^3 & \Rightarrow q_2 &= 66,25 \text{ m}^3 \\
 Q_3 &= 24q_3 = 76 \text{ m}^3 \times 1,3 = 98,8 \text{ m}^3 & \Rightarrow q_3 &= 4,12 \text{ m}^3 \\
 Q_4 &= 24q_4 = 93,2 \text{ m}^3 \times 1,3 = \frac{121,2 \text{ m}^3}{2293,6 \text{ m}^3} & \Rightarrow q_4 &= 5,05 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Nous avons inclus les pertes (30%) dans le calcul des débits

Ces résultats nous permettent de tracer la courbe cumulative de consommation "Mass diagram" (Graphe 3.1). Nous trouvons qu'il faut une réserve de 650 m^3 . En respectant les équations définies au tableau 3.5, nous obtenons:

$$R_{\max} = 947 \text{ m}^3 \quad ; \quad R_{\text{soub}} = 901 \text{ m}^3 \quad ; \quad R_{\min} = 710 \text{ m}^3.$$

Nous pensons que les réserves de production et d'urgence ne sont pas nécessaires pour les raisons suivantes:

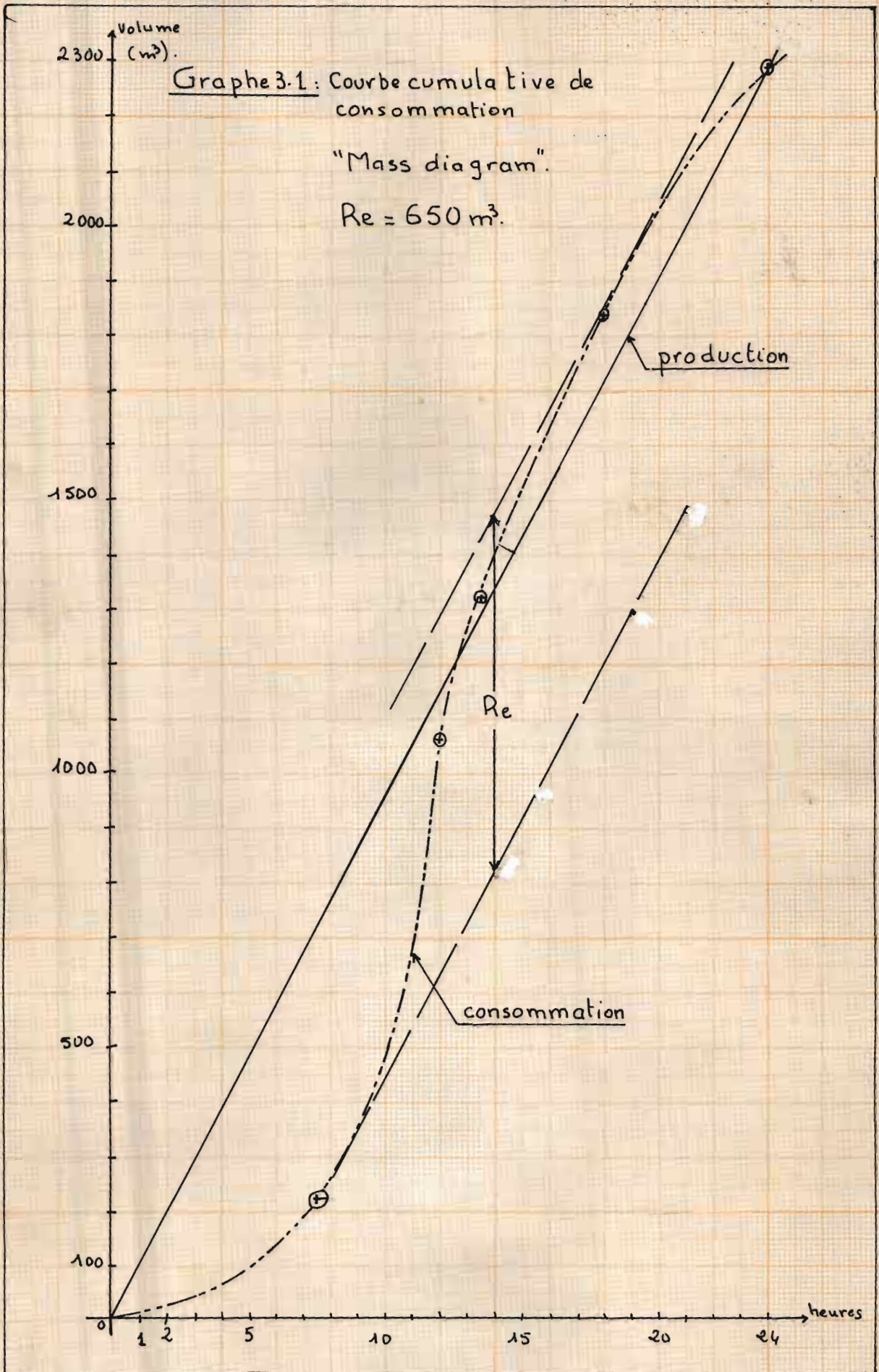
- en cas de bris des conduites principales: les vannes dans le réseau maille nous permettront de l'effacer;
- en cas de pannes de pompes ou de bris au niveau du forage: nous pourrions alimenter l'unité par le branchement de la S.O.N.E.S.S.

Donc, il faudrait seulement la réserve minimale. Mais les quatre (4) réservoirs qui sont au km², n'ont qu'une capacité de 620 m^3 ?

En changeant le réseau, les pertes seront moins de 30%, voir nulles.

En retirant 30% des aux pertes, nous aurons: $R_{\min} = 546 \text{ m}^3$, ce qui est inférieur à la capacité des réservoirs. Mais, on peut avoir des pertes qui peuvent être inférieures ou égales à 13,5%, sans que cela nécessite la construction d'autres réservoirs. $\left[\frac{620}{710/1,3} - 1 = 13,52\% \right]$.

Il est alors possible d'alimenter la R.C.F.S à longueur de journée, sans pour autant construire de nouveaux réservoirs. Ainsi, nous aurons aussi bien des régularités dans le fonctionnement du pompage qu'au niveau des pressions dans le réseau de distribution.



CHAPITRE 4 : DETERMINATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

4.1 Introduction:

Le réseau de distribution comprend l'ensemble des canalisations qui conduisent l'eau des réservoirs d'accumulation en chaque point de la zone à desservir. C'est ainsi que l'on rencontre:

- une (ou des) conduite(s) maîtresse(s);
- des conduites de transit;
- des conduites d'alimentation.

Avec ces éléments, on peut faire quatre (4) types de réseaux: ramifié, maille, étagé et à alimentations distinctes. [6].

4.2 Etudes des variantes:

Nous allons étudier chaque type de réseau qui formera une variante. Pour tous les cas, nous considérons que le réseau alimentera: les usines de traverses et de soudure des rails, la cité Ballabey, les bureaux et les ateliers. Nous suggérons que la gare et la coopérative soient alimentées par la S.O.N.E.E.S.

4.2.1 Le réseau ramifié:

Par définition, il est composé de ramifications successives établies à partir de la (ou des) conduite(s) maîtresse(s) ou principale(s); elle(s) se divise(nt) en conduites secondaires, à leur tour se subdivise en conduites tertiaires. L'eau est acheminée constamment dans le même sens, à partir du réservoir vers les extrémités des conduites.

Ce type est très utilisé surtout par le fait qu'il nécessite peu de longueur de conduites maîtresses. On dispose à Thrés de 46.000 m³ pour alimen-

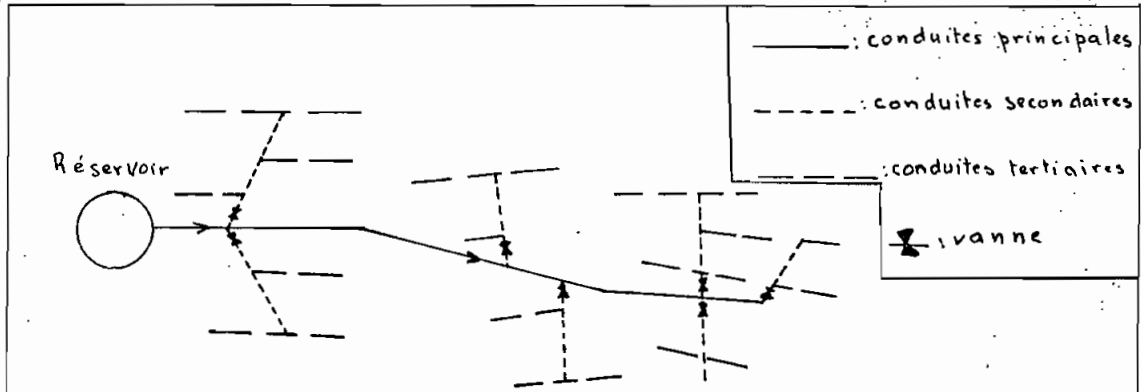


Figure 4.1 : Réseau ramifié.

ter 132.000 âmes [2]. Cependant, si l'on a un bris de conduite, cela implique que les populations situées à l'aval sont privées d'eau : c'est le principal inconvénient.

Si nous considérons ce type de réseau, cela nécessitera, - si l'on conserve l'ancien réseau et que l'on change seulement les conduites - :

- 3000 ml de conduites maîtresses ou principales de ϕ 150 au moins ;
- 4000 ml de conduites secondaires de ϕ 80 mm au maximum ;
- des conduites tertiaires qui forment les branchements individuels.

4.2.2) Le réseau maillé :

Il permet de surmonter l'inconvénient du système précédent, en permettant une alimentation en retour. C'est ainsi en cas d'accident, on isole le tronçon et les abonnés en aval seront alimentés en eau.

Pour ce réseau, on a des conduites principales, des conduites secondaires et des branchements tertiaires.

Cependant, il est très rarement utilisé car il nécessite plus de longueur de conduites maîtresses, donc plus coûteux, c'est un facteur que l'on tient compte surtout en période de crise économique. Mais, il faut dire qu'il est sécuritaire, et on doit pouvoir favoriser son développement. La S.O.N.E.E.S a compris et a pris conscience de cela : au niveau de Thiès, le centre de la ville est alimenté par ce système.

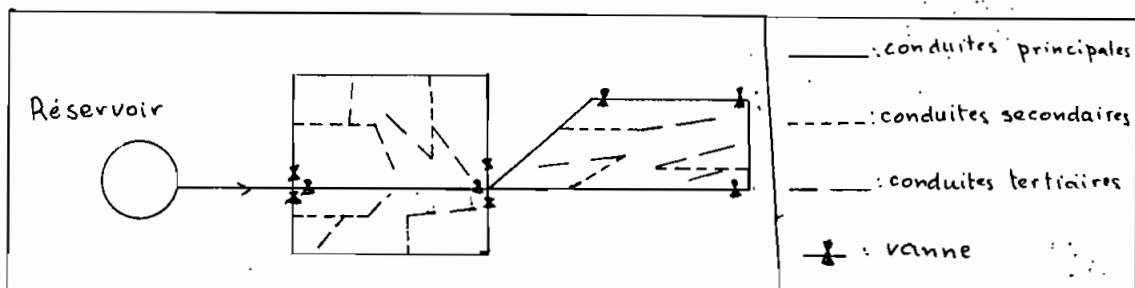


Figure 4.2: Réseau maillé

Si toutefois, nous voulons alimenter ce domaine industriel par un tel réseau, cela nécessitera environ :

- 3500 m³ de conduites principales de $\phi 150$ au moins;
- 4000 m³ de conduites secondaires de $\phi 80$ au minimum;
- des branchements individuels ou tertiaires.

4.2.3) Le réseau étagé :

On l'utilise surtout dans le cas où, l'on a des réseaux indépendants avec une pression limitée aux environs de 40 mètres d'eau. En appliquant ce type, il nous faudrait construire un château d'eau qui aura une hauteur supérieure ou égale à la pression limitée et de renouveler l'ensemble de la tuyauterie.

4.2.4) Le réseau à alimentations distinctes :

On le rencontre surtout lorsque l'on a deux (2) eaux de qualités différentes à fournir : dans le premier réseau, on aura l'eau potable destinée pour les besoins domestiques, et le second sera réservé aux usages industriels - lavage et/ou arrosage des rues et jardins. Un tel système existait dans ce domaine, mais avec les difficultés de trouver de l'eau, on a relié les deux (2) réseaux.

Ce genre de réseau nécessite beaucoup de tuyaux car au niveau des ateliers, il faudrait les deux (2) types de tuyaux. Cependant, nous ne voyons pas son utilité dans la mesure où nous disposons d'une seule source d'eau.

4.3) Le choix de la variante:

Pour comparer les différents types de réseaux, nous pouvons les comparer du point de vue des avantages, des inconvénients et de l'aspect économique.

A priori, nous pouvons exclure les réseaux étagés et à alimentations distinctes, car s'ils ont les mêmes inconvénients que le réseau ramifié, ils sont du point de vue économique plus onéreux. Si, dans l'un en plus de la même longueur de conduites que le réseau ramifié, il faudrait changer le réservoir pour avoir une pression résiduelle de 40 mètres d'eau; dans l'autre, il faudrait deux (2) fois plus de longueur de conduites principales que le réseau ramifié.

Du point de vue économique, le réseau maillé n'est pas choisi, car nous avons 500 ml. de conduites maîtresses de $\phi 160$ au moins, de plus que le réseau ramifié, soit environ: $3047 \text{ F/ml} \times 500 \text{ ml} = 1.523.500 \text{ F}$. Cette somme semble importante, mais si l'on calcule son coût d'amortissement sur la période de design, qui est 40 ans $\left[\frac{1.523.500 \text{ F}}{40 \text{ ans}} = 38087,5 \text{ F/an} \right]$, cela devient négligeable par rapport aux coûts annuels que l'on peut avoir.

Un autre avantage économique du réseau ramifié, est le fait que les diamètres des conduites - en s'éloignant du réservoir - diminuent. Dans notre cas, cela ne s'applique pas car d'une part nous avons le jumelage des deux (2) réseaux - incendie avec un diamètre de 100 mm. au minimum et celui de distribution - et d'autre part les tuyaux ^{sont} en P.V.C - voir tableau 4.1 - et qu'il n'existe pas de diamètres intermédiaires entre le $\phi 110$ et le $\phi 160$.

Tableau 4.1 : Liste des tuyaux en P.V.C et leur correspondant en fonte.

Tuyaux en P.V.C (mm)*	56,6	81	101	149,2	187	233,2
Tuyaux en fonte (mm)	60	80	100	150	200	250

* les valeurs du diamètre intérieur.

Cependant, si l'on se penche sur les deux (2) autres critères à savoir les avantages et les inconvénients de chaque réseau, le réseau maillé est souhaité, car cela permet d'alimenter une conduite quelconque par deux (2) voies différentes. Cela est d'autant plus utile en cas de bris de conduites principales, que l'on rencontre souvent à cause des racines des grands caïcédrats, qui longent les rues de la cité Ballabey.

Nous proposons alors que le réseau soit maillé en tenant compte d'une part de ce que nous avons énoncé; et d'autre part comme le réseau doit servir en même temps pour la protection d'incendie, lors des sinistres, l'apport d'eau se fera d'une façon plus harmonieuse. Cependant, ce réseau doit assurer une alimentation continue.

3^{ème} PARTIE

ETUDES DE LA VARIANTE
CHOISIE

CHAPITRE 5: ETUDES DU RESEAU.

5.1 Description et schéma du réseau.

5.1.1 Introduction.

Le réseau de distribution comprend l'ensemble des canalisations qui conduisent l'eau des châteaux d'eau en chaque point de la zone à desservir.

Nous devons proposer un réseau qui puisse d'une part satisfaire la distribution d'eau et d'autre part la protection incendiaire de la R.C.F.S. Cette eau doit arriver jusqu'aux quatre (4) entités de ce domaine: la gare, les ateliers, la cité Ballabay et les usines de traverses et de soudure des rails (figure 5.3: Le réseau proposé).

Nous aurons donc un jumelage du réseau entre d'une part le réseau incendie - qui doit avoir un diamètre au moins de 100mm -, et d'autre part le réseau de distribution d'eau potable. Nous avons proposé que les tuyaux soient en P.V.C -un matériau qui est bon marché, étant donné qu'on le fabrique dans les usines de la place -. En partant de ces conditions, et en se reportant au tableau 4.1, le diamètre minimum requis est 149,2 mm.

