

1076

MINISTÈRE DE LA COOPERATION — FONDS D'AIDE ET DE COOPERATION

77AL

16



ALIMENTATION EN EAU

LIBRARY

International Reference Group
for Community Water Supply

205.40-77AL-18889

1076

205.40
77AL

LIBRARY IRC
PO Box 93190, 2509 AD THE HAGUE
Tel: +31 70 30 689 80
Fax: +31 70 35 899 64
BARCODE: 18089
LO: 205.40 77AL

Manual
for Community Water Supply

Ce manuel élaboré par le
SECRETARIAT DES MISSIONS D'URBANISME
ET D'HABITAT (S.M.U.H.)

a pu être préparé grâce au
MINISTRE DE LA COOPERATION

Marché n° 23 M/77/S
228/CD/75/VI/S/01

Notifié le 14 Mars 1977

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

Ce manuel traite de l'adduction et de la distribution de l'eau dans les zones urbaines des pays du Tiers Monde.

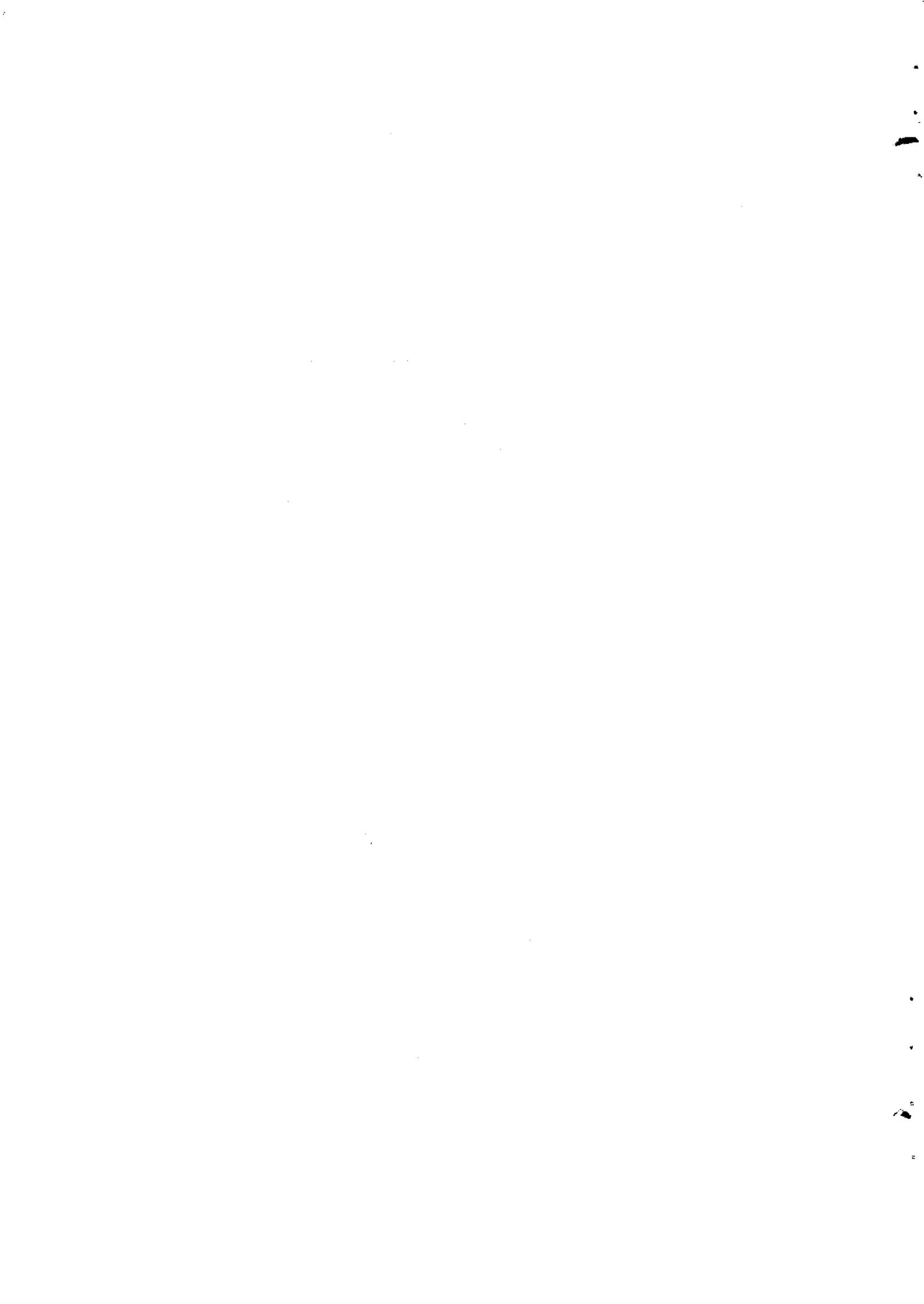
Il a pour but de poser les problèmes, de fournir les indications générales permettant de les résoudre, et d'inciter à la consultation d'ouvrages plus complets et d'organismes particulièrement compétents.

Son objet est, en effet, de servir d'ouvrage de référence pour les "techniciens urbains" de pays du Tiers Monde qui suivent des sessions de perfectionnement en urbanisme.

L'alimentation en eau ne constituant qu'une de leurs préoccupations, il est essentiel que ce problème soit situé par rapport à l'ensemble des questions qu'ils ont à aborder.

