

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

PROJET DE FIN D ' ETUDES

"ETUDE DU SYSTEME D' ALIMENTATION D' EAU
DE LA VILLE DE THIES - SITUATION ACTUELLE
ET PROPOSITIONS POUR LA PROCHAINE DECADE " .

AUTEUR : Abdoulaye SENE 4ième Civil.

Junin 1978

P R E L I M I N A I R E



En raison de la Célébration à Thiès de la Fête Nationale de l'Indépendance le 04 Avril 1979, on veut reconsidérer la distribution d'eau de la Ville de Thiès de façon à :

- 1°) Satisfaire les besoins immédiats de 1979
- 2°) Tenir compte à plus long terme, de l'accroissement de la population.

Il est demandé de traiter dans un premier temps du 1° et dans le deuxième temps du 2°.

Sujet proposé par :

Le Commandant Sidy Bouya N'DIAYE
Commandant de l'Ecole Polytechnique
de Thiès.

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



Nous tenons à exprimer notre gratitude à tous ceux qui de près ou de loin nous ont aidé à réaliser le présent ouvrage.

En particulier, nous adressons nos plus profonds remerciements à :

- Monsieur Nguyen Duy VINH, professeur à l'Ecole Polytechnique de Thiès qui a bien voulu nous faire l'honneur de diriger ce projet, pour les conseils, le soutien constant et les encouragements qu'il n'a eu de répit à nous prodiguer tout au long de l'élaboration de ce rapport ;
- Monsieur le Commandant Sidy Bouya NDIAYE, Commandant de l'Ecole Polytechnique de Thiès pour le soutien moral, les conseils éclairés et l'aide matérielle qu'il a bien voulu nous accorder.

Nos remerciements vont aussi à :

- Monsieur Martin G. SY, chef de région de la SONEES pour sa disponibilité, son aide matérielle et ses suggestions fort éclairées ;
- Monsieur Abdourahmane SECK, Directeur régional de l'Urbanisme pour les cartes qu'il a bien voulu mettre à notre disposition ;
- Messieurs le Lieutenant SARR et le Sergent KANE du Corps National des Sapeurs Pompiers pour leur collaboration ;

- Messieurs Roger LABONTE et François BRIERE, professeurs à l'Ecole Polytechnique de Montréal pour leur soutien technique et leurs commentaires fort enrichissants ;
- Monsieur COULIBALY, Directeur régional de l'Hydraulique à Thiès pour sa disponibilité.

Dans le cadre de ces remerciements, nous ne saurions toutefois taire les noms de Abdoulaye KEITA, Constance GOMIS, Abdou SAMAKE tous de l'Ecole Polytechnique, eux qui ont bien voulu nous faire la faveur d'assurer d'une manière particulièrement soignée la présentation finale de ce rapport ; nous leur en sommes particulièrement reconnaissants.

S O M M A I R E

Nous avons choisi d'articuler notre étude en trois principales parties :

1. Analyse du système en place
 - Inventaire des infrastructures en place
 - Evaluation de la qualité du système en place ;
2. Solutions à envisager pour 1979
3. Plan directeur d'aqueduc à moyen terme.

Pour mener à bien l'élaboration de ce rapport, nous avons essentiellement axé notre travail successivement et souvent de façon simultanée sur :

- a)- une recherche bibliographique pour accroître notre information sur l'hydraulique urbaine d'une manière générale ;
- b)- une collecte des données techniques sous la forme :
 - d'entretiens que nous avons eu avec divers chefs de services régionaux notamment, la direction de l'hydraulique urbaine et rurale, la SONEES (Société Nationale des Eaux du Sénégal), l'Urbanisme, le Corps des Sapeurs Pompiers, le Secrétariat général de la commune de Thiès
 - de cartes et d'autres documents techniques et économiques (statistiques diverses, plans de développement économique etc...) se rapportant à la communauté à alimenter en eau et à son milieu physique, que nous avons réussi à obtenir des divers organismes ci-dessus indiqués.

L'exploitation des diverses données s'est faite en utilisant des règles de calcul et des normes qui sont présentées au fur et à mesure que leur utilisation progresse dans le texte et qui, d'une manière générale proviennent des documents indiqués dans la bibliographie jointe.

Notons que nous avons autant que possible essayé d'adapter des normes à nos conditions locales. Cette exploitation nous a conduit aux résultats suivants :

1.- L'efficacité du système en place est défectueuse tant pour ce qui est de la quantité d'eau à fournir, du stockage à assurer, que pour l'extension du réseau en place à travers la superficie communale ;

2.- Pour l'année 1979, il convient pour satisfaire la demande qui s'élève à $13.837 \text{ m}^3/\text{jour}$ en moyenne à réaliser :

- dix forages supplémentaires d'une capacité totale de 3700 m^3
- une ossature maillée de conduites-maîtresses ;
- une extension du réseau et de ses accessoires à travers toute la superficie communale ;

3.- A moyen terme d'établir un plan directeur d'aqueduc qui permettra de faire coïncider autant que possible l'offre et la demande en eau pendant les dix années à venir ce qui nécessitera :

- la mise en place de nouveaux ouvrages de captage
- une régénération des puits en place
- une amélioration progressive de la capacité de réserve et de la capacité de pompage.

- A V A N T - P R O P O S -

-----0-----

Depuis les temps les plus reculés, l'eau, élément indispensable à la vie des êtres vivants a été, et reste l'objet des préoccupations humaines dans tous les pays. De ce point de vue, nous estimons que la commune de Thiès, de par sa vocation de deuxième ville du Sénégal (activités économiques multiples, problèmes de santé et d'hygiène publiques aiguës), mérite une attention particulière.

C'est dans cette optique et compte tenu de la pénurie d'eau qui sévit dans plusieurs quartiers de la ville et des préparatifs de la célébration à Thiès de la fête nationale de l'indépendance, que nous avons choisi de nous pencher sur le problème de l'alimentation en eau de la ville de Thiès;

Bien qu'aujourd'hui, il soit admis que l'assainissement doit être étudié parallèlement à l'adduction d'eau puisque si les interventions dans ces deux domaines ne sont pas bien synchronisées, les réseaux mis en place ne peuvent être entièrement opérationnels ; compte tenu des objectifs qui nous ont été fixés et du temps qui nous ^aété imparti, nous avons dû laisser de côté les problèmes d'assainissement dans le cadre de ce rapport.

D'ailleurs la matière reste si vaste, les paramètres à considérer si variés et les données si fragmentaires qu'il nous a fallu élaguer, résumer et nous borner essentiellement à la description des équipements en place, à l'appréciation des besoins en eau (à court et moyen terme) et à la description des moyens susceptibles de satisfaire ces demandes.

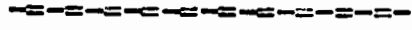
Nous avons, tout au long de notre étude, malgré son caractère plutôt académique, tenu à ne pas nous détacher des réalités locales, ce faisant, nous estimons avoir suivi le conseil donné à l'aube des temps modernes par Léonard de VINCI :

" Souviens-toi, lorsque tu traites des eaux, d'alléguer d'abord l'expérience et ensuite (seulement) le raisonnement "; mise en garde d'un précurseur général plus que d'actualité.

Nous reconnaitrons toutefois que ce ne fut pas toujours aisé du fait de l'absence de données précises et complètes sur le milieu en étude. Ainsi, nous fûmes souvent contraints dans l'élaboration de ce rapport à recourir à des raisonnements, à des suppositions, à des déductions, à des corrélations qui, nous en sommes conscients, ne sauraient se prévaloir d'une rigueur mathématique.



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



	<u>PAGE.</u>
Préliminaire.....	i
Remerciements.....	ii
Sommaire.....	iv
Avant-propos.....	vi
Introduction.....	1
1 ^o partie : SITUATION EXISTANTE.....	3
Introduction	
Chapitre I. Inventaires des installations en	
place.....	3
I)- Points d'approvisionnement....	3
II)- Conduites de refoulement.....	4
III)- Réservoir.....	5
IV)- Réseau de distribution.....	6
Chapitre 2. Evaluation de la qualité du système	
en place.....	7
I)-Estimation de la demande en eau	
actuelle.....	8
II)-Comparaison entre production et	
besoins.....	18
III)-Réserve disponible.....	19
IV)-Bouches d'incendie.....	19
V)-Mode d'opération.....	22
VI)-Le réseau de distribution et les	
conduites.....	23
VII)-Qualité de l'eau.....	28
a)- Généralités.....	28
b)- Caractéristiques physiques..	28
c)- Caractéristiques chimiques et	
physico-chimiques;.....	29

d)-	d)- Equilibre carbonique, agressivité.....	30
	e)- Caractéristiques biologi- ques.....	33
	VIII)- Ventes d'eau parallèles....	34

2° PARTIE : PLANIFICATION A COURT TERME (Horizon: 1979).. 35

	Introduction	
I)-	Approvisionnement.....	35
	a)-Evaluation des besoins.....	35
	b)- Solutions à envisager.....	36
II)-	Stockage.....	37
	a)- Réserve d'équilibre.....	38
	b)- Réserve incendie.....	43
	c)- Réserves d'urgence et de production...	44
	d)- Réserve globale.....	45
III)-	Recommandations générales.....	46
IV)-	Caractéristiques du réservoir prévu.....	47
	a)- Type de réservoir.....	47
	b)- Nombre de réservoirs.....	48
	c)- Emplacement du réservoir.....	52
	d)- Caractéristiques physiques de la cuve	53

3° PARTIE : PLANIFICATION A MOYEN TERME :(horizon 1988).. 59

	Introduction	59
I)-	Milieu physique.....	59
	a)- Topographie.....	59
	b)- Ressources en eau.....	60
	c)- Réseau d'aqueduc existant.....	61

II)- Evolution de la demande en eau.....	62
a)- Démographie.....	62
b)- Projet d'urbanisation.....	64
c)- Développement économique.....	65
d)- Estimation des besoins.....	66
III)- Eléments techniques pour une planification à l'horizon de 1988.....	68
a)- Description générale de la solution..	68
b)- Eléments techniques du plan d'aqueduc	69
CONCLUSIONS GÉNÉRALES ET DISCUSSIONS.....	76
TABLEAUX.....	81
BIBLIOGRAPHIE.....	88
ANNEXE 1 : Estimation de la croissance de la population de Thiès.....	
ANNEXE 2 : Courbes illustrant le niveau de remplissage des châteaux pendant une journée.....	
ANNEXE 3 : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau.	
ANNEXE 4 : Détermination de la réserve d'équilibre pour 1979	
ANNEXE 5 : Graphique estimatif de l'évolution des besoins en eau jusqu'à l'horizon 1988.....	
ANNEXE 6 : Schéma du réseau de distribution.....	
ANNEXE 7 : Evolution de l'indice des prix au Sénégal.....	
ANNEXE 8 : Calcul du réseau de distribution d'eau de Thiès par la méthode Hardy Cross.....	
ANNEXE 9 : Equipes techniques en place à la SONEES.....	
ANNEXE 10 : Répartition à travers le territoire des principales nappes souterraines.....	
ANNEXE 11 : Table des calculs pour valeurs de pk_3 et pk_2 .	

- I N T R O D U C T I O N -

Eléments essentiel des êtres vivants, l'eau est indispensable à la vie mais, l'eau conditionne aussi la vie de l'homme sur le plan économique.

Ainsi, la vie organisée en commun, qui seule a permis à l'homme d'échapper par un long et patient effort à l'état primitif a toujours été liée à l'eau. Et c'est ainsi que les premières civilisations naquirent dans les vallées de grands fleuves (Nil, Indus, Euphrate etc...) et que les grandes migrations dans l'histoire de l'humanité peuvent trouver une explication dans la recherche collective de terres où l'eau abonde.

L'eau apparut à THALES si essentielle à la vie, qu'il la considèrera comme la matière première unique de l'univers, celle dont toutes les autres tiraient leur origine. Dans toute l'antique philosophie grecque, elle demeurera l'un des éléments fondamentaux.

L'eau est certes apparue très tôt comme un facteur primordial de l'hygiène individuel ; en effet, les groupements humains qui à l'aube de l'histoire se sont constitués sur les bords des fleuves et rivières en particulier, ont mis ceux-ci à contribution pour assurer leur alimentation en eau, ainsi que l'évacuation de leurs déchets. Toutefois, nous estimons que c'est un lien commun d'énoncer que dans le monde moderne l'eau reste essentielle aux activités de l'homme et au maintien de sa santé.

Sans trop devoir y insister, nous constatons que dans le monde actuel, le problème des ressources en eau se pose avec une acuité particulière : aussi bien à l'égard des pays sous-développés dont une large part inclut des régions arides ou semi arides (à ce niveau, il est intéressant de rappeler la période de sécheresse avec son cortège de maux qui depuis quelques années accablent les pays du Sahel), que de ceux dont l'es industriel s'accompagne d'un accroissement inouï des besoins mais

aussi d'une pollution croissante des cours d'eau.

La consommation de l'eau s'est en effet progressivement diversifiée et aujourd'hui, l'eau est devenue une matière première de portée essentielle et ses usages industriels qui ne cessent de croître dans de très grandes proportions tendent au surplus à prédominer de plus en plus sur ceux de la consommation directe par les individus considérés isolément ou en groupe.

Du fait du rôle essentiel de l'eau, il résulte que la collectivité se doit d'assurer son alimentation en abondance aussi bien pour la consommation individuelle que pour la satisfaction des autres besoins privés ou publics.

Cette satisfaction des divers besoins exige dans son principe, la mise en oeuvre d'un système de distribution adéquat, ceci, pour un pays sous développé de la dimension du SENEGAL, certes, bien loin d'être désavantagé au point de vue des ressources en eaux souterraines mais, dont les ressources financières sont fort limitées, constitue un problème complexe et ardu surtout du fait de l'augmentation rapide des besoins.

Cette augmentation est due en partie à l'"explosion" démographique et aux exigences de plus en plus grandes de chacun.

Lorsqu'on allait chercher l'eau au puits, on ne la gaspillait pas; maintenant, c'est par dizaines et même par centaines de litres que l'on compte pour sa douche ou son bain, ses ablutions répétées, les chasses d'eau etc...

D'autre part, la croissance de l'industrie s'accompagne de besoins grandissants en eau.

INTRODUCTION.

Une bonne planification doit inévitablement reposer sur un inventaire sérieux des équipements en place ; inventaire qui fournira l'information pour les études des problèmes d'alimentation en eau et pour l'évaluation de l'efficacité et de la qualité du système existant.

Nous mesurerons dans ce qui suit la qualité d'un système d'aqueduc à sa capacité de fournir les quantités d'eau suffisantes pour les multiples besoins de tous les types d'usagers et ce en tout temps et dans les limites de pressions acceptables.

Certes, l'efficacité d'un système d'aqueduc appelle une optimisation du coût des investissements, mais vu l'insuffisance des données que nous avons réussi à réunir et le temps qui nous est imparti, nous sommes contraints dans la suite de ce rapport d'ignorer cet aspect de la question.

CHAPITRE I : INVENTAIRE DES INSTALLATIONS EN PLACE.

Tout système d'alimentation d'eau comporte essentiellement :

- 1- un ensemble de captages de sources ou de nappes aquifères ;
- 2- une conduite de dérivation conduisant les eaux captées au réservoir
- 3- un réservoir
- 4- un réseau de distribution

Nous passerons en revue l'un après l'autre ces différents éléments.

I)- Points d'approvisionnement

L'eau distribuée dans le réseau provient actuellement de quatre forages dénommés F_1, F_2, F_3, F_4 et donnant des débits respectifs de $72 \text{ m}^3/\text{h}$, $82 \text{ m}^3/\text{h}$, $60 \text{ m}^3/\text{h}$, $40 \text{ m}^3/\text{h}$. Ces forages dont les caractéristiques et l'équipement figurent respectivement dans les tableaux 1 à 4 captent l'eau de la nappe des sables maestrichtiens. Notons que le F_1 a été rénové et remis en service le 17.11.77.

Soulignons qu'une diminution des débits de forages a été constatée depuis leur date de mise en exploitation ; cette diminution est essentiellement due à la baisse des nappes souterraines (baisse découlant d'une surexploitation de la nappe pour faire face aux besoins toujours croissants de la population qui par ailleurs ne s'accompagne pas d'une réalimentation correcte de la nappe non favorisée par les années de sécheresse qui depuis quelques temps ne cessent d'accabler notre pays). Les mesures des niveaux statiques des nappes à des périodes différentes nous en donnent un idée. (k)

Forage n°1

Niveau statique en 1956	:	41,50 m
Niveau statique en 1976	:	77,76 m
Baisse de 36,26 m (soit environ 1,8m par année en moyenne).		

Forage n°2

Niveau statique en 1955	:	70,00 m
Niveau statique en 1975	:	77,50 m
Baisse de 7,50 m (soit environ 0,375m par an)		

Forage n° 3

Niveau statique en 1962	:	54,00 m
Niveau statique en 1975	:	74,50 m
Baisse de 20,50 m (soit 1,576 m par an).		

Forage n°4

Niveau statique en 1967	:	68,65
Niveau statique en 1975	:	90,60
Baisse de 21,95 m (soit 2,74 m par an).		

(tiré du rapport indiqué document B).

II- CONDUITES DE REFOULEMENT

Il n'existe pas à proprement parler de station de pompage les quatre forages étant équipés chacun d'une pompe qui refoule dans les différents réservoirs : F₁, F₂, F₃, F₄ emplissant le château d'eau C₁; F₃ le château d'eau C₂.

Les caractéristiques principales des différentes pompes figurent dans les tableaux 5 à 8.

Les caractéristiques des conduites d'amenée des eaux non traitées sont indiquées sur le schéma du réseau de distribution joint en annexe : 6; nous en donnerons cependant le résumé suivant :

- a)- A partir du forage F_1 vers le château d'eau F_1 , tuyau de refoulement en fonte grise \varnothing 250mm ; mis en place en 1947 ; cette conduite n'a pas encore posé de problème ; longueur 960 m
- b)- Du forage F_2 au château C_1 , conduite de refoulement en fonte de diamètre 250mm ; longueur 1515 m, posée en 1955
- c)- Du forage F_3 au château d'eau C_2 , conduite en fonte diamètre 150mm, posée en 1962
- d)- Du forage F^4 au château d'eau C_1 , conduite en fonte, diamètre 150mm, posée en 1967.

III - RESERVOIRS

A l'heure actuelle, seul un traitement bactériologique par injection d'eau de javel est réalisé.

A la sortie de la pompe du forage F_2 , une pompe doseuse envoie à la conduite de refoulement, vers le réservoir C_1 , une solution d'eau de javel? Il en est de même sur la pompe du forage F^3 pour la stérilisation de l'eau qui transite par le château d'eau C_2 .

Il n'y a pas de station de reprise pour les eaux traitées. L'eau est stockée dans deux châteaux d'eau dénommés C_1 et C_2 , décrits dans les tableaux ci-après et de capacité respective 1500 et 1000 m³. Ces deux réservoirs sont en bon état, sans fuite apparente, et sont nettoyés à la brosse tous les six mois. De même, les équipements en tuyaux et vannes sont entretenus d'une manière correcte. Les deux réservoirs se partagent inégalement la distribution. Les conduites sont sectionnées par des vannes au niveau de la voie ferrée. Le réservoir C_2 distribue donc 1200 m³/jour en moyenne dans la partie nord de la ville alors que le réservoir C_1 transite 3880 m³/jour pour toute la partie sud.

Les radiers des réservoirs sont respectivement aux côtés IGN 62,5 pour C₂ et 77,5 pour C₁. Les caractéristiques physiques des réservoirs sont données dans les tableaux 9 et 10

IV- RESEAU DE DISTRIBUTION

Le plan joint comporte toutes les installations existantes. Les bornes fontaines fonctionnent alors que les bouches d'incendie ne sont ni entretenues, ni essayées périodiquement. Chaque conduite du réseau est notée avec son matériau et son diamètre ; en tenant compte des conduites de refoulement, nous arrivons à une longueur de 18 km de développement total. Ces conduites sont décrites dans le tableau suivant (3)

R E S E A U

	Diamètre intérieur (mm)		longueur en m	Matériel	Etat
Conduites principales	∅	500	1.400	Fonte standard	bon
	∅	400	400	"	"
	∅	300	4.900	"	"
	∅	250	5.800	"	"
	∅	150	5400	"	"

EQUIPEMENT

PUBLIC

	Nombre	Type	Construc.	Remarques
				Voir verso.....

EQUIPEMENT

PUBLIC

	Nombre	Type	Construct.	Rem.
Bouches d'incendie	25	Ø 100 Trottoir	P.A.M	Sans entretien
Edicules	4	WC et dou- ches	béton	Mauvais état
Bornes fontaines	31	béton	SONEES à 3 ro- nets	Bon état général
Puits	-			

Le réseau ne comporte aucun compteur secondaire qui puisse permettre de mesurer les cubes distribués par quartier.

Chapitre 2EVALUATION DE LA QUALITE DU RESEAU

Les renseignements et données concernant le renouvellement des installations ainsi que les extensions importantes du réseau en place sont extrêmement fragmentaires, et le plus souvent inexistantes.

Les raisons de cet état de fait sont essentiellement les suivantes :

- les documents de l'époque où le concessionnaire était la compagnie générale des eaux du Sénégal (CGES) n'ont pas été totalement transmis au nouveau concessionnaire la société nationale des eaux et électricité du Sénégal (SONEES) ;
- les responsables techniques des régions de la CGES n'ont pas été à même de reconstituer les dossiers manquants.
- le remplacement de la plupart des chefs de service régionaux de l'énergie et de l'hydraulique dans les différentes régions, a malheureusement compliqué la recherche des documents de réception qui aurait pu faciliter la tâche.

Cet état de fait ne facilite pas une analyse de l'évolution des éléments du réseau d'alimentation d'eau. Toutefois, au vu des tableaux ci-dessus présentés incluant les dates de mise en service des principaux éléments du réseau d'adduction, nous pouvons conclure que depuis la construction du deuxième château d'eau en 1965, le réseau de thèss ne s'est pratiquement pas développé ; et ceci malgré une progression évidente de la demande en eau. Cet état de fait a débouché sur une dégradation sensible de la qualité du système en place se traduisant par une pénurie d'eau dans les quartiers périphériques ^(k) et une baisse notable de la pression dans certains tronçons du réseau. Le déficit qu'enregistre actuellement le système peut s'évaluer comme suit :

1°)- ESTIMATION DE LA DEMANDE EN EAU ACTUELLE

La consommation moyenne par jour et par habitant dans une grande ville moderne y compris les besoins commerciaux et industriels, ainsi que ceux des services publics dépasse parfois 2000 litres. Plus généralement, dans les villes moyennes, la consommation est de 500 litres (dont 45% pour les besoins domestiques, 45% pour l'industrie et le commerce, et 10% pour les services publics). A l'opposé, un naufragé peut survivre sur un îlot en ne disposant que d'un seul litre d'eau par jour et cinq litres suffiraient à lui assurer un certain confort (10)

Où les difficultés commencent, c'est lorsqu'il s'agit de choisir entre ces valeurs extrêmes le taux de consommation qui doit nous permettre d'évaluer les besoins présents ou futurs, surtout dans nos pays en voie de développement qui ne disposent que de faibles revenus à répartir entre plusieurs secteurs.

En 1964, une étude réalisée par le BCEOM pour le compte du ministère français de la Coopération estimait que les besoins minima vitaux d'un individu se situent sensiblement entre 5 et 10 litres par jour en zone tropicale suivant la température, l'état hygrométrique, la dépense physique, la qualité et la nature de la nourriture.

En fait, les besoins domestiques journaliers sont bien supérieurs et le BCEOM estimait dans le même rapport comme suit les besoins domestiques journaliers pour les agglomérations d'Outre-Mer (d)

- boisson	2	à	3	litres
- cuisson des aliments	2	à	4	litres
- propreté corporelle			20	litres
- nettoyage maison - W.C	10	à	20	litres
- lavage du linge	10	à	14	litres

soit 50 à 60l/pers. par jour

Compte tenu de nos conditions locales à thiès notamment :

- de la distribution en partie par bornes fontaines ce qui appelle un effort de puisage et de portage
- de l'effort entrepris par l'Etat sénégalais pour améliorer les conditions d'hygiène dès les premières années de l'indépendance à travers le territoire national.

Nous supposerons pour la ville de thiès une demande de 50l/personne par jour pour l'année 1964.

Nous soulignerons comme l'ont prouvé plusieurs auteurs que la consommation d'eau est fonction du statut économique et du niveau de vie du consommateur, et elle augmente normalement avec ces deux facteurs (3)

Michael OVERMAN, s'appuyant sur les statistiques des pays développés note que la consommation urbaine (y compris les besoins industriels) augmente régulièrement de 1% par personne et par an.

L'extension des systèmes d'alimentation d'eau par bornes fontaines puis la généralisation en cours des robinets individuels et des installations sanitaires domestiques modernes ont certainement bouleversé les habitudes de consommation d'eau de nos populations urbaines.

D'une manière générale, en effet, on peut constater une élévation assez nette du niveau de vie de ces populations depuis les années d'indépendance particulièrement, et un effort continu en vue de l'amélioration des conditions d'hygiène ce qui pourrait laisser supposer un taux de croissance très élevé de la consommation individuelle en eau. Toutefois, compte tenu de :

- du niveau de revenu des populations
- de la faible croissance du revenu intérieur brut : pour le Sénégal, on peut considérer que le revenu moyen par habitant a pratiquement stagné de 1954 à 1974 (a)
- de l'évolution de l'indice des prix dont le cas sénégalais est présenté en annexe 7
- de la relative faiblesse des fonds qui ont pu être alloués à ce secteur du fait de l'enveloppe budgétaire disponible.

Il nous apparaît raisonnable de supposer une augmentation annuelle régulière de la demande de 1% depuis 1964.

D'où la demande unitaire domestique en 1978

$$d_{1978} = d_{1964} \times (1 + 0,01)^{\frac{1978 - 1964}{1}} \\ = 50 \times 1,01^{14} = \underline{57} \text{ litres / pers. jour}$$

Ce chiffre est à notre avis fort raisonnable d'autant plus que nous l'illustrons dans ce qui suit, il est à la portée de la "bourse" des populations de la commune de Thiès.

Les données statistiques disponibles mettent certes en relief les disparités dans les niveaux de vie et de revenu dans les centres urbains. Ainsi dans le secteur ~~urbain~~ non structuré les revenus moyens seraient compris entre 54.000 francs par an (apprentis) et 390.000 francs (maître artisan). Ces revenus restent nettement inférieur à ceux des salaires du secteur moderne (urbain) qui étaient en moyenne, e, 1974, de 446.000 francs par an pour les travailleurs sénégalais (237.000 pour les manoeuvres et apprentis).

S'agissant des travailleurs sénégalais, les salaires dans l'industrie en 1974 étaient entre 221.900 francs (manoeuvres) et 2.802.600 francs (cadres supérieurs). Quand aux travailleurs expatriés (c'est-à-dire ceux qui bénéficient d'un statut fiscal particulier), leur salaire moyen en 1974 était de l'ordre de 3.392.000 francs.

Ces chiffres risquent cependant de donner une fausse image de la réalité, en ce sens que les rémunérations moyennes ne reflètent que très imparfaitement les niveaux de vie réels des diverses strates de la population. C'est qu'en effet, cette admirable solidarité familiale, caractéristique des sociétés africaines rurales, bien loin de se trouver affectée par l'urbanisation rapide, a été "transplantée" à la ville. La solidarité familiale assure ainsi une fonction capitale de redistribution des revenus, des plus riches vers les moins favorisés de la famille entendue au sens le plus large, et contribue à la réduction des disparités individuelles. Les "familles" de huit, dix personnes ou plus ne sont pas rares, car la charge s'accroît avec le niveau de revenu et consiste non seulement à accueillir de manière permanente ou temporaire (saisonsèche) divers parents, mais également à assurer l'éducation des jeunes, neveux ou nièces, voire même à contribuer aux ressources d'une autre partie de la famille. L'étendue de cette redistribution des revenus au sein de la famille est naturellement impossible à évaluer ; elle permet toutefois d'affirmer que les disparités réelles dans les niveaux de vie sont moins marquées au Sénégal que ne le laisserait penser le seul examen des données chiffrées ci-dessus évoquées.