L'alimentation doit se faire de façon continue, et le réseau est maillé. Nous avons trois (3) possibilités à étudier:

• variante A: alimentation de la cité Ballabay, des ateliers et des usines de traverses et de soudure des rails;

• variante B: on a les mêmes points d'alimentation que le premier cas, mais on ajoute la coopérative 1;

• variante C: alimentation des quatre (4) entités qui composent la R.C.F.S

Ces variantes se différencient par le fait qu'il y a en plus un ou deux (2) lieux à alimenter.

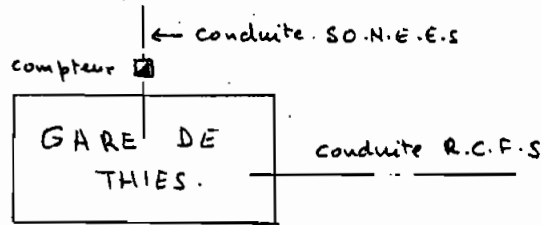
5.1.2. Etudes des variantes.

Il paraît plus convenable à notre égard d'étudier les différences qui existent entre ces possibilités.

5.1.2.1 La gare ferroviaire.

Elle est actuellement alimentée par la R.C.F.S et la S.O.N.E.E.S. ce qui fait qu'elle dispose de l'eau en permanence.

Schéma 5.1 : Les différentes conduites d'alimentation de la gare.



Cependant, un problème apparaît : si l'une des conduites n'approvisionne pas la gare, l'eau de la deuxième, lui est refoulé. Cela devient grave, si c'est la conduite de la S.O.N.E.E.S. qui n'alimente pas cette unité, car l'eau de la Régie est envoyée dans le réseau de la ville, et elle coûte moins cher. [Dans ce cas, le compteur du réseau de la S.O.N.E.E.S. fonctionne en sens inverse.] Lorsque le réseau est rétabli, une partie de l'eau qui était passée, alimente la gare.

La solution consiste donc à supprimer l'une des conduites :

① en supprimant celle de la S.O.N.E.E.S., il faudrait changer la conduite de la Régie, à cause de sa vétusté [Annexe 5], et il faudrait une longueur de 1200 ml. de conduites ϕ 160mm au moins, en partant des ateliers. Cependant, cela permettra d'installer une B.I à la gare, pour renforcer celle qui est à deux cents (200) mètres de là ;

② en supprimant celle de la R.C.F.S : la société payera l'eau plus chère.

L'étude économique peut nous servir de critère de choix. Nous ramenons les coûts sur une base annuelle en C.F.A 1983. Il faut quotidiennement 40 m^3 pour satisfaire les besoins en eau, au niveau de la gare ;

$$\text{volume annuel} = 40 \times 365 = 14600 \text{ m}^3.$$

Tableau 5.1 : Etude économique pour l'alimentation de la gare.

Détail	Alimentation SO.N.E.E.S (F. CFA)	Alimentation R.C.F.S (F. CFA)
coût de l'eau:	3.679.930	1095000
amortissement des installations (#)	-	495955
bouche incendie	-	450852
main d'œuvre (#)	-	600000
entretien (5% coût matériel)	-	254101
		<u>2895308</u>
imprévus (10%)	-	289591
	<u>3679.930</u>	<u>3185500</u>

les prix du cubage sont: pour la SO.N.E.E.S. : 252,05
pour la R.C.F.S. : 74F.

(*) on considère que l'équipe qui se chargera du réseau, se penchera environ 5% de son temps, elle sera composée : 1 technicien (200.000^F/mois) et de 8 ouvriers (100.000^F/mois), soit 1000.000^F/mois $\times 12 \times 5\% = 600.000$.

(**) coût des installations: tuyaux: $2589 \times 1200 = 3106800$
terassement: $1646 \times 1200 = 1975229$
5082029

facteur d'amortissement du capital $f = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$

avec i : l'intérêt du capital N : nombre d'années

pour $i = 9,5\%$ $N = 40$ ans $f = 0,09759$.

Il est plus économique annuellement de conserver l'alimentation par la conduite de la R.C.F.S.

5.1.2.2 La coopérative 1.

Dans cette rubrique, nous classifions la coopérative 1 et deux (2) logements qui sont dans le même lot. Cette unité est alimentée par la R.C.F.S et via l'état des conduites, il faudrait changer les tuyaux pour une

meilleure distribution de l'eau. Cependant, on pourra alimenter la gare et la coopérative par le même réseau.

En faisant un raisonnement économique similaire à la première possibilité, nous avons les résultats au tableau 5.2.

Tableau 5.2: Etude économique pour l'alimentation de la Coopération 1.

Pour le volume d'eau journalier, nous tenons compte seulement des besoins de la coopérative, qui sont de: $6,8 \text{ m}^3/\text{j}$

Detail	Alimentation S.O.N.E.E.S (F.C.S.A)	Alimentation R.C.F.S (F.C.F.A)
coût de l'eau	62 5588	186 150
main d'oeuvre (1%)	-	120.000
entretien (1%)	-	50 820
imprévis (10%)		356 970
		356 97
	625588	392667

Il apparaît plus économique de conserver le réseau actuel et de renouveler les tuyaux d'adduction.

5.1.2.3 Le choix de la variante.

Du point de vue économique, il semble plus rationnel de choisir la variante C: le réseau sera le même qu'actuellement, mais il faudrait renouveler l'ensemble du réseau de distribution.

Le réseau sera ainsi composé:

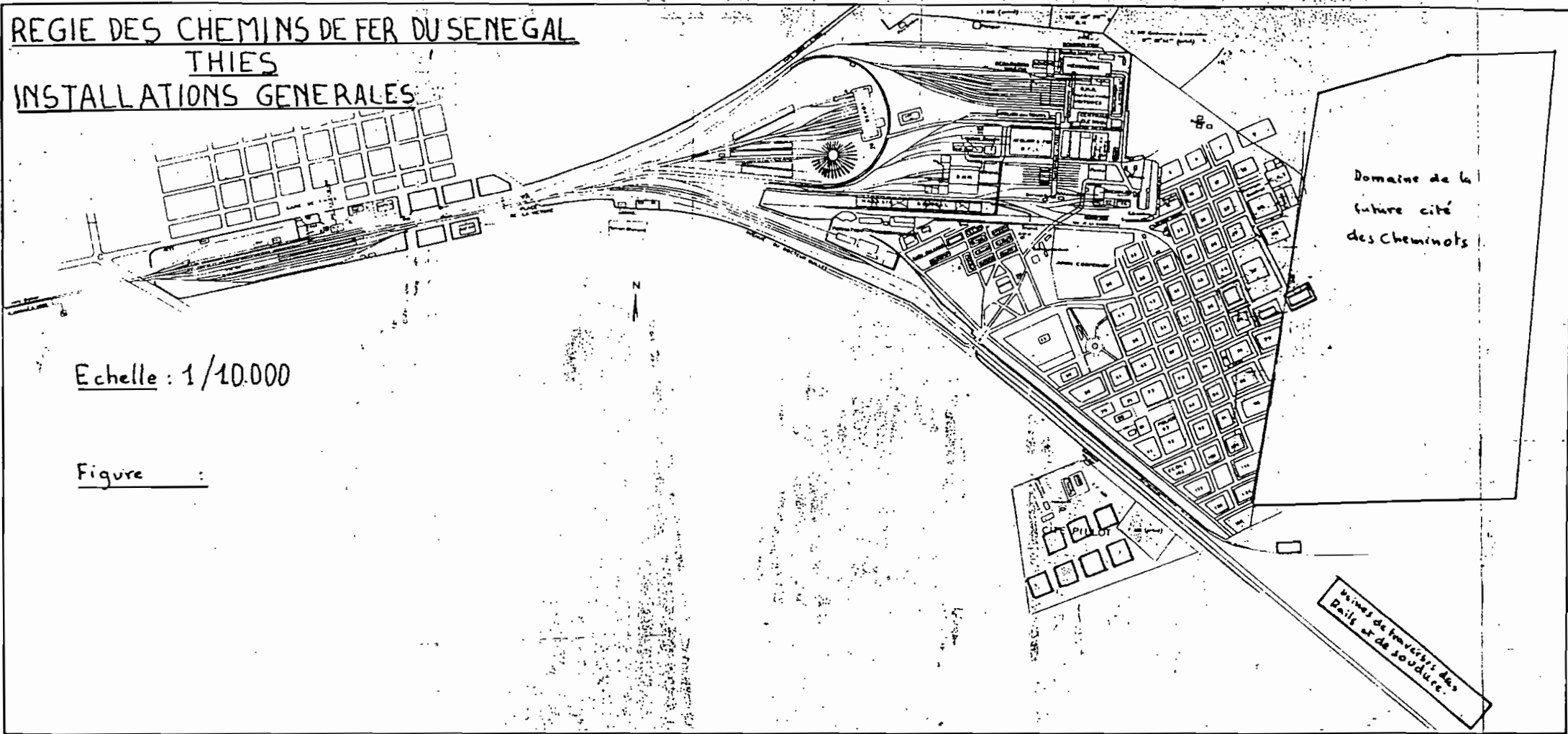
- un (1) réseau maillé pour la cité Ballabay dont une branche alimentera les ateliers et formera un petit réseau maillé;
- une longue conduite qui partira des ateliers pour alimenter la gare et la coopérative 1. (voir plan 5.3: le réseau de distribution).
- un branchement de la S.O.N.E.E.S pour les deux (2) logements sur l'avenue Lat Dior.

Echelle: 1/10.000

Figure 3.3: Le réseau de distribution proposé.



REGIE DES CHEMINS DE FER DU SENEGAL
THIES
INSTALLATIONS GENERALES



Echelle : 1/10.000

Figure :

5.1.3 La pose des compteurs

En application au décret 83/824 du 1^{er} août 1983, conférant à la S.N.E.E.S le monopole de la vente de l'eau au Sénégal, - dans la zone urbaine en particulier -, la Régie ne peut qu'appliquer un taux forfaitaire à ses "abonnés".

Cependant, elle doit payer l'eau - voir paragraphe 2.1.7 - et la somme versée par les consommateurs ne représente qu'une petite partie. Pour compenser ce déficit, elle le prend en charge : retrace à la caisse de l'Etat. Pour éviter cela, nous pensons qu'il est souhaitable de poser des compteurs d'eau, et que les utilisateurs payent selon la quantité consommée, dans la mesure où leur niveau de vie les permet de prendre en charge la facture entière. Cependant, l'étude économique que nous allons mener plus tard, nous permettra de faire un choix adéquat de la pose ou non des compteurs.

Il faut signaler que, les habitants de la cité s'attendent à une actualisation des prix - les prix en vigueur n'ont pas changé depuis 1964 -, et que l'opinion publique de Thiès a déjà envisagé la pose des compteurs.

Contrairement à la cité Pillot, les maisons de Ballabey sont des logements de fonction, et la pose des compteurs est à la charge de la Régie, mais les locataires auront à prendre auprès de la S.N.E.E.S une police d'abonnement.

Les compteurs devront être placés : [Annexe 10]

- ⊗ au niveau des logements : pour permettre la facturation en fonction de la consommation ;
- ⊗ au niveau des ateliers : afin de connaître le volume consommé, et cela permettra de mieux calculer la rentabilité de chaque unité industrielle ;
- ⊗ après les trois (3) vannes principales qui alimentent le domaine étudié, ce qui permettra de déceler les fuites - si l'on obtient une diffé-

rence entre la lecture de ce compteur et la somme des relevés des compteurs de la zone -

Tableau 5.3 : Choix des diamètres des compteurs.

débit de soutirage (m^3/d)	1,80	3,24	6,41	13	40	60	100
calibre du compteur en mm.	15	20	30	40	60	80	100

Le nombre de compteurs nécessaires au dépit des consommations de chaque entité et des valeurs de ce tableau, est :

- 196 compteurs de 15 mm.
- 3 compteurs de 20 mm.
- 3 compteurs de 30 mm.
- 1 compteur de 40 mm.
- 2 compteurs de 60 mm.

5.2 Les caractéristiques du réseau.

5.2.1 Calcul des saignées.

L'eau passe des conduites principales aux conduites secondaires par l'intermédiaire des noeuds. Ils permettent de desservir les logements ou les ateliers qui sont aux alentours.

Par les saignées, nous déterminons la quantité nécessaire pour desservir une zone. Pour leur détermination, on se sert des résultats du chapitre 3.

Exemple de calcul: pour le noeud 1, nous avons :

$$\begin{array}{rcl}
 31 \text{ logements} & : & 31 \times 0,160 \text{ m}^3/\text{hab} \times 14 \text{ hab} = 69,44 \text{ m}^3/\text{j} \\
 1 \text{ terrain de sport} & & = 4 \text{ m}^3/\text{j} \\
 \text{C.A.T} & & = 42 \text{ m}^3/\text{j} \\
 \text{Hotel du Rail} & & = 34 \text{ m}^3/\text{j} \\
 & & \hline
 & & 149,44 \text{ m}^3/\text{j}
 \end{array}$$

Comme nous avons considéré une perte de 30%, on a la saignée au noyau 1:

$$S_1 = \frac{(149,44 \text{ m}^3/\text{j} \times 1,3) \times 1000 \text{ l} \times 1 \text{ j}}{1 \text{ m}^3 \times 86400 \text{ s}} = 2,248 \text{ l/s};$$

c'est la valeur de la consommation moyenne journalière. En suivant le même raisonnement, et en fonction des infrastructures, nous déterminons les autres valeurs des saignées. [Annexe 7].

5.2.2 Le choix des diamètres des conduites.

Dans un réseau, nous rencontrons trois (3) types de conduites ayant des fonctions différentes: d'adduction principale du réseau maillé, principales et secondaires. Pour chaque sorte, nous déterminerons le diamètre maximal en partant des données suivantes:

- la vitesse de design dans les conduites est: 1 m/s;
- nous utilisons l'ébauche VII.1 [Annexe 7], pour le calcul des diamètres;
- la consommation horaire maximale avec le débit $Q = 2,50 \text{ Q moy. journalier}$, étant donné que c'est la c.c.c. la plus élevée - paragraphe 3.4 -.

Tableau 5.4: Valeurs des diamètres des différents types de conduites.

	CONDUITES		
	Prin. d'adduction	Principales	secondaires
débit Q (l/s)	66,36	25,41	7,81
diamètre effectif (mm)	288	180	97
diamètres de la conduite ext/int. (mm)	294/315	187/200	101/110

Les conditions que nous avons considérées pour obtenir les résultats ci-dessus sont sévères, et peuvent être rencontrées 1% des cas, sans toutefois causer des dégâts. Nous proposons que les diamètres soient:

- adduction principale: 187/200
- principales: 149,2/160.
- secondaires: 81/90.

5.2.3 La simulation du réseau.

Plusieurs facteurs influencent l'écoulement des eaux dans les conduites : diamètre, branchements, ...

En disposant de l'eau, nous voudrions savoir comment elle se répartit dans les conduites pour alimenter un point quelconque du réseau. On se sert du balancement hydraulique et plusieurs méthodes nous permettent d'y arriver : la méthode du cercle, la méthode de la théorie linéaire, la méthode de Newton - Raphson, la méthode de Hardy-Cross, ... Cette dernière est la plus ancienne et la plus utilisée. Il s'agit d'une méthode par itérations successives conçue par un calcul à la main si le réseau est petit, comme le cas présent. Ainsi, la méthode requiert des débits de départ qui seront corrigés après chaque itération.

Pour ces débits estimés, nous considérons la condition horaire maximale ; $Q = 2,5 Q_{j. moy} = 2,5 \times 26,54 = 66,36 \text{ l/s}$ - voir paragraphes 3.4.

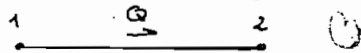
Après le balancement à la main, nous obtenons les résultats qui sont exposés aux pages suivantes.

Pour les autres C.C.C, il faudrait se référer à l'annexe 9.

5.2.4 La détermination de la pression de service.

Après le balancement, le réseau est en équilibre hydraulique, et nous pouvons calculer les pressions en chaque nœud, en se servant de l'équation

de Bernouilli : $P_1 + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = P_2 + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + hf$.