A cet effet, on s'est efforcé de préciser les relations entre les dispositions techniques et leur impact social et économique.

Novembre 1977

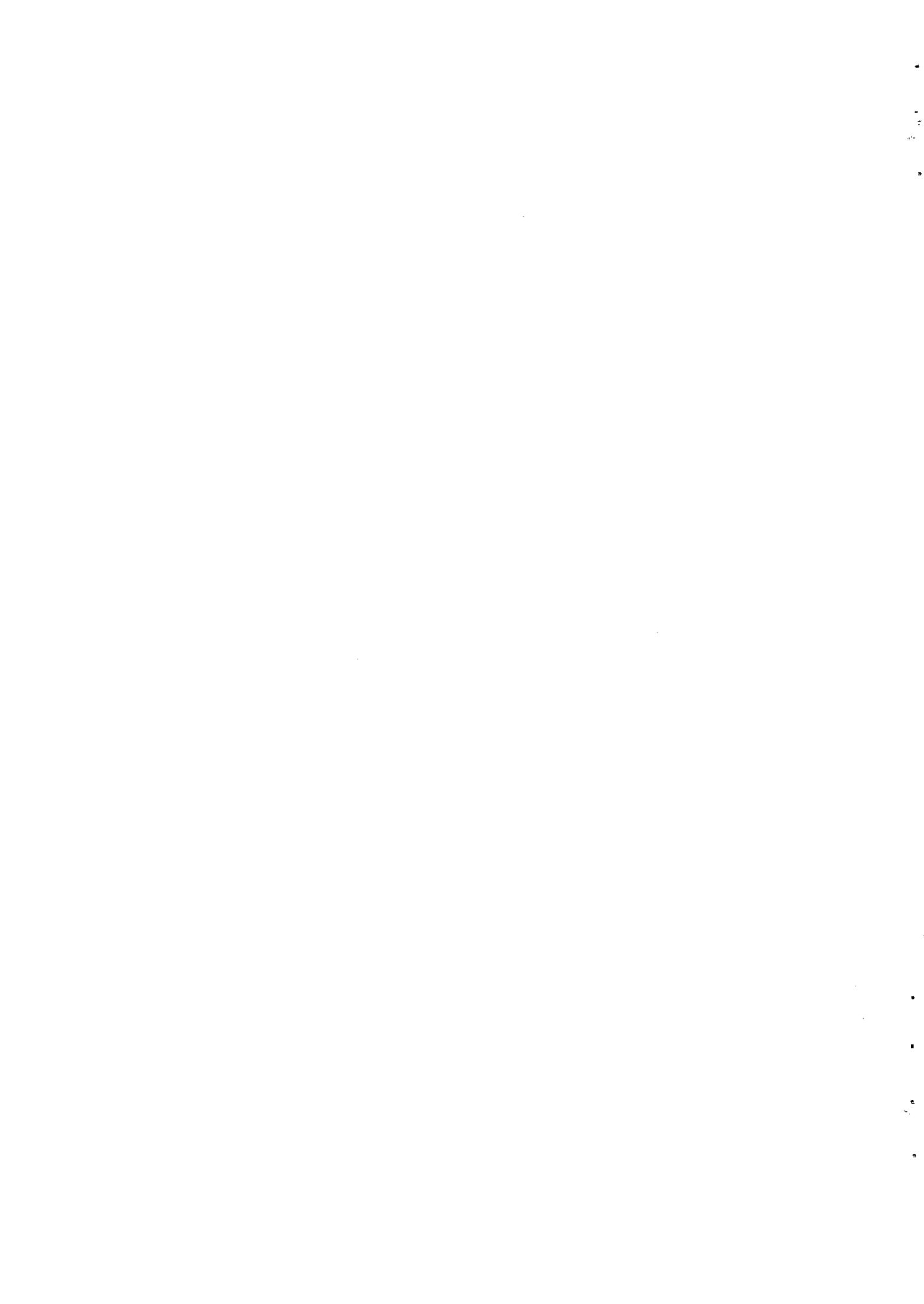


P L A N

	<u>PAGES</u>
1 - <u>LES BESOINS</u>	5
1.1. L'eau besoin essentiel	7
1.2. L'eau et le développement de l'urbanisation	10
1.3. Qualité	10
1.4. Quantités	12
1.5. Variation de la consommation dans le temps	14
1.6. Débits à prendre en compte	15
2 - <u>LES RESSOURCES ET LEUR MOBILISATION</u>	17
2.1. Le cycle de l'eau	19
2.2. Origine et captage des eaux prélevées	21
2.3. Traitement	26
2.4. Adduction et refoulement	28
2.5. Stockage, régulation	30
3 - <u>LA DISTRIBUTION</u>	33
3.1. Structure du réseau	36
3.2. Eléments d'un réseau	38
3.3. La distribution de l'eau aux consommateurs	39
3.4. Dimensionnement simplifié d'un réseau	45
4 - <u>LES MATERIAUX ET LA POSE DES RESEAUX</u>	49
4.1. Matériaux	51
4.2. Pose	52
5 - <u>POLITIQUE DE L'EAU ET GESTION DE RESEAU</u>	53
5.1. Politique de l'eau	54
5.2. Gestion des réseaux	59
6 - <u>ANNEXES</u>	61
6.1. Notions d'hydraulique	62
6.2. Bibliographie	64
6.3. Textes officiels de référence	65
6.4. Organismes spécialisés.	65



1. LES BESOINS



1.1. L'EAU, BESOIN ESSENTIEL

Les quantités absolument nécessaires pour les besoins physiologiques de l'homme sont de moins de 5 l par personne et par jour.