Notons que le salaire moyen du travailleur sénégalais dans le secteur privé est du même ordre que celui du travailleur du secteur public (44.800 francs/mois), mais nettement inférieur au salaire moyen des fonctionnaires (66.200 francs/mois en 1976) par suite de la plus forte proportion de travailleurs non qualifiés dans les deux premiers secteurs.

Nous reconnaissons toutefois que ces chiffres représentant des moyennes nationales doivent être utilisés avec circonspection pour la ville de Thiès.

En effet, la concentration des emplois salariés dans le cap-vert est frappante. Cette région abrite près de 55% de la population active urbaine et plus de 63% des salariés du secteur moderne. Et les différences très marquées dans les niveaux de vie et de revenu entre dakar et le reste du pays ne sont nullement un phénomène nouveau au Sénégal.

Cependant, n'ayant pas réussi à obtenir des données spécifiques sur la commune de Thiès, nous nous appuyerons sur les chiffres ci-dessus indiqués pour estimer le revenu moyen des populations à Thiès.

Si nous considérons comme indiqué dans le cinquième plan quadriennal qu'un salarié entretient en moyenne une "famille" de dix personnes en moyenne, nous constatons que chaque chef de famille doit supporter une consommation de :

$$57 \text{ l/pers.j} \quad \times \quad 10 \text{ pers.} \quad \times \quad 30 \text{ j/mois} \quad \times \quad 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ l} = 17,1 \text{ m}^3 / \text{mois}$$

L'arrêté ministériel n° 12.371 du 20 Octobre 1977 du Ministre du développement rural et de l'hydraulique prescrit pour la région de Thiès :

- Particuliers	:	compteur	Ø 15	
		jusqu'à 20 m ³	76,54	cfa/m ³
		"- 20 m ³	112,54	cfa/m ³
- Particuliers	:	compteur	> Ø 15	
			112,54	cfa/m ³
- bornes fontaines, édicules publics, bouche de marché			52,37	cfa/m ³

Nous en déduisons donc que pour un bimestre, le père de famille devra payer :

$$17,1 \text{ m}^3 / \text{mois} \quad \times \quad 2 \text{ mois} \quad \times \quad 112,54 \text{ cfa/m}^3 = 3849 \text{ cfa.}$$

soit l'équivalent de 1925 cfa par mois. Cette somme est loin d'être exagérée car ne représentant que :

$\left(\frac{1925 \text{ cfa}}{44.800} \right)$ soit 4,3% du salaire mensuel du travailleur du secteur public ou privé et :

(1925 CFA)

(66200CFA) soit 2,9 % du salaire moyen du Fonctionnaire

Nous n'avons certes pas considéré le secteur urbain traditionnel. Ce secteur en effet échappe, par définition en quelque sorte, à toute évaluation statistique satisfaisante. Constitué par les artisans de production ou de service, petits commerçants, transporteurs individuels, vendeurs ambulants etc... ce secteur, également qualifié d'informel ou, mieux, de non-structuré a suivi une évaluation parallèle à celle de l'urbanisation. La productivité et la rémunération y sont faibles. Il constitue très souvent une étape, un refuge, pour les travailleurs à la recherche d'un emploi permanent et salarié. On peut toutefois estimer que pour un maître artisan la dépense pour la consommation en eau de la "famille" représente $(2394 \times 12) / 300\ 000 = 9,6\%$ de son revenu. Par ailleurs la strate de population de revenu faible qui devrait autrement accorder plus de 10% de son revenu pour la consommation en eau pourra bénéficier du soutien de la municipalité par l'intermédiaire des bornes fontaines

Jusqu'en 1970 les consommateurs n'ont pu être classifiés que suivant une répartition par type de payeur définie par la CGES^(b):

- Les particuliers qui englobent les privés, les commerce, l'industrie si elle existe
- les administrations qui comprennent tous les services administratifs et d'état (préfectures, police, armée etc...)
- les municipalités qui couvrent les bornes fontaines et les branchements des services communaux (mairie, école etc...)

L'exploitation mécanographique des données adoptée à partir de 1971 a permis de classer les consommateurs dans des catégories plus représentatives des groupements économiques et sociaux des centres urbains :

- particuliers
- commerce, industrie (y compris les bouches marchés)

- bornes fontaines
- Administrations et services publics
- municipalité (écoles, édicules, mairie)
- agriculture.

Le tableau ci-après montre la répartition de la consommation entre les différentes catégories d'utilisateurs. Nous noterons toutefois que pour l'année 1971 une estimation annuelle de la consommation a été faite sur la base des chiffres du sixième bimestre qui étaient les seuls disponibles; mais, faute de mieux nous utiliserons cette estimation pour analyser la répartition de la consommation

Nous estimerons la demande domestique en faisant :
 ligne A + C + D pour les années 1971 et 1972
 ce qui donne

demande domestique pour 1971 = $d_{1971} = 311514 + 130761 + 225834 = 668109 \text{ m}^3/\text{an}$.

demande domestique pour 1972 = $d_{1972} = 273938 + 157324 + 233762 = 665024 \text{ m}^3/\text{an}$

	1 9 7 0	1 9 7 1	1 9 7 2
A) Particuliers	320740	(311514)	273938
B) Commerces-Industrie		(93054)	128579
C) Bornes fontaines		(130761)	157324
D) Administrations Services publics	265070	(225834)	233762
E) Municipalité	189802	(39876)	51961
F) Agriculture	-	-	-
T O T A L	775612	810216	845.564
Consommateurs		(801039)	

Tenant compte de la ~~proportion~~ des pertes dans le réseau donnée dans le tableau qui suit, nous aurons :

Années	Consommation domestique = (m ³ /an)	Consommation totale (m ³ /an)	Pertes %	Production totale %
1971	668. 109	810. 216	25,3	(668109/810216) = 82,5 (1-0,253) = 74,7
1972	665. 024	845. 564	33,2	(665024/845564) = 78,7 (1-0,332) = 66,8

(Tableaux tirés du documents (b)).

Notant que les bouches d'incendie sont des branchements sans compteur, il est légitime de supposer que le volume d'eau utilisé pour la lutte contre l'incendie a été enregistré dans le chapitre des pertes ce qui alors a contribué à augmenter la proportion des pertes par rapport à la production totale.

D'autre part, dans le chapitre Municipalité est inclus une perte de consommation domestique certes relativement faible.

Pour ces raisons et faute d'une étude spécifique poussée pour chiffrer la répartition de la consommation entre les quatre catégories généralement reconnues comme étant :

- La consommation domestique (Résidence)
- " " commerciale
- " " industrielle
- L'utilisation municipale pour fins collectives
- Les pertes dans le réseau et les imprécisions dans

les mesures. Nous pouvons adopter partiellement les résultats publiés par le Comité AQTE en 1974^(j), précisément en ce qui concerne la répartition de la consommation, en %

REPARTITION DE LA CONSOMMATION (%)

USAGE	AQTE - MISE A JOUR	
	AVEC COMPTEUR	SANS COMPTEUR
DOMESTIQUE	57 %	57 %
COMMERCIAL	8 %	8 %
INDUSTRIEL	12 %	12 %
COLLECTIF	3 %	3 %
PERTES	20 %	20 %

D'autant plus que les valeurs obtenues pour les années 1971 et 1972 ci-dessus présentées assorties des remarques qui leur font suite ne s'écartant que fort légèrement des résultats publiés par l'AQTE.

D'où, pour 1978, nous pouvons estimer la demande unitaire totale à =Du

$$\begin{aligned} Du &= (\text{demande unitaire domestique}) \times \frac{100}{57} \\ &= 57 \times \frac{100}{57} \\ &= \underline{\underline{100}} \text{ /pers.jour.} \quad (\text{fact}) \end{aligned}$$

Ce chiffre, comparé à la consommation actuelle qui est de l'ordre de 40 litres/pers.jour, peut sembler démesuré. Mais il convient de souligner la nette faiblesse de cette consommation journalière pour une ville de l'envergure de celle de Thiès. A notre avis, les causes de cette faiblesse tiennent :

- A la faible capacité de production des infrastructures en place,
- à un défaut d'extension du réseau de distribution aux quartiers périphériques,
- à l'absence d'un réseau d'égout domestique (actuellement en cours de réalisation).

Par ailleurs, cette valeur de 100 litres/personne-jour apparaît raisonnable si l'on note :

. qu'en 1964, les projets d'adduction d'eau établis pour 20 ans des villes d'Afrique étaient basés sur une consommation moyenne de 115 litres/Hbt-jour^(d); ce qui concorde assez bien avec notre prévision qui pour 1984 s'élèverait à :

$$100 \times \left(1,01\right)^{1984 - 1978} = 106 \text{ litres /pers. jour}$$

. qu'en France, on table en première approximation sur les bases ci-après :

- Ville de 5000 à 20000 hbts 150 à 200 l/hbt/j
- Ville de 20000 à 100000hbts 200 à 300 l "-"
- Ville de plus de 100000 hbts 300 à 400 l "-"

Le recensement d'Avril 1976 donnait pour Thiès une population de 117. 333, considérant une base de projection à court terme (voir l'annexe 1), on peut estimer comme suit la population de Thiès en 1978

$$(P) \quad 1978 = 117.333 (1,053)^2 = 130.100$$

D'où la demande globale en eau de la ville de Thiès en 1978 est :
(D) = 100 x 130.100 = 15091600 = 13010000 l/jour
= 13010 m³/jour

II)- COMPARAISON ENTRE PRODUCTION ET BESOINS

La capacité optimale de production des équipements en place s'établit comme suit :

F ₁	72 m ³ /h
F ₂	82 -"-
F ₃	60 -"-
F ₄	40 -"-
	<hr/>
	254 m ³ /h

Dans le meilleur des cas, on peut compter sur un temps de pompage de 24 heures = D

$$(Production) \text{ max.} = 254 \times 24 = 6096 \text{ m}^3/\text{j}$$

ce qui correspond à une moyenne de

$$P = \frac{6096 \text{ m}^3/\text{j}}{1301000} \times 1000 \text{ l/m}^3 = 47 \text{ l/hab/jour}$$

Si l'on sait que cette valeur inclut les pertes qui, comme nous le marquons sur les tableaux ci-dessus présentés sont de l'ordre de 25 à 30 %, il apparait nettement que cette production est manifestement insuffisante car ne parvenant même pas à satisfaire la demande domestique estimée ci-dessus à 66 l/pers./jour/

D'où le déficit actuel énorme qui se chiffre à :

$$13010 - 6096 = 6914 \text{ m}^3/\text{jour}$$

soit : 6914/6096 = 113%

Vu les conditions actuelles d'exploitation du matériel en place (entretien des machines etc...), il apparait difficile voire impossible d'assurer un temps de pompage de 24 heures pour les 4 forages. Ce qui majore encore d'autant le déficit en eau.

III- RESERVE DISPONIBLE

Outre la sécurité qu'ils assurent en cas de défaillance momentanée de la production, les réservoirs interviennent dans l'exploitation courante comme régulateurs à la fois du débit et de la pression.

Nous ne considérons dans cette première partie que l'évaluation globale de la capacité de réserve; une évaluation en relation avec sa répartition sera envisagée dans la deuxième partie du présent rapport.

P.KOCH souligne⁽¹⁾ qu'il y a intérêt à adopter pour la réserve globale des valeurs qui se rapprochent du montant de la consommation journalière, voire même la dépassent sensiblement lorsque la sécurité de l'alimentation apparaît comme aléatoire, par exemple du fait qu'elle dépendra d'une origine ou d'une aménée unique. Cette opinion concorde bien avec la remarque faite par plusieurs auteurs américains⁽⁴⁾ qui estiment qu'ordinairement, la capacité requise des réservoirs est approximativement égale à la consommation journalière.

Or, le volume des réservoirs en place à Thiès qui s'élève à 2500 m³ ne représente que :

$2500/6096 = 41\%$ de la capacité maximale de production

$2500/13010 = 19\%$ de la demande en eau ci-dessus estimé

pour 1978.

Ce qui dénote clairement l'insuffisance de la capacité de réserve disponible pour le réseau de Thiès. Ainsi, il arrive que pour les jours de grande consommation, les réservoirs soient complètement vides pendant une période plus ou moins longue suivant l'ampleur de la pointe. Le graphique joint en annexe 2 illustre d'ailleurs assez bien ce fait.

IV- BOUCHE D'INCENDIE

La lutte contre l'incendie est un service dont l'utilité n'apparaît malheureusement avec netteté qu'en cas de sinistre. L'Incendie par ailleurs paraît toujours improbable et les dépenses improductives ou jugées telles sont impopulaires.

Cependant, parmi les divers besoins en eau dont la satisfaction apparait comme impérieuse, figurent au premier plan ceux de la protection contre l'incendie⁽⁹⁾. Nous ne saurions donc, dans le cadre de ce rapport, ne pas insister sur cet aspect essentiel de l'alimentation en eau d'une agglomération.

Les emplacements des bouches d'incendie doivent être déterminés en tenant compte des risques d'incendie des zones à protéger et en adoptant des distances admissibles entre les bouches dans les quartiers n'offrant pas de risques particuliers.

Dans les zones d'habitation, les bouches d'incendie doivent être à peu près régulièrement espacées⁽¹⁾. P. KOCH estime à ce propos que les prises doivent se trouver l'une de l'autre à une distance de l'ordre de 200 à 300 m sans dépasser 400 m⁽⁴⁾.

Or, nous constatons (voir plan joint en annexe) que :

(I) - "Les secteurs d'habitations basses" accueillant actuellement la majorité de la population ne sont pratiquement pas pourvus de bouches d'incendie. Si l'on sait que ces quartiers comportent une large proportion de cases paillottes et de baraques essentiellement combustibles, il apparait nécessaire d'étendre l'installation des bouches d'incendie dans ces quartiers.

D'autant plus que du fait de leur proximité, les bâtiments y sont susceptibles de constituer des zones d'incendie étendues.

(2)- Même dans les secteurs d'activité, les secteurs constructibles du centre ville, les secteurs d'opérations concertées d'habitat collectif, les bouches d'incendie sont dispersées et en nombre insuffisant, les distances entre elles étant inégales et dépassant presque toutes les 400m. Par ailleurs, ces quelques bouches en quantité médiocre ne sont pas vérifiées périodiquement et qu'il n'est pas rare qu'arrivés sur les lieux d'un incendie, les Sapeurs Pompiers perdent un temps fort précieux pour retrouver une bouche d'incendie et généralement cette bouche retrouvée est inutilisable dans l'immédiat, car, défectueuse, faute d'entretien.

Certes, les bouches d'arrosage et de lavage restent en permanence à la disposition des sapeurs pompiers, mais, vu leur état d'entretien, l'équipement dont dispose les Sapeurs Pompiers de Thiès qui consiste essentiellement en :

- 1 fourgon pompe tonne de 11.000 litres
- 2 "- "- de 5.000 litres

et en leurs accessoires équipements destinés à la lutte contre les incendies à travers toute la région de Thiès comportant 6601 Km², il est permis de conclure que la qualité du service d'alimentation d'eau pour ce qui est de la lutte contre l'incendie est médiocre. Il apparait nécessaire pour améliorer le système à court terme :

- a)- de procéder à l'extension des bouches d'incendie dans les zones d'habitations basses;
- b)- de densifier les bouches d'incendie à travers le territoire communal en tenant compte certes de la répartition des risques, mais aussi de la nécessité d'observer un espacement acceptable des bouches d'incendie permettant autant que possible l'utilisation de plusieurs bouches pour un même incendie dans un quartier ou un flôt.

Pour cela, les coins de rue constituent d'excellents emplacements parce qu'ils permettent l'alimentation sur deux ou plusieurs voies.

c)- d'améliorer la gestion technique, qui souvent au niveau municipal est très négligée ou inexistante malgré sa grande importance tenant au fait qu'elle touche aux opérations, à l'entretien, aux préparations et aux contrôles des réseaux d'aqueducs.

Il importe donc de prévoir entre autres, des programmes bien ordonnés de contrôle de l'entretien préventif et de contrôle pour l'incendie.

d)- d'implanter de plus en plus des poteaux d'incendie dont les avantages sur les bouches d'incendie sont essentiellement un repérage plus facile et une utilisation plus aisée.

Ces mesures sont essentielles pour mettre à la disposition de Thiès les moyens de lutte contre l'incendie à la mesure de son importance. Moyens qui, permettront à l'avenir d'éviter des catastrophes du genre de celui du feu du centre de groupage ONCAD de Thiès où les dégâts ont été estimés à 16.000 tonnes d'arachides brûlées et une sauterelle détruite^(c) et dont les facteurs ayant contribué à la gravité a été le manque de bouches d'incendie à proximité du lieu de l'incendie.

V)- MODE D'OPERATION

Il est toujours essentiel qu'un réseau d'eau fonctionne de façon sûre et fournisse les quantités d'eau nécessaire en cas d'incendie ou de tout autre danger. Aussi est-il bon que des instruments de contrôle et des mécanismes d'alarme soient installés en conséquence. Toute panne ou déféctuosité pourra alors être signalée par un dispositif spécial, de façon que l'on puisse y remédier le plus tôt possible. Il s'agit à notre avis sans tomber dans une automatisation trop poussée qui appellerait des contraintes supplémentaires, d'intensifier le contrôle du réseau qui actuellement se réduit à la visite par un employé des différents forages trois fois par jour.

Avec ce système, il est légitime de penser qu'une panne survenant juste après le passage du contrôleur ne pourra être décelée en général qu'à son prochain tour.

VI.)- RESEAU DE DISTRIBUTION ET LES CONDUITES

I- Le réseau de Thiès se subdivise en deux secteurs de distribution dont l'interconnexion est assurée au niveau de la voie ferrée.

Le réseau est ainsi divisé en deux étages alimentés respectivement par des réservoirs placés à des cotes nettement différentes (niveau sol : 77 et 62m respectivement) ; et par ailleurs, en cas de déficience de l'un des secteurs, l'autre peut aider à réduire la pénurie qui autrement, règnerait dans le premier secteur.

Nous remarquerons cependant que "l'étage" le plus élevé est alimenté par un réservoir dont la cote du radier est 95m; or, il existe des quartiers à desservir où la cote du terrain dépasse 91m, d'où nous pouvons conclure à la nécessité (compte tenu des pertes de charge dans le réseau) de prévoir un nouveau château d'eau pour desservir ces zones surélevées constituant ainsi un nouvel étage.

Nous noterons qu'actuellement, du fait des progrès de l'hygiène et de la lutte contre l'incendie, la distribution à haute pression s'impose pour les communes à travers le monde.

En pratique, dans les grandes villes, on se propose d'obtenir une pression minimum au sol de 30 à 35 m ; éventuellement, on se contente de 20 à 30 m dans les agglomérations dont les immeubles ne dépassent guère 4 ou au plus 5 étages⁽¹⁾, cette pression ne devant en aucun cas selon P. KOCH être inférieure à 10 m d'eau pour les besoins de la défense contre l'incendie.

Le GTA⁽⁹⁾ de son côté estime que pour compenser la perte de charge dans les conduites de branchement des poteaux d'incendie, dans les poteaux d'incendie mêmes et dans les tuyaux d'aspiration, il faut une pression résiduelle d'au moins 20 lbs/po² (soit environ 14m de colonne d'eau).

Il apparaît ainsi nécessaire de réaliser le château d'eau ci-dessus suggéré pour améliorer les pressions dans le réseau.

Il serait à ce propos souhaitable de relever en moyenne les pressions au delà de 20m de colonne d'eau ce qui :

- permettrait dans certaines zones, l'usage direct de quelques boyaux sur les bouches d'incendie sans avoir recours aux pompes d'urgence ;
- offrirait une marge plus large pour rencontrer les fluctuations soudaines dans les conduites dues à un tirage exceptionnel ou à une obstruction ;
- améliorerait la marge pour pallier aux chutes de pression dues aux différences de relief sur le terrain ;
- réserverait une certaine marge de sécurité en prévision d'extensions ;
- éviterait les dépression momentanées qui, en cas de défaut d'étanchéité, faciliteraient des rentrées d'air ou d'eaux suspectes dans le réseau^(h) ;

Il importe toutefois de ne pas exagérer la pression et surtout de ne pas la laisser s'élever, pendant les heures de faible consommation, trop notablement au dessus des minima ci-dessus prescrits ; la robinetterie notamment la supporterait mal, et les fuites risqueraient d'en être sérieusement accrues.

Le réseau de Thiès en ses deux étages est de nature mixte ; ainsi

(1)- Il est maillé dans les secteurs du centre ville : ce qui y permet une alimentation en retour. Une simple manoeuvre de robinet, permettant d'isoler le tronçon éventuellement accidenté et de poursuivre néanmoins l'alimentation des abonnés d'aval.

(2)- Ailleurs, il présente les caractéristiques du réseau ramifié. Dans ces secteurs, l'alimentation d'un point quelconque n'est permis que dans une seule direction ; d'autre part, les culs de sac (Deads ends), ces bouts de stagnation hydraulique peuvent être le lieu d'une recontamination de l'eau de consommation après son traitement.

D'où le manque de sécurité tant dans la distribution quantitative (un accident sur la conduite principale prive d'eau tous les abonnés d'aval) que dans la qualité de l'eau distribuée.

Un effort est certes fait pour obvier le danger de contamination bactérienne accidentelle du réseau de distribution par l'installation de borne fontaine à l'extrémité de la plupart des conduites, il reste cependant à accentuer cet effort et ainsi : prévoir une vanne de vidange au bout des autres conduites et prendre les mesures pour que le vidange soit effectué une fois par mois environ^(h), et surtout boucler le réseau dès que possible.

Le système d'adduction est mixte : refoulement gravitaire (gravité artificielle). L'eau refoulée par les pompes des forages est reçue par des bassins d'accumulation (châteaux d'eau) puis se trouve évacuée par gravité dans le réseau de distribution. Ce qui offre entre autres les avantages suivants :

- 1)- un taux de pompage uniforme,
- 2)- un coût moins élevé de pompage. Les pompes peuvent fonctionner continuellement dans la zone de leur rendement maximum,
- 3)- une pression pratiquement constante, maintenue dans le réseau de distribution grâce à une subdivision en "étages" du réseau,
- 4)- Une possibilité d'alimentation mixte par gravité et par les pompes,
- 5)- une mise en place facile d'une automatisation partielle du système de pompage ; ce qui permet un fonctionnement rationnel et économique des pompes. Ainsi, pour les forages F₃ et F₄, l'automatisation des pompes est réalisée sur le niveau d'eau dans les réservoirs.

2- CONDUITES

On peut déplorer au niveau du réseau de Thiès, l'utilisation assez fréquente de conduites de faibles diamètres et surtout l'absence d'une ossature de conduites-maitresses maillée.

Les conduites de distributions doivent avoir un diamètre suffisant, compte tenu de leur longueur et du genre de quartiers qu'elles desservent, pour fournir l'eau de consommation et d'incendie requise dans toutes les zones. Si l'on note qu'une conduite en fonte, posée selon les règles de l'art en bon terrain est pratiquement inusable si elle n'est passomise à des effets de choc ou d'électrolyse ce qui arrive fort rarement à Thiès selon les renseignements recueillis auprès du Chef de région de la SONEES, la cause principale de bris des conduites est l'action des racines des arbres ; on constate que l'on peut et l'on doit d'ailleurs le faire, compte tenu du coût d'installation des conduites, placer des conduites relativement importantes pour réserver l'avenir.

Ce qui constitue d'ailleurs le vieillissement d'une conduite et la rend avec le temps, impropre à assurer le service qu'on en attend parce que son débit devient insuffisant, c'est le plus souvent l'entartrage. La rapidité de l'entartrage est très variable, elle dépend évidemment de la nature des eaux transportées, de la quantité de calcaire dissous.

Lors des réparations effectuées récemment sur le réseau de Thiès, il a été noté un entartrage d'environ un centimètre d'épaisseur sur certaines conduites. Or, si en un temps évidemment assez long (il existe des canalisations de la ville qui datent de 1945), une canalisation a subi un entartrage de 1 cm d'épaisseur, le dépôt peut être supposé réparti sur toute la périphérie. Dans ces conditions, nous aurons pour une vitesse constante, une perte de capacité égale à :

$$\begin{aligned}
 P_c &= \frac{\Delta s}{s_0} = \frac{s_0 - s_1}{s_0} = \frac{\frac{\pi}{4} (D_0^2 - D_1^2)}{\frac{\pi}{4} D_0^2} \\
 &= \frac{D_0^2 - D_1^2}{D_0^2} = 1 - \left(\frac{D_1}{D_0} \right)^2 \\
 &= 1 - \left(\frac{D_0 - 2}{D_0} \right)^2 = 1 - \left(1 - \frac{2}{D_0} \right)^2
 \end{aligned}$$

Ainsi, une conduite de 6 cm de \varnothing perd les 5/9 de sa section, une de 8 cm les 7/16, une de 10 cm les 9/25 et une de 15 cm le $\frac{1}{4}$. Les débits diminuant encore plus vite que les sections, on voit que les effets de l'entartrage se font ressentir d'autant plus intensément que le \varnothing est plus petit. Il apparait donc avantageux d'adopter pour les conduites un diamètre minimal supérieur à 80 mm ce qui permettrait de :

- réserver des possibilités d'avenir
- ne pas craindre un entartrage trop rapide
- fournir l'eau en quantité suffisante à d'éventuels appareils hydrauliques, notamment aux bouches d'incendie.

Nous notons à ce propos qu'une bouche ne fournit que le débit de la conduite sur laquelle elle est raccordée. La pression disponible offre beaucoup moins d'intérêt puisque, d'une part, les engins sont équipés pour refouler l'eau à la pression désirable et que d'autre part, leurs possibilités dépendent entièrement du débit reçu ⁽⁹⁾. L'utilisation des bouches d'incendie du type 100 mm s'étant généralisée, il y a lieu de se demander comment atteindre une alimentation convenable d'une bouche de ce type, si elle est piquée sur une conduite de 80, à fortiori de 60 mm (risques de fortes vibrations des conduites, cavitation de la pompe etc...).

VII - QUALITE DE L'EAU

a)- GENERALITES

En ce qui concerne l'eau, on distingue deux grands problèmes :

a)- l'approvisionnement en eau

b)- la qualité de l'eau.

Cette qualité de l'eau est primordiale tant pour l'individu que pour l'industrie. Les qualités requises d'une eau donnée varient suivant sa destination. Ainsi les qualités d'une eau potable ne se définissent pas dans l'absolu, ni d'une manière inconditionnelle. L'alimentation humaine se satisfait en effet, sous des conditions qui respectent les impératifs sanitaires, d'eau présentant des compositions et des natures sensiblement différentes les une des autres (1).

Les exigences des usagers étant très diverses et leur localisation très dispersée, l'usage courant consiste à alimenter les agglomérations avec une eau de qualité moyenne dite "potable" c'est-à-dire pouvant être considérée sans inconvénient pour l'homme et répondant par ailleurs aux exigences de qualité de l'utilisateur moyen, les critères spéciaux (tels ceux d'une eau d'alimentation de chaudière haute pression) étant satisfaits par un traitement spécial appliqué généralement par l'utilisateur ou par un ensemble d'utilisateurs au lieu même d'utilisation (2). La qualité de cette eau potable moyenne est définie par des normes.

En l'absence de normes sénégalaises en la matière, nous nous appuyerons sur la circulaire du 15 Mars 1962 du Ministère de la Santé publique et de la Sécurité sociale français, prise en application du décret du 1^o Août 1961 et de l'arrêté du 10 Août 1961, ce dernier modifié par l'arrêté du 22 Mai 1973 (2) pour évaluer la qualité de l'eau consommée à Thiès, ce à partir de la feuille d'analyse présentée en annexe.

a) b)- CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

1- couleur

La couleur ne présente guère d'intérêt en elle-même, sinon comme susceptible, le cas échéant, de rebuter l'utilisateur. Nous soulignerons d'ailleurs que la belle couleur d'une eau (limpide)

ne garantit pas l'absence de germes pathogènes.

La couleur en mg/l de Pt/c° de l'eau prélevée au château d'eau 45 est bien inférieure à la valeur maximale acceptable qui est de 20 unités de l'échelle calorimétrique au platino-cobalt. Ceci d'ailleurs s'explique assez bien puisque les eaux profondes sont rarement colorées.