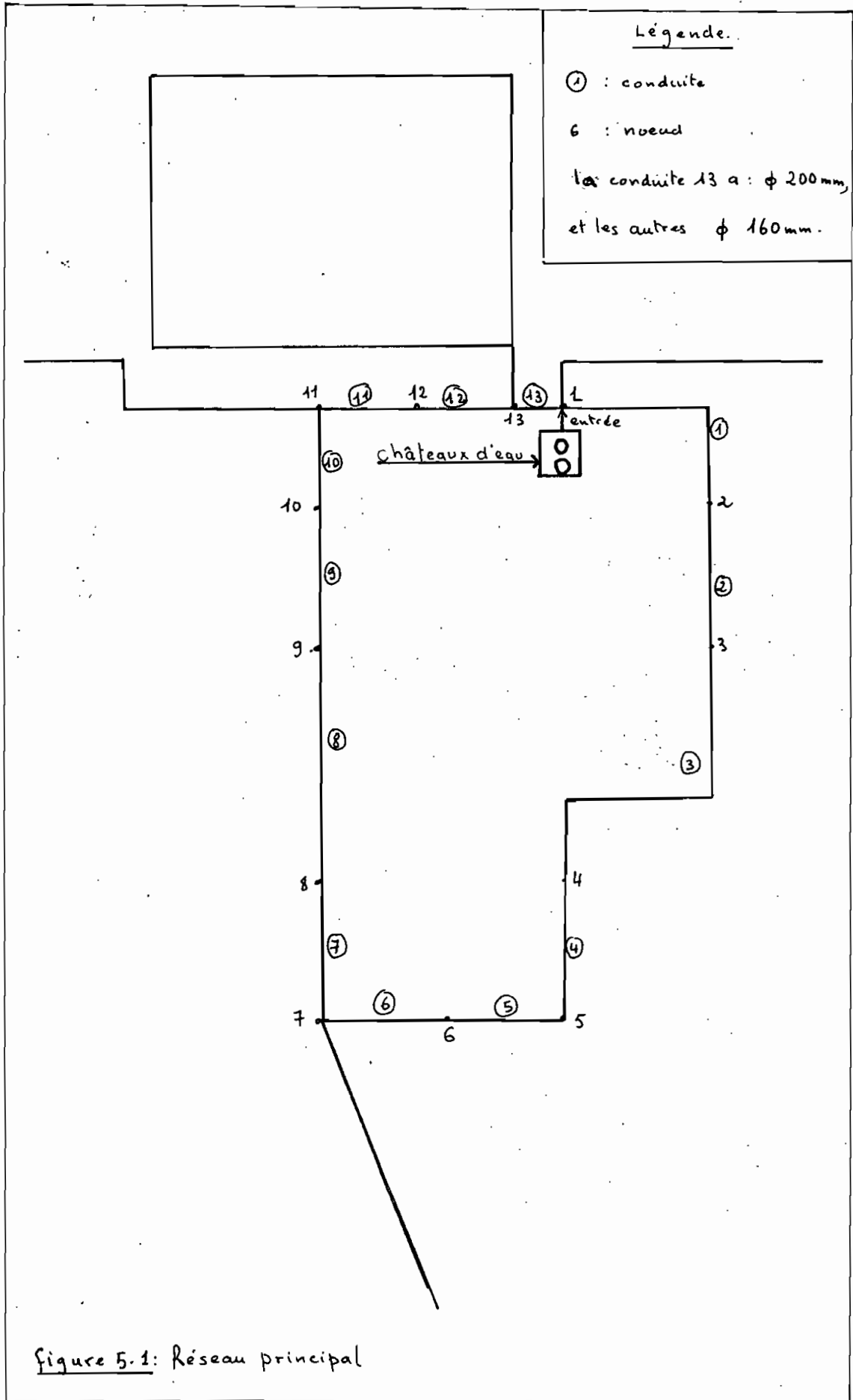
Dans le cas de distribution de l'eau, on néglige les pertes de charges cinétiques $(\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g})$ car elles sont petites par rapport aux autres termes. La pression au point 2 est :

$$P_2 = P_1 + (z_1 - z_2) - hf$$

z_1 et z_2 : niveaux d'élevation aux points 1 et 2, en mètres ;

hf : pertes de charges dans le tronçon 1-2, en mètres.

Les relevés topométriques, nous ont permis de déterminer les



Légende.
 ① : conduite
 6 : noeud
 la conduite 13 a : ϕ 200 mm,
 et les autres ϕ 160 mm.

Figure 5.1: Réseau principal

Tableau 5.5 : Les données caractéristiques du réseau.

Numéro de la conduite	Diamètre extérieur. (mm)	Longueur (m)
1	160	204
2	160	100
3	160	200
4	160	100
5	160	48
6	160	114
7	160	100
8	160	103
9	160	100
10	160	102
11	160	56
12	160	49
13	200	44

Pour les diamètres : on a les valeurs du diamètre nominal :

$$160 \rightarrow 149,2$$

$$200 \rightarrow 187.$$

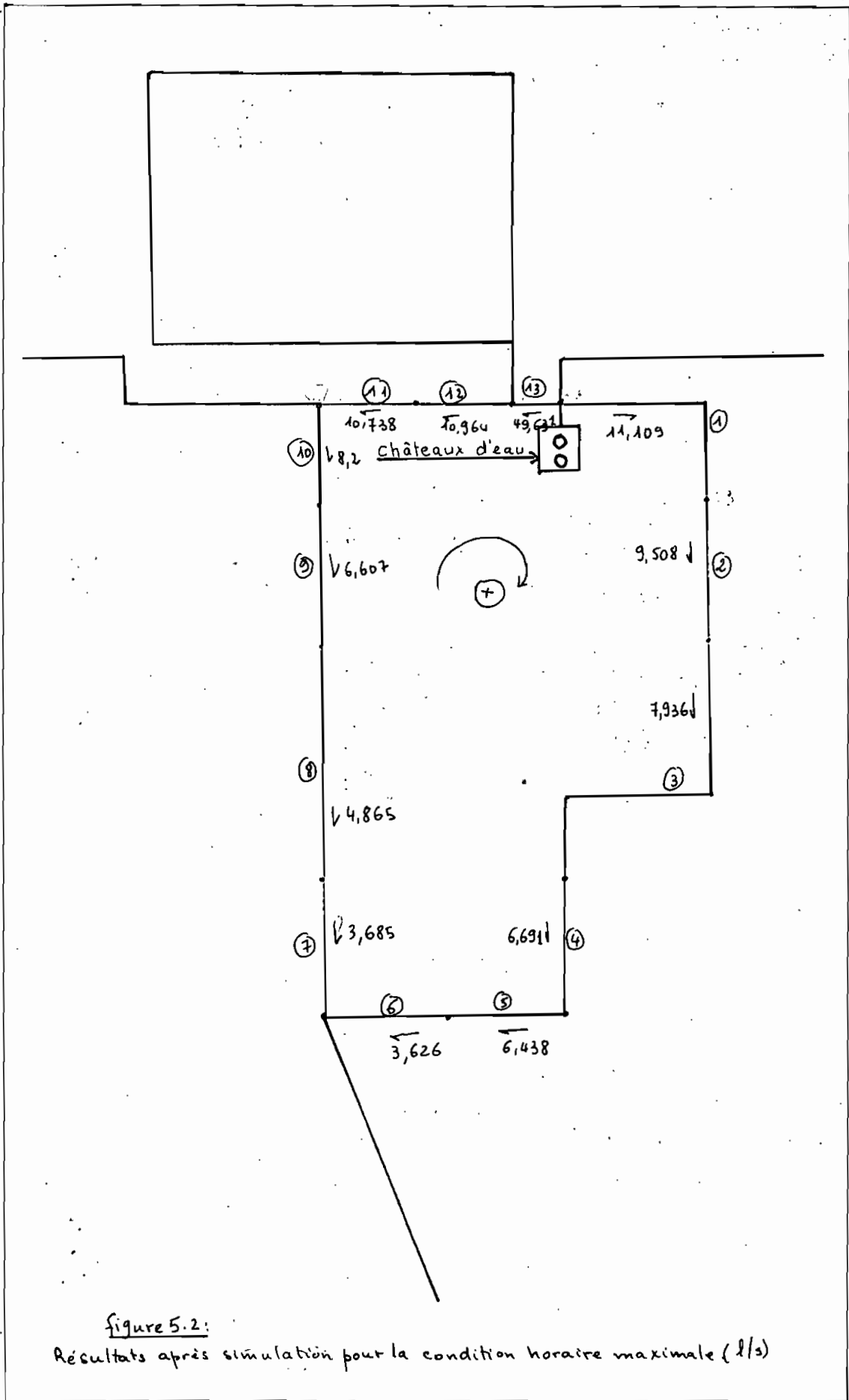


figure 5.2:
Résultats après simulation pour la condition horaire maximale (l/s)

Tableau 5-6 : Résultats de la condition horaire maximale.

Numéro conduite	Débit (l/s)	Gradient m/1000 m	Pertes (m)	vitesse (m/s)	Pressions de service (m)
1	11,109	2,9	0,5916	0,635	15,108
2	9,508	2,3	0,23	0,544	14,073
3	7,936	1,7	0,34	0,454	13,839
4	6,691	1,25	0,125	0,383	13,396
5	6,438	1,2	0,0576	0,368	13,641
6	3,626	0,42	0,0479	0,207	13,694
7	-3,685	-0,35	-0,035	0,210	14,206
8	-4,865	-0,6	-0,0618	0,278	14,922
9	-6,607	-1	-0,1	0,378	15,663
10	-8,200	-1,5	-0,153	0,469	15,166
11	-10,738	-2,8	-0,1568	0,614	14,722
12	-10,964	-2,85	-0,140	0,627	14,632
13	-49,631	-14	-0,616	1,807	14,557

niveaux d'élévation aux nœuds. Pour la hauteur du château d'eau, qui sert de point de repère, il faudra se référer à l'annexe 7.

Nous indiquons à titre d'exemple, comment calculer les pressions de service à chaque nœud : pour la conduite d'adduction principale, nous avons les caractéristiques, suivantes :

débit $Q = 66,36$ l/s diamètre: 187 mm Longueur: 80 m.

hauteurs : $Z_A = 70,121$ m $Z_1 = 69,151$ m. Pression $P_A = 15,978$ m

les pertes de charges $h_f = 2,3 \times 10^{-2} \times 80 = 1,84$ m.

$P_1 = 15,978 + (70,121 - 69,151) - 1,84 = 15,108$ m.

Le tableau 5.6 donne les résultats des pressions de service aux nœuds pour la consommation horaire maximale.

5.3 Calculs des coûts.

L'ensemble des travaux dont le montant s'élève à $140,7 \times 10^6$ FCFA, se répartit comme suit :

$119,2 \times 10^6$ pour le réseau de distribution ;

$6,9 \times 10^6$ pour la protection incendie ;

$14,6 \times 10^6$ branchements particuliers (pose des compteurs).

Pour le détail des coûts, il faudra se référer à l'annexe 6.

5.4 L'exploitation du réseau par la S.O.N.E.E.S.

Nous développerons dans cette rubrique, une éventuelle gestion du réseau par la S.O.N.E.E.S, car ce réseau est aujourd'hui privé.

En incluant la REFS dans sa concession, il faudrait entre ces deux (2) sociétés un accord, qui peut alors se rattacher à diverses formes de gestion, qui sont : [5]

③ la concession: l'exploitant aura en charge non seulement l'exploitation du service d'eau, mais aussi le soin de financer et de réaliser les ouvrages divers

et la distribution. La collectivité lui versera une subvention pour les travaux, et payera une surtaxe pour toute quantité d'eau utilisée ;

④ l'affermage: similaire au précédent, mais laisse à la collectivité l'initiative et le soin de financer et de faire réaliser les travaux. L'amortissement du capital est à la charge de la collectivité, qui paye le cubage à un prix plus élevé, et le produit est versé pour cela ;

⑤ la gérance: l'exploitant aura en charge l'exploitation, l'entretien et le renouvellement des infrastructures. Quand à la collectivité, elle s'occupera de la fixation des prix ou de l'extension du réseau. On peut simplifier le contrat, en laissant au gérant l'ensemble du réseau, et il fixera le prix en fonction des dépenses enregistrées.

Cependant, l'application du décret 83/824 du 1^{er} août 1983, donne à la S.N.E.E.S le monopole de la vente d'eau en zone urbaine, et dans ce cas aucune de ces formes de gestion ne puisse s'appliquer.

Le seul contrat possible est "l'achat" des infrastructures de la Régie par la S.N.E.E.S qui se chargera de l'entretien, du renouvellement, de l'exploitation et de la vente de l'eau.

Pour la vente des infrastructures; la RCF a amorti toutes ses installations [Annexe 5], mais elles ont qu'à même une valeur fiscale. Nous l'estimons à 50×10^6 FCFA, en tenant compte de leur bon état et aussi de leur nombre: 2 châteaux d'eau, 2 réservoirs de surface, le forage, ...

En prenant ce réseau, la S.N.E.E.S aura en charge la rénovation du réseau, et pourra intégrer à celui de la ville dont elle est propriétaire.

5.5 Le choix de la variante.

Si l'aspect économique est mis en évidence à chaque fois que l'on étudie un projet, il ne faudrait pas pour autant négliger les autres critères.

5.5.1 Le critère économique.

Le réseau est privé, et la Régie a jusqu'à présent payé la plus grande partie des dépenses occasionnées par l'alimentation en eau de son domaine.

Nous allons calculer la somme que devra payer la R.C.F.S, en fonction de deux (2) variantes à savoir :

variante 1 : alimentation par la S.O.N.E.E.S

variante 2 : alimentation par la R.C.F.S.

Nos calculs se font sur les bases citées ci-dessous :

- les prix sont en valeur CFA - 1984 ;
- La base de l'étude économique est : un (1) an ;
- la pose des compteurs : nous en tiendrons compte si c'est la S.O.N.E.E.S qui alimente ce domaine - voir paragraphe 5.1.3 - , mais si c'est la Régie qui s'en occupe, il ne sert à rien de les poser, car on aura un prix forfaitaire ;
- le prix forfaitaire : si l'on conserve le principe, qu'il est égal à 50% du prix officiel, on a :

$$\text{consommation mensuelle} = 2,24 \text{ m}^3 / \text{log} / \text{j} \times 30 \text{ j} / \text{mois} = 67,2 \text{ m}^3 / \text{log} / \text{mois}$$

$$\text{prix officiel} = 20 \text{ m}^3 \times 87,34 \text{ F/m}^3 + (67,2 - 20) \text{ m}^3 \times 219,17 \text{ F/m}^3 = 12091 \text{ F/mois}$$

$$\text{prix forfaitaire} = 50\% \times 12091 \text{ F/mois} = 6046 \approx 6000 \text{ F/mois}$$

$$\text{la recette annuelle de l'eau} = 6000 \text{ F} \times 12 \times 166 = 11,952 \times 10^6 \text{ F CFA,}$$

- le prix de l'eau : on a deux (2) sortes de prix :
 - pour le forage : 12 F/m^3 pour la taxe d'exhaure.
 62 F/m^3 pour l'électricité
 - pour la S.O.N.E.E.S : $252,05 \text{ F/m}^3$;

- le volume d'eau : en tenant compte de la pose des compteurs, la Régie payera simplement les consommations industrielles et publiques, car elle est la responsable morale de ces installations :

$$\text{débit} = 160 + 1063 + 93,2 = 1316,2 \text{ m}^3 / \text{j} \text{ (pas de pertes à}$$

considérer : c'est le volume aux compteurs.

si ce n'est pas le cas, elle doit payer toutes les consommations (Annexe 8)
et nous considérons que le forage ne puisse fournir que $48 \text{ m}^3/\text{h} = 1152 \text{ m}^3/\text{j}$

- le facteur d'amortissement: $f = 0,09759$ - voir paragraphe 5.1.2.1-;
- le coût de l'entretien et du matériel: il est égal à 2% du coût du matériel;
- le personnel: il faudrait au moins 1 responsable et 10 employés,
Soit $1,2 \times 10^6 \text{ F/mois}$ de salaire: 1 responsable : $0,2 \times 10^6 \text{ F/mois}$
1 employé : $0,1 \times 10^6 \text{ F/mois}$

Nous étudions les différents cas, en précisant une fois encore que nous prenons une (1) année comme base.

Tableau 5.7: Solde de la première variante.

Alimentation par la S.O.N.E.E.S.	
Détail	Solde (10^6 FCF)
pose des compteurs	14,6
protection incendie	6,9
don des installations: $50 \times 10^6 \times 0,09759$	4,9
achat de l'eau pour les consommations industrielles et publiques: $1316,2 \times 365 \times 252,05$	121,1
	147,5

Tableau 5.8: Solde de la deuxième variante.

Cette étude est plus significative en calculant pour quelques années, la solde que doit payer la R.C.F.S. - voir à la page suivante -.

Nous remarquons qu'économiquement le fait que le domaine de la R.C.F.S. Thiers s'occupe de son alimentation comme elle le fait actuellement est plus avantageux, et cela pour trente (30) ans au moins. Cet about vient du fait du coût élevé de l'eau que distribue la S.O.N.E.E.S. $252,05 \text{ F/m}^3$ contre 74 F/m^3 pour celle de la R.C.F.S.