Cette quantité est faible ; elle dépend plus des conditions extérieures que du niveau de vie. Il est, par contre, essentiel que l'eau destinée à cet usage soit de très bonne qualité.

Les autres besoins (lavage, évacuation des déchets, essentiellement) sont par contre très liés au mode et au niveau de vie.

Pour certaines populations, et dans certaines conditions, la quantité consommée est pratiquement nulle, mais le minimum se situe autour de 10 à 15 l. par personne et par jour et ne sert alors qu'au lavage. C'est le plus souvent le cas dans les zones desservies par puits ou par bornes fontaines qui ne sont pas à proximité immédiate de l'utilisateur.

L'évacuation des excréta humains par voie hydraulique demande un minimum de 40 l par personne et par jour, correspondant à un branchement particulier par logement et à une installation sanitaire très sommaire (un poste d'eau et un W.C. par exemple).

Dès qu'un branchement existe pour chaque construction, la consommation d'eau s'élève rapidement, de moins de 100 l/hab/jour dans une zone à niveau de revenu et niveau d'équipement moyen, jusqu'à 500 l dans une zone d'habitation à haut revenu.

Si, à l'origine, les villages s'installaient toujours près d'une eau "utilisable", l'urbanisation galopante a conduit à une carence très importante en ce qui concerne la distribution de l'eau potable (1) soit que l'eau existe en quantité insuffisante, soit qu'il y ait une forte concurrence de la part d'autres utilisateurs (agriculteurs ou industriels), soit encore que l'urbanisation ou le développement des activités ne permette plus l'utilisation des eaux, par suite de pollutions diverses (rejets domestiques, rejets industriels).

Ainsi, alors que la consommation domestique est de 6 à 100 m³/an par habitant, un hectare irrigué en réclame 10.000, la fabrication d'une tonne de sucre 100, et celle d'une tonne de caoutchouc 2.500.

Une grande partie de l'eau ainsi rejetée après consommation est impropre à la satisfaction des besoins des habitants.

L'urbanisation conduit aussi très souvent à la dégradation des eaux de surface et des eaux souterraines quand l'épaisseur insuffisante ou la nature du sol et la situation des rejets ne permettent pas l'auto-épuration des eaux rejetées.

L'alimentation en eau par réseau à partir d'une eau protégée ou traitée devient alors une solution nécessaire.

(1) Dans une bonne partie des grandes villes africaines, on assiste à une lente diminution de la consommation moyenne par habitant malgré l'augmentation du nombre de branchements particuliers et de la consommation industrielle.

L'eau consommée a un rapport étroit avec la santé des populations urbaines : d'une part les eaux impropres à la consommation transmettent des maladies, en particulier les infections intestinales auxquelles sont soumises la majorité de la population.

D'autre part, le volume d'eau utilisé est en relation avec la plupart des maladies diarrhéiques et des infections cutanées. Ceci a des répercussions sur l'aptitude à l'effort et au travail des populations atteintes. Certaines familles consacrent 10% de leurs revenus à l'achat de médicaments destinés à combattre ces maladies liées à l'eau, mais ceci ne supprime évidemment pas les causes.

On comprend donc que l'action la plus efficace pour améliorer durablement la santé des populations et qu'une des conditions essentielles du développement soit de fournir l'eau potable en quantité suffisante et facilement accessible.

On s'est, par ailleurs, aperçu de l'importance des coûts annexes liés à la quête de l'eau, en l'absence de branchements :

- . temps passé (1 heure par jour n'est pas exceptionnel), souvent au détriment d'activités plus productives,
- . énergie dépensée : en Afrique de l'Est, une analyse (1) portant sur quelques cas a montré qu'elle représentait en moyenne 13% en zone rurale, 5% en zone urbaine, de l'énergie (et donc de la nourriture) totale consommée.

Un autre aspect à prendre en compte est le coût de l'eau :

En 1974, les prix du m³ de l'eau dans les principales villes africaines variaient de 45 F CFA à 170 F CFA (1 F CFA = 0,02 F Français). Mais ce prix est celui que payent les possesseurs de branchement. Il peut être multiplié par 10 en fonction de la distance et de la difficulté pour se procurer de l'eau, si bien que le coût au litre est souvent très important pour les déshérités et représente une part non négligeable du revenu, (jusqu'à 20%).

L'eau, dans la mesure où il n'existe pas de nappe proche, est donc un facteur de localisation qui influence l'urbanisation, au même titre que les transports.

L'eau, par son besoin quotidien, crée, en cas de distribution publique, des relations de voisinage et contribue ainsi à structurer les quartiers. Il se constitue des groupements utilisant une même "source". La manière dont on distribue l'eau influence donc le comportement social, la création de groupements etc... il est primordial de prendre cet élément en compte quand on recherche une formule économique de distribution, d'autant plus que les modes de vie ne sont pas stables.