2. Saveur et odeur

Notre expérience de l'utilisation de l'eau distribuée à Thiès nous permet de conclure à une absence de saveur ou d'odeur désagréable pour cette eau.

c) CARACTERISTIQUES CHIMIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES

1- Résistivité électrique

En raison des sels qu'elle renferme, l'eau constitue un électrolyte très étendu. La résistivité électrique d'une eau peut donc mesurer globalement toute sa minéralisation. La résistivité varie en raison inverse de la minéralisation, la résistivité obtenue qui est de 1200 ohm-cm indique une minéralisation importante de (1500 à 1000 Ohm-Cm).

2- DURETE - TITRES HYDROTIMETRIQUE ET ALCALIMETRIQUE

La dureté d'une eau principalement due à la présence de sels de calcium et de magnésium se manifeste pratiquement, par une difficulté dans la cuisson des légumes et dans la production de mousse avec le savon.

La dureté totale ou titre hydrotimétrique (T-H) qui indique globalement la teneur en sels de Ca et Mg s'élève dans notre cas à 17° Fr. ce qui est inférieure à la valeur maximale désirable qui est de 30° Fr.

La dureté carbonatée, encore appelée titre alcalimétrique complet (TAC) indique globalement la teneur en carbonates et bicarbonates contenus dans l'eau. Dans notre cas, l'alcalinité représente pratiquement la teneur en bicarbonates car la teneur en carbonates est négligeable.

Cette dureté est aussi qualifiée de temporaire, car elle précipite lorsque l'eau est chauffée ; elle précipite aussi lorsque le Ph est augmentée.

3- Concentrations limites de certains éléments

Les résultats indiquent que l'eau analysée est pauvre en matière organique (2,3 mg/l) et en nitrates (0 mg/l) ce qui est une caractéristique d'une bonne eau d'alimentation. Toutefois, la présence d'acide nitreux (NO_2^0) à une concentration de 0,18 mg/l qui, est l'indice d'une nitrification incomplète ou d'une dénitrification commençante, appelle à notre avis une attention particulière en vue de la recherche de germes suspects éventuels dans l'eau analysée. En l'absence des résultats de l'examen bactériologique, nous ne pouvons que nous limiter à cette recommandation. Pour tous les autres éléments, les concentrations obtenues sont inférieures aux concentrations maximales préconisées.

d)- EQUILIBRE CARBONIQUE DE L'EAU - AGRESSIVITE

Une eau est dite "stable" par rapport au carbonate de calcium si, au contact d'un dépôt de CaCO_3 , elle ne le diminuera pas par dissolution et ne l'augmentera pas non plus par une précipitation additionnelle de carbonate de calcium.

L'équilibre des carbonates constitue un moyen d'inhiber la corrosion des parois métalliques en contact avec les eaux. Un film de CaCO_3 sera déposé à la surface métallique et par ailleurs, l'eau étant à l'équilibre, il n'y aura pas de formation d'un dépôt volumineux ayant pour conséquence de diminuer le diamètre d'une conduite ou de diminuer le transport de chaleur de certains accessoires.

Pour mesurer cette stabilité pour une eau, on utilise l'indice Langelier appelé aussi indice de saturation.

$$i_s = \text{pH}_{\text{mesuré}} - \text{pH}_{\text{saturation}}$$

Pour les résultats d'analyse présentés en annexe 3, nous établissons comme suit l'indice de saturation

Cet indice n'indique toutefois qu'une tendance. Une estimation quantitative du taux de dépôt dans les conduites ne saurait donc être basée uniquement sur l'indice de saturation. En effet, des changements se produisant au voisinage immédiat de la surface métallique soumise à la corrosion peuvent affecter et donc influencer à la fois le degré de saturation en CaCO_3 et d'autre part la vitesse de précipitation du CaCO_3 ⁽¹⁴⁾. Par ailleurs, la présence de matière organique peut modifier la formation du dépôt protecteur désiré.⁽ⁱ⁾

FORAGE F. 2			
composantes	mg / l	Poids moleculaire	moles / l
HCO_3^-	281	61	0,00461
Ca^{++}	64	40.1	0,00160
Mg^{++}	11.5	24.3	0,00047
Cl^-	42.6	35.5	0,00120

$$\begin{aligned}
 \text{charge ionique } (\text{HCO}_3^-) &= 0.5 \times 0,00461 \times 1 = 0,00231 \\
 (\text{Ca}^{++}) &= 0.5 \times 0,00160 \times 4 = 0,0032 \\
 (\text{Mg}^{++}) &= 0.5 \times 0,00047 \times 4 = 0,00094 \\
 (\text{Cl}^-) &= 0.5 \times 0,00120 \times 1 = 0,0006 \\
 &= \underline{0,00705}
 \end{aligned}$$

La température n'étant pas donnée nous la supposons égale à 25°C ; d'au utilisant la table jointe en annexe II : nous déterminons :

$$\begin{aligned}
 \text{Indice de Langelier} &= \text{pH} - \text{pH}_s \\
 \text{pH} - \text{pH}_s &= 6.6 - [(\text{p}K'_2 - \text{p}K'_s) - \log [\text{Ca}^{++}] - \log \text{alc}] \\
 - \log \text{alc} &= -\log [\text{Ca}_3^{2+} + \text{HCO}_3^-] = -\log (0,00231) = 2.64 \\
 \text{pH} - \text{pH}_s &= 6.6 - [2.25 + 2.8 + 2.64] = -1.09
 \end{aligned}$$

Il apparaît ainsi que l'eau analysée est agressive ; elle tend à solubiliser le CaCO_3 .

chateau d'eau			
composantes	mg / l	Poids moleculaire	moles / l
HCO_3^-	354	61.0	0.00580
Ca^{++}	44	40.1	0.00110
Mg^{++}	14	24.3	0.00058
Cl^-	28.4	35.5	0.00080

Notons : $\text{Cl}^- = 4^\circ \text{Fr}$

$$1^\circ \text{Fr} = \frac{N}{5000} = \frac{35500}{5000} = 7.1 \text{ mg}$$

$$4^\circ \text{Fr} = 4 \times 7.1 = 28.4 \text{ mg/l}$$

charge ionique :

$$[\text{HCO}_3^-] = 0.5 \times 0.0058 \times 1 = 0.0029$$

$$[\text{Ca}^{++}] = 0.5 \times 0.00110 \times 4 = 0.0022$$

$$[\text{Mg}^{++}] = 0.5 \times 0.00058 \times 4 = 0.00116$$

$$[\text{Cl}^-] = 0.5 \times 0.00080 \times 1 = \frac{0.00040}{0.00666}$$

Faisant les mêmes considerations que precedemment, nous determinons : $\text{pk}'_2 - \text{pk}'_s = 2.25$

d'où l'indice de Langelier qui sera :

$$\text{pH} - \text{pH}_s = 6.2 - [(\text{pk}'_2 - \text{pk}'_s) - \log [\text{Ca}^{++}] - \log a_{\text{Cl}^-}]$$

$$= 6.2 - [2.25 + 2.96 + 2.24]$$

$$= -1.25$$

L'eau est donc agressive (tend à solubiliser le CaCO_3).

Nous pouvons donc suggérer une correction de l'eau analysée par addition de chaux ceci pour en combattre l'agressivité.

E)- CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES

" C'est l'examen crucial, du moins sur un plan négatif, car il est évident que, si toute eau dépourvue de microbes pathogènes ne saurait être considérée ipso facto comme potable, l'inverse représente une vérité première dans les conceptions de l'hygiène qui découlent des découvertes pasteurienne⁽¹⁾.

Toutefois, nous n'avons pas pu disposer comme nous l'avons indiqué auparavant de résultats d'examens bactériologiques réalisés sur l'eau du réseau de Thiès. A ce propos nous ne pouvons donc que nous contenter des renseignements recueillis auprès du Chef de région de la SONEES, renseignements indiquant une bonne qualité bactériologique.

A ce propos toutefois, il est intéressant de rappeler qu'à l'heure actuelle, seul un traitement bactériologique par injection d'eau de Javel est réalisé. La stérilisation des eaux représente en effet le dernier barrage devant le microbe pathogène pour l'empêcher d'accéder à l'organisme humain.

On pourrait penser que, puisqu'à Thiès l'eau utilisée provient de nappes souterraines, la stérilisation n'est pas obligatoire, mais par simple précaution, cette désinfection s'impose car permettant de pouvoir faire face à une contamination passagère.

Le chlore, à l'état de traces dans l'eau, est très efficace il agit sur les diastases indispensables à la vie des germes microbiens qu'il détruit de ce fait et possède, de plus, un pouvoir oxydant très grand vis à vis des matières organiques.

A l'heure actuelle, la stérilisation par les hypochlorites est d'une façon générale le procédé de désinfection le plus simple, exigeant l'appareillage le plus réduit :

- Un ou plusieurs bacs de dilution et de stockage de la solution diluée;
- Un appareil doseur
- Un dispositif d'injection du liquide dosé dans l'eau à traiter et appelant le moins de problèmes.

Pour ces raisons nous recommandons le maintien de ce traitement d'autant plus que, l'hypochlorite de Soude est produite localement.

Il reste toutefois, qu'une plus grande importance doit être attachée à la dispersion rapide et violente de la solution stérilisante au sein de l'eau traitée; par ailleurs, une mesure du chlore résiduel à la distribution devrait être instituée.

VIII - VENTES D'EAU PARALLELES

Toutes les ressources hydrauliques appartiennent à l'Etat en application de la loi 65-69 du 19 Juillet 1965 relative à la production ou au captage, au transport et à la distribution de l'eau et de l'énergie électrique.

Il persiste néanmoins un accord tacite permettant aux particuliers de creuser des puits peu profonds à usage domestique ou pour le petit maraîchage. Le débit est alors limité en principe à 2 ou 3 m³/ Jour.

Ainsi il existe toujours dans la ville de Thiès des puits dont le nombre est actuellement difficile à estimer, qui représentent une source certaine d'approvisionnement pour les zones irrégulières et une petite source supplémentaire dans les quartiers desservis par le réseau^(b).

Nous soulignerons aussi l'existence de ventes d'eau parallèles. L'importance de ce réseau est aussi difficile à faire. La vente se pratique par bassines de 20l vendues à 25-30 CFA. L'eau est prise aux bornes fontaines et aux puits. C'est une forme de service permettant un allègement des travaux domestiques pour les membres de familles disposant d'un certain revenu. Aucune taxe n'est perçue par la municipalité.

Nous noterons d'autre part que la régie des chemins de fer possède un réseau d'alimentation en eau; mais la faible capacité de ce réseau et celle de l'ensemble des puits en place ne sauraient faire changer notre conclusion essentielle sur le déficit d'eau de la ville de Thiès.

INTRODUCTION.

Ecole Nationale Supérieure
de Chimie

L'évaluation du système en place en relation avec les besoins estimés pour 1978, la prévision de l'évolution de la demande pour l'année 1979, l'organisation de la fête nationale de l'indépendance appellent une amélioration importante du système en place ; amélioration qui par secteur, devra prendre les formes suivantes :

I)- APPROVISIONNEMENT

a)- Evaluation des besoins :

Pour les mêmes raisons que celles évoquées pour l'estimation de la demande en 1978, nous établirons comme suit la quantité d'eau qu'il faudrait distribuer à Thiès en 1979 dans le cadre d'une amélioration de la qualité du réseau d'alimentation

$$\begin{aligned} d_{1979} &= d_{1978} \times (1 + 0,01) = 100 \times 1,01 \\ &= 101 \text{ litres / pers / jour} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{1979} &= P_{1978} \times (1 + 0,053) = 130\ 100 \times 1,053 \\ &= 136\ 995 \text{ hbt/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{1979} &= d_{1979} \times P_{1979} = 101 \times 136\ 995 \\ &= 13\ 837 \text{ m}^3/\text{jour} \end{aligned}$$

Nous avons constaté dans la première partie de ce rapport que la capacité des forages en place est de 254 m³/h pour un fonctionnement optimal des pompes correspondant à 20 heures par jour. Nous notons d'autre part qu'il y a eu diminution des débits des forages depuis leur mise en place. Ainsi, par exemple, le F₃ qui donnait initialement 78 m³/h ne donne plus que 60 m³/h, et le F₄ qui donnait 70 m³/h donne actuellement à peine 40 m³/h. Il est légitime de penser que cette tendance à la baisse risque de persister.

En effet, cette baisse tient :

- 1°- à une baisse de la nappe souterraine, baisse qui a été illustrée dans la première partie de ce rapport;
- 2°- à un colmatage des vides de la couche aquifère ou de la crépine mise en place.

Dans ces conditions, il est permis, en conservant les mêmes forages, équipés des mêmes pompes que celles actuellement utilisés ou de leurs équivalents en caractéristiques, de prévoir pour 1979, une capacité de production légèrement inférieure à celle de 1978.

b)- Solutions à envisager

Pour résoudre le problème du déficit en eau, il existe un éventail de solutions que nous essaierons dans ce qui suit d'analyser

1- Optimisation de l'utilisation actuelle des équipements :

Si l'on note que le forage F₁ a été remis à neuf parce que son débit ayant baissé de 80 à 12 m³/h, la SONEES a voulu améliorer le débit du forage en renforçant le pompage mais, étant donné la vétusté du forage (c'est un forage qui date de 1945), la crépine a cédé, permettant une remontée de sable néfaste au bon fonctionnement des pompes ; on entrevoit assez bien le danger qu'il y a à vouloir augmenter le débit des forages en place par une utilisation de pompes plus puissantes.

De ce point de vue donc, tout au plus pourrait-on recourir à une régénération des puits existants ce qui en aucune façon, vu le nombre de forages en place, ne permettrait de couvrir immédiatement la demande de 1979 en eau.

2- Alimentation à partir du lac de GUIERS

Tout en reconnaissant la possibilité d'alimenter partiellement la ville de Thiès à partir de la conduite du lac de Guiers, nous soulignerons que cette solution ne saurait être envisagée à court terme, (nous reviendrons sur cette question dans nos prévisions à moyen terme). En effet, actuellement, pour donner à la ville de Dakar l'eau dont elle a besoin, l'on est obligé de fermer presque la totalité des prises d'eau alimen-

tées par la conduite du lac de Guiers : c'est le cas de Meckhé et de Tivaouane qui sont actuellement alimentées par des forages.

3- Réalisation de nouveaux ouvrages de captage

Si nous supposons 20 heures de pompage par jour, ce qui de l'avis du chef de région de la SONEES constitue le maximum raisonnable eu égard à la nature, à l'état des équipements en place et au mode d'opération, les 4 (quatre) forages actuels fourniront en 1979 environ :

$$254 \text{ m}^3/\text{h} \times 20 \text{ h/jour} = 5080 \text{ m}^3/\text{jour}$$

Estimant le débit d'un forage nouveau à $100 \text{ m}^3/\text{h}$ avec 20 heures de fonctionnement par jour soit une capacité de production de $2000 \text{ m}^3/\text{jour}$. Nous notons qu'il faudrait au moins :

$$\begin{aligned} & (\text{Demande} - \text{Capacité de production en place}) / 2000 \\ & = \frac{(13837 - 5080)}{2000} = 4,4 \end{aligned}$$

cinq forages supplémentaires pour couvrir les besoins moyens de 1979 toutefois, le nombre exact de forages à mettre en place doit en effet être déterminé en relation avec la capacité de réserve disponible et avec la pointe journalière ; ce qui constitue l'objet du paragraphe qui suit.

II)- STOCKAGE

Déjà pour 1978 à partir des prévisions de consommation d'eau le volume d'eau de 2500 m^3 stocké par les deux réservoirs existants est insuffisant . Il apparaît alors nécessaire d'accroître la capacité de réserve pour couvrir les besoins de 1979.

Si l'utilité des réservoirs semble contestée par certains techniciens dans le cas d'adduction par refoulement ⁽⁴⁾, il s'avère absolument indispensable de disposer d'un réservoir dans une adduction gravitaire (qui transite quotidiennement un débit sensiblement constant) pour pouvoir restituer l'eau au moment des heures de pointe.

Ces réservoirs constituent donc, un volant qui permet d'assurer aux heures de pointe, les débits maximaux demandés; de plus, ils permettent de combattre efficacement les incendies.

A cause des fluctuations importantes de la demande en eau attribuables à différents éléments, il y a lieu de distinguer dans le calcul de la réserve requise, les différentes composantes que sont:

- la réserve d'équilibre
- la réserve incendie
- les réserves d'urgence et de production

A) RESERVE D' EQUILIBRE

1. Estimation de la réserve d'équilibre

La réserve d'équilibre est définie comme étant la réserve nécessaire pour répondre à toutes les demandes en eau supérieures à la demande journalière maximale pouvant être satisfaite par l'usine.

Pour une adduction continue, ce volume correspond à l'aire comprise entre l'hydrogramme de consommation et la droite, représentant la consommation journalière maximale. Nous utiliserons l'équation empirique connue sous le nom de formule de GOODRICH qui permet de prévoir des pointes de consommation de diverses durées.

$$p = 180 t^{0,10}$$

p = Taux de consommation de pointe (pourcentage de la consommation moyenne).

$$\frac{2}{24} < t < 360 \text{ jours}$$

Cette formule étant d'un emploi assez généralisé en Amérique du Nord, et s'y appliquant surtout pour de petites villes^(h), nous l'adopterons pour notre étude faute d'avoir à notre disposition une étude locale des variations dans les consommations d'eau.

Ainsi, nous avons:

Pointe journalière (t=1), d'où p = 180%

Nous supposerons d'autre part comme la plupart des ingénieurs l'acceptent pour fins de calcul que chaque jour, durant l'heure de consommation maximum, le taux de consommation pour cette heure atteint 150% du taux moyen de cette journée.

Ainsi, nous admettrons dans ce qui suit que le débit maximal susceptible de sortir du réservoir au moment de la pointe horaire sera:

$$1,80 \times 1,50 \times a = 2,70 a$$

a = débit horaire moyen de distribution exprimé en m^3/h
 $= \frac{C}{24}$ valeur de la consommation journalière C répartie sur 24 h.

Cette valeur constitue une approximation réaliste du coefficient de pointe pour Thiès. D'après les statistiques on a constaté en effet que ce coefficient variait entre 1,15 et 4,30 et qu'une consommation industrielle importante par rapport à la consommation domestique a pour effet d'abaisser le coefficient⁽²⁾.

Les données disponibles au niveau de la SONEES ne nous ont pas permis d'établir une répartition détaillée dans le temps, des débits de distribution. Nous avons établi un hydrogramme fictif pour la journée de consommation maximale, qui s'inspire des indications de A. DUPONT⁽²⁾ pour l'estimation des débits sortants, mais s'appuie sur les informations et conseils qu'à bien voulu nous donner le chef de l'Agence régionale de la SONEES.

PERIODE	CONSUMMATION HORAIRE	CONSUMMATION CUMULEE
0h - 6h	0,75 a	4.50 a
6h - 7h	2.00 a	6.50 a
7h - 11h	2.50 a	16.50 a
11h - 15h	2.00 a	24.50 a
15h - 16h	1.90 a	26.40 a
16h - 18h	2.30 a	31.00 a
18h - 19h	2.70 a	33.70 a

19h - 20h	2,50 a	36,20 a
20h - 22h	2,00 a	40,20 a
22h - 24h	1,50 a	43,20 a

$$a = \frac{c}{24} = \frac{13\ 837}{24} = 576,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

La valeur de la réserve d'équilibre dépend de la capacité de pompage disponible.

Ainsi à partir de l'hydrogramme estimé joint en annexe 4 et utilisant la méthode de la courbe de masse pour l'estimation de la réserve d'équilibre, nous adopterons:

- Pour un pompage continu à débit uniformément réparti sur 24 heures une réserve (R) de 6,6 a soit

$$\frac{R_e}{\text{jour max. } 1,8 \times 24 \times a} = \frac{6,6 \text{ a}}{1,8 \times 24 \times a} = 15,28\%$$

Ce qui concorde assez bien avec les valeurs généralement admises qui varient de 15 à 20% .(4)

Le débit de pompage correspondant est la pente de la droite (A) soit 1,8 a .

- Pour un pompage à débit uniformément réparti sur 20h nous obtenons : une réserve d'équilibre de 4,5 a. Ce qui correspond à un débit horaire de pompage de 2,16 a.

2)- DUREE DES POMPAGES

Dans les installations importantes des grandes villes, il est de règle de fonctionner d'une manière continue, 24 h sur 24. L'alimentation des réservoirs s'effectuant ainsi d'une manière continue elle aussi.(2)

Pour les installations moyennes et petites, on a tendance, bien souvent à utiliser l'énergie d'heures creuses, donc de nuit, afin de réduire les frais d'exploitation, et dans bien des cas, la station est exploitée 10h sur 24.

Cette dernière conception est défendable quand il s'agit de relever des débits de faible importance. En effet, les groupes de faible puissance ont de mauvais rendement et, si l'exploitation était conduite à raison de 24 heures sur 24, les débits relevés seraient 2,4 fois plus faibles. Aussi, afin de rester dans une gamme de groupes rentables, préfère-t-on augmenter le débit horaire par l'artifice de la réduction du temps de pompage. Il apparaît que, pour des débits journaliers égaux ou inférieurs à $150-200 \text{ m}^3$, ce mode d'exploitation est à conseiller.

Cette restriction mise à part, il est bien certain que, dans le cas d'une exploitation par puits, la sollicitation continue d'une nappe sera toujours préférable à des pompages discontinus. Il s'établit, ainsi un certain équilibre dans l'écoulement souterrain duquel il en résulte, ordinairement, une constance dans la qualité des eaux pompées. Au contraire en pompages discontinus, par les mouvements de remontée et de descente de la nappe à l'occasion des arrêts et des reprises de pompage, il s'effectue un lessivage des terrains sous-jacents pouvant nuire à la qualité de l'eau. C'est ainsi qu'il n'est pas rare de constater, dans ce cas, une modification de la turbidité à la reprise du pompage, dans la craie notamment.

Enfin à l'actif de l'exploitation continue, il faut relever l'économie faite sur le diamètre de la conduite de refoulement, ce qui diminue les frais d'investissements. Les groupes électro-pompes fabriqués actuellement sont capables de fournir ce travail et c'est, semble-t-il, vers le mode d'exploitation continu qu'il faille s'orienter.

Toutefois pour 1979 nous suggérons d'utiliser un pompage uniforme s'étendant sur 20 heures. En effet, s'il est désirable d'adopter un pompage uniforme il apparaît aussi désirable d'étaler ce pompage sur une période inférieure à 24 h⁽³⁾.

Nous noterons pour le court terme les avantages de cette dernière conception du pompage pour le réseau de Thiès.

- la réserve d'équilibre est plus faible que pour le pompage continu ;
 - la réserve d'urgence et de production est aussi plus faible que pour le pompage continu. En effet, en cas de panne d'une des pompes le temps de pompage pour les autres pourrait être étendu pour pallier en partie aux effets de la panne etc...
 - La gestion technique est facilitée pour ce qui est de l'entretien préventif, du remplacement des équipements, puisqu'en dehors de la journée de consommation maximale, les pompes pourraient être arrêtées à tour de rôle l'une après l'autre suivant un programme tenant compte de la variation de la consommation, sans qu'il soit altérée la qualité du système pour ce qui est de la quantité d'eau à produire. Ceci étant moins aisé à réaliser avec un pompage continu.
 - Les sujétions techniques pour ce qui est du contrôle des opérations sont moins sévères et contraignantes que pour le pompage continu sur 24 heures. Compte tenu du faible volume du personnel en place et de sa qualification, ceci constitue à notre avis, un avantage primordial.
 - Par ailleurs, les avantages ci-dessus mentionnés pour le pompage continu peuvent être mis à profit moyennant une bonne organisation des opérations. Ainsi, on aura la possibilité de recourir à des groupes d'une puissance autorisant un bon rendement ; il s'agit en effet de relever un débit moyen de $13837 \text{ m}^3/\text{j}$. Il est aussi possible de parvenir à une sollicitation presque continue de la nappe souterraine, en décalant par exemple en dehors du jour de consommation maximale les périodes de pompages des forages.
 - d'autre part, en étalant le pompage sur une période inférieure à 24 heures, on parvient à réduire les frais d'exploitation en utilisant l'énergie d'heures creuses. A ce propos, notons que la SENELEC applique à la SONEES les taux suivants :
- | | |
|----------------|------------------------------|
| 18,57 cfa /Kw | hors des périodes de pointe |
| 34,20 cfa / Kw | pour les périodes de pointe. |

Si l'on sait que d'après les renseignements recueillis auprès du chef de région de la SONEES celle-ci pour thès consommation environ 180.000 Kw/mois, on perçoit assez bien l'économie qui peut être réalisée en concentrant au mieux le pompage en dehors des heures de pointe.

Compte tenu donc de ces avantages, de ce que la SONEES a acquise une expérience dans l'étalement du pompage sur une période de 20 heures et de ce qu'en cherchant à réduire la durée de pompage, on devrait disposer d'un plus grand nombre de forages, nous retiendrons dans ce qui suit, un pompage uniforme de 2,16a pendant 20 heures ce qui nécessitera alors une réserve d'équilibre de 4,5 a.

b)- RESERVE INCENDIE

La réserve incendie est définie comme étant la réserve en eau nécessaire pour éteindre une conflagration pouvant se produire au cours de la journée de consommation maximale. La durée et le débit de l'incendie seront estimés à partir des données (statistique des interventions du Corps National des Sapeurs Pompiers en 1977, liste des équipements en place) qui ont pu être mises à notre disposition par le Corps National des Sapeurs Pompiers.

Ainsi, les renseignements recueillis nous recommandent de prévoir:

- pour des feux de maison en dur : une durée des intervention des sapeurs pompiers de 45 minutes avec un débit en eau de $60 \text{ m}^3/\text{h}$
- pour des feux de cases paillettes: une durée d'intervention de 30 minutes avec des lances débitant ensemble $60 \text{ m}^3/\text{h}$

Nous noterons le cas exceptionnel que constitue le feu d'arachide de la Base qui a duré presque deux semaines dont l'extinction a nécessité la mise en oeuvre de 12 grosses lances, chacune de ces lances pouvant débiter $30 \text{ m}^3/\text{h}$. La longueur de la durée de cette intervention des sapeurs pompiers a en effet eu pour origine :

- un manque de bouches d'incendie à proximité du lieu de l'incident ;
- un retard mis à alerter les sapeurs ce qui fait qu'à l'arrivée de ces derniers, le feu avait pris une trop grande importance.

Et, nous sommes optimistes quant à ce qu'après ce gros désastre, les mesures prévues pour la protection contre l'incendie des établissements recevant du public ou offrant des risques spéciaux d'incendie étendue soient définitivement rendues effectives. Ce qui permettra : de réduire le délai entre le début d'un incendie et le début de l'intervention des sapeurs pompiers, de disposer sur le lieu de l'incendie des moyens autorisant une première lutte contre l'incendie naissante avant l'arrivée des pompiers, donc, d'éviter une rapide propagation incontrôlée du feu.

Compte tenu de ces éléments, nous adopterons une réserve d'incendie de 120 m³ qui correspond au minimum recommandé par les spécialistes français pour une agglomération moyenne. Cette réserve apparaît suffisante et raisonnable pour faire face à tous les incendies éventuels. Nous soulignerons d'ailleurs que si le niveau de l'eau dans les réservoirs est constamment surveillé l'importance du cube emmagasiné pour satisfaire les besoins normaux suffit ordinairement à combattre éventuellement un incendie⁽²⁾.

c) RESERVES D'URGENCE ET DE PRODUCTION

En règle générale, il est recommandé de stocker un certain volume d'eau permettant de faire face à des événements imprévisibles tels que bris de conduites, bris des pompes (réserves d'urgence), bris à l'usine (réserve de production).

Le volume de cette réserve dépend :

1. du danger d'interruption de l'alimentation du réservoir suite à une panne des ouvrages d'aménée d'eau
2. du temps nécessaire pour faire les réparations .

La réserve d'urgence répartie entre les différents réservoirs correspond à un volume pouvant varier entre 2 et 14 heures de la consommation journalière moyenne.