Tableau 5.8: Solde de la deuxième variante.

Alimentation par la R.C.F.S					
Detail	Solde (10^6 FCFA)				
	1984	1994	2004	2014	2024
Reseau de distribution: $119,2 \times 0,09759$	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
Protection incendie: 6,4	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
Coût de la taxe d'exhaure: $1152 \times 365 \times 12$	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
Coût de l'électricité pour le forage: $1152 \times 365 \times 62$	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1
Coût du surplus d'eau	0	0	11,8	46,6	105,1
Coût annuel de l'entretien et du matériel: $2\% \times 119,2$	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Coût de la main d'œuvre: $1,2 \times 10^6 \times 12$	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4
Depenses	66,5	66,5	78,3	113,1	171,6
Recettes	- 11,9	- 11,9	- 11,9	- 11,9	- 11,9
Solde	54,6	54,6	66,4	101,2	159,7

5.5.2 Autres critères.

Nous parlerons essentiellement de deux (2) faits: la surveillance et l'entretien du réseau.

La Régie se plaint de branchements illicites dans son réseau, en particulier lorsque la conduite est longue. Nous pensons que cela peut être évité si l'on fait une surveillance adéquate. En effet, pour faire un branchement, on est obligé de creuser, et les travaux prennent au moins deux (2) jours. Il faudrait que, tout un chacun en apercevant des travaux qui se font, puisse s'informer et non de traverser ce lieu comme si l'on avait des "oeillers", au particulier si cette besogne se fait en direction de la sortie du domaine de la Régie. Cela peut mieux se faire par une coordination efficace entre les services qui s'occupent de l'eau et la division de la surveillance générale.

En ce qui concerne l'entretien, nous ferons que nous répéter en disant que c'est l'élément moteur de bonne distribution de l'eau. Si le réseau est "moribond", c'est d'une part à cause de l'âge des tuyaux, mais d'une part plus grande due à la négligence portée à l'entretien. Nous citerons le médecin-chef de l'E.P.T, M^r A. DIALLO qui disait au mois de mai 1984; "C'est le mal des Sénégalais: si tout va, on ne s'occupe pas du suivi."

Pour remédier à cela, nous pensons qu'il faudrait une équipe pour l'entretien, qui s'occupe seulement de ce réseau, et non d'autres réseaux, comme nous le remarquons aujourd'hui - paragraphe 2.1.8 -.

Mais l'entretien dépend aussi de la qualité de l'eau: l'eau de la nappe de Thiès est agressive. C'est la raison pour laquelle, les vannes après une certaine période est inutilisable. Pour remédier à cela, il faudrait un traitement à la chaux, pour abaisser le pH (pH d'équilibre), ce qui est onéreux, car il faudrait d'autres installations. Mais l'agressivité de l'eau n'a aucun effet sur la santé de l'individu, ni mais sur le fonctionnement des machines.

5.5.3 Le choix de la variante.

De ces études, nous tirons le fait que la Régie doit s'alimenter en eau, tout en mettant un accent particulier en ce qui concerne l'entretien qu'il ne faut pas négliger et la surveillance du réseau proposé.

Il faut souligner que nous avons fait des études économiques primaires, qui puissent servir de base. Elles seraient plus prononcées, si l'on disposait plus de temps et porteraient sur certains points comme l'entretien.

5.6 Le contrat spécial.

Dans ce volet, nous considérons le fait que la R.C.F.S puisse vendre de l'eau au prix officiel. Nous mettons en cause le décret 85/824 du 1^{er} août 1983 qui donne à la S.O.N.E.E.S, le monopole de la vente de l'eau au prix officiel dans la zone urbaine. Nous pensons, que le décret doit être rectifié pour tenir compte du fait que n'importe quelle entreprise puisse exploiter de l'eau en partant de ses propres ressources, et la vendre. Celui lui permettra de récupérer une partie de l'argent investi. Cependant, il doit être spécifié que cette société pourra agir suivant une zone très limitée. Cette décision pourra être appliquée aussi bien en zone urbaine que rurale.

Etant donné que le forage fournit $1152 \text{ m}^3/\text{j}$ et que les besoins de la Régie pour les ateliers et les entités publiques seront de $1316,2 \text{ m}^3$ journalièrement à l'an 2024, elle pourra payer de l'eau à la S.O.N.E.E.S pour ses besoins. Cependant les consommations résidentielles, de l'hôtel et de C.A.T seront payées par les utilisateurs, au prix officiel en vigueur. Cela permettra à la Régie de ne pas financer les factures d'eau de ces derniers cités.

Si cela est accepté par les Pouvoirs Publics, la solde de la Régie à l'an 2024 sera de $95,2 \times 10^6 \text{ FCFA}$ - voir tableau 5.9-. Nous pensons

que la Régie doit lutter pour l'obtenir, car nous pensons qu'il est inacceptable, vu le revenu annuel par famille, que la différence entre les dépenses et les recettes en matière, soit payée par la R.C.F.S, c'est-à-dire la caisse de l'Etat, qui peut avoir besoin de cette somme pour financer d'autres projets entre autre l'approvisionnement en eau de la zone rurale.

Tableau 5.9: Solde du contract spécial.

Detail	Solde (10 ⁶ FCFA)
Reseau de distribution: $119,2 \times 0,09759$	11,6
Protection incendie: 6,9	6,9
Pose compteurs d'eau: 14,6	14,6
Coût de la taxe d'exhaure: $1152 \times 365 \times 12$	5,1
Coût de l'électricité: $1152 \times 365 \times 62$	26,1
Coût du surplus d'eau: $164,2 \times 365 \times 252,05$	15,1
Coût annuel de l'entretien et du matériel: $2\% \times 119,2$	2,4
Coût de la main d'œuvre: $1,2 \times 12$	14,4
	<u>96,2</u>

5.7 Le plan de développement étalé sur plusieurs années.

Les calculs économiques, nous ont permis de déterminer la structure et les coûts pour le renouvellement du réseau de distribution. Le prix élevé des travaux - $140,2 \times 10^6$ FCFA - nous permet d'affirmer que la R.C.F.S ne peut pas engager une telle somme en un exercice budgétaire. Ainsi, elle pourra étaler cette rénovation sur plusieurs années. Nous proposons qu'elle le fasse en cinq (5) exercices, et le calendrier est établi comme suit :

⊕ exercice 84-85 : nous suggérons deux (2) tranches :

→ renouveler la partie qui comprend l'hôtel du Rail, le C.I.T., et une dizaine de maisons, soit 200 ml de tuyaux. Il faut dire que cette partie a été sujette d'une étude et qu'il y a eu une proposition faite dans ce sens ;
 → installation du matériel d'incendie, avec notamment la pose des B.I., des R.I.A et la réparation des installations qui existent aujourd'hui, et dont on a négligé l'entretien.

④ exercice 85-86 : → pose des conduites qui alimentent la direction générale, les bureaux et le Centre de Formation Professionnelle ;

→ pose d'une partie des conduites dans l'atelier, environ 1100 ml.

④ exercice 86-87 : → fin de la pose des conduites dans les ateliers : 900 ml.

→ pose de la conduite qui alimentera la gare : 1200 ml.

④ exercice 87-88 : → pose d'une partie des conduites de la cité Ballabey : 2000 ml de tuyaux.

④ exercice 88-89 : → pose du reste de conduites à Ballabey : 2000 ml.

Nous avons dressé un planning, cependant il peut avoir d'autres, mais le principal critère est la solde de l'enveloppe financière, que nous avons supposée égale d'une année à l'autre, exceptée l'exercice 84-85, voir plus bas.

Nous pensons que cette procédure par étapes, ne met pas en cause la vie du projet. Il faudrait signaler que l'on a déjà posé environ 700 ml de tuyaux dans la cité Ballabey en trois (3) étapes. Nous avons proposé pour l'exercice 84-85 des travaux qui s'élèveront à un prix bas, car le budget de fonctionnement pour cette période est déjà voté, et vu que la Régie est une entreprise publique (E.P.), on ne pourra pas avoir une enveloppe financière plus grande pour cet exercice.

CHAPITRE 6 : RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION:

Le développement analytique que nous avons développé jusqu'à présent nécessite une réflexion ~~générale~~ qui concerne le renouvellement du réseau de distribution vétuste dont dispose la Régie.

6.1 Les recommandations.

Elles permettront de mieux conserver ce réseau qui est un patrimoine national dans la mesure où, la R.C.F.S est une entreprise publique (E.P). Nous développerons successivement : le réseau d'alimentation, la protection incendiaire, et enfin l'entretien de ces deux (2) réseaux, qui est à notre égard, l'élément important de ce projet, si l'on se réfère au réseau actuel.

6.1.1 Le réseau de distribution.

Suite à nos suppositions de consommation - qui s'avèrent adéquate avec les consommations de la ville de Thiès [Annexe 3] -, il faudrait un volume journalier de $2293,5 \text{ m}^3$ à l'an 2024, date utilisée pour la conception du réseau proposé. Cette consommation est élevée si l'on se réfère à la répartition par entités [Annexe 8], ainsi nous proposons :

→ au niveau de la consommation industrielle : une utilisation plus adéquate de l'eau, par le système de réutilisation de l'eau. il faudrait faire un circuit fermé dans les ateliers gros consommateurs : forges, A.M.P, ... La solution est la construction d'un bassin de décantation : on y envoie l'eau usée, et on pompe après décantation l'eau qui sera réemployée. Le système existe déjà au niveau de l'usine de soudure des rails.

→ au niveau de la consommation résidentielle : nous avons souligné le fait que le niveau de vie élevé de la population favorisait l'augmentation de la consommation en eau. Si en plus, on applique le système prix forfaitaire, cette population consommera d'avantage, ce qui est contraire à nos suppositions,

où nous avons considéré une croissance nulle. Ce système ne saurait être un frein à la consommation, et le seul remède est la facturation au volume utilisé. Nous recommandons à la Régie d'obtenir un amendement spécial auprès des Pouvoirs Publics pour qu'elle puisse stopper d'une part la consommation et que la subvention octroyée indirectement aux habitants cesse, d'autre part. Nous avons développé cette solution au paragraphe 5.6 intitulé "le contrat spécial."

En ce qui concerne la consommation du réseau, nous suggérons qu'il se fasse comme proposé maillé et par tranche. Cette dernière ne met pas en danger la durée de vie du projet.

6.1.2 La protection incendiaire.

On ne doit pas insister davantage sur ce point, et c'est pourtant le manque d'entretien qui est la cause la plus fréquente des défauts de fonctionnement constatés au moment du besoin.

En parlant de la prévention d'incendie, nous pourrions nous référer à deux (2) aspects:

① aspect intérêt matériel: il importe de conserver les biens grâce auxquels chacun produit et vit. La sécurité bien établie et bien exercée, conduit à des économies. Et la prévention convenablement dirigée devient largement rentable;

② aspect d'ordre humain: la prévention incendie bien exercée, est l'un des principaux gages de la continuité de l'entreprise. Les statistiques établies au Sénégal témoignent que 70% des usines sinistrées - même partiellement - cessent définitivement leur activité; on comprend aisément la raison [4].

Sécurité et prévention dans tous les domaines sont des notions qui doivent prévaloir dans l'atelier qu'à partir du moment où, elles sont devenues un état d'esprit quasi-général.

Pour cette raison, en plus des installations que nous avons proposées, nous suggérons :

→ qu'un entraînement soit donné au personnel de la Régie. Cette instruction pourra être simplement donnée à deux (2) niveaux :

- des connaissances plus poussées et un grand entraînement pour les membres des équipes, lesquels peuvent servir de moniteurs pour enseigner les autres ;

- des notions élémentaires, mais suffisantes pour que n'importe quel employé, se trouvant seul et inopinément face à un débit de feu, soit capable, après avoir donné l'alerte et en attendant l'arrivée de secours plus consistants, d'attaquer le feu et, au moins, d'en retarder le développement ;

cependant, cet enseignement peut être théorique, et doit être pratique avec notamment des exercices de manipulation des R. I. A, des bacs de sable et des extincteurs ;

→ que le matériel proposé pour la prévention soit bien entretenu et vérifié périodiquement - au moins deux (2) fois par année - Pour cela deux (2) solutions sont possibles :

- prendre une assurance contre incendie : la société d'assurances se chargera de le faire et suivant la périodicité citée ci-dessus ;

- soit par les pompiers, dans le cadre des visites périodiques au niveau des établissements de la place. C'est d'ailleurs, une chose courante, en particulier depuis le sinistre du centre de groupage de l'ONCAD de Thies. Dans ce cas, il faudrait que la D.I.F (Division des Installations Fixes de la R.C.F.S) fasse un contrôle et un entretien continu de ces installations.

6.1.3 L'entretien.

C'est la clé de voûte de ce nouveau réseau, et doit être continu. C'est

ainsi, nous proposons :

→ la mise sur pied et dans les plus brefs délais d'une équipe d'entretien, qui soit composée de personnes compétentes dans la matière et qu'elle se penche uniquement dans ce réseau. Pour, sa composition, nous avons avancé le chiffre de onze (11), mais le responsable doit être un technicien voire un ingénieur en génie civil ;

→ une amélioration de la qualité de l'eau : en ce qui concerne l'agressivité, c'est l'utilisation de la chaux qui est efficace, mais elle nécessitera des coûts élevés. Nous proposons l'utilisation d'une pompe doseuse de chlore à la sortie des châteaux d'eau, étant donné que l'eau des réservoirs de surface est envoyé aux châteaux ;

→ la pose d'un té avec un bout fermé par une plaque pleine à la place d'un coude, pour permettre une purge adéquate des conduites ;

→ il faudrait un entretien permanent des accessoires en fonte, cela à cause du dépôt calcaire que l'on peut y avoir à cause de leur rugosité. On ne le rencontre pas dans les éléments en matière plastique à cause de leur surface interne très lisse.

Nous reconnaissons qu'il est difficile d'élaborer des recommandations, d'autant plus que nous ne sommes pas en contact avec le milieu spécialisé du domaine de l'eau. Les recommandations qui sont plus d'un profane que d'un spécialiste, donnent une idée très brève des considérations pour la bonne conservation d'un réseau.

.. Si, toutefois la Régie décide de remettre la gérance de son réseau à la S.O.N.E.E.S, elle doit signer un contrat avec celle-ci, en ce qui concerne notamment l'entretien : un canevas doit être tracé pour un respect de cette convention. Cependant, la R.C.F.S devra verser des obligations pour les services rendus.

6.2 Conclusion.

L'alimentation en eau des collectivités doit assurer les besoins aussi bien de la consommation résidentielle que des services publics et des activités différentes d'ordre industriel notamment, où l'eau représente une matière première d'importance primordiale. Cette distribution ne peut se faire que, par un réseau de conduites est bon état, même si les conditions sont différentes selon l'usage auquel l'eau est destinée.

La Régie est consciente des besoins de renouveler les équipements d'approvisionnement en eau, principalement à cause de la vétusté de son réseau. C'est ainsi que l'on a constaté depuis quelques années, un accroissement des interventions nécessaires pour alimenter la population d'une part, et pour répondre aux besoins industriels, en croissance.

La solution préconisée alors, est le changement de toute l'ossature, et cela doit être programmé d'urgence. Les autorités doivent saisir cette occasion pour renouveler les installations de la lutte contre l'incendie. Du point de vue de l'organisation et de l'exploitation, cela doit non seulement être le souci des dirigeants de la société, mais de tout un chacun étant donné qu'aucun être humain ne peut, sur le globe terrestre, vivre sans eau.

Conscients de notre part du problème de l'eau qui existe à la Régie, nous souhaitons que ce projet soit vite réalisé dans les plus brefs délais, et cela sans contraintes économiques notamment.

ANNEXES

<u>Annexe 0</u> : Lettre du ministère de l'hydraulique.	90
<u>Annexe 1</u> : Détermination de la consommation en eau d'un quartier de Jabar.	92
<u>Annexe 2</u> : Résultats du recensement de la cité Ballabey en 1976	94
<u>Annexe 3</u> : Les données techniques reçues de la S.O.N.E.E.S	96
<u>Annexe 4</u> : Evolution de la consommation en eau de la ville de Thiès de 1980 - 2000.	98
<u>Annexe 5</u> : Les valeurs résiduelles des infrastructures d'approvisionnement en eau potable.	100
<u>Annexe 6</u> : Calculs des éléments pour le réseau	101
<u>Annexe 7</u> : Tableaux des données hydrologiques	106
<u>Annexe 8</u> : Evolution de la consommation et de la production d'eau de 1984 à 2024	109
<u>Annexe 9</u> : Résultats de la simulation de la consommation journalière + débit incendie	111
<u>Annexe 10</u> : Dessins pour la conception de base	116
<u>Annexe 11</u> : La consommation horaire	121

ANNE XE O : Lettre du ministère de l'hydraulique.