Le dernier aspect, et non le moindre, qui influence la consommation d'eau potable, est le fait que la potabilité reste une notion abstraite qui ne peut influencer les habitudes s'il n'y a pas éducation et explication approfondie.

(1) *Drawers of water* (voir 6.2. bibliographie)

La population ne fait pas la liaison entre les maux dont elle souffre et l'eau consommée. Il en résulte une absence de motivation pour une alimentation en eau saine, alors que le branchement électrique, pourtant moins primordial, est plus souhaité : il est un signe "visible" de progrès et son prestige est grand.

D'autre part, l'eau est considérée comme un bien que la nature a de tous temps fourni gratuitement.

La distribution gratuite aux bornes fontaines publiques a souvent renforcé cette mentalité. Dans beaucoup de quartiers, la borne fontaine apparaît comme le seul investissement public, la seule contrepartie à l'impôt (la population estime donc que l'eau a été payée).

De nombreux phénomènes, tous n'étant pas cités ici, doivent être pris en compte avant de concevoir ou de faire fonctionner un réseau d'eau jouant son rôle économique et social. Il est important de voir qu'il ne s'agit pas uniquement d'un problème technique et que rien de durable ne pourra fonctionner sans la connaissance et la participation de la population concernée.

1.2. L'EAU ET LE DEVELOPPEMENT DE L'URBANISATION

L'eau constitue une infrastructure de base et même l'infrastructure de base à fournir à tout quartier. Or on constate :

- une grande disparité entre les quartiers aménagés à forte consommation et consommant de l'eau de bonne qualité et les quartiers non contrôlés où les consommations d'eau potable sont, soit très faibles, parce que les bornes fontaines sont en nombre insuffisant, soit nulles parce que remplacées par l'utilisation d'eaux "naturelles" toujours polluées,

- une baisse fréquente de la consommation moyenne par habitant, la cause principale étant que le réseau n'arrive pas à suivre les nouvelles extensions urbaines. Mais il peut même y avoir dégradation du service dans les quartiers bien équipés si le réseau est en mauvais état ou si des ressources insuffisantes nécessitent des coupures journalières.

De cela résulte que de plus en plus de familles ont de mauvaises conditions d'alimentation en eau, ce qui diminue le revenu disponible pour les autres consommations de base alors que beaucoup de familles sont déjà en dessous du seuil considéré comme vital et/ou augmente la fréquence et la virulence des maladies, diminuant leur espérance de vie et leur aptitude au travail augmentant les charges de la collectivité, qu'elles soient directes (aide, assistance médicale gratuite) ou indirectes (personnes productives supplémentaires).

Ceci s'explique pour des raisons financières, le paiement de l'eau passant généralement par le branchement particulier (1) mais surtout pour des raisons institutionnelles et politiques, la mise en place d'un réseau constituant une reconnaissance officielle de l'installation de nouveaux immigrants.

1.3. QUALITE

Les différents utilisateurs de l'eau n'ont pas tous les mêmes exigences :

Pour l'alimentation humaine, qui nous intéresse principalement, une eau est potable si elle répond :

- . à des critères bactériologiques (absence de germes pathogènes ou de virus),
- . à des critères physiques (couleur - pouvoir colmatant etc...),
- . à des critères chimiques (concentration de certains éléments),
- . à des critères concernant la radio-activité.

(1) Nous verrons en 5.1. qu'il existe en fait d'autres méthodes.

L'OMS et différents pays ont défini des normes et le plus souvent des méthodes de mesure.

Elles ont, en général, des caractéristiques peu différentes dont on ne devra pas s'écarter. Les critères bactériologiques en particulier sont impératifs : ce sont eux qui influencent le plus directement la santé.

Les critères physiques et chimiques peuvent être plus aisément différents d'un lieu à un autre, en fonction des conditions naturelles et des contraintes économiques et sanitaires.

Définir des normes est bien, contrôler leur application est impératif.
Un contrôle régulier de la part du concessionnaire est nécessaire, mais un autre organisme, indépendant, doit également avoir mission de contrôler la société concessionnaire.

L'eau à usage industriel ou agricole n'a pas besoin de satisfaire aux mêmes normes. On pourra donc souvent utiliser une eau sans traitement préalable.

C'est ainsi que l'on trouve dans certaines grandes villes ou dans des zones industrielles deux réseaux d'eaux, outre le réseau d'eau potable existe un réseau d'eau brute ou à traitement sommaire utilisé pour le refroidissement, le transport de matériaux, le lavage des rues etc...

La sélection des usages de l'eau en fonction de sa qualité n'est pas récente. Dans certaines villes où l'eau était rare, on recueillait pour les usages "nobles" (cuisine) l'eau de pluie tandis que l'eau de la nappe, saumâtre ou parfois trop proche du sol pour être pure, était réservée aux autres usages.

Un autre moyen d'économiser l'eau est de l'utiliser plusieurs fois successivement, sans perdre de vue qu'après chaque usage il y a, à moins d'un traitement coûteux, dégradation de la qualité. Des eaux de lavage peuvent servir à évacuer des excréta. Des eaux de refroidissement, des eaux usées traitées sommairement peuvent être utilisées dans l'agriculture.