La réserve de production correspond pour sa part à environ 4 heures de production à la capacité nominale de l'usine

Etant donné qu'il est peu probable qu'un incendie majeur se produise le jour de la consommation maximale, immédiatement après une panne à l'usine et un bris de conduite maitresse, il n'est donc pas nécessaire de stocker en tout temps la somme des réserves antérieurement décrites. Pour ce qui est des réserves d'urgence et de production, on adopte en général un volume pouvant varier entre 6 et 10 heures du jour moyen. (5)

Aussi, vu le personnel technique en place (voir annexe:9 fort réduit, vu le matériel et les pièces de rechange en place, vu aussi le fait que cette équipe de techniciens doit s'occuper aussi des centres secondaires de distribution d'eau de la région, nous retiendrons pour l'ensemble des réserves d'urgence et de production, un volume de 8 heures du jour moyen soit, 8a. Ceci en tenant aussi compte de ce que le nombre de pompes et de forages à mettre en place et leur exploitation limitée à 20 heures pour la journée maximale autorise d'envisager en cas de déficience d'une pompe ou d'un forage ou d'une conduite de refoulement une exploitation exceptionnelle des autres forages pour réduire les effets de la panne.

D)- RESERVE GLOBALE

Nous pouvons retenir ce qui suit:

1- Réserve minimale

$$\begin{aligned} R_{\min} &= R_{\text{equil.}} + R_{\text{inc.}} \\ &= 4.5 a + 120 = 4.5 \times \frac{13837}{24} + 120 \\ &= 2714 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2- Réserve souhaitable

$$\begin{aligned} R_{\text{souh.}} &= R_{\text{equil.}} + R_{\text{inc.}} + R_{\text{urgence}} \\ &= 4.5 a + 120 + 6 a \\ &= 6174 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

disons 6hr du jour moyen

3- Réserve maximale = $R_{equil.} + R_{inc.} + R_{urg.} + prod.$
 = $4,5 a + 120 + 8 a = 7321 m^3$

Ceci pour un pompage uniforme sur 20 heures de

$$2.16 a = 2.16 \times \frac{13837}{24} = 1245 m^3/h$$

III- RECOMMANDATIONS GENERALES
 =====

Il s'agit donc, pour satisfaire les besoins immédiats de 1979

- D'améliorer le système pour parvenir à une capacité de pompage de $1245 m^3/h$. Ce qui nécessite, si nous estimons le débit d'un forage nouveau à $100 m^3/h$ avec 20 heures de fonctionnement⁽³⁾ et si nous tenons compte de la capacité des installations en place, la réalisation de :

$$(1245 - 254)/100 = 9,92$$

soit dix forages supplémentaires.

- De réaliser de nouveaux réservoirs qui avec l'aide de ceux qui existent déjà formeront un ensemble pouvant emmagasiner la réserve souhaitable qui s'élève à $6174 m^3$. Ceci ne constitue qu'une option trouvant sa justification dans ce qui précède et qui pour ces raisons a obtenu notre faveur. L'autre option qui a déjà été indiqué consiste à envisager :

- un pompage continu à raison de $1212 m^3/h$ ce qui appellerait la réalisation de $(1038 - 254)/100 = 7,84$ soit 8 forages supplémentaires. La construction de réservoirs qui avec ceux qui sont en place donneraient :

- une capacité minimale de : $6,6a + 120 = 3925 m^3$
- une capacité maximale de : $6,6 + 120 + 9a = 9114 m^3$
- une capacité souhaitable de : $6,6 + 120 + 7a = 7961 m^3$

Le choix à faire entre ces deux options qui nous semblent, vu les avantages techniques qu'ils offrent, être les deux seules à devoir être considérées pour l'amélioration à court terme du système de Thiès, devrait nous en convenons être basé en grande partie sur une comparaison économique qui tiendrait compte pour chaque option non seulement des dépenses d'immobilisation et d'exploitation, mais surtout de leur répartition dans le temps. La méthode de la valeur actuelle nette pourrait à ce propos être utilisée de manière très bénéfique. Ne possédant pas assez d'éléments pour faire ce calcul de rentabilité, nous avons préféré fonder notre choix uniquement sur les critères techniques de sécurité et de simplicité d'opération indiqués ci dessus.

IV- CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR PREVU.

A) - TYPE DE RESERVOIR :

Au Sénégal, jusqu'à maintenant, les réservoirs, métalliques ne sont utilisés que pour équiper les établissements industriels importants et quelques rares petites localités ou propriétés privées. Certes, l'étanchéité de la cuve ne pose pas de problèmes avec les constructions soudées et les possibilités de formage et d'emboutissage actuelles qui en outre, permettent de réaliser des ensembles tour-réservoir audacieux et variés. Mais, ces cuves en tôle présentent, outre leurs sujétions d'entretien, l'inconvénient de ne pas mettre l'eau à l'abri des variations de température.

Compte tenu de ces considérations et de ce qu'actuellement au Sénégal, les réservoirs en béton armé constituent le mode de construction le plus fréquent pour ce genre d'ouvrage, nous ~~adoptons~~ adoptons des réservoirs en béton armé. En faveur de cette option nous pouvons noter entre autres arguments :

- Le béton n'est pas sujet à la rouille ;
- Le béton protège mieux l'eau contre les variations de température;
- Le Sénégal dispose d'une cimenterie.

b) NOMBRE DE RESERVOIRS

f1)- Dimension maximale en plan

Une considération importante est celle de la dimension maximale en plan qui est limitée par les conditions de déformation. La déformation doit en effet être suffisamment réduite pour que le réservoir garde ses qualités d'étanchéité.

Considérant un réservoir de diamètre d dont l'acier des cerces travaille à une contrainte σ_a (compte tenu de la traction équilibrée par le béton). L'augmentation du diamètre est :

$$\Delta d = d \times \frac{\sigma_a}{E_a}$$

$$\sigma_a = 400 \text{ bars}$$

$$\Delta d = d \times \frac{400}{2 \times 10^6} = d \times \frac{0.2}{1000}$$

L'allongement du béton introduisant cette augmentation de diamètre donne sur le périmètre du réservoir un allongement $\Delta l = \pi \Delta d$

Bien entendu, Δd et Δl sont proportionnels à d . Par conséquent, le béton de la paroi s'allongera peu pour les petits diamètres et beaucoup pour les grands. Mais les allongements relatifs ($\Delta l/l$ et $\Delta d/d$) sont constants, quel que soit le diamètre. Le "risque théorique" de fissuration du béton et par suite de fuite d'un réservoir ne dépend donc pas du diamètre, il est aussi grand pour un petit ouvrage que pour un grand. Par contre, le "risque pratique" d'une mauvaise étanchéité est beaucoup plus important pour un grand réservoir. En effet, si la répartition des allongements était uniforme, les gros réservoirs ne seraient pas plus défavorisés que les petits ; mais en réalité, la paroi est hétérogène, soit à cause du béton, soit du fait de l'acier, soit en raison de l'un et de l'autre et les allongements se localisent en quelques points où les fissures, s'il s'en produit, ne restent pas capillaires, mais au contraire, risquent de s'ouvrir en grand. C'est bien ce qu'on constate en pratique : les fissures ont tendance à s'ouvrir plus largement sur les gros réservoirs que sur les petits.

D'où la notion d'un "diamètre maximal " au delà duquel il y a un trop grand risque de fissuration. On estime cette limite à 26-30 m environ ⁽²⁾. Cependant, il est difficile d'être plus précis dans ce domaine, certains réservoirs de plus grands diamètres se comportant bien. Nous suggérons toutefois de rester dans les limites ci-dessus indiquées pour le réservoir prévu à thiès compte tenu de ce que le bon comportement de réservoirs de grands diamètres requiert une extension particulièrement soignée et un contrôle très rigoureux qui dans notre contexte national actuel ne semble pas être aisé à réaliser

(2)- FORME EN PLAN

La forme en plan peut être quelconque. Toutefois, la forme circulaire pour les deux raisons qui suivent est la moins coûteuse bien que la plupart du temps, les petits réservoirs soient carrés ou rectangulaires.

- A volume et hauteur donnés, donc, à surface en plan S donnée le développement de paroi le plus faible conduira au réservoir le moins coûteux

Or le périmètre d'un carré de surface S est :

$$P = 4 \sqrt{S}$$

celui d'un cercle est :

$$P' = \sqrt{4\pi S} = 3,57 \sqrt{S}$$

celui d'un rectangle de côtés a et b = k a , avec k > 1.0 est

$$P'' = \frac{2(k+1)\sqrt{k}}{k} \times \sqrt{S} = \gamma \sqrt{S}$$

soit pour

k = 1	2	3	4
$\gamma = 4$	4.23	4.61	5.00

- Les réservoirs sont soumis à la pression hydrostatique du liquide contenu et on sait que la figure d'équilibre des pressions radiales uniformes est un cercle. Un réservoir circulaire ne sera donc soumis qu'à un effort normal de traction ⁽⁸⁾.

Si p est la pression uniforme, l'effort normal sera :

$$F = p \frac{d}{2}$$

$$\text{Mais, } d = \sqrt{\frac{4s}{\pi}} = 1.13 \sqrt{s}$$

$$\text{d'où } F = 0.565 p \sqrt{s}$$

Dans un réservoir carré de côté $a = \sqrt{s}$, l'effort normal est :

$$F = \frac{p a}{2} = \frac{p \sqrt{s}}{2} = 0.500 p \sqrt{s}$$

Il est légèrement plus petit que dans le cas du réservoir circulaire, mais par contre, la paroi sera soumise à un important moment de flexion

$$M = \frac{p a^2}{12} = \frac{p s}{12}$$

qui nécessitera beaucoup plus de béton et d'acier. D'une manière générale, il apparaît donc que "les parois de révolution ont sur les parois planes l'avantage d'assurer une plus grande régularité au travail d'extension des aciers et de compression du béton". On voit d'ailleurs que le réservoir carré est beaucoup plus coûteux tant en béton qu'en acier, en coffrage (périmètre de 12% plus élevé) et en étanchéité.

Les sujétions d'exécution :

- mise en place des armatures
- fabrication des coffrages
- etc...

sont généralement plus contraignantes pour les parois de révolution ce qui devient un élément important dans le choix de la forme en plan pour les petits réservoirs, mais reste secondaire par rapport aux avantages ci-dessus indiqués pour les châteaux d'eau de moyenne ou grande capacité. Puisqu'ainsi il apparaît "irrationnel de chercher pour un réservoir une autre forme autre que circulaire", (8) nous adopterons pour notre réservoir une forme en plan circulaire compte tenu de la taille de nos réservoirs.

(3)- HAUTEUR DE LA CUVE

La régulation des pressions sur le réseau de desserte doit constituer un élément essentiel dans la recherche de la solution économique. Ainsi, les hauteurs exigées qui donneraient dans le réseau, des variations de pressions trop grandes, sont à éviter ;

tout compte fait, "la hauteur de l'eau dans la cuve doit être comprise entre 3 et 6 m ; 4 à 5 m est une bonne moyenne. Toutefois, les réservoirs de grandes capacités des agglomérations importantes peuvent présenter des hauteurs d'eau de l'ordre de 7 à 8 m voire quelque fois 10 m⁽²⁾. Pour le réseau de thiers, nous estimons que pour

- limiter les efforts pouvant amener les conduites à se fissurer;
- ménager les joints, et les organes accessoires qui, avec les raccords en particulier, ceux des branchements particuliers sur les conduites publiques, représentent des points névralgiques dont les fuites, en se totalisant, contribuent à l'importance globale des pertes sur la distribution:

Une épaisseur de la tranche d'eau égale à 6 m serait convenable.

D'autant plus que les efforts dans les parois et sur le fond étant proportionnels à la hauteur de liquide, on conçoit qu'on doive chercher à priori à la réduire quitte à choisir une plus grande dimension en plan.

En supposant une cuve cylindrique, on s'aperçoit, compte tenu des considérations ci-dessus qu'on peut disposer d'une réserve de :

$$V = \frac{\pi D_{max}^2}{4} \times h$$

$$= \pi \times \frac{30^2}{4} \times 6 = 4241 \text{ m}^3$$

Or la réserve souhaitable s'élève pour 1979 à 6174 m³ ce qui compte tenu la capacité de réserve actuellement disponible nécessite la construction de réservoirs supplémentaires dont la capacité serait de : 6174 - (1000 + 1500) = 3674 m³

Il apparait donc qu'un seul réservoir à cuve cylindrique pourrait convenir. Toutefois, pour des raisons de flexibilité, il serait possible d'envisager la réalisation de deux châteaux d'eau de dimension moyenne dont la capacité serait supérieure ou égale à 3674 m³. Cette dernière solution offrirait aussi l'avantage de mieux répartir les pressions à travers la ville. Il reste que la première solution est susceptible d'être de loin la moins coû-

teuse, tant pour ce qui est du coût de construction que du coût d'entretien et d'opération? Par ailleurs, la réalisation d'un seul château d'eau de grande capacité permettra de desservir l'étage de consommation" le plus élevé dans les meilleures conditions et du fait de l'élévation de son radier pourra assez aisément venir au secours des autres secteurs situés à un niveau relativement plus bas.

Certes le choix définitif entre ces deux options exigerait au préalable :

- une étude économique faisant intervenir les coûts de construction, les coûts d'opération, les coûts d'entretien ;
- une étude technique poussée concernant l'optimisation des longueurs des conduites de refoulement, une simulation du réseau sous différentes conditions d'opération (consommation horaire maximale, consommation journalière maximum + débit d'incendie etc...), la flexibilité et la sécurité d'opération du système.

Mais, compte tenu des objectifs que nous nous sommes fixés, des moyens mis à notre disposition et du temps qui nous est imparti, nous nous baserons sur les constatations et remarques précédentes pour porter notre choix sur la réalisation d'un château d'eau unique en béton de capacité 3700 m³.

c)- EMPLACEMENT DU RESERVOIR

En première approximation, l'emplacement sera généralement choisi de manière à réduire autant que possible le réseau de distribution s'il y a adduction par gravité, ou la longueur du refoulement s'il y a pompage. Mais, dans certains cas, le relief et la nature du sol, aussi bien que les disponibilités en terrains libres pourront être d'une importance décisive ⁽²⁾.

1. compte tenu des avantages offerts par la distribution étagée

- possibilité de maintenir des pressions admissibles dans le réseau (de l'ordre de 12 à 30 m)
- possibilité d'indépendance ou de secours réciproque
- répartition des réservoirs entre les différentes zones de consommation autorisant une limitation du dé-

-veloppement en longueur des conduites-maîtresses de distribution, et une simplification des dispositions des schémas; Nous recommanderons d'implanter le château d'eau à la cote 90 m, ce qui permettra de constituer un troisième étage de consommation et d'améliorer la qualité du service d'alimentation pour les zones où la cote prézométrique exigée par le réseau ne pourrait être atteinte avec les réservoirs en place situés à un niveau relativement bas.

2- Par ailleurs, nous basant sur les résultats de la simulation de l'ossature de conduites-maîtresses proposée (annexe 8), nous constatons qu'il sera aisé en construisant le château d'eau à la cote 90 m d'établir des pressions acceptables aux noeuds où ces pressions sont trop faibles.

3- L'emplacement du château d'eau aux environs de la STS correspond d'autre part, (en consultant le plan directeur d'Urbanisme de Thiès) à un point autour duquel se développeront : une vaste zone industrielle, un important centre commercial et la zone de parcelles assainies ; ce qui est en fait un emplacement de tout premier choix.

Pour ces multiples raisons, nous proposerons de réaliser le château d'eau au voisinage de la STS à la cote 90 m

D)- CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU RESERVOIR

Sans entrer ici dans le détail de la conception du château d'eau, nous tenterons de dégager les principales caractéristiques du réservoir qui répondra à notre avis le mieux aux besoins du réseau d'alimentation d'eau de Thiès.

(1)- COTE DU RADIÉRIER.

Il apparaît évident, compte tenu de la topographie des lieux, que pour assurer une distribution gravitaire correcte (avec des pressions acceptables et des débits adéquats) sans un pompage excessif, on ne pourrait se satisfaire de la réalisation de réservoirs enterrés ou semi enterrés, seuls les réservoirs surélevés s'imposent pour Thiès (comme c'est actuellement le cas).

L'altitude de la cuve, et plus précisément, celle

de son radier doit se situer à un niveau supérieur à la plus haute cote piézométrique exigée sur le réseau. En première approximation, l'altitude du radier de la cuve se déterminera donc à partir de la perte de charge entre le réservoir et le point de plus haute cote piézométrique à desservir. Pour cela, nous utiliserons les tables de perte de charge calculées à partir de la formule de Colebrook⁽²⁾

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{k}{3.7 D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right]$$

le calcul de j ayant été effectué à partir de la formule universelle

$$j = \lambda \frac{V^2}{2 g D}$$

Pour les conduites de distribution : $K = 10^{-3}$. Toutefois, si l'on désire avoir une bonne sécurité et pour tenir compte de l'accroissement éventuel de la consommation, de l'incertitude du sens réel d'écoulement dans un réseau maillé, de la présence possible de dépôts en certains endroits, le coefficient $k = 2 \times 10^{-3}$ apporte tous apaisements désirables;

Il est souhaitable d'éviter, sans que cette condition soit impérative; les vitesses supérieures à 1 m/s, de même que celles inférieures à 0,50 m/s. Les faibles vitesses favorisent en effet la formation de dépôts et une éventuelle contamination bactériologique du réseau, alors que les grandes vitesses augmentent les pertes de charge comme l'indique la formule (1) et altèrent plus rapidement les conduites.

Pour l'estimation de la perte de charge maximale, nous procéderons comme suit :

ϕ conduite (mm)	K	V (m/s)	j	L (m)	Δh (m)
200	2×10^{-3}	0,90	0,007824	2000	15,6
250	2×10^{-3}	0,85	0,005159	2000	10,3
300	2×10^{-3}	0,85	0,004064	2000	8,1

ϕ conduite (mm)	K	V (m/s)	j	L (m)	ΔR (m)
150	2×10^{-3}	0,85	0,010 329	2000	20,7
200	2×10^{-3}	1,00	0,00 9659	2000	19,3

D'après ce tableau et compte tenu des diamètres des conduites-maîtresses susceptibles d'être utilisées, de l'étendue et des altitudes de la zone devant constituer le nouvel étage de distribution, nous pouvons approximer la plus haute cote piézométrique à $85 + 20\text{m} = 105\text{m}$ ce qui appellerait une cote du radier de la cuve égale à 105 soit une altitude du sol égale à $105 - 90 = 15\text{m}$.

Il ne saurait cependant être trop recommandé d'être prudent pour la détermination de cette-côte de radier et de penser aux extensions futures de l'agglomération. Toute extension entraînant un allongement du réseau, donc, une augmentation des pertes de charge, pour réserver l'avenir, nous adopterons pour le radier de la cuve, une altitude au sol égale à 20 m.

b)- FORME DE LA CUVE

On a beaucoup utilisé les cuves cylindriques, sous l'aspect du type "champignon", (réservoir à cuve tronconique classique) ; mais on leur reproche de déparer nombre de paysages et l'on recommande présentement de rechercher des solutions qui, fut-ce au prix d'un léger supplément de dépenses, respectent mieux les exigences de l'esthétique.

Cette recherche d'un aspect acceptable n'a pas toujours été le souci dominant des ingénieurs responsables de ces constructions. A la décharge de ces ingénieurs, on doit dire que ces "réservoirs types" sont logiques et fonctionnels ; ils permettent d'emmagasiner le volume prévu dans de bonnes conditions économiques⁽⁸⁾.

Notons toutefois, que la cuve évasée qui permet de placer le plus haut possible le plus grand volume possible est plus recommandé sur le plan technique que la cuve cylindrique. Nous porterons donc notre choix sur un château d'eau à cuve évasée (cônique vers le bas)

qui comme indiqué ci-dessus répond excellentement à l'objet technique de cette d'ouvrage et qui par ailleurs est susceptible d'ajouter un élément de beauté au décor urbain. D'autant plus que l'utilisation de ce genre de cuve se multiplie au Sénégal (Méckhé, Touba, Bignona etc...) ce qui indique assez bien qu'une expérience assez riche a été acquise dans ce domaine au niveau national et africain (réservoir de Cocody de 2000 m³ à Abidjan etc...)

Nous suggérons de subdiviser la cuve en deux compartiments ce qui accroîtra de beaucoup la souplesse du système. Il sera en effet ainsi possible éventuellement, tout en utilisant l'un des compartiments, d'isoler l'autre compartiment pour faire des réparations, des nettoyages etc...

c)- FONDS DE LA CUVE

Le fonds se traite soit en dalle épaisse plane, soit en coupole comprimée, soit en coupole tendue ou en tronç de cone, soit en coupole avec tore périphérique. Notons toutefois que la coupole comprimée offre l'avantage d'utiliser au mieux le béton ; en effet, on sait que le béton résiste beaucoup mieux à la compression qu'à la traction - de 8 à 12 fois plus ⁽⁸⁾, ce qui, pour la coupole comprimée nous autorisera d'utiliser beaucoup moins d'acier ce qui est très important si on se rappelle que le Sénégal qui possède une cimenterie ne produit pas encore d'acier. Par ailleurs, en utilisant le béton en compression, on réduit les risques de fissuration et par là, on contribue à l'obtention d'une bonne étanchéité s'imposant d'une manière toute particulière pour de tels ouvrages.

Compte tenu de ce qui précède, nous suggérons pour le fond de la cuve une coupole comprimée rejoignant par là d'ailleurs l'avis de plusieurs auteurs dont P. KOCH qui indique que " lorsque, s'agissant d'un réservoir surélevé, on monte la cuve, soit sur une tour en maçonnerie ou en béton armé ", soit sur des piliers en béton armé, on donne de préférence au fond de la cuve la forme d'une calotte sphérique tournant sa convexité vers le haut. ⁽¹⁾

d) COUVERTURE

Les Instructions générales du Conseil Supérieur de l'Hygiène de la France énoncent que " la couverture des réservoirs est indispensable ", elle met en effet les eaux à l'abri de la lumière,

des variations de température et des causes de pollution par la surface, voire par la projection d'objets divers; cette couverture peut prendre des formes fort multiples ⁽¹⁾; toute forme permettant une évacuation rapide et aisée des eaux de pluie et autres en général peut convenir. La couverture en coupole étant la plus utilisée, quelle que soit la capacité du réservoir ⁽⁸⁾, nous en suggérons l'utilisation pour notre réservoir.

Notons que la couverture est dotée de différents organes : cheminée d'accès, trappes de visite, dispositifs d'aération.

- les accès à la cuve et à la couverture du réservoir se feront par l'intérieur pour des raisons de sécurité évidentes. On ménagera pour cela, dans l'axe de la cuve, une cheminée verticale traversant la cuve de 1,50 m environ de diamètre. On utilisera pour l'ascension un escalier et on ménagera des paliers de repos sur la hauteur? Notons que si l'échelle est moins coûteuse, l'escalier est de loin plus commode et ainsi facilitera grandement l'ascension à l'occasion des visites, des nettoyages, de réparations éventuelles et d'opérations géodésiques.

- la trappe de visite consistera essentiellement en une porte posée horizontalement sur la cheminée d'accès au niveau de la couverture.

- Afin que l'échappement de l'air s'opère facilement au moment du remplissage, on ménagera des cheminées d'aération. En accord avec les Instructions générales du C.S.H. ⁽¹⁾ qui énoncent : " les regards et prises d'air des réservoirs seront munis d'un dispositif empêchant la pénétration des animaux, notamment des insectes, ainsi que de toute matière étrangère ; on ne devra, notamment, aménager aucune ouverture à l'aplomb de la surface de l'eau ; nous suggérons l'aménagement d'ouvertures grillagées latérales sur un châssis prolongeant la cheminée d'accès au dessus de la couverture.

On réservera en outre en couverture :

- Une gargouille, pour l'évacuation des eaux de pluie
- une corniche de pourtour servant de garde-fou et permettant une remontée correcte de l'étanchéité de couverture.

COMPARTIMENTAGE :

En vue de faciliter des nettoyages périodiques prescrits par les règlements et les réparations, nous suggérons un compartimentage du réservoir.

Outre d'ailleurs ces raisons, " le fractionnement des réservoirs permet de pallier les effets de dilatation et de retrait qui nuiraient à leur bonne tenue. Nous diviserons la cuve par une cloison séparatrice.

e)- PYLONE

Le pylone, support de cuve peut revêtir deux aspects : pylone sur poteaux ou pylone sur tour. Nous choisirons un pylone sur tour qui offre les avantages suivants :

- l'aspect esthétique plus facile à obtenir,
- le prix de revient généralement moins élevé ⁽⁸⁾ (page 303 de (8)
- possibilité de grouper les différents organes de manoeuvre du réservoir et éviter les fausses manoeuvres), en un endroit clos,
- l'accès de la couverture et des différents organes de manoeuvres est facilité.

(schéma du réservoir proposé
se trouve dans la pochette jointe)

INTRODUCTION :

L'homme moderne éprouve de plus en plus de difficultés à étancher sa soif ; plus il devient raffiné, plus il consomme d'eau. Encore faut-il rappeler que la consommation domestique ne constitue que l'un des postes du bilan de l'eau. En fait, l'évolution du niveau de vie d'un pays entraîne un accroissement des besoins en eau du commerce, de l'industrie, des services publics, des installations productrices d'énergie et de bien d'autres usagers.

Lorsqu'on considère l'augmentation incessante de la demande par habitant et la croissance non moins inquiétante de la population, on conçoit que l'approvisionnement en eau puisse poser des problèmes sans cesse plus complexes. Nous allons essayer de jeter les bases d'un plan directeur d'aqueduc pour la ville de Thiès : plan qui sera plus un outil dynamique de décision et de réalisation qu'un document de base définissant pour les besoins futurs l'ossature d'un réseau rationnel, adéquat et économique.

Pour essayer de retrouver les principaux éléments du plan directeur, il importe de comprendre que la planification doit se faire dans un " milieu physique " donné, qu'elle doit tenir compte des " équipements déjà en place ", qu'elle doit répondre à des " besoins, qu'il existe " différentes options " pour les satisfaire et qu'enfin, la planification doit permettre un choix.

1°) - MILIEU PHYSIQUE

A/ - TOPOGRAPHIE :

Il ne nous a pas été possible malgré tous nos efforts dans ce sens de nous procurer une carte topographique de la ville. De la seule carte disponible (carte réalisée par le U.S. ARMY).

Nous retiendrons que les altitudes à travers la ville varient de 92 m à 57,0m, et que les lignes de plus grande pente ont une direction (Sud-Ouest) - (Nord - Est).

B/ - RESSOURCES EN EAU :

Peu avantagé par la pluviométrie, le Sénégal est, dans le concert des états africains l'un des pays les plus particulièrement favorisés par la nature en ce qui concerne les ressources d'eau souterraines utilisables.

D'une façon générale, les nappes utilisables sont situées entre la surface du sol et 500 à 550 mètres de profondeur, L'eau souterraine est partout, sauf dans le triangle Sud-Est où le socle ancien affleure (Sénégal Oriental).

Thiès est situé dans les marnes et calcaires tertiaires du lutetien inférieure. Nous donnons en annexe 10 quelques schémas et cartes illustrant la répartition à travers le territoire national des principales nappes d'eau souterraines qui peuvent être classées en deux catégories :

a) les nappes phréatiques ou superficielles.

que l'on trouve généralement entre quelques mètres de la surface du sol et 30 et 40 mètres de profondeur, mais qui peuvent en certains endroits dépasser 100 mètres. Ces nappes se trouvent parfois superposées et séparées entre elles par des couches de terrains imperméables, marnes ou argiles.

b) une nappe plus profonde ou maestrichtienne, captive et semi-artésienne, cette dernière, située dans les formation maestrichtiennes est généralement rencontrée entre 200 et 400 mètres, mais on la trouve parfois à 100 mètres ou à plus de 500 mètres.

La ville de Thiès située dans les marnes et calcaires du lutetien dispose comme on le voit sur les schémas joints en annexe 10 de grandes potentialités pour son alimentation en eau à partir des nappes souterraines. La nappe des sables du maestrichtien a, par des

forages de 350 mètres de profondeur, fourni une eau de bonne qualité avec un bon débit spécifique. Il apparaît intéressant de poursuivre l'exploitation de cette nappe aquifère qui a l'avantage de fournir une eau avec un faible prix de revient.