Nous publions la lettre 065 M.H/D.E.H, qui est à l'origine de cette étude. Elle relate brièvement mais succinctement le but du projet de fin d'études.

MG/SD
RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL
UN PEUPLE - UN BUT - UNE FOI
MINISTÈRE DE L'HYDRAULIQUE
DIRECTION DES ÉTUDES HYDRAULIQUES

N° 00005
M.H/D.E.H.

DAKAR le 18 FEV. 1982 19.....

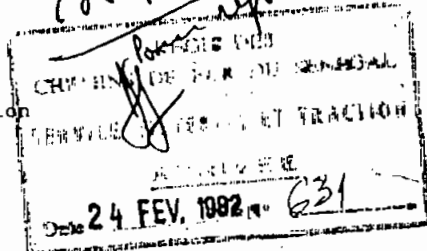
DIRECTION
MATÉRIEL ROULANT

Finir le nécessaire
Le Directeur

A Monsieur le Directeur Général de la
Régie des Chemins de Fer du Sénégal
B.P. 175 - THIES -

REF. / : Lettre n° 81 du 19-1-82

OBJET/ : Votre demande d'autorisation de construction
d'un forage d'exploitation de 150m³/h aux
ateliers de THIES.



Monsieur le Directeur Général,

J'accuse réception de votre lettre en référence qui a retenu toute notre attention.

Après examen du problème par les services techniques de la Direction des Etudes Hydrauliques, il apparaît que l'instruction de votre demande requiert un complément d'information.

Vous n'ignorez pas que, en raison des prélèvements, le niveau de la nappe profonde a subi une baisse importante au cours des 10 dernières années. Cette baisse, normale, doit se poursuivre dans les années à venir mais, pour en contrôler le rythme il convient de limiter les prélèvements au strict nécessaire et de répartir les ouvrages d'exploitation de manière judicieuse.

Or, selon une étude récente réalisée dans le cadre du projet d'amélioration de l'alimentation en eau de la ville de THIES, il semblerait que le réseau de distribution utilisé par la RCS à THIES soit, en raison de sa vétusté, sujet à des pertes très importantes, incompatibles avec une saine gestion du potentiel hydraulique local. (Débit nocturne du réseau, c'est à dire hors de toute activité normalement consommatrice d'eau, estimé à 60m³/h environ).

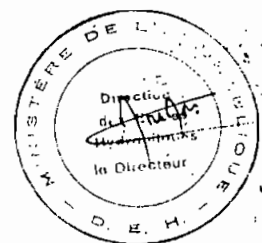
Par ailleurs, la création d'un nouvel ouvrage à proximité des précédents n'est pas forcément en accord avec le plan d'exploitation des ressources à moyen et long terme en cours d'élaboration.

En conséquence, afin d'examiner votre demande dans des conditions garantissant le respect de l'intérêt commun, je vous invite à me faire parvenir les documents suivants :

1°) Description et répartition détaillées des besoins en eau de la cité BALLABEY et des ateliers comprenant notamment : le nombre d'habitants de la cité, le nombre de branchements particuliers, la ventilation des consommations entre les différents ateliers, et à l'intérieur de ceux-ci, le nombre de postes à usage domestique (lavabos, WC, douches, etc) et à usage industriel ainsi que, pour ces derniers, une estimation de la consommation journalière.

2°) Un rapport d'expertise du réseau de distribution, réalisé par la SONEES ou par tout autre organisme agréé. Ce rapport devra mettre en évidence les pertes éventuelles enregistrées dans le réseau, proposer les remèdes à apporter, en chiffres le coût et les conséquences.

Restant à votre disposition pour tout complément d'information qui vous paraîtrait nécessaire, je vous prie de croire, Monsieur le Directeur Général, à l'assurance de ma considération distinguée/.-



REGIE DES CHEMINS DE FER
DU SENEGAL
SERVICE ADMINISTRATIF
ET SOCIAL
Arrivée extérieure
date 20 FEV. 1982. n° 879

ANNEXE 1 : Détermination de la consommation en eau d'un quartier de Dakar.

Notre étude a porté sur le quartier des H.L.M. Allées du Centenaire à Dakar, où le niveau de vie de la population est comparable à celui de la cité Ballabey de Thiès. Nous nous sommes basés sur les relevés des six (6) derniers bimestres. Nous conservons l'anonymat des villas, et donnons les résultats en (tableau); - voir tableau I.1 à la page suivante -.

Conclusion:

Cependant, nous constatons:

- ⊕ la villa où il n'existe pas de jardin, la consommation est moindre;
- ⊕ la consommation est sensiblement stable, mais au 2^e bimestre 1984 - mois de mars et d'avril - nous avons une forte consommation, cela correspondant au temps de chaleur;
- ⊕ la consommation est moindre durant la saison froide: 1^{er} bimestre 84: janvier et février.

Tableau I.1 : Calculs de la moyenne annuelle de la consommation d'eau aux H.L. et Allées du Centenaire à Dakar.

villas	Nombre d'habitants	Consommation moyenne journalière ℓ / hab / j [bimestrielle]						moyenne journalière ℓ / hab / j [annuelle]	Jardin
		5 ^e bim. 83	6 ^e bim. 83	1 ^{er} bim. 84	2 ^e bim. 84	3 ^e bim. 84	4 ^e bim. 84		
a	9	149	163	135	279	171	127	171	oui
b	7	143	166	116	322	191	155	182	oui
c	9	147	145	108	338	125	93	159	oui
d	11	116	150	53	179	111	90	117	oui
e	4	163	239	195	387	207	152	224	oui
f	9	107	86	56	164	66	106	98	non
g	11	104	80	100	222	136	73	119	oui
moyenne bimestrielle		133	146	109	270	144	114		

moyenne annuelle: $152,66 \ell / \text{hab} / \text{j} \approx 150 \ell / \text{hab} / \text{j}$.

ANNEXE 2 : Résultats du recensement de la cité Ballabey en 1976.

Les résultats ci-dessous, ont été obtenus auprès du bureau de la Statistique, au point E à Dakar.

Nombre de personnes par famille	Nombre de familles	Nombre de personnes par famille	Nombre de familles
0	16	13	8
1	6	14	8
2	6	15	4
3	10	16	5
4	8	17	1
5	2	18	3
6	10	19	0
7	11	20	2
8	11	21	1
9	15	22	2
10	9	23	1
11	4	24	3
12	13	38	1

Soit un total de 1405 personnes pour 160 logements recensés.
Cela donne une moyenne de 9 personnes/famille ou logement.

Nous remarquons :

- ⊕ que le recensement n'a pas été fait sérieusement, vu le nombre élevé de maisons sans habitant ;
- ⊕ une partie de la population est composée d'Européens, et où le nombre d'habitants par logement est inférieur ou égal à 5 ;
- ⊕ vu la politique de sénégalisation, entreprise dans les sociétés, et le remplacement par la famille sénégalaise qui est plus grande, nous avons une moyenne de 12 personnes par famille.

Les statistiques nous donnent le résultat suivant: une famille sénégalaise à huit (8) enfants en moyenne.

Cependant, suivant le niveau de vie de cette dernière, elle peut abriter en son sein des parents: neveux, grands-parents, ...

ANNEXE 3 : Les données techniques reçues de la S.O.N.E.E.S.

Les valeurs que nous allons écrire, ont été obtenues auprès du service de la S.O.N.E.E.S.-Thiès. Elles seront utilisées pour l'estimation des consommations publiques, en ce qui concerne le tableau III.1 ; elles nous permettront de calculer la consommation de la R.C.F.S en partant des trois (3) polices d'abonnement auprès de la S.O.N.E.E.S, en ce qui fait trait au tableau III.2, et enfin nous avons les caractéristiques des forages de la même société au niveau de Thiès.

Tableau III.1: Calculs de la consommation moyenne des entités publiques.

Noms	Relevés bimestriels (m ³)						Moyenne journalière (m ³ /jour)
	4 ^e bim 82	5 ^e bim 82	6 ^e bim 82	1 ^{er} bim 83	2 ^e bim 83	3 ^e bim 83	
Ecoles primaires	455	162	479	546	697	744	8,45
Hotel de Thiès	206	315	193	345	242	275	4,32
Club privé	128	127	165	147	115	104	2,15
Ecole maternelle*	136	137	136	137	136	136	2,24
Jardins publics	235	79	146	140	-	-	2,5

* Compteur bloqué : c'est la moyenne des six bimestres précédents.

Tableau III. 2: Relevés des différents compteurs de la R.C.F.S

Noms.	Relevés bimestriels (m ³)							
	1 ^{er} bim. 83	2 ^e bim. 83	3 ^e bim. 83	4 ^e bim. 83	5 ^e bim. 83	6 ^e bim. 83	1 ^{er} bim. 84	2 ^e bim. 84
2 Logements sur l'avenue Lat Dior	25	12	17	15	15	21	12	20
Gare ferroviaire	416	372	619	674	699	1329	1021	-
Compteur Général, km2	47072	10822	37554	35368	32704	69714	88920	35931

Tableau III. 3: Les débits et les hauteurs manométriques des forages de la S.O.N.E.E.S. à Thiès [2]

Forages	F ₁ bis	F ₂	F ₃	F ₅	F ₇	F ₄ bis	F ₉	F ₈	F ₁₀
Débit maximal en 1989 (m ³ /h)	80	89	63	108	130	100	100	100	100
Hauteur manométrique totale (m)	157	139	151	127	160	1425	1265	1558	160

ANNEXE 4 : Evolution de la consommation en eau dans la ville de Thiès
de 1980 à 2000.

Ce tableau est tiré : Etude du plan directeur d'urbanisme -
qui a été publiée par la S.O.N.E.D. Afrique . [3].

Comme l'étude portée sur un quartier de Thiès - zone de la A.C.F.S -
nous avons trouvé juste d'utiliser le même taux d'accroissement que la ville,
en ce qui concerne la consommation en eau.

Evolution de la consommation en eau dans la ville de Thiès de 1980 à 2000

Le taux d'accroissement de la consommation en eau de 1980 à l'an
2000 si le volume de consommation annuelle se maintient sera de 4,96 %.

L'évolution annuelle de la consommation se présente comme suit : tableau V-1

Tableau V.1: Evolution de la consommation dans la ville de Triers de 1980 à 2000

Année	Population	Consommation domestique				Consommation		Consommation totale = vente m3/j	%	Pertes m3/j	Production moyenne m3/j
		Particuliers		Bornes-fontaine		Industrie	Administrat°				
		l/h/j.	m3/j		m3/j	m3/j	m3/j				
1980	132 700	51	6 767,7		1 427	520	1 320	10 034,7	30	3 010,41	13 045,11
1981	136 800	53	7 250,4		1 560	576	1 360	10 746,4	30	3 223,92	13 970,32
1982	141 000	55	7 755		1 730	633	1 400	11 518	30	3 455,4	14 973,4
1983	145 000	57	8 265		1 831	671	1 427	12 194	30	3 658,2	15 852,2
1984	149 900	59	8 844,1		1 846	746	1 480	12 916,1	30	3 874,83	16 790,93
1985	154 600	61	9 430,6		1 947	784	1 507	13 668,6	30	4 100,58	17 769,18
1986	159 400	63	10 042,2		1 970	859	1 560	14 431,2	30	4 329,36	18 760,56
1987	164 300	65	10 679,5		2 035	916	1 600	15 230,5	30	4 569,15	19 799,65
1988	169 100	67	11 329,7		2 103	972	1 640	16 044,7	30	4 813,41	20 858,11
1989	174 700	69	12 054,3		2 148	1 010	1 667	16 879,3	30	5 063,79	21 943,09
1990	180 100	71	12 787,1		2 244	1 085	1 720	17 836,1	30	5 350,83	23 186,93
1991	185 700	73	13 556,1		2 289	1 123	1 747	18 715,1	30	5 614,53	24 329,63
1992	191 400	75	14 355		2 394	1 200	1 800	19 749	30	5 614,53	25 673,7
1993	197 300	77	15 192,1		2 439	1 238	1 827	20 696,1	30	6 208,83	26 904,93
1994	203 500	79	16 076,5		2 484	1 276	1 854	21 690,5	30	6 507,15	28 197,65
1995	209 800	81	16 993,8		2 523	1 314	1 881	22 717,8	30	6 815,34	29 533,14
1996	216 300	83	17 952,9		2 574	1 352	1 908	23 786,9	30	7 136,07	30 922,97
1997	223 000	85	18 955		2 619	1 390	1 935	24 899	30	7 469,7	32 368,7
1998	230 000	87	20 010		2 664	1 423	1 962	26 064	30	7 819,2	33 883,2
2000	244 400	91	22 240,4		2 754	1 504	2 016	28 514,4	30	8 554,32	37 068,72

ANNEXE 5 : Les valeurs résiduelles des infrastructures d'approvisionnement en eau potable.

Ces données ont été tirées du "Listing des infrastructures de la R.C.A.S. - juin 1983" et nous permettent de connaître la valeur aux livres de ces installations, et la date de leur mise en service.

Tableau V.1: Valeurs résiduelles des infrastructures d'approvisionnement en eau - juin 1983.

Date de mise en service	Libellé	Valeur d'origine	Amortissement (ans)	Amortissement annuel	Amortissement cumulé	Valeur nette	Etat
06/1900	Conduites pour la gare	435000	20	21750	435000	0	fonctionnel
06/1925	2 réservoirs	600000	20	300000	600000	0	---
06/1925	forage 1	50.000.000	20	2.500.000	50.000.000	0	abandon
06/1925	forage 2	50.000.000	20	2.500.000	50.000.000	0	fonctionnel
06/1965	Prise d'eau pour la gare.	2.000.000	25	80.000	1.520.000	480.000	---
06/1973	électro pompe horiz.	1000.000	80	12.500	137.500	862.500	---
06/1977	électro pompe immergée	4000.000	80	50.000	300.000	3.700.000	---

ANNEXE 6 : CALCUL DES ELEMENTS POUR LE RESEAU.

VI.1. Tableau des prix de compteurs d'eau.

Ces données ont été obtenues auprès de la S.O.N.E.E.S Thiès, qui a le monopole de la vente de l'eau. Pour chaque pose, on a une longueur de cinq (5) mètres de tube en anjou (voir figure X.2 : Annexe 10).

Calibre (mm)	type de tubes en anjou (mm)	Prix T.T.C (F.CFA)
15	19/25	55530
	25/32	56789
	31/40	75874
20	25/32	57779
	31/40	76772
	39/50	82512
30	31/40	88484
	39/50	95281
40	39/50	95338
60	80/90	110000

VI.2. Tableau des prix des tubes en anjou pour la pose des compteurs.

Comme nous l'avons signalé ci-dessus, nous avons cinq (5) mètres de tube. Pour toute longueur supplémentaire, on a le prix du mètre linéaire :

types de tubes en anjou (mm)	25/32	31/40	39/50
Prix en T.T.C F.CFA /ml.	1895	2125	2380

VI.3. Prix du matériel contre incendie.

Désignation	Prix unitaire TTC (F.C.F.A)
Bouche d'incendie (B.I)	450852
Robinet d'incendie armé (R.I.A)	225000
bac de sable	35000

VI.4. Coût de la protection incendie.

Connaissant le prix de chaque élément, nous pouvons calculer le coût de la prévention des incendies en partant du nombre qui a été suggéré au paragraphe 3.3.

Tableau VI.4. Coût des installations pour la prévention des incendies

Désignation	Quantité	Prix unitaires	Montant
Bouche d'incendie (B.I)	9	450852	4057668
Robinet d'incendie armé (R.I.A)	6	225000	1350000
Raccords pour les R.I.A existants	4	74000	296000
bacs à sable	15	35000	525000
			6228668
		Refection des infrastructures existants (10%)	622867
		Montant total T.T.C (F.C.F.A)	6851535

VI.5. Coût de la pose des compteurs.

Comme nous l'avons signalé au paragraphe 5.1.3, la pose des compteurs est à la charge de la Régie.

Nous estimons pour chaque pose, il faudrait dix (10) mètres

de tubes en anneau, et avons calculé le coût en tenant compte de cette remarque.

Tableau VI.5 : Coût de la pose des compteurs.