La qualité et la quantité disponible sont donc des variables qui doivent être examinées et dont l'évolution doit être prévue ensemble

Entre l'arrivée de l'eau sur le sol et son rejet en mer, l'eau peut donc être utilisée plusieurs fois. On doit veiller à ce qu'une nouvelle utilisation ne perturbe pas celles déjà situées à l'aval, ce qui arrive fréquemment quand se développent les activités urbaines et industrielles amenant des pollutions diminuant les rendements ou supprimant les activités primaires situées à l'aval (pêche, maraîchage, agriculture).

S'agissant de petites activités qu'il n'est pas toujours facile de cerner par le calcul économique classique, car elles vivent en auto-subsistance ou vendent directement leur production, la tendance est de sous-estimer leur importance, ce qui peut avoir pour conséquence d'augmenter les coûts de l'approvisionnement de la ville, d'accroître l'immigration etc....

L'augmentation du secteur industriel moderne ne doit pas négliger certaines conséquences de sa venue. La pollution n'est pas un phénomène réservé aux pays développés. Elle accompagne certaines activités quelque soit leur localisation. Elle est d'autant moins coûteuse à prévenir qu'on s'en sera occupé plus tôt.

1.4. QUANTITES

1.4.1. Besoins privés

Besoins minima (cuisine - boissons - lavages) 20L/hab/j/

C'est la consommation relevée dans des zones desservies par bornes fontaines assez espacées. Mais il vaut mieux prévoir 30l/hab/j dans une zone correctement desservie.

L'emploi de W.C. à chasse d'eau : 10 à 20 l à chaque usage,
douche : 25 l à chaque usage,
bain : 200 l à chaque usage,

augmentent très fortement la consommation qui dans les zones équipées est de 10 à 500 l/hab/jour. L'arrosage peut, en zone pavillonnaire, doubler ou tripler ces chiffres.

1.4.2. Besoins collectifs

Les équipements ont des consommations très variables :

ex. hôpital	: 400 l/lit/jour	
école	: 100 l/élève/jour	(à vérifier en fonction des
lavoir	: 1200 l/place/jour	conditions locales)

1.4.3. Besoins industriels

Ils sont très variables suivant les types d'industries et doivent faire l'objet d'une enquête spécifique.

Quand les industries qui doivent s'implanter sur la zone ne sont pas encore connues, on retient les chiffres suivants :

- zone d'industries grosses consommatrices :

un réseau d'eau potable assurant 100 m³/ha /jour
coef. de pointe : 6

un réseau d'eau industrielle assurant 85 m³/ha/jour
coef. de pointe : 3

- zone d'industrie de caractéristiques moyennes :
un seul réseau d'eau potable assurant 30 à 40 m³/ha/j
coef. de pointe 3 à 4
- zone de petites industries :
un seul réseau d'eau potable assurant 25 à 35 m³/ha/j
coef. de pointe 3 à 4

1.4.4. Besoins agricoles

Des étables peuvent être implantées en zone périphérique
les consommations usuelles sont :

- 50 l/j par cheval ou bovidé
- 5 l/j par mouton

1.4.5. Débit "incendie"

Pour l'alimentation des lances à incendie des pompiers, la réglementation française impose un réseau d'alimentation des bornes incendie d'une section de 10 à 150 mm sous une pression de 1 bar (cf. annexe 6.1.) capable de fournir 60 m³/h (ou 171/s) pendant 2 heures.

Les bouches à incendie doivent être disposées tous les 200 à 300m de façon qu'un incendie puisse être attaqué par deux lances à la fois.

1.4.6. Consommation globale

La répartition inégale des équipements et du niveau de vie, des habitudes de vie différentes, font que les consommations globales varient en général avec la taille de l'agglomération. Ainsi en France :

. Distribution rurale	125 l/j/hab.
. ville de moins de 3000 hab.	200 " "
. ville de 3000 à 15.000 hab.	235 " "
. ville de 15.000 à 60.000 hab.	285 " "
. ville de plus de 60.000 hab.	345 " "

Ces chiffres ne sont pas transposables dans d'autres pays, mais on y retrouve de telles différences entre villes ou entre quartiers.

Ainsi à OUAGADOUGOU en 1972 (1)

2 300 abonnés consommaient 9000 m³/j tandis que 70 000 habitants consommaient de 1000 à 10 000 m³ d'eau aux bornes fontaines suivant l'importance des branchements privés et la densité des bornes fontaines.

(1) d'après "les bornes fontaines en milieu tropical africain" par J. ROURE, Ingénieur au B.C.E.O.M. Informations et documents 2è trimestre 73.

1.5. Variation dans le temps de la consommation

On consomme peu d'eau la nuit. Le coefficient horaire de pointe (rapport du débit de l'heure la plus chargée sur le débit moyen journalier cf. ex. en 2.5.2.) varie en fonction inverse du débit transité: il sera élevé dans une antenne desservant quelques centaines de personnes et peu élevé dans une canalisation principale.

La formule habituellement retenue est : $C = 1,5 + \frac{2,5}{q_m}$

q_m = débit moyen en m³/s

En première approximation on peut retenir :

- pour les canalisations de gros diamètre, coef. inférieur à 2
- pour les canalisations de 200 m, coef. voisin de 2,4
- pour les canalisations de 100 à 150 mm, ce ne sont pas les pointes dues aux usages particuliers qui sont à prendre en compte, mais le débit incendie.

Les valeurs empiriques ci-dessus, ou la formule, sont à écarter en cas de consommations particulières importantes : industrie, administrations, quartiers de bureaux etc...