Toutefois, il existe une deuxième solution qui pourrait éventuellement apparaître satisfaisante : alimenter partiellement la ville de Thiès à partir de la conduite Lac de Guiers - Dakar, l'eau du Lac de Guiers servant alors à combler les pointes de consommation cette solution permettrait d'éviter une surexploitation possible des nappes souterraines. Tout en admettant l'existence de cette possibilité. Force nous est de reconnaître qu'il faudra d'abord attendre la régularisation du niveau du fleuve Sénégal par les barrages de l'OMVS avant de pouvoir concrètement mettre en oeuvre cette possibilité.

Vu donc cette situation et surtout le fait que l'étude de la demande en eau le long de la conduite du Lac de Guiers nous conduirait à des développements très longs nécessitant des données que nous n'avons pas, malgré nos efforts, pu regrouper, nous ignorerons dans l'analyse quantitative qui va suivre cette possibilité.

Sur la quasi totalité du pays l'eau de la nappe maestrichtienne est favorable à l'usage humain et animal étant peu acide et contenant de bons éléments minéraux (avec quelques exceptions : Kaolack, fluor en excès). La moitié de l'aquifère en effet contient une eau dont le résidu sec ne dépasse pas 500 mg/l. Par ailleurs, la nappe douce repose directement sur le substratum imperméable dans toute la partie située à l'est du Méridien 14° 30', ce fait garantissant la permanence, à l'échelle humaine d'une bonne qualité.

C / RESEAU D'AQUEDUC EXISTANT :

Un éventaire sérieux et une évaluation poussée des réseaux déjà en place et de leurs équipements d'infrastructure tels que forages conduites d'amenée ont déjà été réalisées dans la première partie de ce rapport et on s'y référera au besoin.

II / - EVOLUTION DE LA DEMANDE EN EAU

Pour une bonne planification il faut connaître de façon précise la répartition spatiale, temporelle et quantitative de la demande en eau à court terme. En vue d'une telle connaissance, nous procéderons à une étude démographique, en relation avec le plan d'occupation du territoire puis à une analyse de la structure de la consommation.

A/ DEMOGRAPHIE :

Les populations sont augmentées par les **naissances**, par l'annexion et par l'immigration ; elles sont **diminuées** par les décès et par l'émigration. Des facteurs économiques et sociaux interviennent qui rendent difficile la prévision du comportement des populations, ce qui nous amène à reconnaître qu'aucune méthode d'estimation n'est parfaite ; ces méthodes ne sont **que** des aides utiles pour aider le concepteur à formuler un jugement.

Si dans certains pays des services statistiques mieux dotés ont réussi à établir des relations entre la population d'une part et des facteurs sociaux d'autre part tels que le nombre d'écoliers, le nombre de services d'eau etc; au Sénégal, les recensements constituent notre seule source d'information ; nous noterons d'ailleurs que c'est la meilleure source d'information lorsque disponible. Nous donnons en annexe 1, des chiffres donnant une idée de l'évolution de la population de Thiès.

L'examen de la courbe des populations tracée sur papier arithmétique avec les données disponibles laisse apparaître que la population actuelle de Thiès se situe dans la **première** portion de sa courbe caractéristique en S (courbe qui est commune à toutes les populations). Son accroissement est par conséquent géométrique, ce qui d'ailleurs concorde assez bien avec les caractéristiques de la population de Thiès : jeune, et en développement rapide.

Entre 1971 et 1976 le Sénégal a connu un taux d'urbanisation de 5% et la ville de Dakar une croissance estimée de 5,5%. Tout porte...

... à croire que ces taux de croissance vont vraisemblablement demeurer jusqu'en l'an 2 000. Ceci essentiellement pour les raisons qui suivent :

- Cette population est très "jeune" (les moins de 15 ans représentent les 44% de la population totale) et dotée d'un taux de fécondité élevé 6,44 ; son taux brut de natalité est supérieur à 48 pour mille. Par ailleurs, le taux de natalité (20 pour mille) est très fortement influencé par une mortalité infantile encore très marquée, surtout en milieu rural, que l'amélioration des conditions sanitaires pourrait sensiblement réduire dans des délais relativement brefs. La regression certaine de la mortalité a donc peu de chances d'être accompagnée d'une réduction parallèle de la fécondité. Ce qui laisse supposer que le taux d'accroissement de la population Sénégalaise (27%) persistera encore longtemps d'autant plus que le Sénégal est un pays dont la population à majorité musulmane assiste à un développement continu des infrastructures sanitaires et à une amélioration très nette de ses conditions d'hygiène (projets d'assainissement des villes etc...).

Les migrations permanentes, imputables au double effet d'attraction des villes et de répulsion des zones rurales lorsque les conditions économiques se détériorent, persisteront. Il est même légitime de supposer que ces migrations, du fait du cycle de sécheresse qui accable présentement notre pays et ses voisins du Sahel accroîtront de manière particulièrement intense les populations des grandes villes du littoral atlantique aussi bien que des zones qui offrent une source de revenus non agricoles.

Il apparaît donc fortement justifiable d'estimer que pour la ville de Thiès, un taux de croissance de 5,3% qui correspond au dernier moyen terme (annexe 1) se maintiendra encore jusqu'aux abords de l'an 2 000. D'autant plus que la ville de Thiès particulièrement marquée par le phénomène de concentration urbaine, spécialement pour les raisons qui suivent :

1. Thiès, depuis le départ des troupes de l'Armée Française, a cessé d'être une ville garnison pour devenir un centre à vocation industrielle et le second pôle d'équilibre de l'axe métropolitain Dakar-Thiès.

2. L'infrastructure économique, sociale et sanitaire offre aux immigrants l'attrait d'une implantation aisée. L'intensité de l'activité industrielle et artisanale est surtout marquée par l'existence des ateliers de la Régie des Chemins de Fer du Sénégal qui est la plus importante entreprise nationale avec ses 2 000 cheminots en poste à Thiès; est appelée à connaître un développement économique remarquable (nous y reviendrons un peu plus loin).

Il reste toutefois que ces facteurs économiques et sociaux peuvent changer, ce qui rend difficile et peu précis la prévision du comportement des populations, surtout la prévision à long terme.

Nous retiendrons toutefois un taux de 5,3% d'augmentation de la population pour Thiès

B / PROJET D'URBANISATION :

Plusieurs projets de lotissement sont en cours de réalisations sinon dans leur dernière phase d'étude.

D'autres projets dits "d'amélioration de quartier" consistant à restructurer des quartiers peu ou pas lotis ont des chances d'aboutir prochainement.

Une vaste zone de parcelles assainies est prévue pour l'extension à l'Ouest de la ville, au Sud de la Route Thiès-Dakar.

Le lotissement de cette zone, délimitée à l'Est par la route de MBour, sera vraisemblablement effectué à moyen terme.

L'Office des Habitations à Loyer Modéré (OHLM) prévoit, compte tenu de la récupération et de l'intégration des anciennes installations militaires définies par le nouveau plan directeur de la ville, la construction de 200 logements selon des standings tenant compte de la situation financière et familiale des demandeurs.

Enfin trois zones industrielles sont définies :

- côté Nord de la route fédérale vers Dakar, à l'extrémité Ouest de la ville ;
 - A l'Est du chemin de fer Dakar-Niger (Avenue Thier-Niger) ;
 - A l'Est de la route de Khombole au Sud-Est de la ville.
- l'Ensemble de ces zones où déjà des industries sont implantées comprend une surface d'environ 250.300 hectares.

A ce niveau aussi, nous pouvons mentionner qu'il existe un SDAU (Schéma Directeur d'Aménagement d'Urbanisme) et un POS (Plan d'Occupation du Sol), documents que nous n'avons malheureusement pas réussi à consulter malgré une fois de plus nos efforts soutenus dans ce sens.

C / DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE

Au cours des dernières années, la vie économique de l'Agglomération de Thiès a connu une légère expansion que l'on peut corroborer avec une augmentation correspondante du niveau de vie de ses habitants.

Actuellement, les facteurs qui permettent d'envisager un développement économique à moyen terme sont les suivants :

1. l'augmentation de l'activité économique découlant naturellement de l'accroissement démographique et des conditions climatologiques. Avec les années de sécheresse qui continuent d'accabler le pays il n'est pas illogique de craindre ou mieux de prévoir un flux démographique des campagnes vers la ville qui irait s'accroissant ; et parallèlement à cet exode rural une évolution de la structure de l'emploi devra être envisagée si on veut éviter un déséquilibre qui ne fera qu'affaiblir la capacité économique de notre pays.

Le nouveau émigré devra en effet dans son nouvel état de citoyen produire plus sinon autant qu'il produisait à la campagne si l'on ne veut pas voir se dégrader notre situation économique.

2. un développement du secteur industriel, qui est déjà le mieux équipé du pays, après celui de la région dakaroise.

Le plan d'aménagement du territoire établi à l'horizon 2 000, pré-

voit que l'axe Dakar-Thiès sera le creuset du développement industriel Sénégalais.

Nous assistons aujourd'hui à une **réorganisation**, à une redynamisation, à une modernisation de la Régie des Chemins de Fer du Sénégal et des renseignements font état de l'implantation d'une fonderie, dépendante des Ateliers de la Régie des Chemins de Fer. Thiès étant la capitale du rail Sénégalais, on perçoit assez bien, l'impact fort positif qu'elle peut attendre de cette nouvelle orientation de notre régie.

On notera par ailleurs le rôle de plaque tournante des communications routières que Thiès s'app~~r~~ête très bientôt à jouer. L'axe Nord-Sud qui reliera la zone industrielle de Kayar et la zone touristique de la petite côte, l'autoroute Dakar-Thiès, l'établissement de la route transafricaine Tanger-Thiès-N'Djaména feront en effet de Thiès un véritable noeud de liaisons routières.

D / ESTIMATION DES BESOINS

Il s'avère de plus en plus, nécessaire de connaître parfaitement les utilisateurs des réseaux afin d'améliorer la gestion de la distribution et aussi avant de prendre des décisions majeures associées avec l'accroissement des capacités de production et de distribution.

L'utilisation d'eau dans un environnement urbain est caractérisée, comme nous avons vu à le préciser dans la première partie de ce rapport, par différents types de consommation reliés entre eux par la relation qualitative.

$$D(t) = \sum_{i=1}^I S_i(t) \cdot R_i(t) + \sum_{j=1}^J IN_j(t) + \sum_{k=1}^K CO_k(t) + M(t) + P(t)$$

t = temps

D(t) = fonction globale de demande en Eau

S(t) = Services résidentiels (unifamilial, bifamilial etc)

R(t) = Consommation par service résidentiel

IN(t) = utilisation industrielle

$C_0(t)$ = utilisation commerciale

$M(t)$ = utilisation municipales pour fins collectives

$P(t)$ = pertes + imprecisions dans les mesures

Pour déterminer les différents termes de cette relation avec une précision acceptable, il serait nécessaire de disposer de données socio-économiques précises concernant la commune de Thiès ; ce qui, malheureusement, n'a pas pu être le cas pour les raisons que nous avons déjà évoquées. D'autant plus que les statistiques disponibles au niveau de la SONEBS doivent être utilisées avec une très grande attention ; nous n'en voulons pour preuve que ce qui suit :

6° bimestre 1977

278.524 m³ Produits

267.708 m³ vendus

d'où une perte de $\frac{278.524 - 267.708}{278.524} = 3,9\%$.

278.524

chiffre qui à notre avis est fortement irréaliste si l'on considère que selon l'AQTE les pertes dans un réseau sont de l'ordre de 20% et que selon A. DUPONT, les pertes s'établissent comme suit :

réseau bien entretenu : 20%

réseau moyennement entretenu: 25 à 35%

réseau mal entretenu : 50% et plus.

compte tenu des considérations faites dans la première partie de ce rapport et surtout du développement économique que l'on s'attend pour la ville de Thiès dans les années à venir ; il nous apparaît raisonnable, de prévoir un taux d'accroissement annuel de la consommation individuelle de 1% qui persistera encore assez longtemps.

Vu l'ordre des priorités au niveau national il serait à notre avis exagéré comme nous l'avons déjà mentionné de choisir un taux supérieur à 1%.

D'autre part l'objectif du plan d'aménagement du territoire étant l'accession à la Société semi-industrielle en l'an 2001 il convient de mettre en place toutes les infrastructures et facilités devant permettre de donner un sérieux coup de fouet à la décentralisation et au développement industriel (de plus en plus malade à cause de la sécheresse). Parmi ces infrastructures l'adduction d'eau eu égard à la...

... grande application que connaît à l'heure actuelle l'eau est loin d'être des moins indispensables. Par conséquent, il serait prématuré de parler de stabilisation de la demande en eau à Thiès, bien qu'au niveau international, le déséquilibre entre une demande galopante et des disponibilités locales qui sont loin de s'accroître au même rythme prenne des proportions inquiétantes. Il appartient à ce propos aux pays développés en premier de prendre les mesures pour réduire leur consommation en eau qui est déjà excessive. La planification de l'utilisation de cette ressource étant un impératif pour toutes les communautés, il reste qu'il serait assez tôt pour un pays comme le Sénégal assez bien pourvu en eau souterraine de freiner son développement économique pour répondre au souci de la communauté internationale de préserver la ressource eau.

De ces différentes considérations, nous déduisons l'équation de la demande en eau :

$$D_n = D_{1978} \times \left[(1+i) \times (1+j) \right]^{n-1978}$$

i = taux d'accroissement annuel de la population

j = " " " de la consommation en eau

d'où $D_n = 13140 \times (1,063)^{n-1978}$ pour $1978 \leq n \leq 1988$

III / ELEMENTS TECHNIQUES POUR UNE PLANIFICATION A L'HORIZON 1988.

A / DESCRIPTION GENERALE DE LA SOLUTION

A ce niveau, nous remarquerons la nécessité pour une planification à long terme de procéder à des études préliminaires très élaborées qui, compte tenu des éléments à notre disposition et du temps qui nous est imparti, ne sont pas à notre portée dans le cadre de cette étude.

Si en effet, on admet la possibilité de déterminer avec une bonne précision la population et la tendance de la consommation individuelle dans 4 ou 5 ans, il faut réaliser que des prévisions sur une période aussi longue que 40 Ans par exemple, tiendraient plutôt des sciences occultes.

La courbe que nous présentons en annexe 5 ne sert donc qu'à donner une idée d'une évolution probable de la demande en eau.

Il importe donc, de s'attacher plus à rechercher les solutions pour couvrir la demande en eau à court et moyen terme plutôt qu'à long terme.

D'autant plus qu'avec les progrès techniques difficilement prévisibles et fort nombreux à l'heure actuelle, le risque de la désuétude prématurée des équipements, menace dangereusement toute " décision stratégique ", généralement irréversible, inadaptable et nécessitant des investissements importants. Nous suggérons donc plutôt des " décisions tactiques possédant certes, une certaine inertie dans l'adaptabilité mais offrant une plus grande flexibilité et faisant intervenir des investissements moins spectaculaires.

L'amélioration de l'adduction d'eau devra viser à assurer dans les meilleurs conditions d'économie, la satisfaction des usagers

- sur le plan **quantitatif**, par la réévaluation des besoins et la programmation rationnelle de la mise en exploitation de nouvelles ressources en eau;

- sur le plan qualitatif, par l'amélioration des procédés de traitement de l'eau, un contrôle mieux suivi de la qualité de l'eau, la rénovation et l'extension des réseaux de distribution.

B / ELEMENTS TECHNIQUES DU PLAN D'AUUEDUC

1. SUR LE PLAN QUANTITATIF

Nous avons proposé en annexe 5 une courbe d'évaluation possible de la demande en eau d'ici 1998. De cette courbe, nous déduisons :

- En 1979, en plus des dix (10) forages suggérés dans la deuxième partie de ce rapport, il sera nécessaire de réaliser un autre forage ce qui permettra à la capacité de production d'être en avance sur les besoins ce, jusqu'en 1981.

- Le programme d'exploitation de nouveaux captages qui suit :

- * Début du 2° semestre de 1981 : un nouveau forage
- * Fin du 1er trimestre de 1983 : un nouveau forage
- * Milieu du 1er trimestre de 1984 : un nouveau forage.

- * Début du 2^o semestre de 1986 : un nouveau forage ;
- * Milieu du 4^o trimestre de 1987 : un nouveau forage.

Nous avons supposé dans ce qui précède qu'un nouveau forage débiterait 100 m³/h pendant 20 heures par jour. D'autre part, nous n'avons pas tenu compte de la baisse de débit des forages, nous suggérons que la variation des capacités de production soient mieux suivie, ce qui permettra de fixer, avec une bonne exactitude, le moment où la régénération des puits s'imposera.

Par ailleurs, nous avons supposé aussi que l'arrivée éventuelle d'eau du Lac de Guiers servirait surtout à couvrir les pointes. Notons d'ailleurs que ces pointes (saisonnières, hebdomadaires, journalières, horaires) iront s'émoissant avec l'accroissement des besoins en eau.

La réalisation de tous les forages ci-dessus mentionnés nécessitera une étude plus détaillée de nos ressources locales. Il faudrait en effet que l'on sache exactement où l'on va et à quoi on s'expose lorsque l'on va entreprendre un forage. La parcimonie des pluies, la situation excentrique du seul fleuve important, le Sénégal, la localisation près des frontières Sud et Sud-Est des rares rivières pérennes et leur absence sur les 3/4 du pays impose au Sénégal d'entreprendre une politique d'exploitation de ses eaux souterraines. Notons toutefois à ce propos que tout programme de recherche et de mise en valeur concernant les ressources en eau doit avoir pour but essentiel l'harmonisation et la coordination de l'exploitation des ressources en eaux de surface et en eaux souterraines. Les eaux de surface et les eaux souterraines présentent des relations hydrologiques étroites, lesquelles conditionnent globalement la quantité des ressources régionales en eaux. Le cycle de l'eau forme un ensemble cohérent, tant pour les recherches que pour la mise en valeur des ressources. La surface du sol ne constitue pas en effet un écran séparant deux domaines de recherches et surtout, ce qui est plus grave du point de vue de la rentabilité, deux modes d'exploitation distincts des ressources, l'un excluant trop souvent l'autre. Elle apparait, au contraire, comme un lieu d'échanges permanents.⁽⁷⁾ C'est pourquoi, nous osons espérer que dans le cadre du projet d'aménagement du fleuve Sénégal (OMVS), le problème de la.....

réalimentation de nos nappes souterraines, et que par ailleurs, pour éviter une surexploitation de nos nappes des études approfondies pour évaluer les ressources des nappes à ce jour identifiées ont été ou sont en voie d'être réalisées.

Actuellement, et tant que l'un ou l'autre **barrage** sur le haut bassin ou sur le delta ne sera pas réalisé, la relative faiblesse du remplissage par le fleuve du Lac de Guiers malgré la réalisation du projet de rectification de la Touarey posera le délicat équilibre du pompage entre d'une part les besoins d'alimentation en eau des villes et d'autre part ceux des aménagements agricoles du delta, ces derniers étant beaucoup plus exigeants que les premiers.^(m)

Les réserves des nappes souterraines doivent tendre à satisfaire l'ensemble des besoins : humains, agricoles et de l'élevage, Leur coût d'exploitation est faible mais, dans une politique générale et non plus sectorielle, des compromis pour arriver à un prix raisonnable, peuvent amener à répartir les approvisionnements des villes entre les eaux souterraines et les sources d'exploitation plus coûteuse, telles les eaux des fleuves.

En raison des progrès constants de la technique, certaines solutions d'avenir telles :

i) le traitement des eaux usées

ii) la dessalement de l'eau de mer, ne devraient par ailleurs pas être complètement écartées.

En effet :

- la ré-utilisation par l'industrie des eaux usées municipales après une épuration conventionnelle n'est pas un phénomène nouveau

- la ré-utilisation des eaux usées en circuit fermé pour fins de consommation domestique reste certes, un **phénomène** nouveau encore à ses débuts ; mais, des expériences positives ont déjà été réalisées en particulier aux Etats-Unis.

- les méthodes à utiliser pour le traitement des **eaux usées** en vue de leur ré-utilisation pour fins municipales sont de mieux en mieux élaborées et comprennent :

a) une épuration conventionnelle avec traitement tertiaire ou non

b) un traitement conventionnel des eaux usées avec filtration

sédimentation et filtration.

c)- des traitements spéciaux empruntés aux techniques de dessalement : électrodialyse, distillation, osmose inversée ou congélation. On peut ajouter selon les besoins, d'autres traitements spéciaux tels que :

a)- adsorption : pour enlever micro-polluants ;

b)- oxydation : pour détruire micro-polluants et inactiver les micro-organismes ;

- les eaux usées après traitement sommaire pourraient être stockées dans la nappe infra basaltique^(m) ;

- le coût du traitement des eaux douces par des méthodes traditionnelles continue à grimper à mesure que la pollution de ces eaux augmente ; d'autre part, la technologie nouvelle dans le domaine du traitement des eaux de mer fait descendre continuellement les coûts. Il est prévu que dans la prochaine décennie, les coûts seront compétitifs avec ceux des traitements traditionnels.

- l'osmose inversée, l'électrodialyse et la distillation constituent actuellement des procédés prometteurs.

2/ SUR LE PLAN QUALITATIF

a)- QUALITE DE L'EAU.

Les études ci-dessus suggérées en vue d'évaluer les ressources en eau de toutes les nappes identifiées à travers le territoire national devront aussi avoir pour objectif de déterminer la qualité et la nature de l'eau ; ce qui facilitera de beaucoup le choix de la nappe à exploiter compte tenu des distances de transport nécessaires et du traitement requis pour chaque nappe.

Ce sera en fonction de la qualité de l'eau de la nappe à exploiter que les procédés de traitement devront être déterminés. Toutefois, il apparaît au vu des données mises à notre disposition que pour l'exploitation des eaux souterraines au niveau de la zone de Thiès, des traitements sophistiqués et multiples soient superflus. Dans notre contexte socio-économique, les traitements les plus simples et les mieux connus sont les seuls à envisager.

Par ailleurs, il n'apparaît pas nécessaire de recourir assez fréquemment à une analyse chimique complète qui exige une série d'essais et l'emploi de nombreux réactifs pour donner finalement des renseignements dont la plupart se révèlent d'un intérêt médiocre, la présence de divers corps en dissolution par faibles quantités dans une eau n'influençant pas de façon appréciable sa potabilité. Dès lors, on fera porter l'analyse chimique de préférence sur un nombre limité de substances dont la sélection et le dosage seront à prendre en considération, soit pour admettre une eau d'alimentation, soit pour lui imposer un traitement donné. Toutefois l'examen bactériologique lui reste crucial.

L'eau constitue en effet un véhicule commode pour de nombreux germes et un milieu d'élection pour la prolifération de certains d'entre eux ; aussi la consommation d'eaux malsaines ou contaminées peut-elle être à l'origine d'endémies et occasionnellement d'épidémies typhiques, cholérique etc... Cet examen bactériologique ne sera donc jamais à négliger et devra faire l'objet d'une attention particulière.

A la notion de surveillance du réseau sous forme d'analyses physiques, physico-chimiques et surtout bactériologique, doit s'ajouter celle de protection du point d'eau, concrétisée par les périmètres de protection. Les périmètres de protection sont des zones à l'intérieur desquelles des servitudes sont imposées aux propriétaires des terrains telles que : interdiction de construire, interdiction de déposer du fumier etc...

L'étendue de ces périmètres est fort variable et devra être fixée à la suite entre autres d'une étude géologique

2. QUALITE DU RESEAU

Une ossature de conduites-maitresses devrait être réalisée pour améliorer la distribution d'eau dans la commune de Thiès. Compte tenu des besoins supposés par secteur, nous avons suggéré en annexe 8 un schéma de conduites principales.

Pour répondre à la nécessité de fournir un service aussi uniforme que possible à tous les citoyens (qui y ont droit) l'extension du réseau de distribution à tous les quartiers périphériques doit être réalisée

dans les meilleurs délais. Cette extension du réseau manifestement facilitera et par là encouragera notablement les branchements privés, ce qui n'est que fort louable vu que l'incidence de l'eau sur la santé publique est incontestable.

Par ailleurs, en raison de la régularité de fourniture du courant électrique, de la qualité du matériel électromécanique, du maillage des réseaux de distribution, il serait possible d'envisager pour Thiès dans un avenir assez proche d'injecter directement l'eau dans le réseau avec des débits variables selon les besoins. Il est à noter à cet effet, que de nombreuses villes d'Europe et d'Amérique ne sont pas pourvues de réservoirs. Toutefois, nous préconisons par sécurité (la notion de sécurité devant dominer les conditions de la production dans le domaine de l'alimentation en eau) de maintenir l'utilisation des réservoirs d'accumulation. A cet effet exceptant la panne de courant qui pourrait être palliée par des groupes électrogènes, nous pouvons noter que les incidents que sont :

- accident sur la conduite générale de refoulement
- accident sur un forage, nécessitant une dépose de pompe et une repose de pompe de secours
- cas où une eau momentanément trouble ou suspecte doit être mise en décharge.

-etc... peuvent survenir en même temps qu'il est indispensable de donner suite à une demande impérieuse, tel qu'un incendie exceptionnel à combattre, on voit les conséquences qu'une installation sans réservoir et sans autre possibilité d'alimentation serait de nature à entraîner.

Aussi, le réservoir est-il à préconiser dans la majeure partie des cas et il offre, notamment, les avantages suivants ⁽²⁾ :

- Régularité dans le fonctionnement du pompage. Les pompes refoulent à une hauteur constante donc à débit constant, et non sujets à variation comme dans l'hypothèse d'un refoulement direct dans le réseau

- Simplification de l'exploitation, conséquence de l'avantage précédent
- Sollicitation régulière des points d'eau, qui ne sont pas l'objet des à - coups journaliers au moment de la pointe et qui se produiraient dans une installation sans réservoir, d'où dans le cas de captage d'eaux souterraines (qui nous intéresse dans le cas de Thiès), préservation des ouvrages et, aussi, des nappes aquifères, ce qui est primordial.
- Régularité de la pression dans le réseau de distribution. Nous noterons seulement qu'avec l'augmentation des besoins, si on parvient à mettre en place un matériel électromécanique fiable, adéquat; à compléter le maillage du réseau de distribution, la capacité de réserve nécessaire ira se stabilisant à un niveau donné que nous ne pouvons toutefois pas déterminer avec exactitude faute de données sur l'équipement qui sera mis en place et les besoins futurs de la lutte contre l'incendie./.-

Il ressort des différents exposés de cette thèse que l'étude d'un système d'alimentation en eau doit reposer sur une analyse détaillée des caractéristiques de la demande.

Or la quantité d'eau nécessaire à une agglomération ne se détermine pas dans l'absolu. D'où la nécessité pour la commune de thiès, de déterminer en relation avec le climat, les habitudes de propreté, les circonstances locales qui lui sont propres, les usages divers que l'on y fait de l'eau etc.... ses besoins en eau. Pour cela, nous noterons qu'il faudrait :

- 1°- accroître la valeur des renseignements statistiques et des données d'exploitation par un plus large recours aux instruments de mesure. Notons à ce propos que thiès attend encore l'installation d'un débitmètre sur chacun de ses deux châteaux d'eau. Il apparait donc, qu'un grand effort reste à faire pour mettre en place des relevés de débit:
 - . sur les installations de production
 - . aux réservoirs
 - . par secteur de consommation, etc...

Le même effort reste nécessaire pour les mesures de pression qu'il convient de répartir judicieusement dans tout le corps du réseau en vue d'avoir les indications directes les plus précieuses pour une meilleure desserte des secteurs.

- 2°- procéder à des études socio-économiques à travers toutes les couches de la population urbaine. Sur la répartition des besoins selon les quartiers en effet, ces derniers peuvent présenter pour une ville d'une certaine importance des caractères assez diversifiés à telle enseigne que l'on puisse parfois les considérer comme de véritables aggloméra-

tions distinctes s'imbriquant les unes dans les autres.

- 3- Partir des études démographiques, urbanistiques et des plans de développement économique pour mieux estimer l'évolution de la demande en eau.