Designation	Quantité	Prix unitaires	Montant
Compteur de 15 mm, tube 25/32	196	66264	12 987 744
Compteur de 20 mm, tube 31/40	3	87 397	262 191
Compteur de 30 mm, tube 39/50	3	107 181	321 543
Compteur de 40 mm, tube 39/50	1	107 238	107 238
Compteur de 60 mm, tube 80/90	2	121 900	243 800
			13 922 516
imprévus (5%)			696 126
Montant total TTC (F.CPA)			14 618 642

VI.6 : Coût de réalisation du réseau en P.V.C

Pour les travaux de distribution de l'eau, nous calculons en appliquant les conditions suivantes :

- le terrassement se fait à une profondeur de 1 mètre et suivant les schémas définis à l'annexe 10 ;
- le prix de la main d'œuvre est inclus dans les prix unitaires ;
- les schémas pour le réseau sont à l'annexe 10.

Tableau VI.6 : Coût de réalisation du réseau en PVC

- voir pages suivantes -

Détail	Unités	Quantités	Prix unitaires	Montants Partiels	Montant Total
A) <u>Terrassement</u> - grille en terrain - remblai ordinaire non compacté avec terre provenant des déblais - remblai avec apport de sable de dune - démolition chaussée bitumée - refaçon chaussée bitumée	m ³ m ³ m ³ m ² m ²	6338 3014 1896 7952 7952	1306 585 3254 1000 5025	827428 1763190 6169584 7952000 39958800	64121002
B) <u>Fournitures et pose de tuyaux et pièces accessoires</u> - tuyau PVC Ø200 - tuyau PVC Ø160 - tuyau PVC Ø90 - Té BBTB 150x150 Fonte - plaque pleine DN 100 F - Brides unies DN 150 F - Joints Gibault 160 - RVR DN 150, PN 10 - Brides Major DN 100 modèle pour PVC - Té BB TB 160x90 Fonte - Té BB TB 200x160 Fonte - RVR DN 100 - RVR DN 200	ml ml ml U U U U U U U U U U U	90 4500 4500 25 20 40 40 13 75 32 3 26 3	3047 2589 959 36558 8239 11259 3403 48944 16645 36558 44760 3289128 89707137	274230 11650500 4315500 913950 164780 450360 136120 636272 1248375 1169856 134280 855173 269122	22218518

Detail	Unités	Quantités	Prix unitaires	Montants Partiels	Montant Total
c) <u>Maçonnerie:</u> - regard pour vanne de sectionnement prof: 1,2 m. - massif de butée pour té 150 - massif de butée pour té 200 - butée pour plaque pleine	U U U U	28 57 3 20	79 343 24 478 34 269 12 239	222 1604 1395246 102807 244780	3964437
Total A+B+C impresse et divers (10%) montant H.T TVA (20%) Montant TTC					90.303.957 9030396 99334353 19866870 119201223

ANNEXE 7: TABLEAUX DES DONNEES HYDROLOGIQUES.

Tableau VII.1: Tableau des saignées.

Numero du noeud	Saignées (l/s)
1	2,248
2	0,640
3	0,630
4	0,498
5	0,101
6	1,125
7	2,924
8	0,472
9	0,697
10	0,637
11	1,015
12	0,090
13	15,468
Entrée	26,550

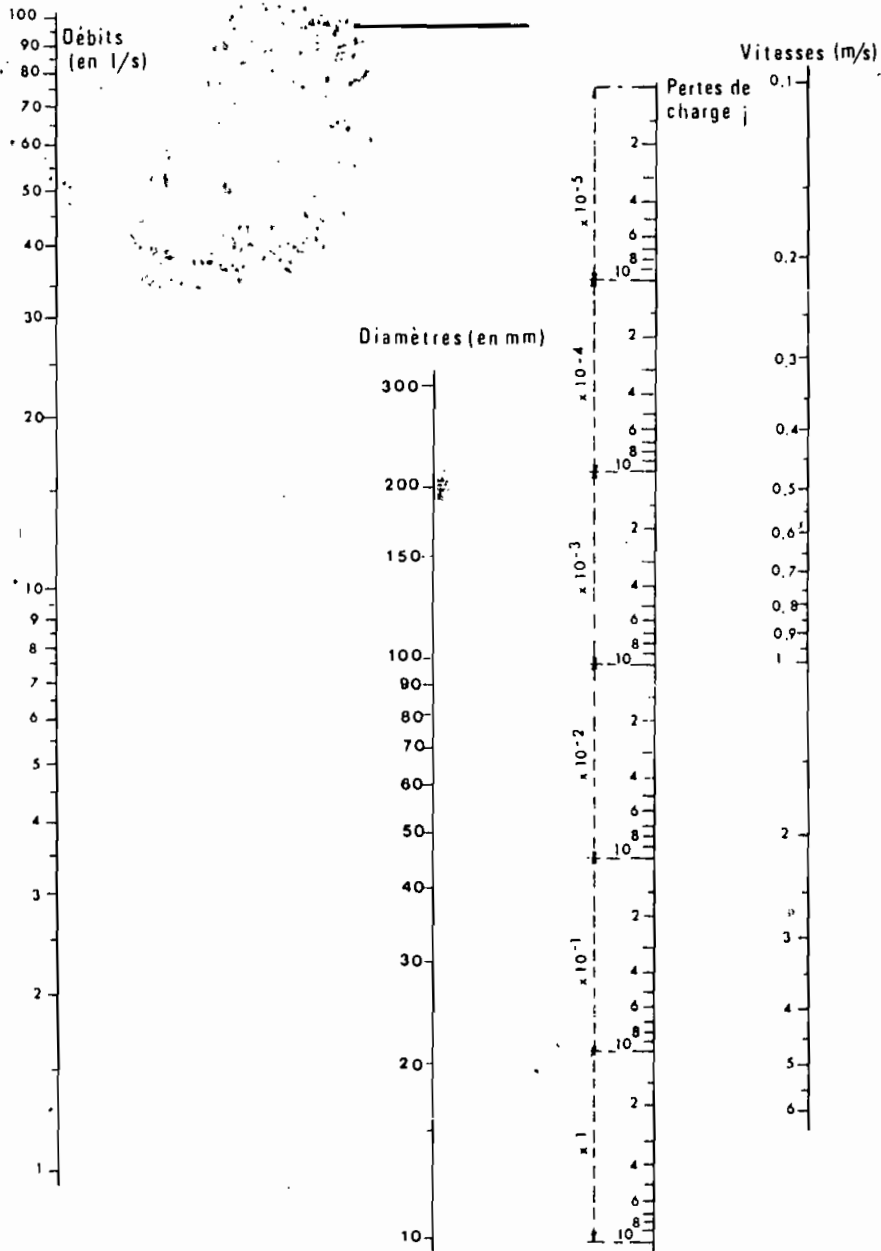
Les valeurs représentent la consommation journalière moyenne - nous y avons inclus les 30% de pertes considérées -.

VII.2: Abaque pour le calcul des tuyaux en matière plastique.

voir la page suivante.

ANNEXE VII ABAQUE

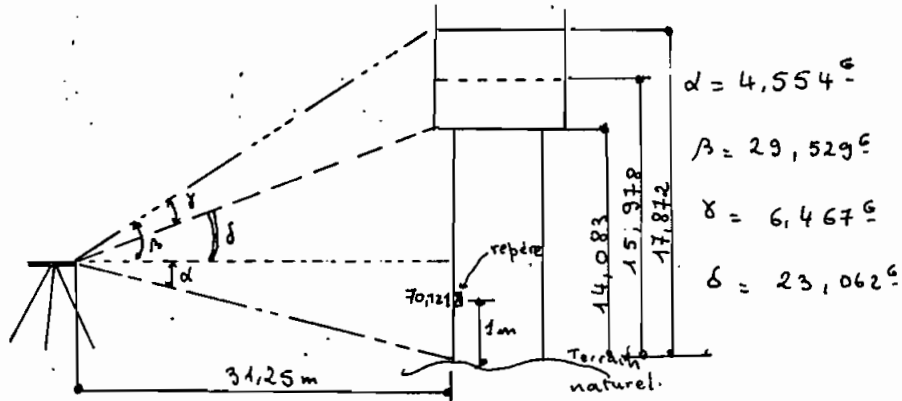
pour le calcul des tuyaux en matière plastique



Abaque VII.1: Abaque pour le calcul des tuyaux en matière plastique.

VII. 3 : Calcul de la hauteur du château d'eau.

Pour ce qui est de la hauteur d'eau, dans les châteaux d'eau, nous avons les résultats suivants:



$$\text{hauteur totale du château d'eau : } H = 31,25 [\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \alpha] = 17,872 \text{ m.}$$

$$\text{hauteur du réservoir : } H_1 = 31,25 [\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \delta] = 3,789 \text{ m.}$$

$$\text{hauteur du radier bas du réservoir : } H_2 = 31,25 [\operatorname{tg} \delta + \operatorname{tg} \alpha] = 14,083 \text{ m.}$$

Nous considérons que l'eau est en général au milieu du réservoir. C'est aussi la moyenne des hauteurs d'eau disponibles. La pression d'eau disponible pour l'alimentation du réseau :

$$P_e = \frac{H + H_2}{2} = \frac{17,872 + 14,083}{2} = 15,978 \text{ m.}$$

ANNEXE 8 : EVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DE LA CONSOMMATION

D'EAU DE 1984 à 2024.

Année	Cons. résidentielle		Cons. industrielle et tertiaire		Cons. publique	Cons. totale	Perte 30%	Production
	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j				
1984	2324	372	160	1269	9	3800	21477	917,67
1986	2324	372	160	1411,13	1012	3915	221687	939,77
1988	2324	372	160	1569,95	11441	4158	222150	964,17
1990	2324	372	160	174,55	12139	4349	228175	991,17
1992	2324	372	160	194,12	13179	4549	235162	1024,01
1994	2324	372	160	215,89	15134	47158	24320	1054,05
1996	2324	372	160	240,09	1707	4976	25168	1090,60
1998	2324	372	160	267,02	1900	5205	26402	1131,08
2000	2324	372	160	296,95	2413	5455	27436	1175,88
2002	2324	372	160	330,25	2351	5695	28281	1225,51
2004	2324	372	160	367,28	2615	5915	29549	1280,47
2006	2324	372	160	408,46	2910	6228	30915	1344,38
2008	2324	372	160	454,26	3217	6513	32513	1408,89
2010	2324	372	160	505,19	36102	6812	34240	1483,73
2012	2324	372	160	561,84	4017	7124	36155	1566,70
2014	2324	372	160	624,83	4458	7450	38277	1658,70
2016	2324	372	160	694,89	4960	7792	40632	1760,72
2018	2324	372	160	772,81	5519	8149	43244	1873,92
2020	2324	372	160	859,46	6140	8522	46442	1999,50
2022	2324	372	160	955,83	68131	8912	49358	2138,84
2024	2324	372	160	1063	76	932	52926	2293,5

Tableau VIII.1. Evolution de la consommation d'eau de 1984 à 2024.

Tableau VIII.2: Evolution de la production du forage.

Nous considérons le fait que toute la consommation doit être produite par le forage, sans faire appel à la conduite de la S.D.N.E.-E.S qui peut servir en cas de besoin.

Année	Production (m ³ /h)
1984	38,24
1986	39,16
1988	40,17
1990	41,30
1992	42,54
1994	43,92
1996	45,44
1998	47,13
2000	49,00
2002	51,06
2004	53,35

Année	Production (m ³ /h)
2006	55,89
2008	58,70
2010	61,82
2012	65,28
2014	69,11
2016	73,36
2018	78,08
2020	83,31
2022	89,12
2024	95,56

ANNEXE 9 : RESULTATS DE LA SIMULATION DE LA CONSOMMATION JOURNALIERE + DEBIT INCENDIE

La condition critique de consommation (C.C.C) la plus grande a été étudiée au chapitre 5. A présent, nous étudions les autres cas, qui sont quatre (4) et dont la différence réside au lieu où l'on assimile la lutte contre un incendie :

- Cas 1 : incendie à l'usine de traverses : figure IX-1
- Cas 2 : incendie à la cité Ballabey : figure IX-2
- Cas 3 : incendie aux ateliers ou à la gare : figure IX-3
- cas 4 : incendie au Centre de formation Professionnelle : figure IX-4

Nous avons utilisé la méthode de Hardy Cross, à la main.

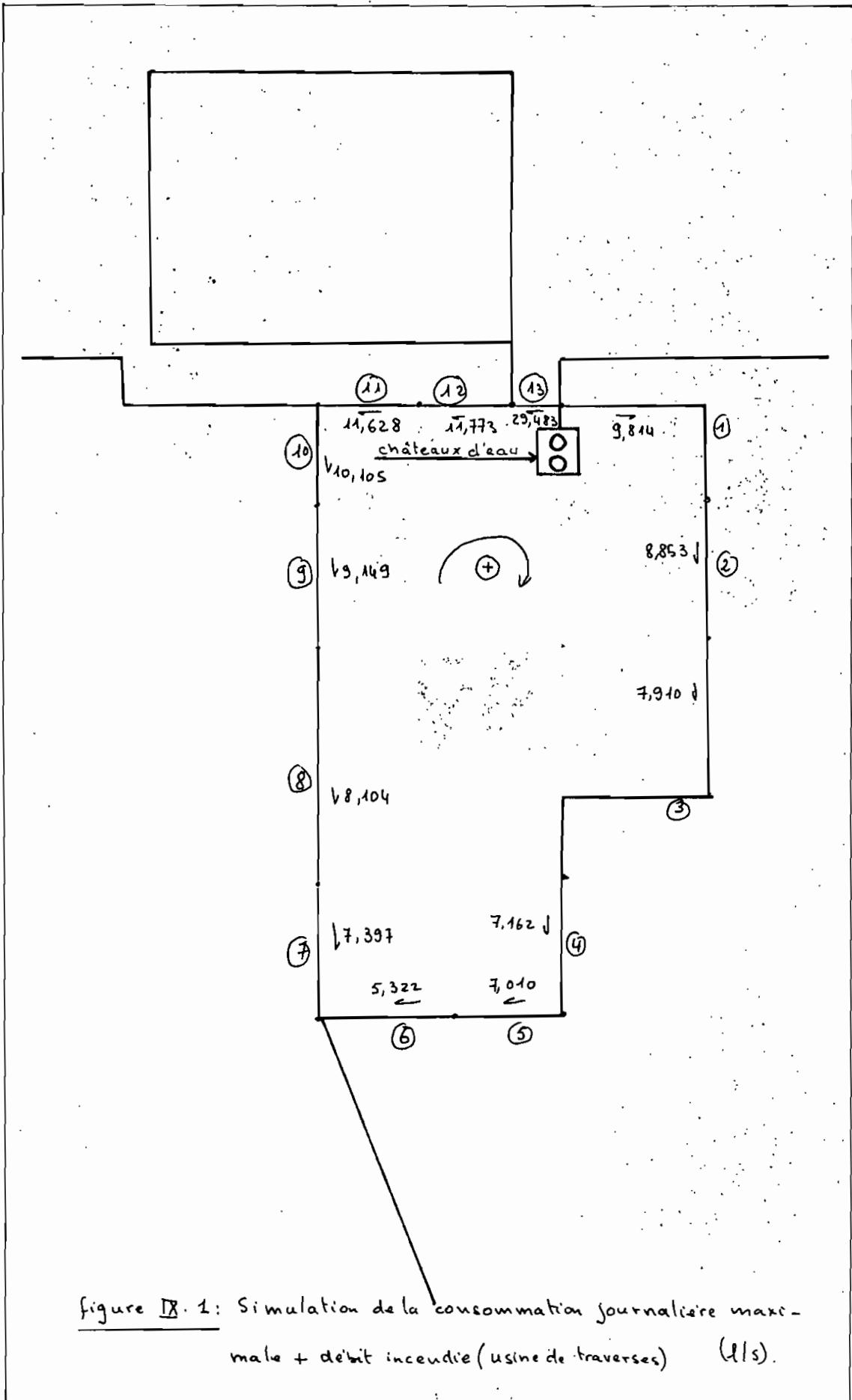


figure IX.1: Simulation de la consommation journalière maximale + débit incendie (usine de traverses) (l/s).