En ce qui concerne le réseau tertiaire, les pointes sont encore plus fortes. Le nombre de points d'eau qui peuvent fonctionner simultanément, est déterminé par le coefficient de simultanéité K :

$$K = \frac{1}{x-1} \quad \text{ce étant le nombre de point d'eau}$$

Ainsi, pour 5 maisons, comportant 2 points d'eau (1 évier 0,20 l/s et 1 robinet de chasse 0,10 l/s) le coefficient de simultanéité sera de :

$$K = \frac{1}{(5 \times 2) - 1} = 0,333$$

Le débit à prendre en compte sera une fraction du débit maximal égal à

$$D = (0,20 + 0,10) : 1,50 \text{ l/s soit } (0,33 \times 1,50) = 0,50 \text{ l/s}$$

Il existe également des variations journalières dues par exemple à l'arrêt d'activité les samedi et dimanche, et des variations mensuelles liées au climat, aux besoins agricoles ou des industries agricoles, au fonctionnement des établissements scolaires etc... Un coefficient de pointe hebdomadaire donne le débit du jour de la semaine le plus "consommateur".

$$Q \text{ max (m}^3\text{/j)} = \frac{C \text{ (hebd)} \times \text{consom. totale de la semaine (m}^3\text{)}}{7}$$

C : coefficient de pointe hebdomadaire

De même le débit du jour le plus chargé de l'année se définira par :

$$Q : \text{max (m}^3\text{/j)} = \frac{C \text{ (an)} \times \text{consommation totale de l'année (m}^3\text{)}}{365}$$

C : coefficient de pointe du jour le plus chargé de l'année.

1.6. DEBITS A PRENDRE EN COMPTE

Les débits horaires de pointe (en L/s ou m³/h) ⁽¹⁾ servent à dimensionner le réseau de distribution quand le débit de sécurité incendie n'est pas le plus contraignant.

Les débits journaliers de pointe (m³/j) sont nécessaires pour le calcul des ouvrages de production et de stockage.

Le débit annuel (m³/an) est nécessaire pour l'hydrologue qui doit vérifier si les ressources en eau sont suffisantes, c'est à dire si les apports qui alimentent la nappe compensent les débits prélevés.

D'autre part, il convient d'ajouter à l'eau consommée les pertes dans le réseau qui peuvent être très élevées (jusqu'à 40 à 50 % dans un réseau ancien et mal entretenu).

On est ainsi amené à distinguer :

- . l'eau produite par les ouvrages de captage,
- . l'eau distribuée à la sortie du réservoir et qui emprunte le réseau de distribution,
- . l'eau consommée (réellement utilisée). Les pertes dans le réseau sont donc exclues de ce chiffre,
- . l'eau facturée (une partie de l'eau consommée servant à des usages publics par exemple n'est souvent pas facturée).

Le rendement technique d'un réseau serait alors :

$$R_t = \frac{\text{vol. eau consommée}}{\text{vol. eau produite}}$$

Il caractérise l'état du réseau. Un rendement de 80% est considéré comme satisfaisant, les 20% étant dus aux fuites de joints, aux robinetteries en mauvais état etc...

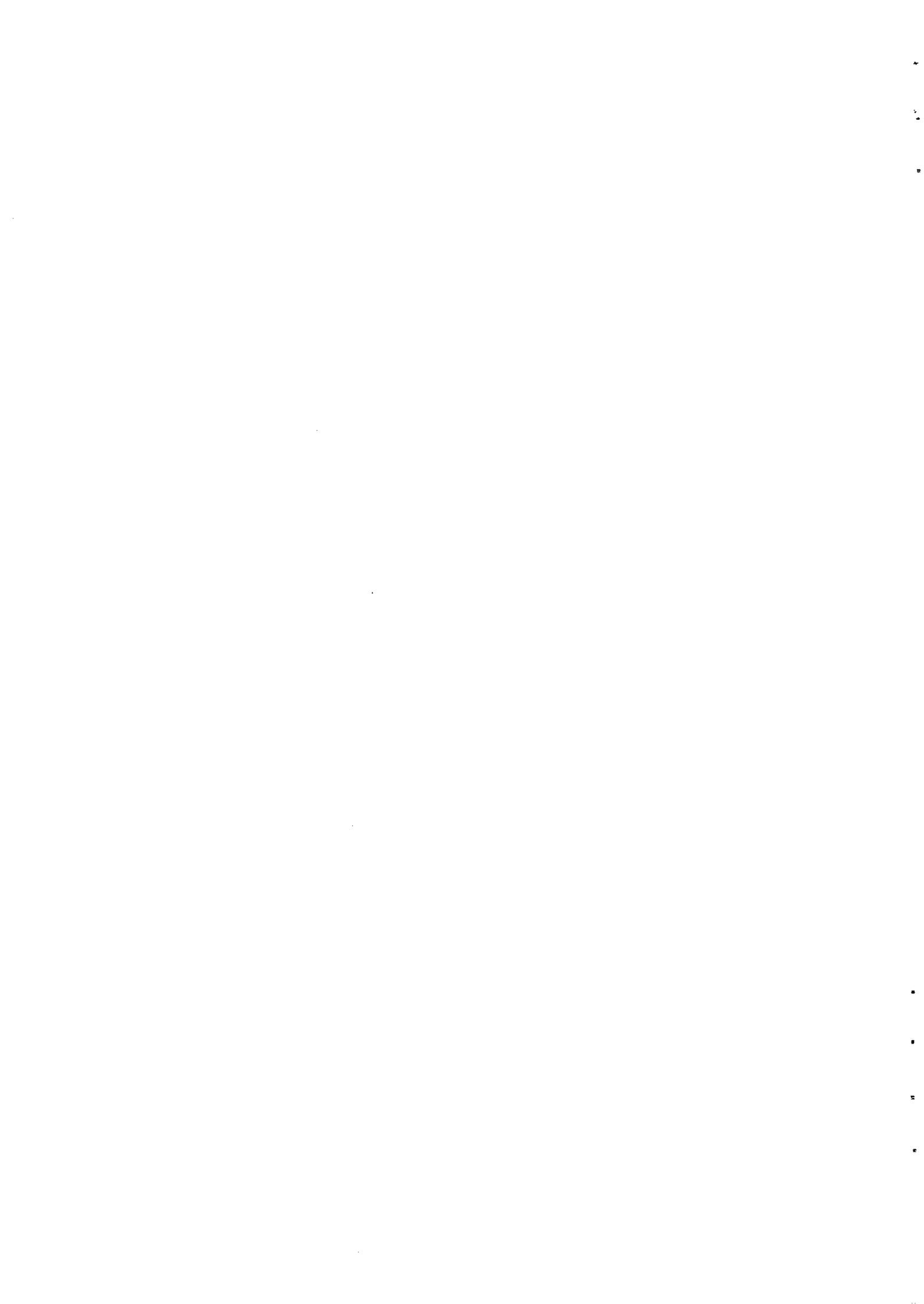
Le rendement financier d'un réseau serait alors :