Sans ces données, il nous apparaît illusoire de vouloir fixer des objectifs précis pour l'offre à mettre en place notamment pour ce qui est

- . de son adaptation géographique (quantités d'eau disponible par zone, position des réservoirs et autres accessoires etc...) et
- . de son adaptation temporelle (pointes à couvrir, panes et incendies à prévoir etc...)

Il appartient de retenir aussi qu'un système d'alimentation en eau, pour être adéquat, doit rencontrer les objectifs que sont :

- . Satisfaire les besoins vitaux de la population
- . Respecter le taux de croissance économique en cours
- . Augmenter la santé collective.

De ce point de vue, nous avons montré qu'au niveau de la ville de Thiès, des améliorations s'imposent dans l'immédiat pour améliorer le service d'alimentation en eau potable.

Pour faire face à la situation qui prévaut à Thiès, avec des forages dont la capacité de production est déjà largement dépassée, des réservoirs dont la capacité est devenue insuffisante et un réseau de distribution inadéquat en plusieurs points, nous suggérons :

A)- A COURT TERME :

1. d'intervenir en premier lieu dans l'augmentation de la capacité des centres de production. Pour cela, il faudra en 1979 disposer de dix (10) forages supplémentaires pouvant débiter chacun en ce qui le concerne, $100 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant 20 heures

2. en deuxième lieu, d'augmenter la capacité de réserve. Il s'agit en effet d'arriver le plus tôt possible à une réserve "souhaitable" permettant :

- une protection adéquate de la municipalité contre l'incendie
- une amélioration de la pression et des débits dans le réseau
- une économie de pompage
- une plus grande souplesse et une plus grande sécurité du système.

Pour cela, il apparaît nécessaire de construire un nouveau château d'eau d'une capacité pratique de 3700 m^3 à proximité de la STS (Société de Textile du Sénégal) à la cote 90 m. La cote radier de ce château d'eau sur tour sera de 110m ($90 + 20$). Le château d'eau à mettre en place sera compartimenté et permettra de par son élévation à constituer un nouvel étage de distribution ; ce qui aidera notablement à résoudre les problèmes de pression , et à assurer partout des débits raisonnables en cas d'incendie.

3. mettre en place un plan directeur d'aqueduc visant surtout les nouvelles conduites principales à mettre en place, étant entendu que celles qui sont existantes pourront être conservées et lorsque leur rendement sera trop faible, on les réparera ou mieux, les remplacera. Une ossature de conduites-maîtresses est proposée en annexe 8.

B) A MOYEN TERME

1. D'entreprendre des études détaillées sur nos ressources en eau. D'une manière générale, au niveau de thiès, l'eau de la nappe est excellente et ne nécessite presque pas de traitement^(m). Il est donc possible de mettre la nappe progressivement en exploitation selon les besoins et compte tenu du débit en procédant à des séries de forages successifs, comme proposé dans la troisième partie de ce rapport.

2. De suivre l'évolution des débits des forages et de procéder à la régénération des puits dès que la baisse de capacité sera trop importante.

3. De suivre l'évolution des équipements et de l'adéquation de la capacité de réserve pour pouvoir mettre en place un réservoir dès que le besoin se fera sentir

4. De compléter le maillage du réseau de distribution, tout en assurant son extension à tous les quartiers périphériques de la ville

5. De multiplier le nombre de poteaux d'incendie à travers la ville.

Notons toutefois, qu'il serait irréaliste de vouloir résoudre le problème d'alimentation en eau de la ville de Thiès en dehors d'une politique de l'eau au niveau national ; comme nous l'avons déjà souligné précédemment, il convient en effet pour la programmation des études et des recherches sur les ressources en eaux, de toujours tenir compte de l'unité des eaux de surface et des eaux souterraines au niveau régional (bassin hydrologique). Certes, aujourd'hui, ce n'est plus s'adonner à un rêve irréalisable que d'envisager dans un avenir pas tellement lointain l'utilisation de l'eau de mer pour fins de consommation domestique ou autres, mais, dans notre contexte climatologique actuel (le Sénégal appartient au Sahel) une utilisation plus rationnelle de notre ressource en eau dans le sens d'une saine économie s'impose au niveau national.

Pour ce qui est de la qualité de l'eau, soulignons que les indications qui sont données dans les normes sont assez subjectives et sous l'empire des besoins en relation avec l'accoutumance, peuvent varier d'aspect selon les circonstances locales.

Ainsi les exigences des consommateurs, très rigoureuses dans certains pays et plus particulièrement dans certaines villes habituées à des qualités d'eau supérieures, s'atténuent par accoutumance et peuvent s'adapter à des conditions nettement moins favorables.

Il ne s'agit donc pas pour nos pays sous développés (aux moyens fort limités) de rechercher par des traitements artificiels coûteux à obtenir des normes de qualité quelquefois superflues. L'objectif doit rester la fourniture d'une eau pure, c'est-à-dire une eau exempte de danger pour la santé et non pas d'une eau médicinale qui peut prévenir les maladies qui ne sont pas causées par l'eau. Nous recommanderons donc à ce sujet de se limiter à :

- assurer une meilleure surveillance hygiénique de la distribution d'eau qui portera sur les captages et le bassin alimentaire de la nappe souterraine.
- Effectuer périodiquement les analyses sur l'eau
- maintenir, en l'améliorant la désinfection par le chlore
- procéder au nettoyage et à la désinfection des réservoirs au moins une fois par an.

TABLEAU N° 1

FORAGE: F 1

THIES

1. Longitude: 16°57'
2. Latitude: 14°48'
3. Profondeur: 323 m.
4. Tubage diamètre: 12" de 0 à 248 m.
8" de 207 à 260.80 m.
- Matériel type: LP soudé
5. Crépine: 8" de 207.6 à 320 m. - interne: 4" de 230.7 à 323 m.
6. Coupe géologique: 0 à 19 m. sable et laterite
19 à 57 m. marnes calcaires
57 à 148 m. marnes argileuses
148 à 248 m. calcaires blancs
248 à 321 m. sables aquifères
7. Année de construction du forage: 1945
8. Année du dernier rééquipement: 1956 avec adjonction crépine 4"
9. Niveau statique de la nappe: 41.50 m.
date: 1956
Niveau dynamique de la nappe: 63.0 m. ligne d'air:
date: 1956 non
- Rabattement: 21.50 pour un débit de: 60 m³/h
10. Essai de pompage effectué: 1956
11. Réalisé par Hydraulique Afrique

TABLEAU N° 2

FORAGE: F 2

THIES

1. Longitude: 16°55'20" 2. Latitude: 14°47'17"
3. Altitude au sol: 72,9 m. 4. Profondeur: 592 m.
5. Tubage diamètre: 12" de 0 à 316 m.
8" de 185 à 478 m.
7" de 458 à 592 m.

Matériel type: line pipe

6. Crépine: everdur double 6" et 8" de 559 m. et 579 à 592 m.
7. Année de construction du forage: 1955
8. Niveau statique de la nappe: 70 m.
Date: 1967 ligne d'air: oui
Niveau dynamique de la nappe: 88
Date: 1967
Rabattement: 18 m. pour un débit de: 75 m³/h
9. Réalisé par: SASIF - Dakar

TABLEAU N° 3

FORAGE: F 3

TIHES

1. Altitude au sol: 60
2. Profondeur: 317.6 m.
3. Tubage diamètre: 12" de 0 à 206 m.
8" de 206 à 224 m.
- Matériel type: Line pipe
4. Crépine: 8" de 224 à 305 m. inox à nervures repoussées
5. Coupe géologique: 0 à 30 m. sable fin + laterite
30 à 61 m. marnes
61 à 235 m. argile + marnes
235 à 320 m. sable fin et moyen
6. Année de construction du forage: 1962
7. Niveau statique de la nappe: 57.20 m.
ligne d'air: oui
- Date: 1962
- Niveau dynamique de la nappe: 102 m.
- Date: 1962
- Rabattement: 45 m. pour un débit de: 80 m3/h
8. Réalisé par Hydraulique Afrique

Tableau n° 4

Forage : F 4

THIES

1. Longitude : $16^{\circ}55'0,7''$
2. Latitude : $14^{\circ}47'10''$
3. Altitude au sol : 76m.
4. Profondeur : 347 m.
5. Tubage diamètre : 18" de 0 à 21 m.
12" de 0 à 150 m.
8" de 150 à 244 m.

Matériel type : line pipe

6. Crépine : 8" de 244 à 335 m. - inox à nervures repoussées
7. coupe géologique 0 à 150 m. marnes + calcaire gris
150 à 247 m. calcaire + marnes
247 à 290 m. alternances marnes/calcaires
290 à 348 m. sable grossier + argile
8. Année de construction du forage : 1967
9. Niveau statique de la nappe : 77.24 m. sous le sol / ligne d'air 145.6 m.
de longueur
date : 1967
Niveau dynamique de la nappe : 135.24 m.
date : 1967
Rabatement : 58 m. pour un débit de : 100 m³/h
10. Essai de pompage effectué : septembre 1967
11. Réalisé par l'Hydraulique Afrique

TABLEAU N° 7 CARACTERISTIQUES DE LA POMPE

Forago F 1

Pompe installée: 1956 Type: à axe vertical

Marque: Layne

Débit: 24 m3/h actuellement

Entraînée par moteur: General Electric - 50 cv. 220 v.

Puissance: 50 cv

Mise en route: manuelle avec boîte de résistance

TABLEAU N° 8 CARACTERISTIQUES DE LA POMPE F 2

Pompe installée: 6.12.72 Type: immergée monobloc

Marque: KSB - BPH - 334/7

Débit: 150 m3/h à 50 m. de HMT Débit actuel: 80 m3/h

Entraînée par moteur électrique

TABLEAU N° 9 CARACTERISTIQUES DE LA POMPE F 3

Pompe installée: le 2.4.73 Type: immergée monobloc
Marque: KSB - BPH 384/7
Débit: 140 m3/h à 68 m. Débit d'exploitation actuel:
62.2 m3/h
Entraînée par moteur électrique

TABLEAU N° 10 CARACTERISTIQUES DE LA POMPE F 4

Pompe installée: avril 1973 Type: immergée monobloc
Marque: KSB - UPN 345/7
Débit: 80 m3/h à 174 m.
Entraînée par moteur électrique
Débit d'exploitation actuel: 81.8 m3/h

<u>TABLEAU N°11</u>	<u>DESCRIPTION DU CHATEAU D'EAU F 3</u>
Type: sur poteaux	Matériau: béton armé
Capacité: 1.500 m3	Hauteur tour: 18.60 m.
Isolation thermique: non	Hauteur cuve: 8.45 m.
Equipement en tuyaux: remplissage: \varnothing 300 fonte	
	trop plein: \varnothing 200 fonte
	distribution: \varnothing 300 fonte
Lecteur de niveau d'eau: manomètre - bon état	
Année de construction: 1965	Etat général: bon

<u>TABLEAU N° 12</u>	<u>DESCRIPTION DU CHATEAU D'EAU F 4</u>
Type: sur poteaux	Matériau: béton armé
Capacité: 1.500 m3	Hauteur tour: 18.60 m.
Isolation thermique: non	Hauteur cuve: 6.60 m.
Equipement en tuyaux: remplissage : \varnothing 500 fonte	
	trop plein: \varnothing 250 fonte
	distribution: \varnothing 400 fonte
Lecteur de niveau d'eau: non	
Enregistreur de pression au pied du réservoir	
Etat général: bon, quelques petites fissures lors	
	de la mise en service maintenant colmatées
Année de construction: 1951	

- **B** I B L I O G R A P H I E -
-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

OUVRAGES GENERAUX /

- (1) + P. KOCH, "Alimentation en eau des agglomérations " Dunod, Paris, 1969 (deuxième édition).
- (2) + A. DUPONT, "Hydraulique urbaine" Tome I et Tome II Eyrelles, Paris, 1974 (troisième édition).
- (3) J.W. CLARK, W. VIESSMAN, M.J HAMMER, " Water supply and pollution control" International Text Book Company, 1971 (second edition)
- (4) G.M FAIR, J.C GEYER, D.A OKUN, "Water and wastewater engineering", John WILEY & Sons, Inc. New York, 1966
- (5) R.K LINSLEY, J.B FRANZINI, "Water-resources Engineering", Mc ~~GRAW-HILL~~ Book Company, 1972 (second edition)
- (6) C. GOMELLA, H. GUERRE, " la distribution d'eau dans les agglomérations"urbaines et rurales", Eyrolles, Paris, 1970
- (7) G. CASTANY, "Prospection et exploitation des eaux souterraines", Dunod, Paris, 1968
- (8) A. GUERRIN, R.C. LAVAUR, " Traité de béton armé, tomeIV : Réservoirs - châteaux d'eau - piscines " Dunod, Paris, 1972 (deuxième édition)
- (9) A. LABORDERIE, L. SIRADIER, "cours élémentaire d'hydraulique à l'usage des sapeurs pompiers", France - sélection, Paris, 1973, (deuxième édition).
- (10) + M. OVERMAN, "L'eau dans le monde " LAROUSSE, Paris, 1970

- (11) Collection de l'A.N.R.T, "Lutte contre la pollution des eaux"
Eyrolles, Gauthier-Villas, Paris, 1971
- (12) C. GOMELLA, H. GUERREE, " Le traitement des eaux de distribu-
tion"
Eyrolles, Paris, 1973
- (13) V. L. STREETER , "Fluid mechanics", International
Student Edition Mc.GRAW HILL KOGAKUSHA, Ltd
(6° edition)
- (14) G.M. FAIR, J.C GEYER, D.A. OKUN, " Water and Waste water Engi-
neering" Volume I
John WILEY & Sons, Inc., New York, 1966.

DOCUMENTATIONS DIVERSES

- (a) - "Cinquième plan quadriennal de développement économique et so-
cial"
(1° Juillet 1977 - 30 Juin 1981) Nouvelles Editions Africaines
(NEA). Dakar - Abidjan , 1977
- (b) - "Avant-projet d'alimentation en eau potable des centres urbains
de l'intérieur : Ville de Thiès", Bureau d'études Blanchut et
Bertrand pour le compte du Ministère du Développement rural et
de l'Hydraulique.
- (c) - " Statistique des interventions du Corps national des sapeurs
pompiers", pendant l'année 1977, Ministère de l'Intérieur.
- (d) - "Etude et recherche de matériels d'exhaure pour l'Afrique de
l'Ouest"
Octobre 1964, Bureau central d'études pour les équipements
d'Outre-Mer (BCEOM) pour le compte du Ministère de la Coopération
(FRANCE).
- (e) - "Balancement hydraulique des réseaux d'aqueduc", colloque tenu
le 18 Octobre 1974 à l'Ecole Polytechnique de Montréal sous
l'égide de l'association québécoise des Techniques de l'eau.

- (f) - "Collecte et traitement des déchets solides de la région du Cap-Vert et de six capitales régionales", Bureau central d'études pour les équipements d'Outre-Mer (BCEOM), rapport intermédiaire 1972.
- (g) - "Règles de réalisation des réseaux d'eau municipaux aux fins de la protection contre l'incendie", Groupement Technique des Assurances, Edition de 1973 (CANADA)
- (i) - "Roger LABONTE, L. BOIS, A. LECLERC, F. BRIERE,
"Théorie du traitement de l'eau", notes du cours 1:626
E . P . M Montréal 1974
- (h) - "Roger LABONTE "Hydraulique urbaine", notes du cours (1-425)
E . P . M Montréal
- (j) - Gilles PATRY " Cours d'hydraulique urbaine (1.425) : Réseau de distribution d'eau" ; E.P.M Montréal 1977
- (k) - "L'eau à Thiès" : Pénurie et solutions envisagées pour y remédier : Rapport du Directeur régional de l'Hydraulique
- (l) - V. Nguyen DUY, " Calculs des réseaux de distribution d'eau par la méthode Hardy-Cross - programme en langage BASIC pour l'ordinateur portable IBM 5100",
Rapport interne, laboratoire d'hydraulique, Ecole Polytechnique de Thiès, 1978.
- (m) - Communication en conseil interministériel : "éléments pour une politique de l'eau au SENEGAL après dix ans d'indépendance"
DAKAR, le 13 Avril 1971, Ministère du Développement Industriel.

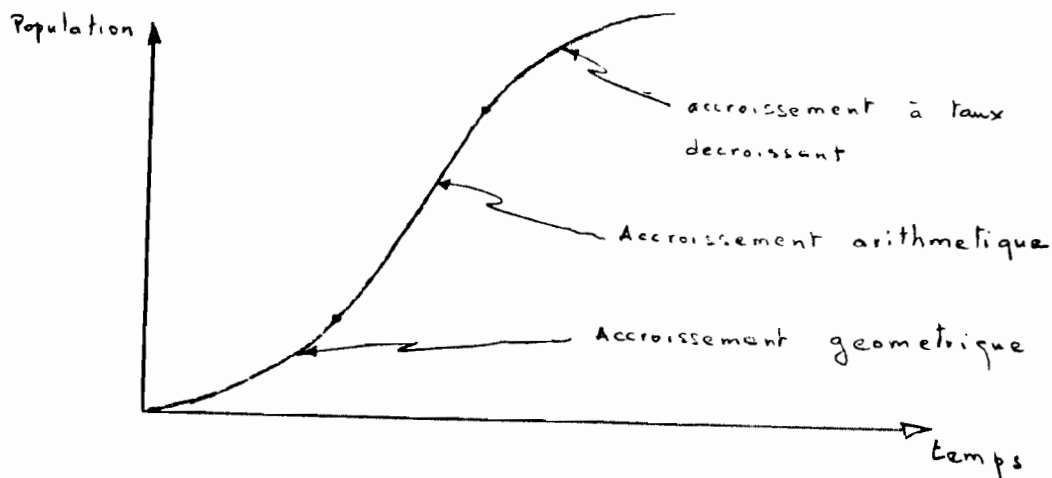
EVOLUTION DE LA POPULATION DE THIES

ANNEE	POPULATION	ANNEE	POPULATION
1904	2800	1947	30. 600
1907	1800	1949	32. 400
1909	2000	1950	33. 400
1910	2400	1953	36. 100
1914	2400	1954	36. 100
1916	3000	1955	42. 500
1921	6800	1957	36. 200
1925	6600	1961	69. 100
1926	7200	1964	77. 000
1930	12600	1967	88. 500
1931	11000	1971	90. 788
1936	16300	1976	117. 333
1945	24000		

Le comportement des populations décrit une courbe caractéristique en S à l'image du développement d'une population bactérienne dans un milieu de culture limité .

Cette courbe en S peut être considérée comme comportant trois portions caractérisées respectivement par :

- un accroissement géométrique
- un accroissement arithmétique
- un accroissement à taux décroissant.



L'examen de la courbe des populations tracée sur papier arithmétique avec les données disponibles sur la ville de Thiès jusqu'en 1976, nous indique que nous nous trouvons à l'heure actuelle dans la zone d'accroissement géométrique.

Par définition, l'accroissement d'une population P est dite géométrique si l'augmentation dp de cette population durant le temps dt est proportionnelle à la population P .

De ceci, on déduit la formule suivante :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

où : P_n = population en l'an "n"

P_0 = population en l'an "0" (origine)

r = taux d'accroissement annuel

d'où

$$r = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1$$

9

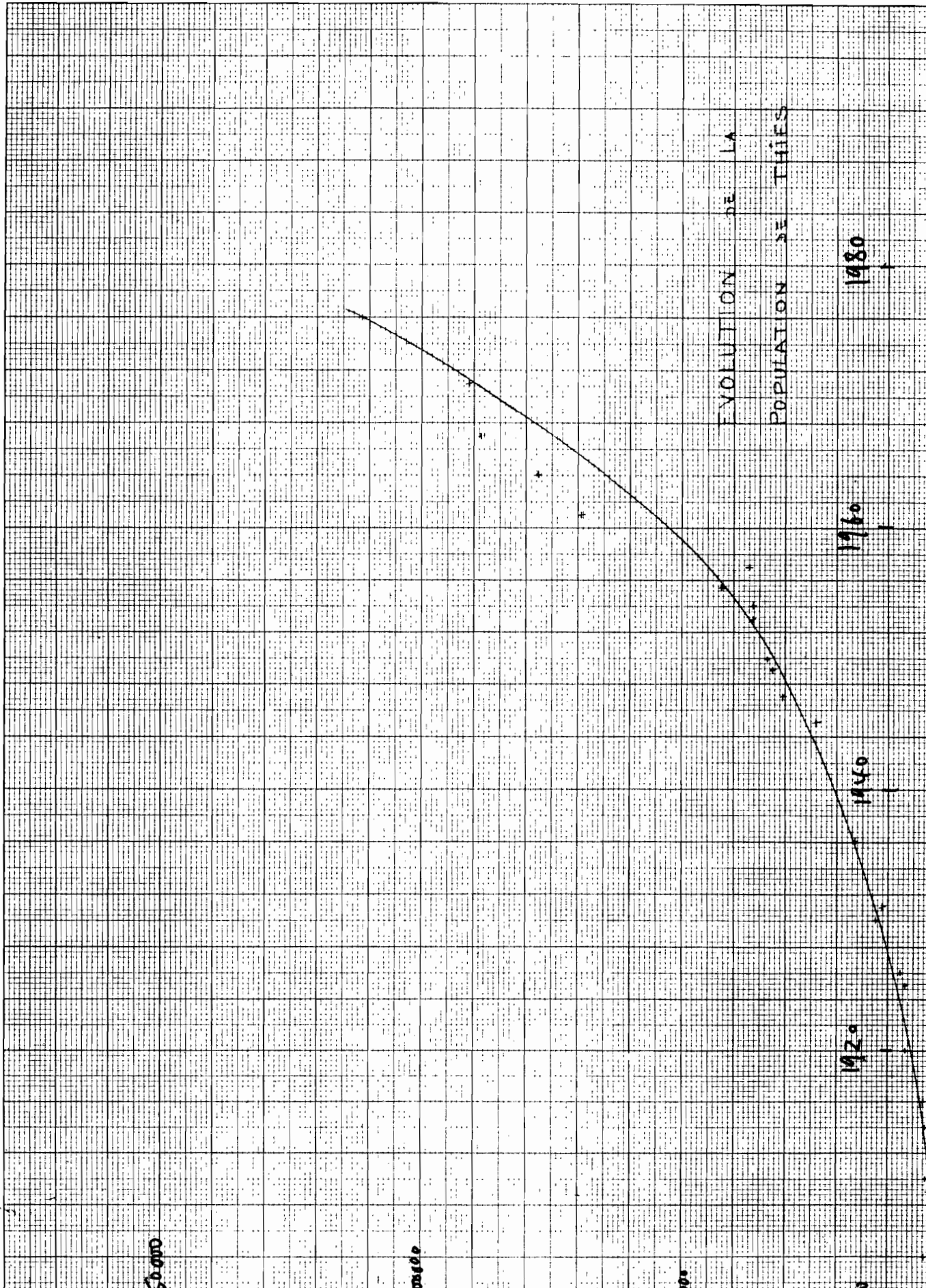
Considérant le dernier moyen terme (1971 à 1976)
qui nous semble mieux refléter la tendance actuelle de la popu-
lation, nous déterminons:

$$r = \sqrt[5]{\frac{117\ 333}{90\ 788}} - 1 = 5,26\%$$

soit $r = 5,3\%$

ROE DATA TO W. INC. NEW YORK 40 1210
12 X 25 CM
KEUFFEL & ESSER CO

on (hbf)



50,000

1000

100

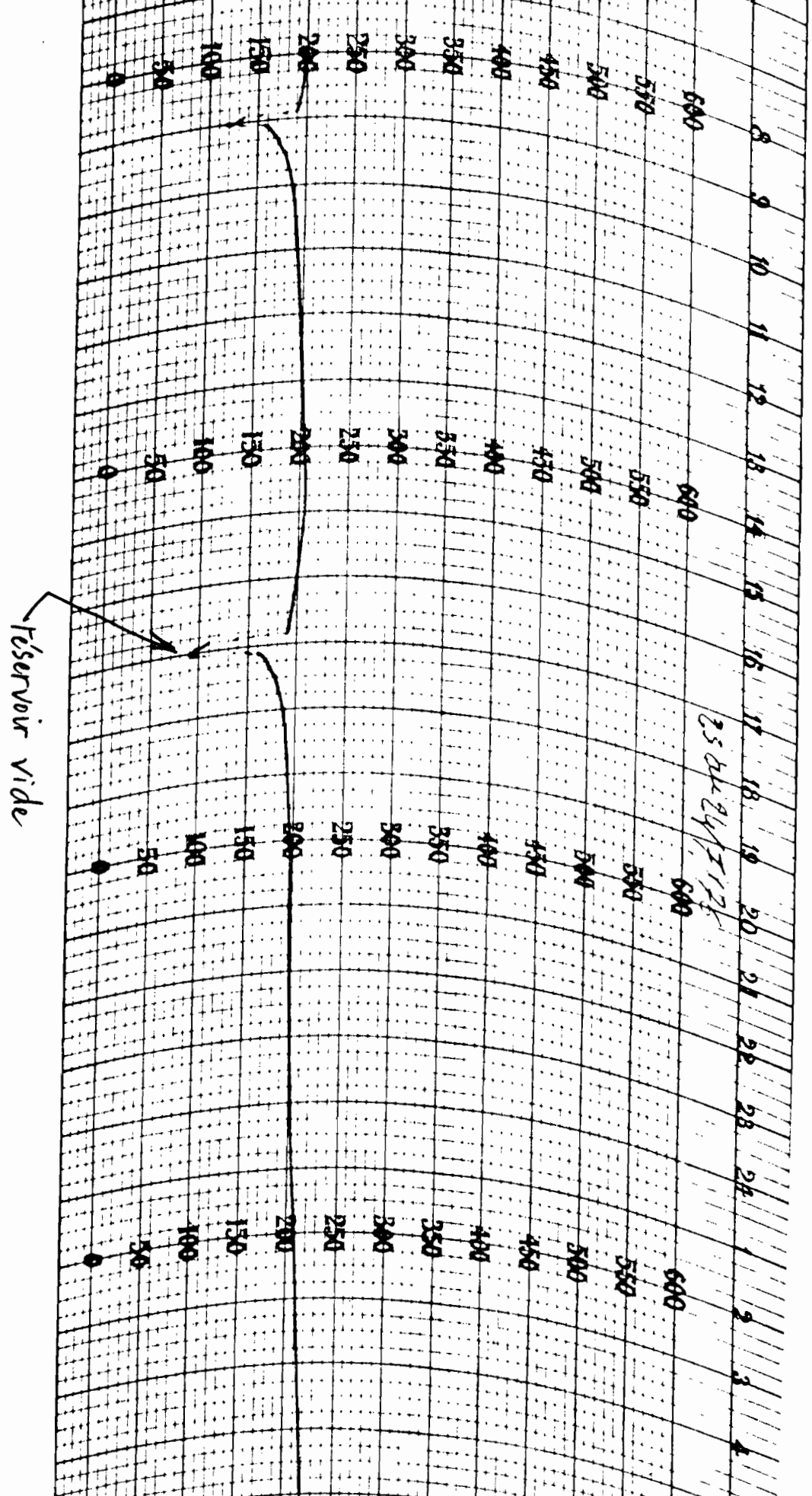
1920

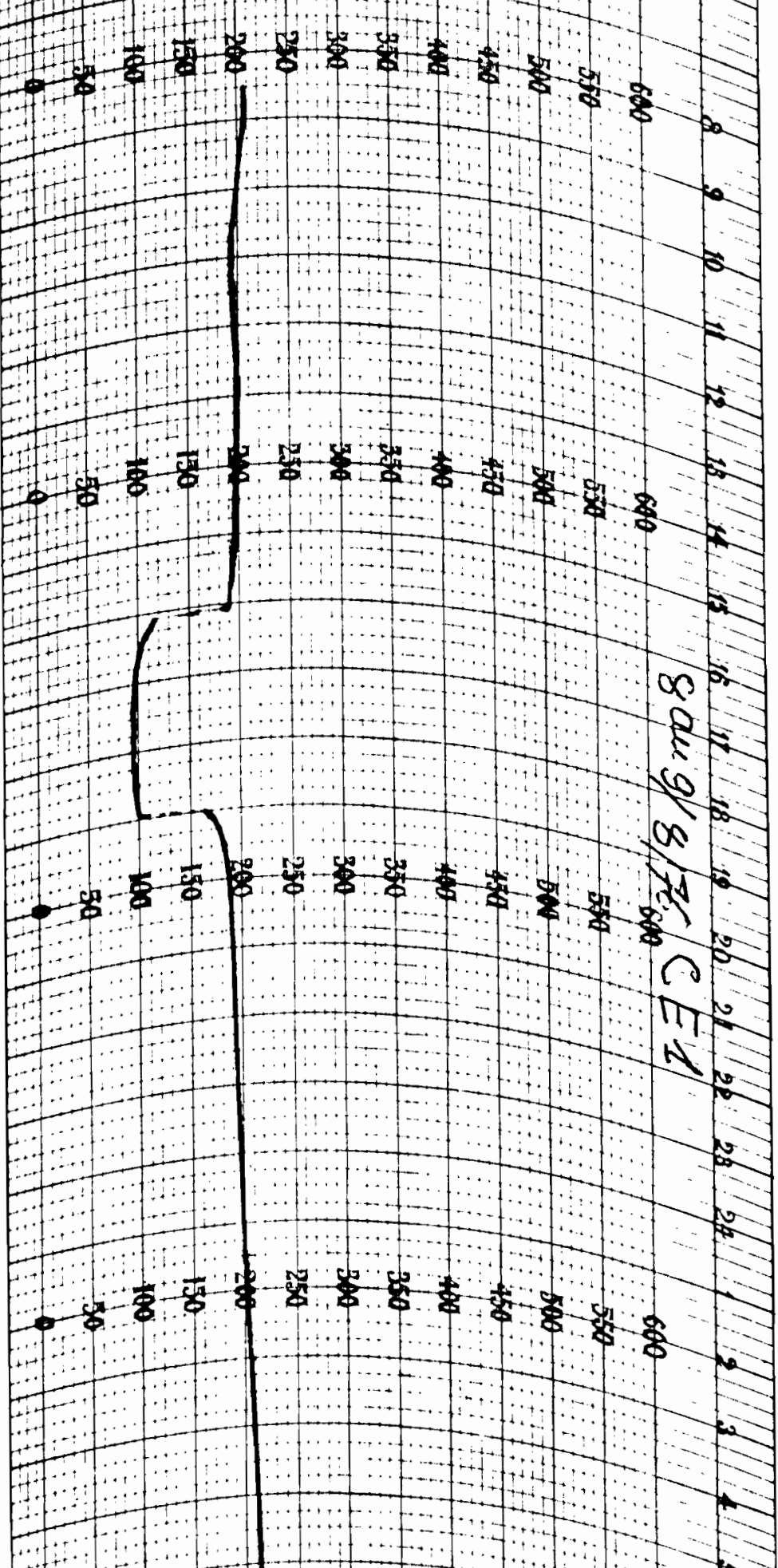
1940

1960

1980

ANNEXE 2: Enregistrement du niveau de remplissage des châteaux d'eau pendant une journée (page 94 et 95)





Annexe : 3 : Résultats d'analyses physico-chimiques

SOCIÉTÉ NATIONALE D'EXPLOITATION DES EAUX DU SENEGAL

N°2

Région de.....THIES..... Localité.....THIES.....
 Lieu de prélèvement.....F2..... Jour de prélèvement :.....
 Date d'arrivée au Laboratoire..7/3/1978... Date d'analyse.....8/3/1978.....