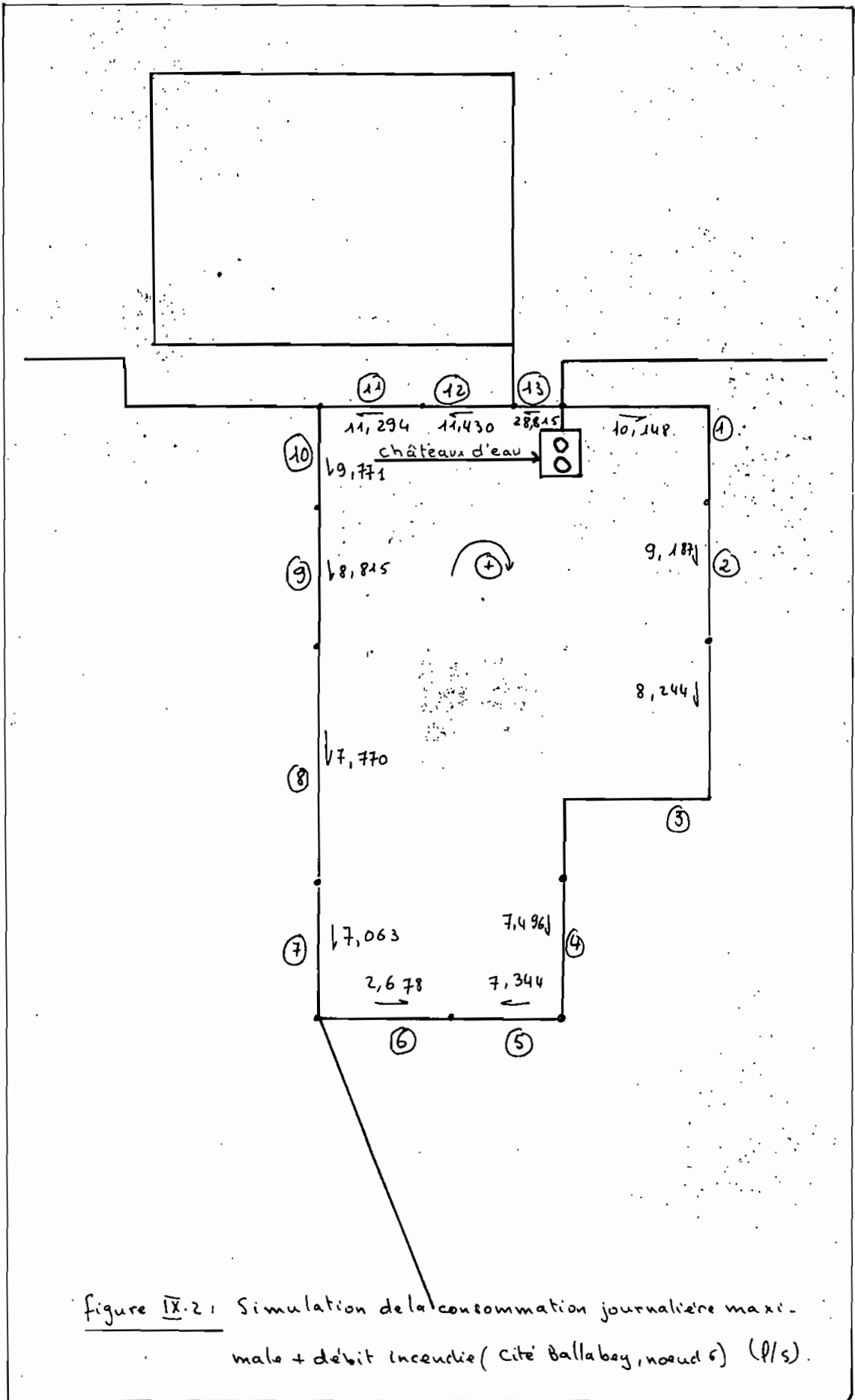


Figure IX.2: Simulation de la consommation journalière maximale + débit incendie (Cité Ballabey, nœud 6) (l/s).

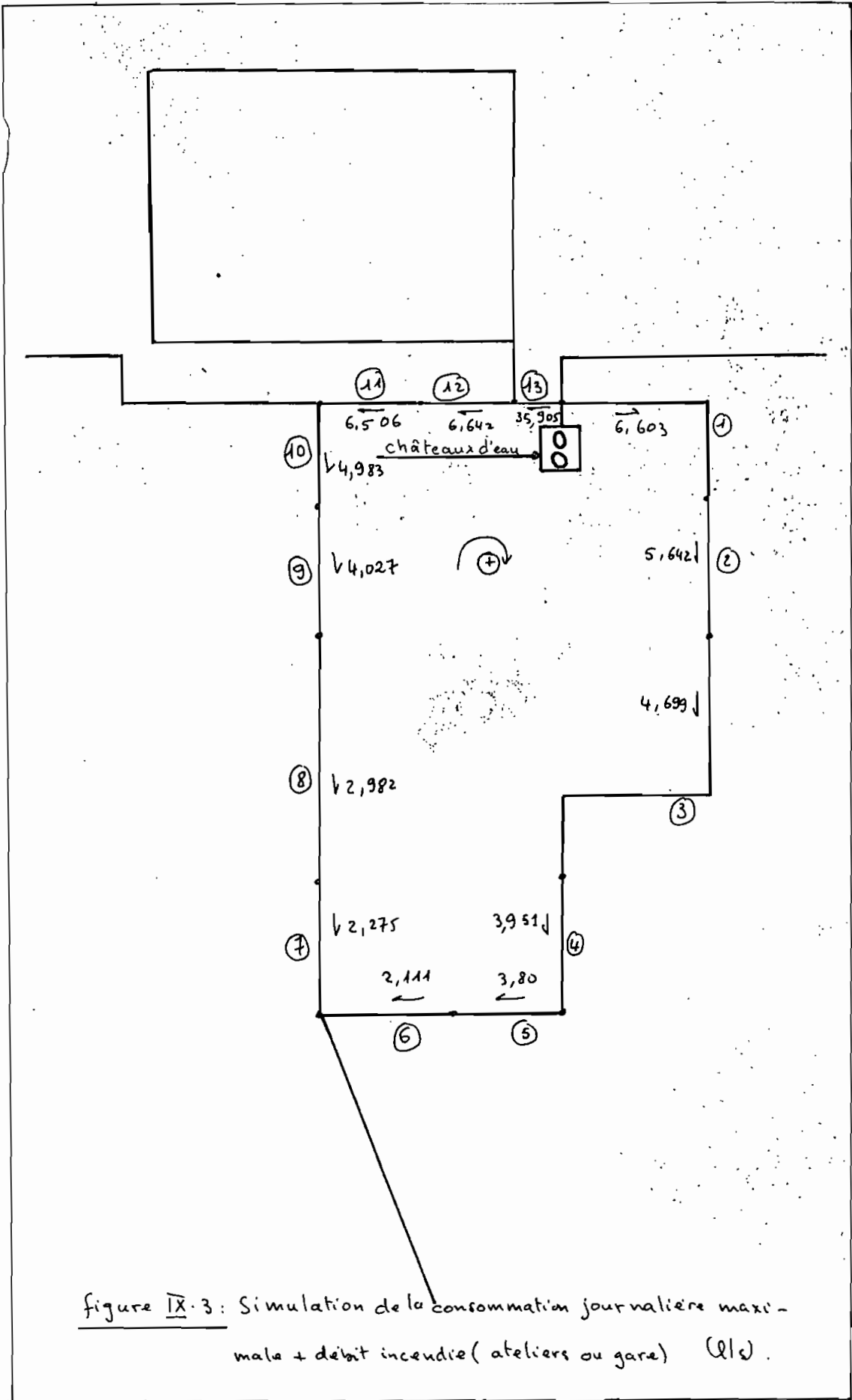


figure IX.3: Simulation de la consommation journalière maximale + débit incendie (ateliers ou gare) (l/s).

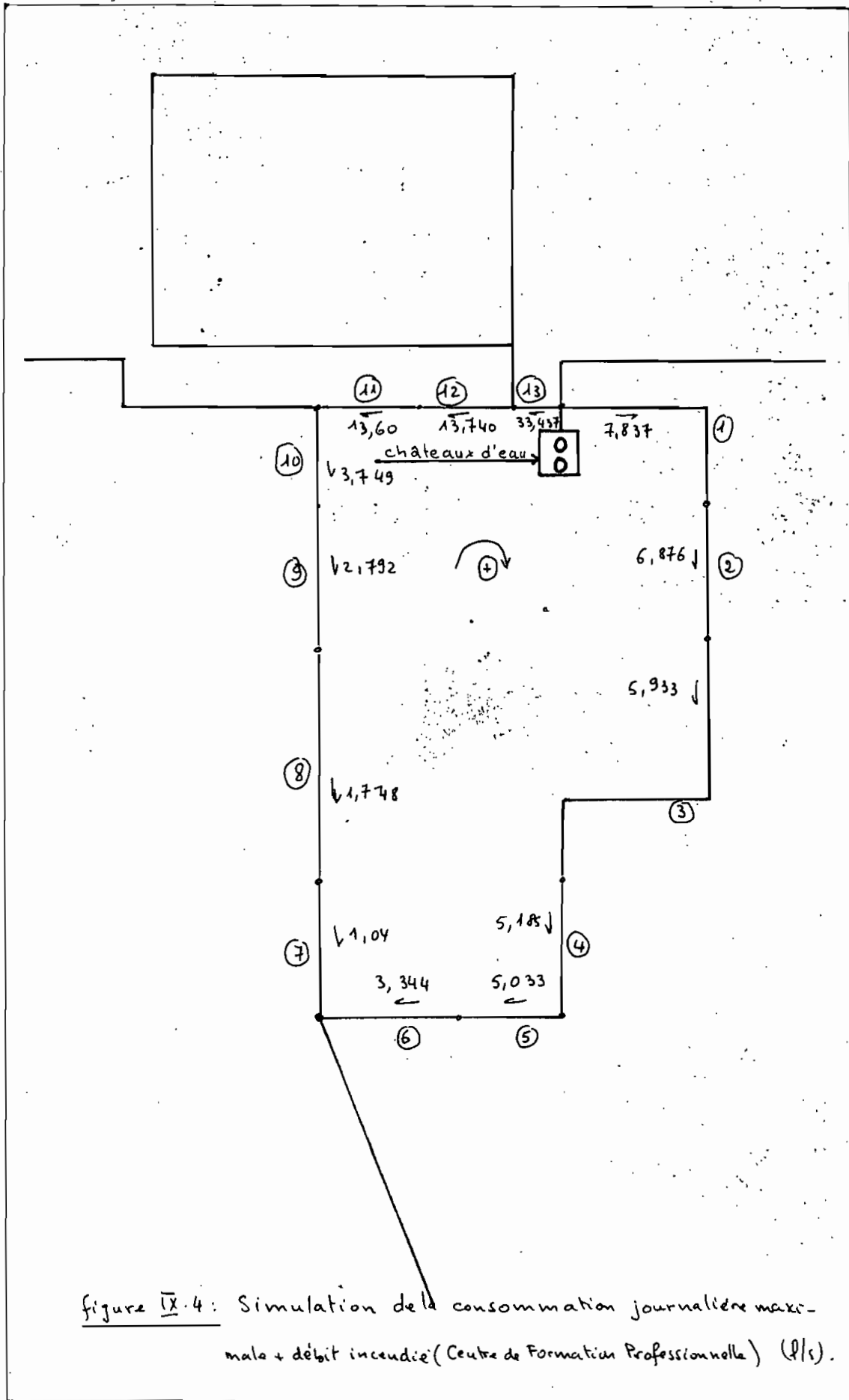


figure IX.4: Simulation de la consommation journalière maximale + débit incendie (Centre de Formation Professionnelle) (l/s).

ANNEXE 10: Dessins pour la conception de base.

Pour une meilleure compréhension, nous avons jugé nécessaire de faire quelques figures ou de coller quelques schémas.

figure X.1: Regard pour vanne de sectionnement.

figure X.2: Schéma d'un branchement type de compteur d'eau.

figure X.3: Installation d'une bouche d'incendie.

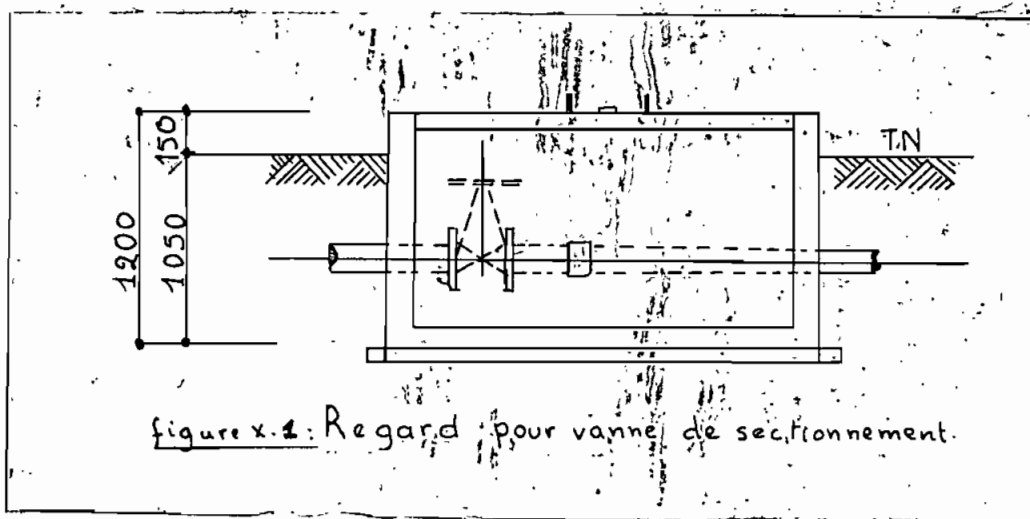
figure X.4: Schéma d'un robinet d'incendie armé.

figure X.5: Tranchée ordinaire.

figure X.6: Tranchée sur la route.

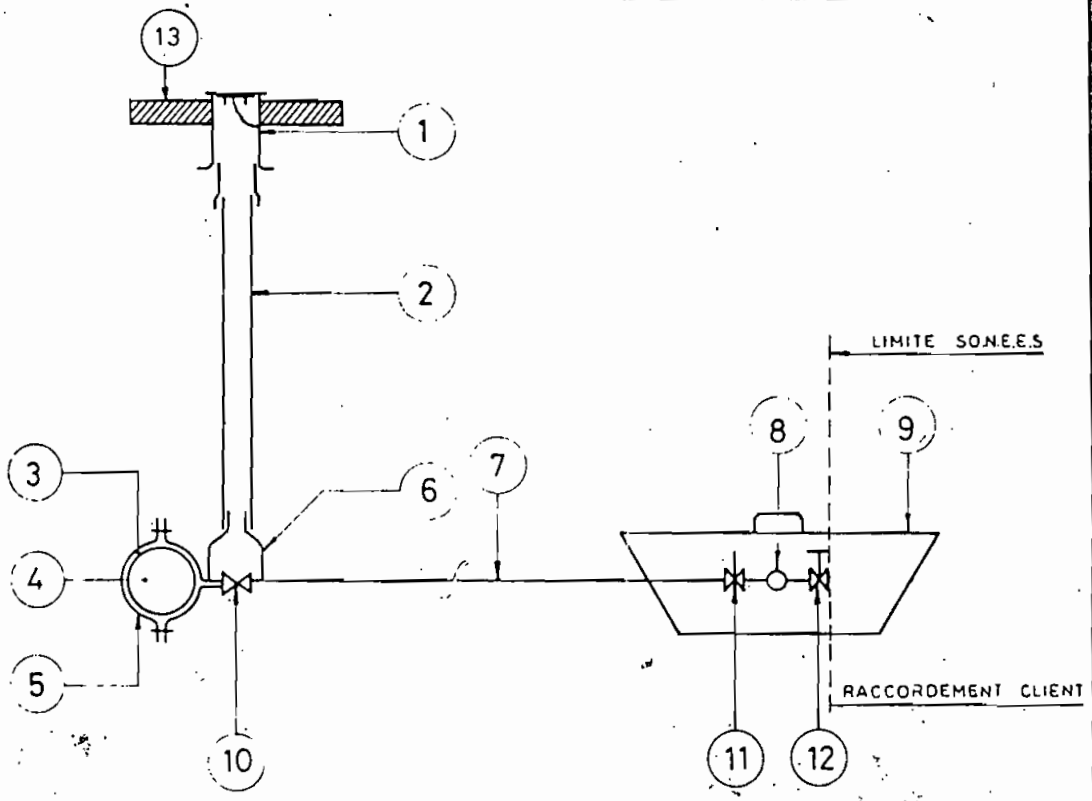
figure X.7: Installation d'un coude

figure X.8: Installation d'un té et d'une vanne.