$$R_f = \frac{\text{vol. eau facturée}}{\text{vol. eau produite}}$$

Il est un des éléments qui caractérise la politique de la société de gestion ou des pouvoirs publics. Un fort rendement indique que l'on veut faire payer le plus possible tous les utilisateurs. Dans certains cas, l'eau peut être facturée, mais ne pas être payée par certains utilisateurs (administration en particulier).

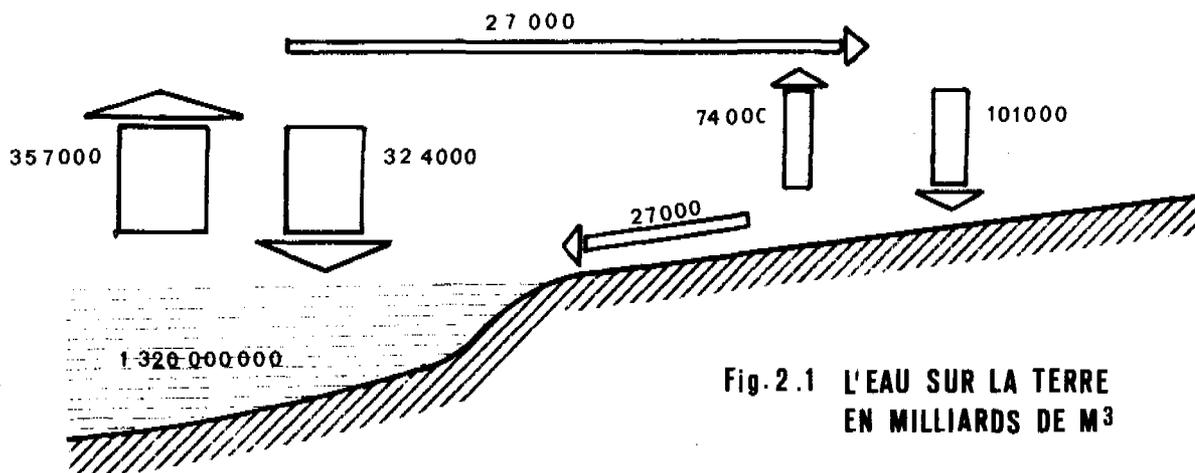
Mais on a vu que certaines eaux non facturées (borne-fontaine d'accès libre) pouvaient être rentables pour la collectivité, et non plus seulement pour le gestionnaire du réseau, du fait des améliorations de santé dont elles étaient la cause.

(1) 1 l/s = 3 600 l/h = 3,6 m³/h



2. LES RESSOURCES ET LEUR MOBILISATION

2.1. LE CYCLE DE L'EAU



Il y a renouvellement constant de l'eau utilisable, mais celle-ci est très inégalement répartie dans le monde et le prélèvement est en certains endroits égal ou supérieur au renouvellement des réserves (par ex. puisage dans une nappe souterraine dont le niveau s'abaisse).

D'autre part, une eau ne peut servir à plusieurs usages successifs que si, entre ces usages on la traite pour l'améliorer, à moins que le deuxième usage se suffise d'une eau de qualité inférieure au premier. Si on doit la ramener à un niveau de qualité élevé, le traitement sera très cher. Pour cette raison, on réserve les eaux de bonne qualité à l'alimentation humaine ; on peut réutiliser après traitement partiel ou total les eaux usées pour l'agriculture, certains usages industriels etc... Il se produit donc, en général une dégradation de la qualité des eaux utilisées.