Eléments	Teneurs	Interprétation des résultats.
Température.....	R. A. S.
Couleur en mg/l de Pt/Co.....	4.5	
Résistivité Ohm - Cm.....	1200	
PH.....	6.6	
Dureté totale (TH).....	21	en°Fr
Dureté calcique (TH Ca).....	16	"
Dureté Magnésienne (TH Mg).....	5	"
Alcalinité simple (TA).....	0	"
Alcalinité complète (TAC).....	23	"
Chlorures (Cl) ⁻	6	"
✓ Bicarbonate (HCO ₃) ⁻	281	mg/l
Carbonate (CO ₃) ⁻²	0	"
Gas carbonique (CO ₂).....	"
Oxygène dissous (O ₂).....	"
Fluor (F) ⁻	0	"
Silice (SiO ₂).....	10	"
Matières organiques (Alcalin).....	1.3	"
Matières organiques (Acide).....	1.5	"
Sulfate (SO ₄) ⁻⁻	"
Phosphate (PO ₄) ⁻⁻⁻	0	"
Nitrates (NO ₃) ⁻	0	"
Nitrites (NO ₂) ⁻	0	"
Ammonium (NH ₄) ⁺	0	"
✓ Calcium (Ca) ⁺⁺	64	"
✓ Magnésium (Mg) ⁺⁺	11.5	"
Manganèse (Mn) ⁺⁺	0	"
Fer Fe.....	< 0.06	"
Aluminium (Al) ⁺⁺⁺	"
Sodium (Na) ⁺	"
Potassium (K) ⁺	"
Chlore résiduel (Cl ₂).....	0	"

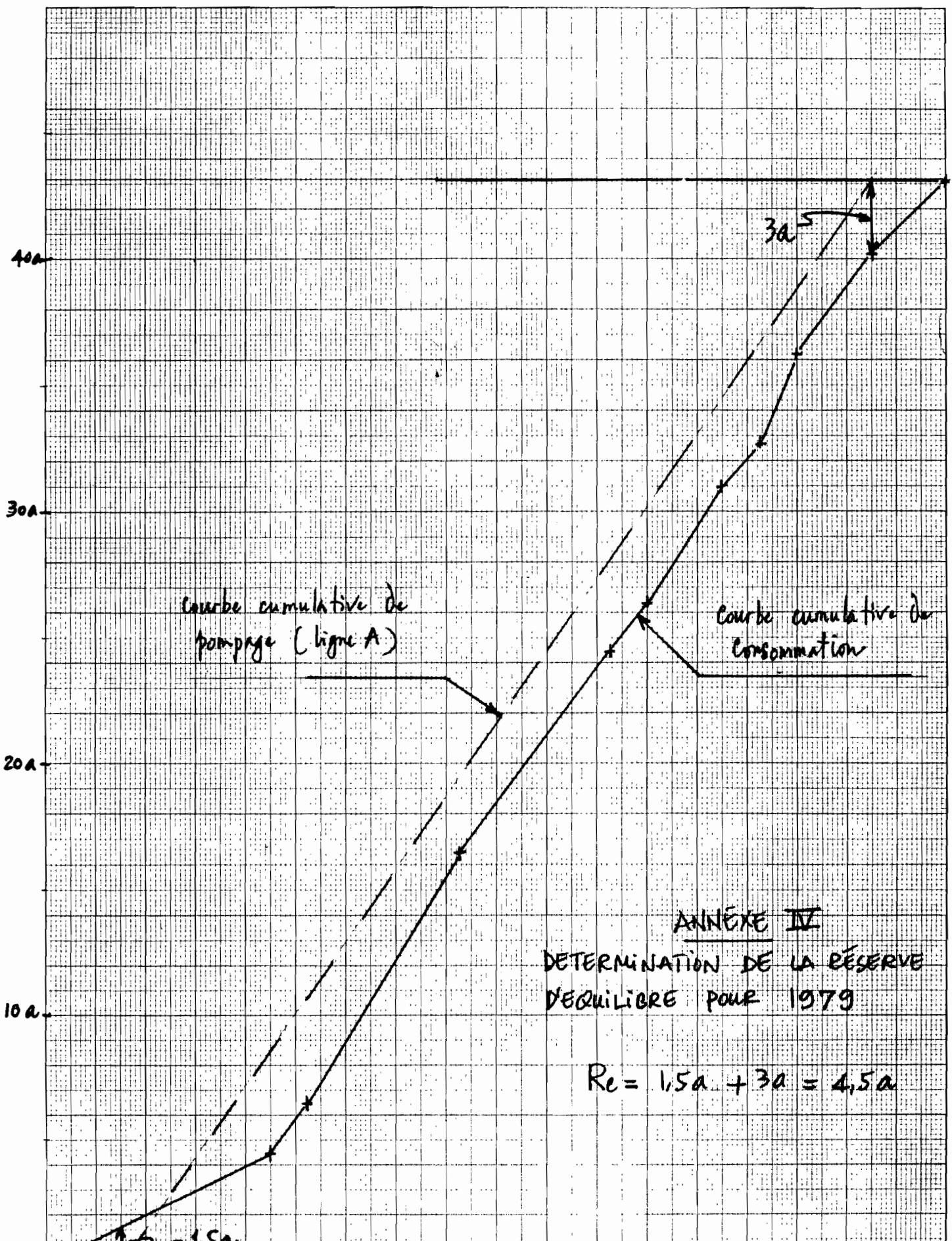
Annexe 3 (suite)

N° 1.

SOCIÉTÉ NATIONALE D'EXPLOITATION DES EAUX DU SENEGAL

Région de.....THIES..... Localité.....THIES.....
 Lieu de prélèvement...CHATEAU D'EAU... Jour de prélèvement :
 Date d'arrivée au Laboratoire...7/3/1978... Date d'analyse.....8/3/1978.....

Eléments	Teneurs	Interprétation des résultats.
Température.....	1	R A S
Couleur en mg/l de Pt/Co.....	5	eau moyennement minéralisée
Résistivité Ohm - Cm.....	12,00	minéralisée
PH.....	6,2	
Dureté totale (TH).....	17 en°Fr	Chlor
Dureté calcique (TH Ca).....	11 "	1) ...
Dureté Magnésienne (TH Mg).....	6 "	2) ...
Alcanité simple (TA).....	0 "	3) ...
Alcanité complète (TAC).....	29 "	4) ...
Chlorures (Cl) ⁻	4 "	5) ...
Bicarbonate (HCO ₃) ⁻	354 mg/l	6) ...
Carbonate (CO ₃) ⁻	0 "	7) ...
Gaz carbonique (CO ₂).....	0 "	8) ...
Oxygène dissous (O ₂).....	0 "	9) ...
Fluor (F) ⁻	0 "	10) ...
Silice (SiO ₂).....	10 "	INTER
Matières organiques (Alcalin).....	0,8 "	1,5%
Matières organiques (Acide).....	1,5 "	2,4% ...
Sulfate (SO ₄) ⁻	0 "	
Phosphate (PO ₄) ⁻	0 "	
Nitrates (NO ₃) ⁻	0 "	
Nitrites (NO ₂) ⁻	0,18 "	
Ammonium (NH ₄) ⁺	0 "	
Calcium (Ca) ⁺⁺	44 "	
Magnésium (Mg) ⁺⁺	14 "	
Manganèse (Mn) ⁺⁺	0 "	
Per Fe.....	0,2 "	
Aluminium (Al) ⁺⁺⁺	0 "	
Sodium (Na) ⁺	0 "	



Débit
 m^3/j

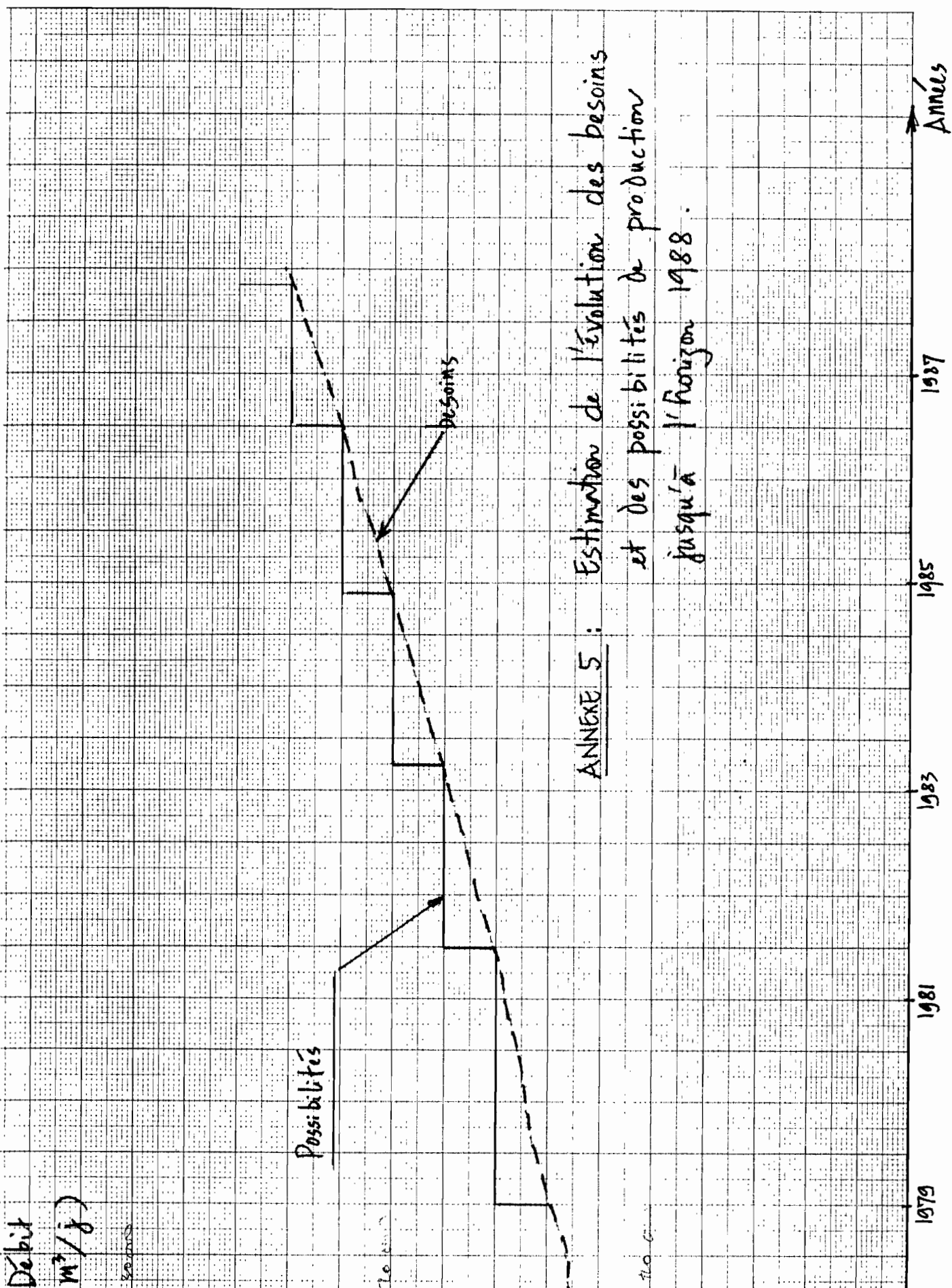
besoins

Possibilités

besoins

besoins

ANNEXE 5 : Estimation de l'évolution des besoins
et des possibilités de production
jusqu'à l'horizon 1988.



1979

1981

1983

1985

1987

Années

ANNEXE 6 : Schéma du réseau de distribution (pages 100 et 101)

LEGENDE :

—	Conduites	} Installations existantes
●	Forage	
●	Borne fontaine	
○	Edicule public	
☐	Bouche à incendie	} Installations projetées en 1ère phase
■	Edicule public et poteau d'incendie	
■	Château d'eau	
▨	Extension du réseau	
▤	Zone d'habitations irrégulières, lotissement prévu avant 1980	

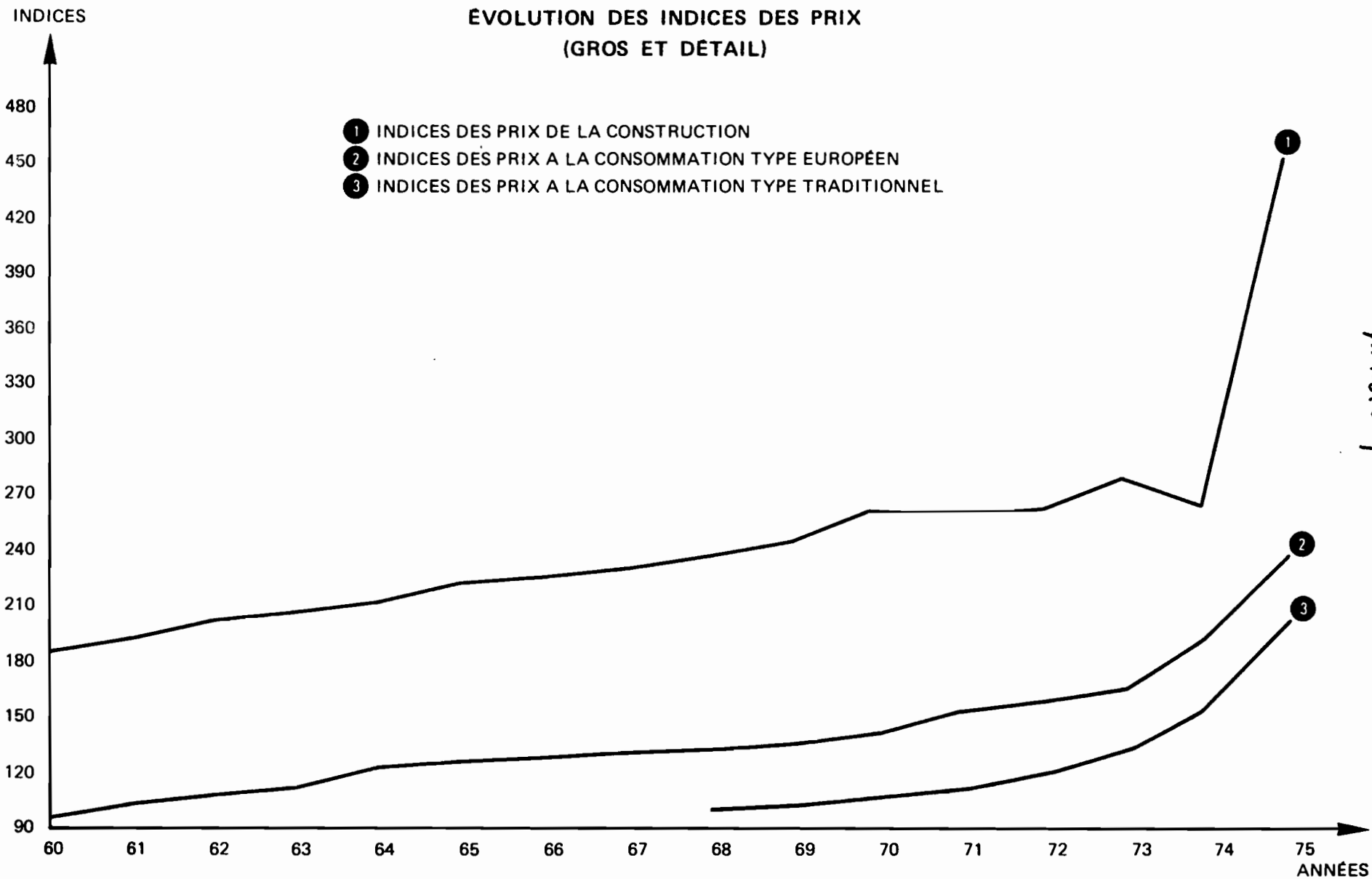
REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL
ET DE L'HYDRAULIQUE
 DIRECTION GENERALE DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'EQUIPEMENT RURAL

AVANT-PROJET D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
DES CENTRES URBAINS DE L'INTERIEUR

VILLE DE: THIES	Echelle: 1/2000
RESEAU D'EAU POTABLE PLAN D'ENSEMBLE	Mise à jour
	à jour 07/08/78

Notes : Des cartes détaillées de la SONEES se trouvent dans la pochette jointe.

ÉVOLUTION DES INDICES DES PRIX (GROS ET DÉTAIL)



ANNEXE 7

ANNEXE : 8

SIMULATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION
D'EAU PROPOSE PAR LA METHODE DE HARDY CROSS.

Bien qu'il existe toute une gamme de techniques pour le balancement hydraulique des réseaux d'aqueduc (méthodes des mailles et des noeuds, méthodes matricielles et analogiques etc...).

La méthode par itérations successives de Hardy CROSS est peut-être la plus populaire. Elle consiste à supposer des débits dans les différentes conduites d'un réseau et à corriger par essais successifs afin de balancer les pertes de charge. C'est une méthode de relaxation donc, certes pas directe, mais exacte.

L'ossature de base du réseau de distribution est définie à la page suivante.

Le territoire qui doit être alimenté en eau est délimité par le périmètre communal.

En l'absence d'une étude socio-économique sérieuse et des statistiques fiables portant sur la répartition de la consommation d'eau par secteurs dans la commune de Thiès;

Nous nous inspirerons des chiffres ci-dessous présentés concernant le volume d'ordures à ramasser par zone, pour estimer une répartition de la demande en eau dans les différents secteurs de Thiès. En effet, comme pour la distribution d'eau potable, le poids d'ordures à collecter augmente avec le niveau de vie des résidents et la qualité du réseau de collecte d'ordures décroît du quartier Central aux zones d'habitations spontanées (Quartiers non lotis).

Quartier	POids d'ordures (Kg/hab.j)		P/Pm	
	1975	1985	1975	1985
Central	1,0	1,0	1,58	1,49
Résidentiel moderne	0,8	0,9	1,26	1,34
Loti	0,72	0,72	1,14	1,07
Non loti	0,48	0,42	0,76	0,72

P = poids d'ordures à collecter

Pm = poids moyen d'ordures à collecter

Pm est déterminé à partir du tableau ci-dessus et de celui qui suit :

Le tableau qui suit la répartition de la population par type de quartier en 1975 et 1985

	1975	1985
Quartier central	3,9	3,2
Quartier résidentiel moderne	17,5	19,2
Quartier loti	32,1	38,8
Quartier non loti	46,5	38,8
	100 %	100 %

Les chiffres des deux tableaux ci-dessus sont tirés du rapport intermédiaire de la BCEOM (Janvier 1976) intitulé "Collecte et traitement des déchets solides de la région du Cap-Vert et de six capitales régionales". D'où :

$$(P_m)_{1985} = \left[(1.0 \times 3.9) + (0.8 \times 17.5) + (0.72 \times 32.1) + (0.48 \times 46.5) \right] \times \frac{1}{100} = 0,63$$

$$(P_m)_{1985} = \left[(1.0 \times 3.2) + (0.9 \times 19.2) + (0.72 \times 38.8) + (0.48 \times 38.8) \right] \times \frac{1}{100} = 0,67$$

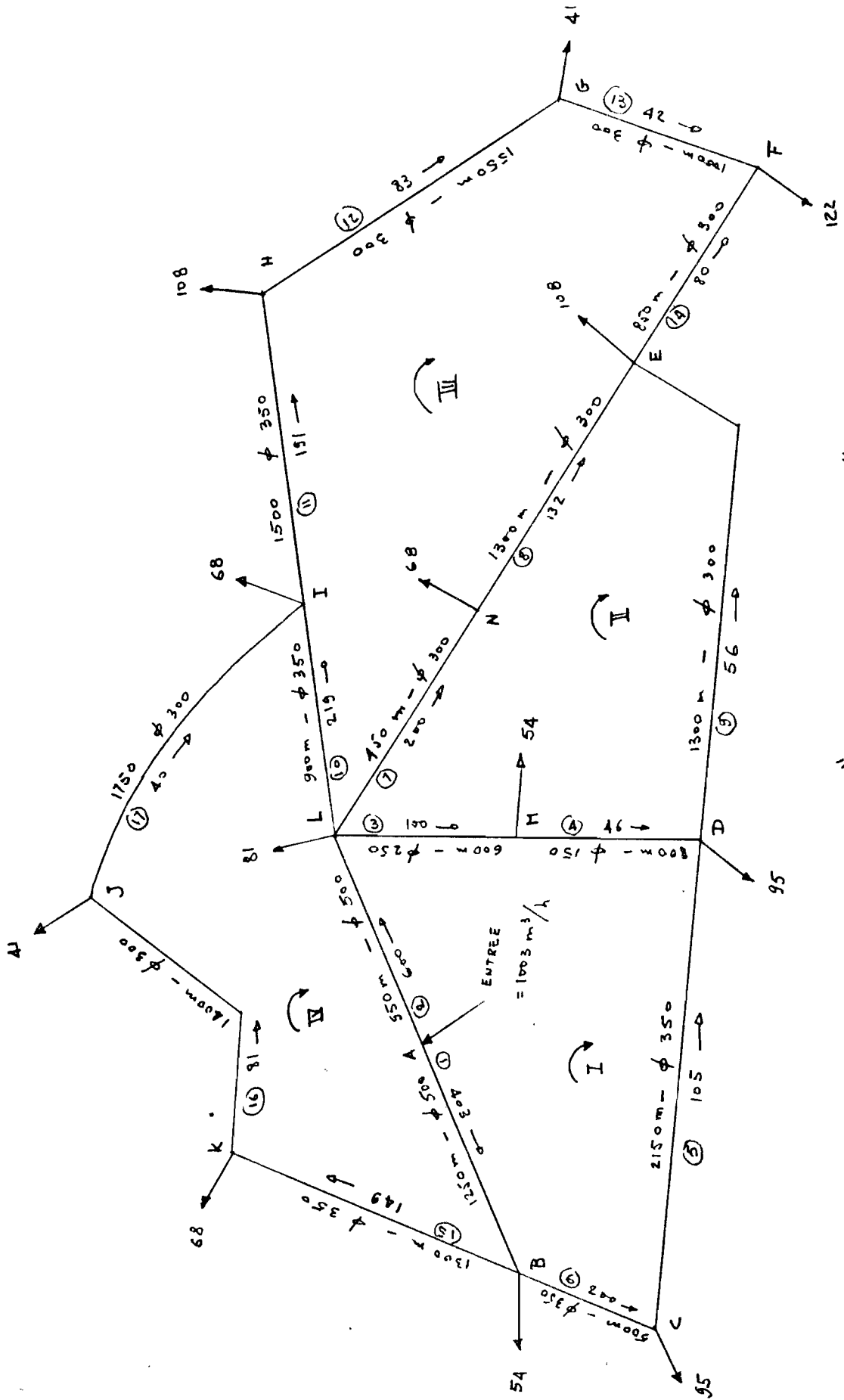
en kg / hab / jour

Compte tenu de ce qui précède, de la zone d'influence de chaque noeud et de ses caractéristiques d'occupation, de la consommation d'eau prévue pour 1979, nous avons procédé au calcul de la saignée propre à chaque noeud en période de consommation horaire maximale.

Les résultats de ce calcul sont consignés dans les figures B et C qui suivent. La simulation du réseau en période de consommation horaire maximum a été faite et les résultats figurent sur le qui suit et les figures D et E.

Précisons que la simulation a été faite pour les deux sous réseaux Nord et Sud en période de consommation normale, donc, quand ils déconnectés.