SCHEMA TYPE

BRANCHEMENT	Ø 19 X 25
COMPTEUR	Ø 15



- | | | | |
|---|---|----|---|
| 1 | BOUCHE A CLE | 10 | ROBINET DE PRISE HUOT Ø 15 |
| 2 | TUBE ALLONGE PVC Ø 90 | 11 | ROBINET HUOT AV. COMPTEUR Ø 15
AVEC DISPOSITIF CACHE ENTREE. |
| 3 | BANDE CAOUTCHOUC | 12 | ROBINET HUOT AP. COMPTEUR
Ø 15 |
| 4 | CONDUITE Ø VARIABLE | 13 | DALLETTE DE 0.50 X 0.50 |
| 5 | COLLIER DE PRISE EN CHARGE PETIT BOSSAGE (PB) | | |
| 6 | CLOCHE | | |
| 7 | TUBE ANJOU Ø 19 X 25 | | |
| 8 | COMPTEUR Ø 15 | | |
| 9 | REGARD AVEC RADIER ET COUVERCLE PVC | | |

figure 2.2: Schéma d'un branchement type de compteur d'eau.

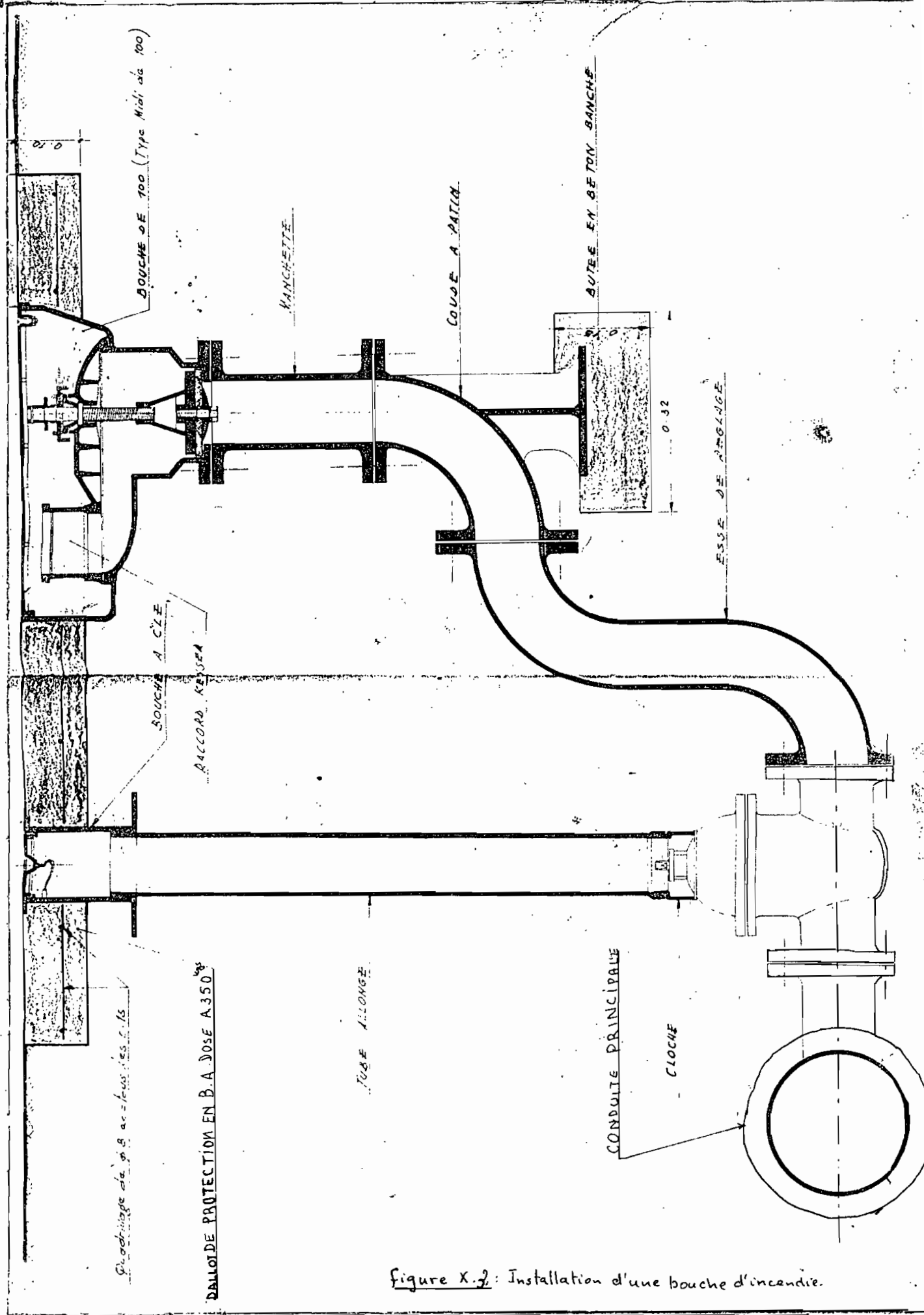


Figure X.2: Installation d'une bouche d'incendie.

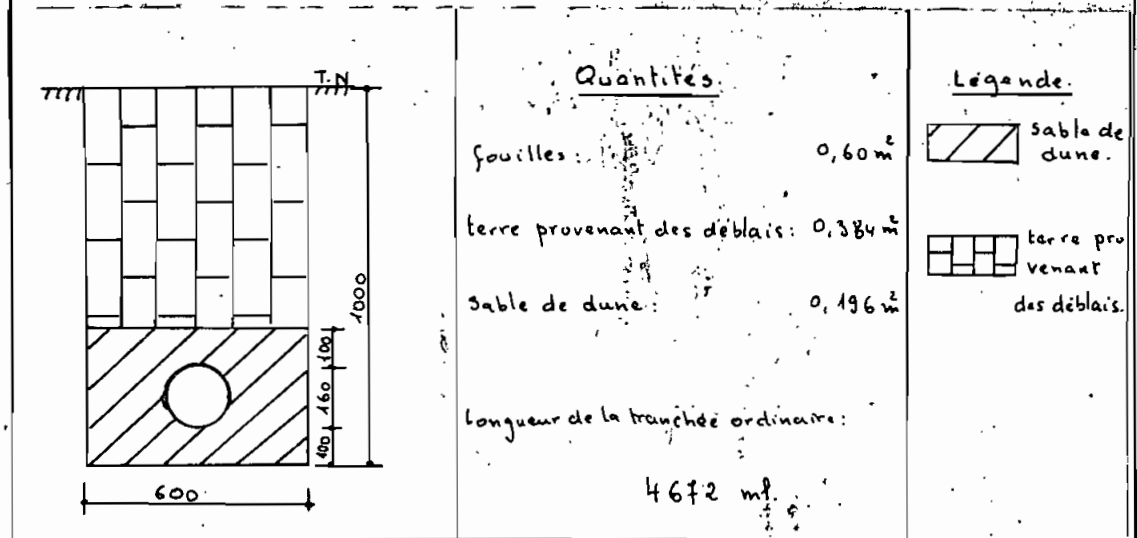
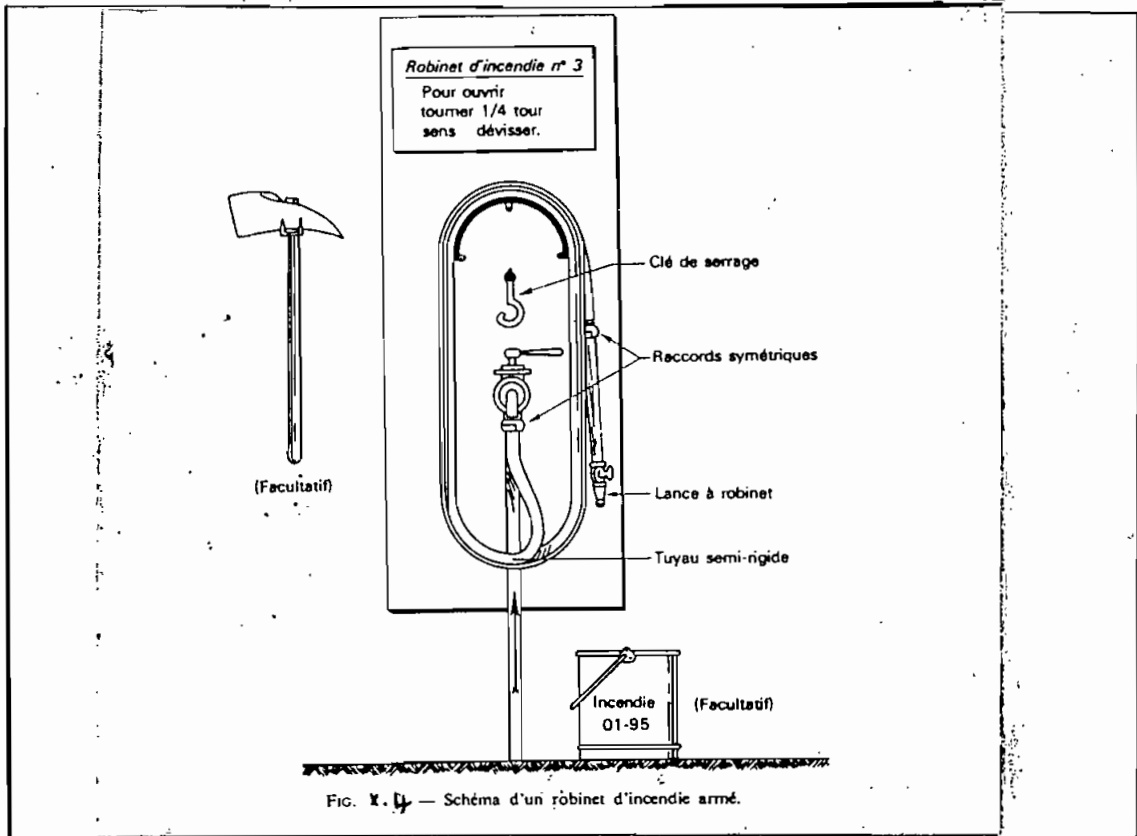


Figure X.5: Tranchée ordinaire

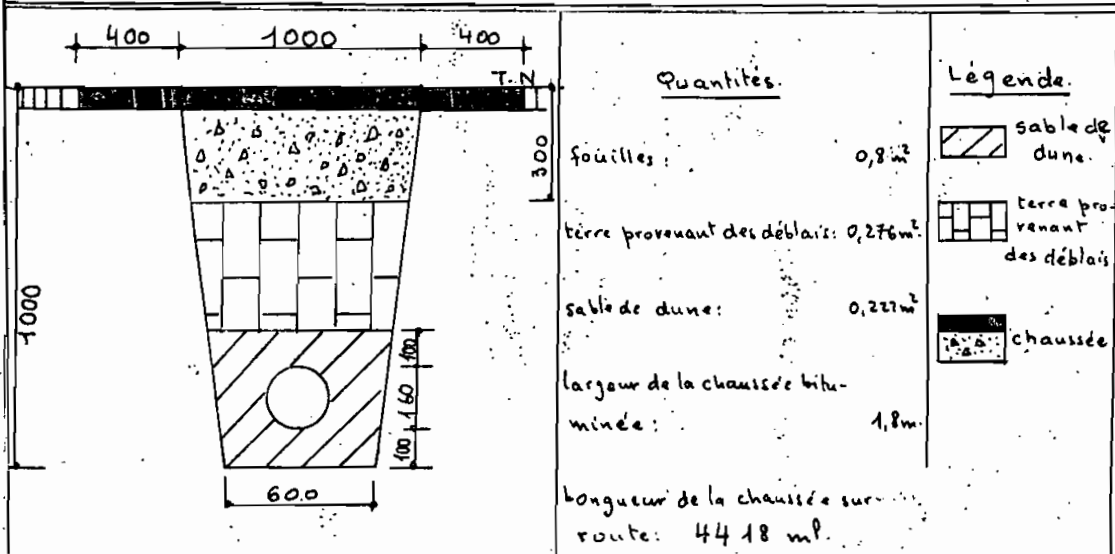
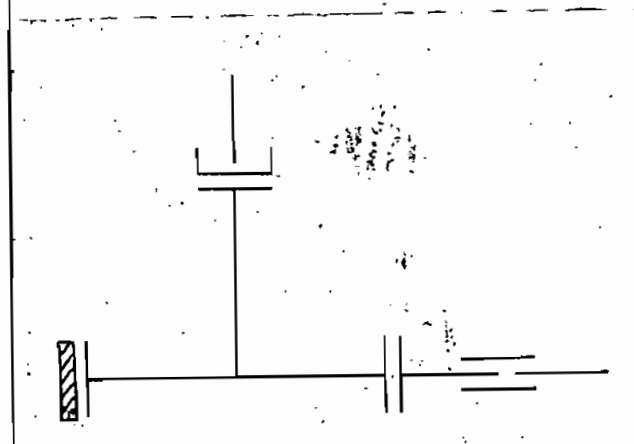


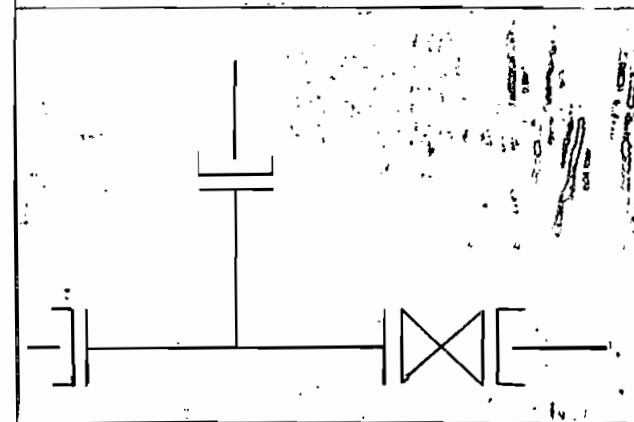
Figure X. 6: Tranchée sur la route



Pièces

- 1 Té BB TB 150x150 Fonte.
- 1 Plaque pleine DN 100 Fonte.
- 2 Brides unies DN 150 Fonte.
- 2 joints gibaults 160.
- 1 regard : profondeur 1,2 m.

Figure X. 7: Installation d'un coude.



Pièces

- 1 Té BB TB 150x150 à brides.
- 1 R.V.R DN 150.
- 3 Brides major DN 100, modèle pour PVC.
- 1 regard : profondeur 1,2 m.

Figure X. 8: Installation d'un té et d'une vanne.

ANNEXE 11: La consommation horaire

La production est constante, mais elle est utilisée d'une manière variable, et cela dépend de plusieurs facteurs entre autre :

- des activités de la population et des industries ;
- du système d'alimentation ;
- de la disponibilité et de la proximité de l'eau.

Nous avons estimé la consommation horaire, étant donné que nous ne disposons pas de compteurs pour déterminer d'une manière exacte la consommation horaire pour chaque type de consommation.

Tableau XI : 1 : Tableau de la consommation horaire.

Périodes	Consommation horaire.			
	Residences	Industries	Hotel + CAT	Publique
0 - 7H30	0,391	0,392	0,393	0,394
7H30 - 10H	2,191	2,192	2,193	2,294
10H - 12H	1,191	2,192	0,893	2,294
12H - 13H	1,491	1,192	1,493	1,194
13H - 14H30	1,291	1,192	2,293	1,294
14H30 - 15H30	1,191	2,192	1,193	1,794
15H30 - 17H	1,291	1,592	1,193	1,794
17H - 18H	1,791	1,492	1,193	1,794
18H - 19H	2,391	1,492	2,093	1,2594
19H - 21H	1,491	1,192	1,493	0,594
21H - 24H	0,591	0,392	0,693	0,394

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Christian ROUSSEAU. Hydraulique Urbaine.
notes de cours EAU 5.11. E.P.T Thiès 1984.
- [2] Sénégal. Hydraulique (Ministère). Alimentation en eau
potable de 11 centres secondaires au Sénégal : étude
d'exécution.
Rapport fin de mission I-II. Volume II.3 Thiès
I.G.I.P 1982.
- [3] S.O.N.E.D.-Afrique. Etude du plan directeur d'urbanisme -
Synthèse des données urbaines : Ville de Thiès.
Dakar 1981.
- [4] Corps National des Sapeurs - Pompiers. Cours de secourisme -
Lutte contre l'incendie. Dakar 1983.
- [5] J.R. VAILLANT. La gestion d'un service des eaux.
Publication du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (C.I.E.H) 1969.
- [6] André DUPONT. Hydraulique Urbaine : ouvrage de distribution,
élévation et transport. Volume 2, Tomes 1 et 2.
4^e édition. Editions Eyrolles Paris 1977.

[7] Albert FAURE & René BELTRAMELLI. Le feu.

Presses Universitaires de France 2^e édition 1969.

[8] Christian ROUSSEAU. Traitement des eaux.

notes de cours EAU 512 E.P.T. Thiès 1984.

[9] Sénégal. Equipement (Ministère). Bulletin de la Commission
d'Officialisation des Prix (B.C.O.P)

no 12/83 Décembre 1983.

[10] Ecole Polytechnique de Thiès. L'eau au Sénégal - un

bien indispensable à protéger et à aménager.

E.P.T. Thiès 1980.