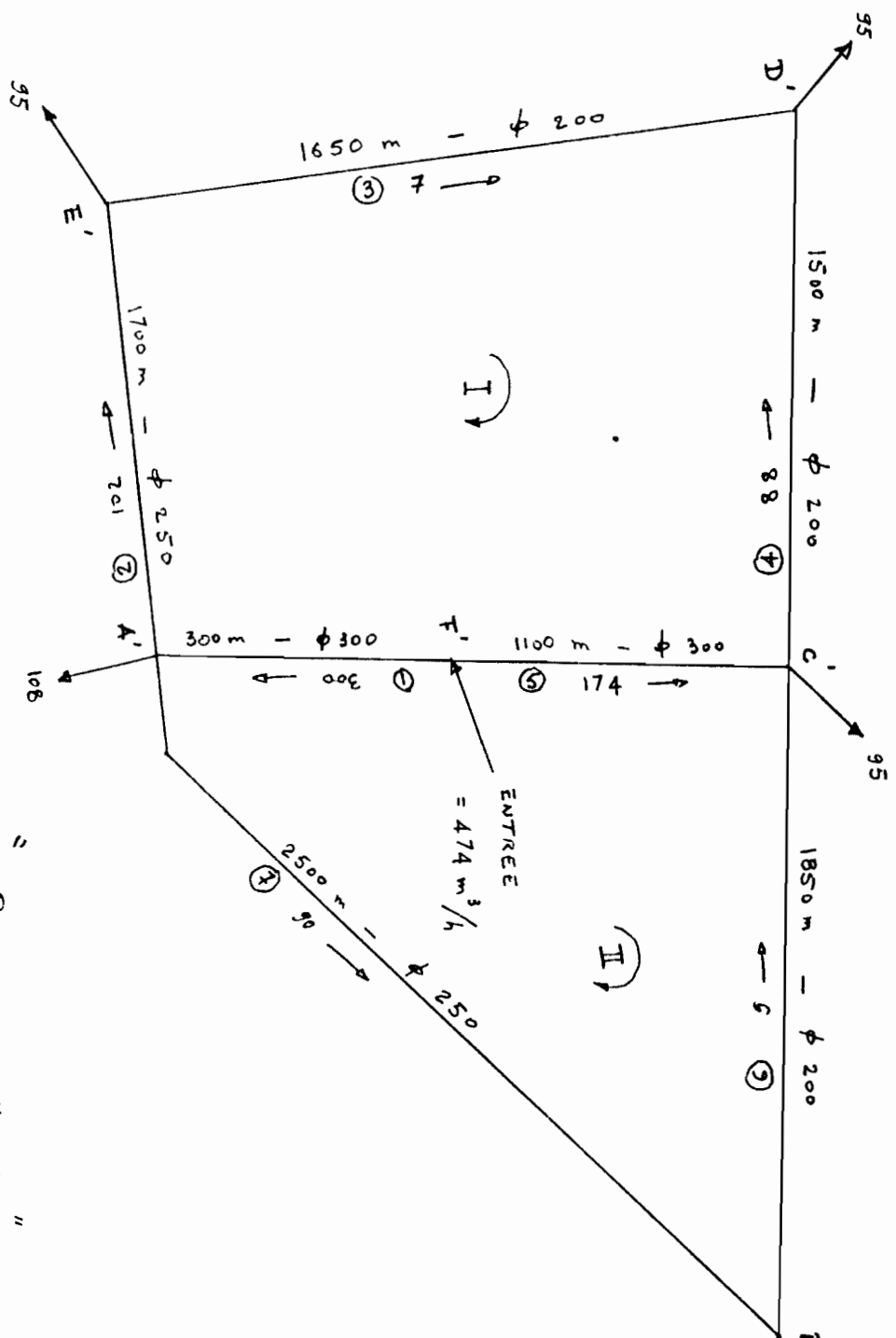
Les vitesses que nous avons trouvées certes, généralement faibles ne devraient pas faire penser à une nécessité de recourir à des conduites plus faibles pour 1979; en effet il s'agit de mettre en place une ossature de conduites maitresses qui permettra de faire face à la demande future à moyen voire long terme.



" RESEAU SUD "

Simulation à la consommation maximale horaire de 1979 :

Première estimation.



RESEAU NORD

Simulation à la consommation

maximale horaire de 1979 :

Premiere estimation.

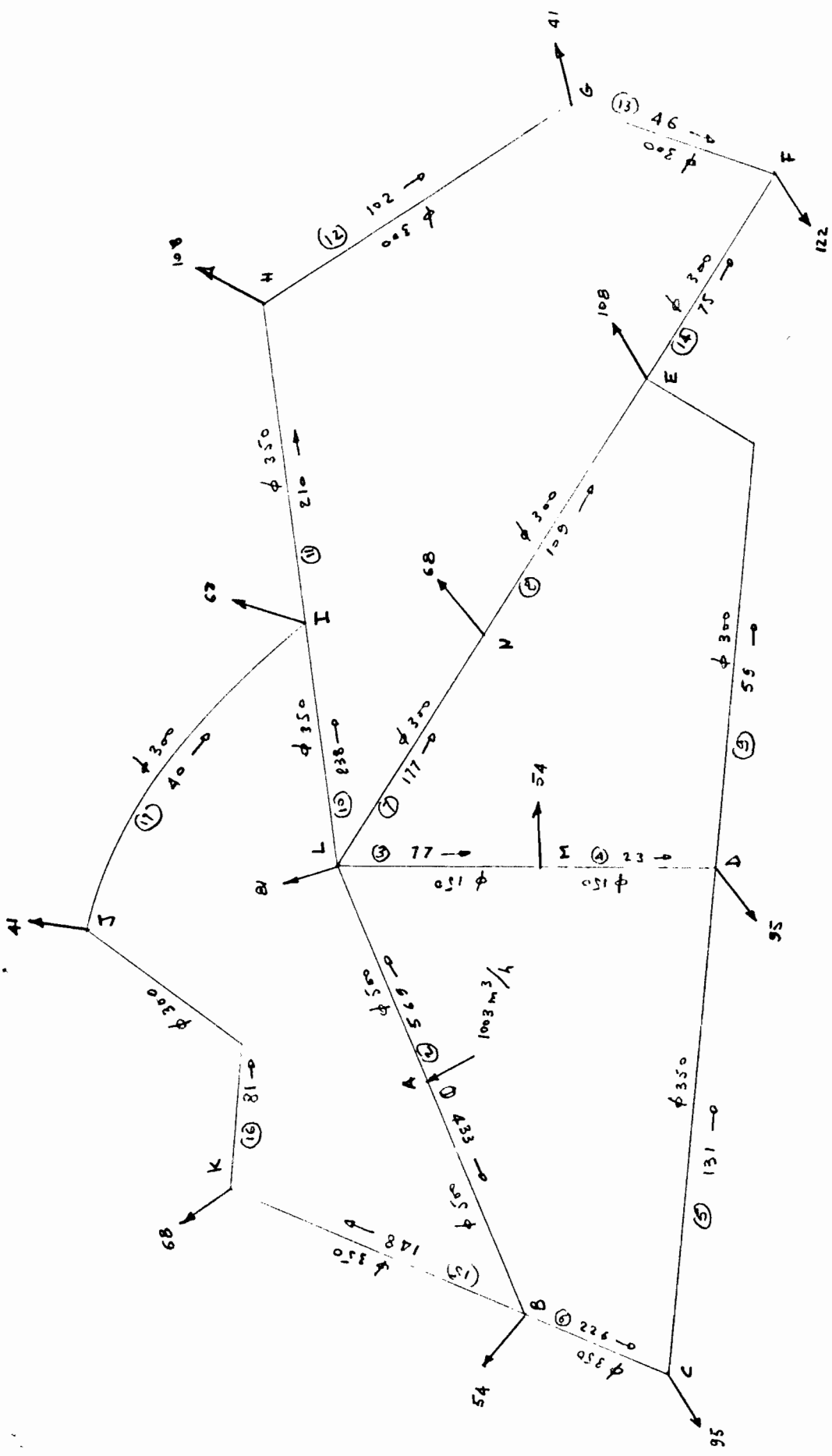
```

0010 REM *****
0020 REM * PROGRAMME DE CALCUL DU RESEAU DE *
0030 REM * DISTRIBUTION D'EAU PAR LA METHODE *
0040 REM * DE HARDY CROSS *
0050 REM *****
0060 REM * REF: CLARK, VIESSMAN & HAMMER *
0070 REM * POUR L'UTILISATION DE CE PROGRAMME , *
0080 REM * CONSULTEZ VINH NGUYEN-DUY (E.P.T.) *
0090 REM *****
0100 DIM Q(24),D(24),U(24),S(24),H(24),V(24),A(4,7)
0110 DIM T(4),W(4),Z(4),E(24),J(4)
0130 C=110.
0140 N5=4
0150 N6=24
0160 PRINT FLP,' VALEUR DE EPS ? '
0165 INPUT E9
0168 PRINT FLP,E9
0170 FOR L=1 TO N5
0180 INPUT J(L)
0190 PRINT FLP,'NOMBRE DE TUYAUX DANS CHAQUE BOUCLE',J(L)
0200 NEXT L
0210 FOR I=1 TO N6
0220 INPUT D(I),Q(I),U(I)
0230 PRINT FLP,D(I),Q(I),U(I)
0240 NEXT I
0250 FOR L=1 TO N5
0260 M=J(L)
0270 FOR K=1 TO M
0280 INPUT A(L,K)
0290 PRINT FLP,A(L,K)
0300 NEXT K
0305 NEXT L
0310 R=C*.0103
0320 S5=0
0330 FOR I=1 TO N6
0340 IF Q(I)<0 GOTO 0360
0350 IF Q(I)>0 GOTO 0380
0360 E(I)=-Q(I)
0370 GOTO 0390
0380 E(I)=Q(I)
0390 S(I)=(E(I)/(R*D(I)2.63))1.85
0400 H(I)=S(I)*U(I)
0410 V(I)=H(I)/E(I)
0420 NEXT I
0430 FOR L=1 TO N5
0440 W(L)=0

```

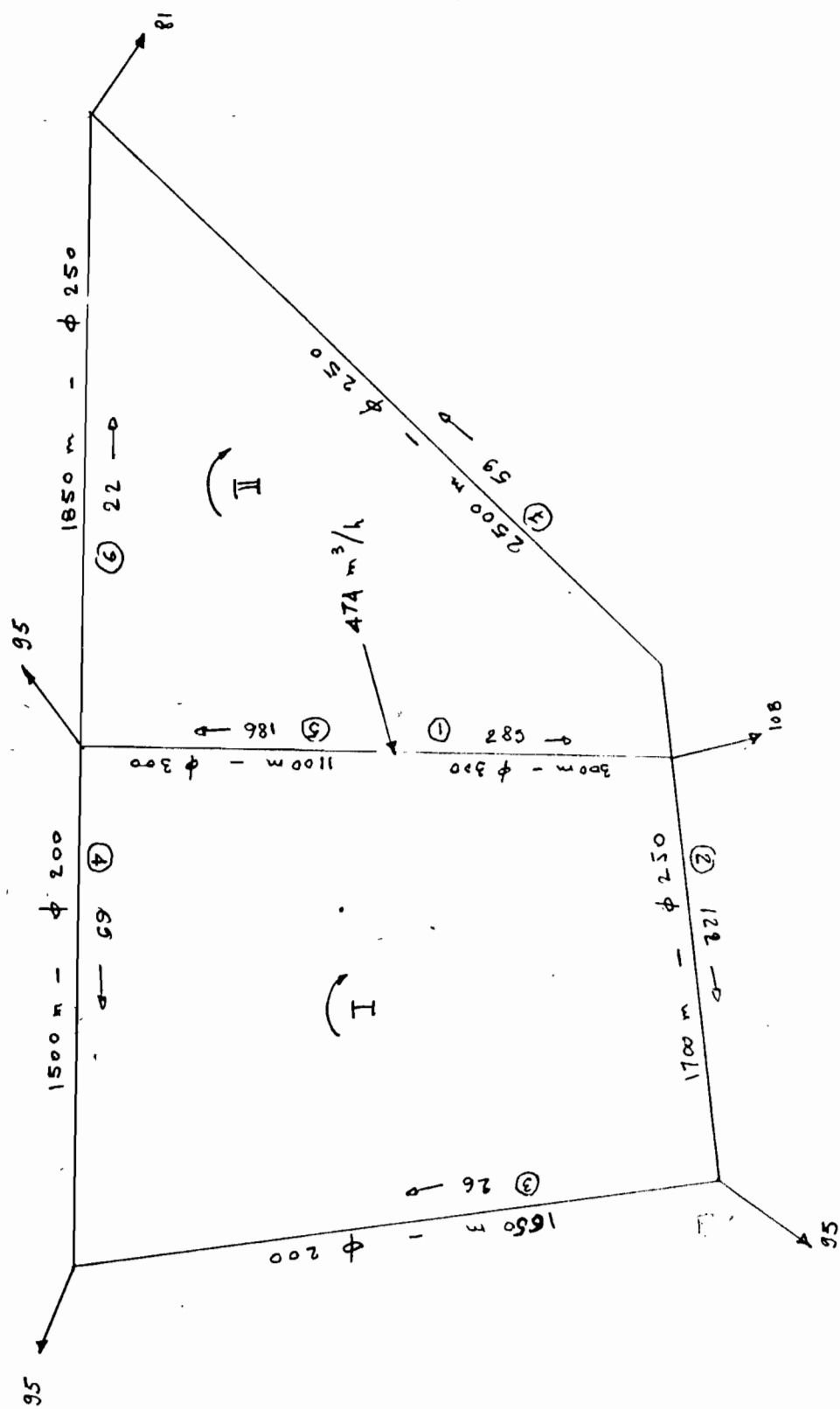

109

```
0450 T(L)=0
0460 M=J(L)
0470 FOR K=1 TO M
0480 IF A(L,K)>0 GOTO 0520
0490 I=-A(L,K)
0500 T(L)=T(L)+V(I)
0510 IF Q(I)≤0 GOTO 0570
0515 GOTO 0550
0520 I=A(L,K)
0530 T(L)=T(L)+V(I)
0540 IF Q(I)≥0 GOTO 0570
0550 W(L)=W(L)-H(I)
0560 GOTO 0580
0570 W(L)=W(L)+H(I)
0580 NEXT K
0590 Z(L)=-W(L)/(1.85*T(L))
0600 M=J(L)
0610 FOR K=1 TO M
0620 IF A(L,K)>0 GOTO 0660
0630 I=-A(L,K)
0640 Q(I)=Q(I)-Z(L)
0650 GOTO 0680
0660 I=A(L,K)
0670 Q(I)=Q(I)+Z(L)
0680 NEXT K
0690 S5=S5+ABS(Z(L))
0700 NEXT L
0710 F8=S5-E9
0720 IF F8>0 GOTO 0320
0730 PRINT FLP, 'RESULTATS'
0740 PRINT FLP,
0750 PRINT FLP, 'I, Q(I), S(I), H(I), PL(I)'
0760 FOR I=1 TO N6
0770 PRINT FLP, I, Q(I), S(I), H(I), U(I)
0780 NEXT I
0800 END
```



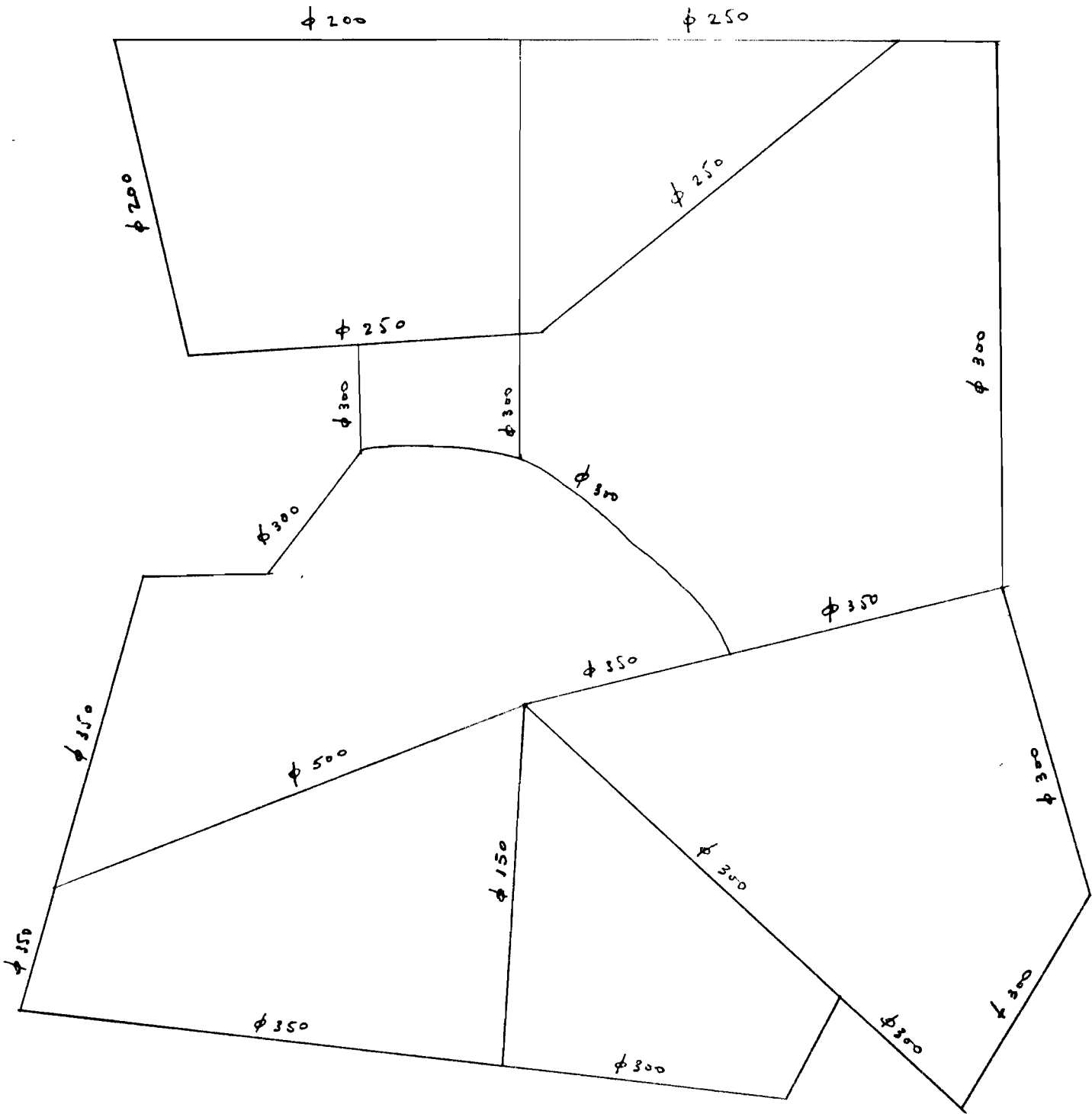
" RESEAU SUD "

Resultats : simulation à la consommation maximale horaire de 1979



" RESEAU NORD "

Resultats : simulation à la consommation maximale horaire de 1979



OSSATURE PROPOSEE

DE CONDUITES - MAITRESSES

TABLEAU DE RESULTATS

NOEUD	ELEVATION DU TERRAIN	PRESSION EN M D'EAU
A	77,5	18,60
B	88,0	6,80
C	91,5	2,41
D	80,5	12,02
E	69,0	23,12
F	66,0	25,70
G	62,0	29,50
H	64,0	26,16
I	78,0	14,69
J	66,5	26,45
K	72,0	21,74
L	69,5	24,97
M	75,0	18,74
N	73,0	20,39
A'	63,0	16,34
B'	61,5	15,93
C'	64,0	14,12
D'	73,0	0,685
E'	70,5	4,00
F'	62,5	18,60
O	56,5	

$$P_1 = P_0 - h_f + (Z_0 - Z_1)$$

TABLEAU DE RESULTATS

o

RESEAU NORD

Conduites	Vitesse (m/s)
1	1.14
2	0.69
3	0.23
4	0.61
5	0.73
6	0.19
7	0.34

RESEAU SvD

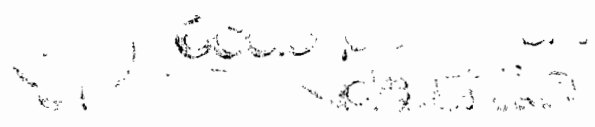
Conduites	Vitesse (m/s)	Conduite	Vitesse
1	0.61	15	0.43
2	0.80	16	0.16
3	0.43	17	0.63
4	0.36		
5	0.39		
6	0.65		
7	0.70		
8	0.43		
9	0.23		
10	0.65		
11	0.61		
12	0.40		
13	0.18		
14	0.30		

ANNEXE 9

Equipes techniques en place à la SONEES de Thiès

TABLEAU N° 27

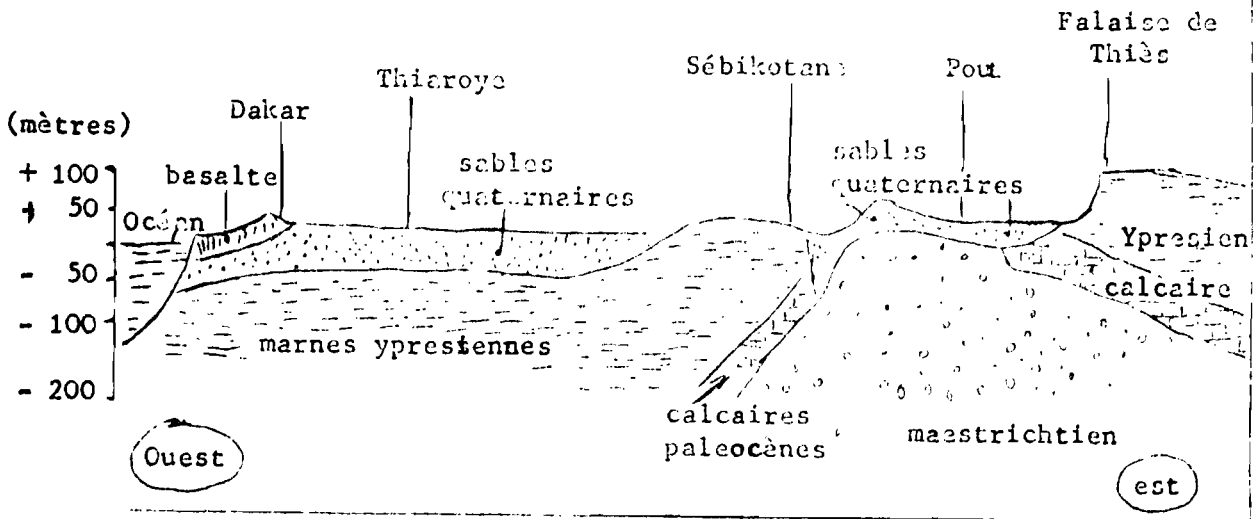
Catégorie	Fonction	Nombre	Total
Direction	Chef de région	1	1
Administration gestion	Agents administratifs	3	14
	Caissier	1	
	Releveurs	4	
	Dactylographe	1	
	magasiniers.	2	
	Planton	1	
	Chauffeurs	2	
Techniciens réseau	Chefs plombier	2	12
	Aides plombier	6	
	Electricien	1	
	Maçons-manœuvres	3	
Gardiennage	Gardiens	7	7
Total			34



 [Illegible handwritten text and stamp]

Coupe Ouest-Est Dakar/Thiès

Carton n° LX



Répartition à travers le territoire des principales nappes souterraines

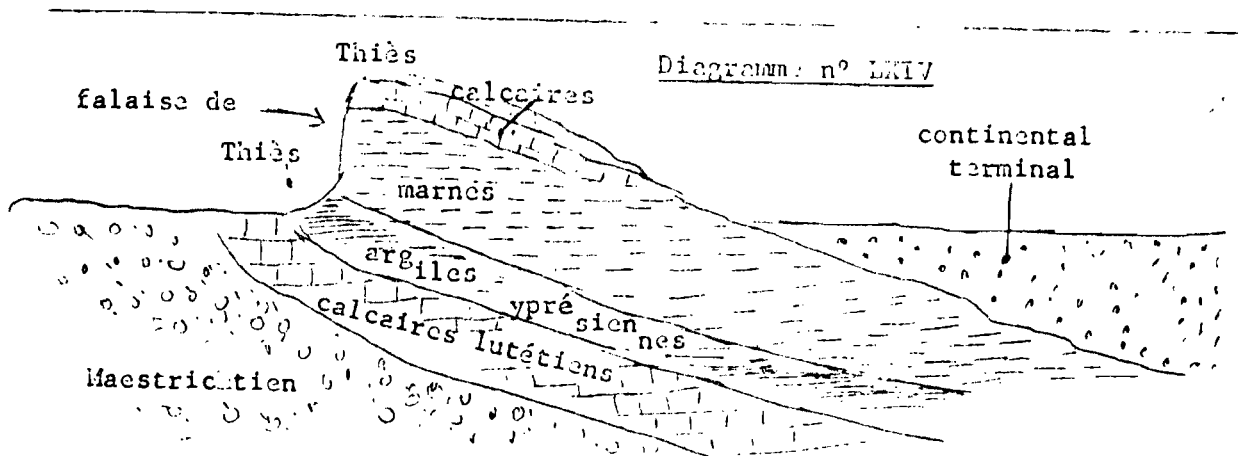


TABLE 10-1

VALUES OF pK_2' AND pK_3' AT 25°C FOR VARIOUS IONIC STRENGTHS AND THE DIFFERENCE ($pK_2' - pK_3'$) FOR VARIOUS TEMPERATURES

Ionic Strength	Total Dissolved Solids (ppm)	25°C				$(pK_2' - pK_3')$									
		pK_2'	pK_3'	pK_2'	pK_3'	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
		0.000		10.26	8.32	1.94	2.45	2.23	2.02	1.86	1.68	1.52	1.36	1.23	1.08
0.001	40	10.26	8.19	2.07	2.58	2.36	2.15	1.99	1.81	1.65	1.49	1.36	1.21	1.08	
0.002	80	10.25	8.14	2.11	2.62	2.40	2.19	2.03	1.85	1.69	1.53	1.40	1.25	1.12	
0.003	120	10.25	8.10	2.15	2.66	2.44	2.23	2.07	1.89	1.73	1.57	1.44	1.29	1.16	
0.004	160	10.24	8.07	2.17	2.68	2.46	2.25	2.09	1.91	1.75	1.59	1.46	1.31	1.18	
0.005	200	10.24	8.04	2.20	2.71	2.49	2.28	2.12	1.94	1.78	1.62	1.49	1.34	1.21	
0.006	240	10.24	8.01	2.23	2.74	2.52	2.31	2.15	1.97	1.81	1.65	1.52	1.37	1.24	
0.007	280	10.23	7.98	2.25	2.76	2.54	2.33	2.17	1.99	1.83	1.67	1.54	1.39	1.26	
0.008	320	10.23	7.96	2.27	2.78	2.56	2.35	2.19	2.01	1.85	1.69	1.56	1.41	1.28	
0.009	360	10.22	7.94	2.28	2.79	2.57	2.36	2.20	2.02	1.86	1.70	1.57	1.42	1.29	
0.010	400	10.22	7.92	2.30	2.81	2.59	2.38	2.22	2.04	1.88	1.72	1.59	1.44	1.31	
0.011	440	10.22	7.90	2.32	2.83	2.61	2.40	2.24	2.06	1.90	1.74	1.61	1.46	1.33	
0.012	480	10.21	7.88	2.33	2.84	2.62	2.41	2.25	2.07	1.91	1.75	1.62	1.47	1.34	
0.013	520	10.21	7.86	2.35	2.86	2.64	2.43	2.27	2.09	1.93	1.77	1.64	1.49	1.36	
0.014	560	10.20	7.85	2.36	2.87	2.65	2.44	2.28	2.10	1.94	1.78	1.65	1.50	1.37	
0.015	600	10.20	7.83	2.37	2.88	2.66	2.45	2.29	2.11	1.95	1.79	1.66	1.51	1.38	
0.016	640	10.20	7.81	2.39	2.90	2.68	2.47	2.31	2.13	1.97	1.81	1.68	1.53	1.40	
0.017	680	10.19	7.80	2.40	2.91	2.69	2.48	2.32	2.14	1.98	1.82	1.69	1.54	1.41	
0.018	720	10.19	7.78	2.41	2.92	2.70	2.49	2.33	2.15	1.99	1.83	1.70	1.55	1.42	
0.019	760	10.18	7.77	2.41	2.92	2.70	2.49	2.33	2.15	1.99	1.83	1.70	1.55	1.42	
0.020	800	10.18	7.76	2.42	2.93	2.71	2.50	2.34	2.16	2.00	1.84	1.71	1.56	1.43	

From T. E. Larson and A. M. Buswell, "Calcium Carbonate Saturation Index and Alkalinity Interpretations," *J. Am. Water Works Assoc.*, vol. 34 (1942), p. 1667. Copyright 1942 by the American Water Works Association, Inc., 2 Park Ave., N. Y., N. Y. 10016.

$$(\text{HCO}_3^-) = 0.5 \times 0.001,55 \times 1 = 0.001,55$$

$$(\text{SO}_4^{2-}) = 0.5 \times 0.000,83 \times 4 = 0.001,66$$

$$(\text{Cl}^-) = 0.5 \times 0.000,48 \times 1 = 0.000,24$$

$$0.008,64$$

Using Table 10-1, with an ionic strength of 0.009 at a temperature of 15°C

$$(pK_2' - pK_3') = 2.46$$

$$p\text{Ca}^{++} = -\log 0.001,58 = \log \frac{1}{0.001,58} = \log 634 \quad 2.80$$

$$\begin{aligned} p\text{Alk} &= p[\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-] \\ &= \log [0.000,13 + 0.001,55] \quad 2.77 \end{aligned}$$

Substituting in Eq. 10-5,

$$SI = 7.90 - 2.46 - 2.80 - 2.77 = 0.13$$