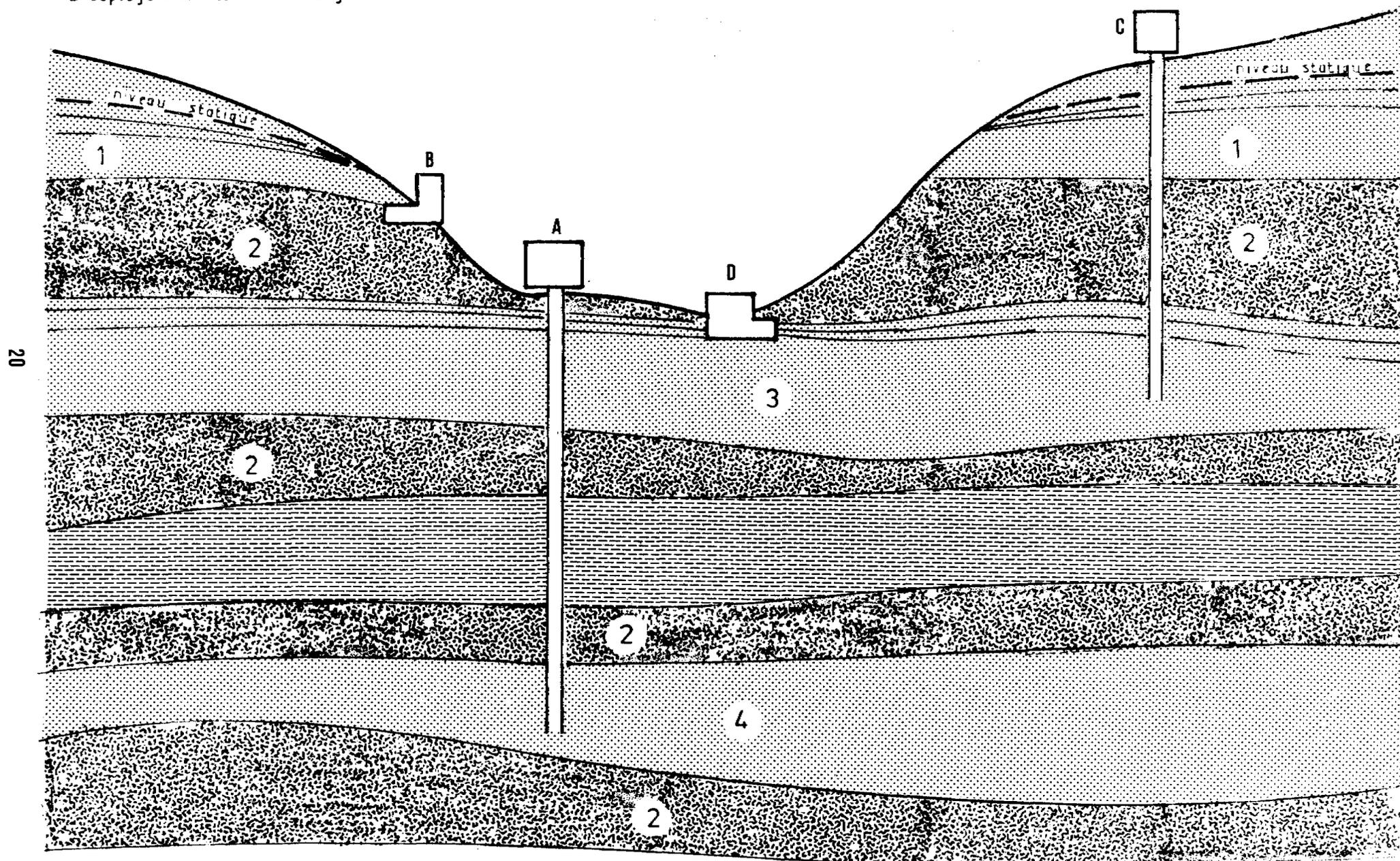
Si les prélèvements sont excessifs, on doit également veiller à la réalimentation des nappes souterraines en limitant l'imperméabilisation des sols, en créant des ouvrages spéciaux à cet effet : barrages, excavations, injections, irrigations, puits absorbants.

L'eau est un bien qui n'est pas inépuisable et qui doit être géré en fonction de ce qui existe à l'amont et à l'aval. Pour cette raison, des organismes de gestion ou d'étude se sont créés, recouvrant des régions drainées par le même fleuve, par dessus les découpages administratifs ou politiques existants : agences de bassin en France, commission du lac Tchad etc...

- A Forage dans la nappe profonde
- B Captage de sources d'affleurement
- C Puits profond
- D Captage d'une source d'émergence

Fig. 2.2 TYPES DIVERS DE CAPTAGE

- 1 Nappe libre
- 2 Couche imperméable
- 3 Nappe
- 4 Nappe profonde



2.2. ORIGINE ET CAPTAGE DES EAUX PRELEVEES

Avant de procéder à un prélèvement, on doit observer (ou faire les études nécessaires si l'observation directe n'est pas possible) :

1) les variations de débit : combien pourra t'on prélever en moyenne s'il s'agit d'une nappe souterraine, au minimum s'il s'agit d'une rivière ou d'une source. En effet, le terrain dans lequel est la nappe stocke l'eau. Il faut vérifier que la réalimentation de la nappe est en moyenne supérieure aux prélèvements.

2) la qualité de l'eau par analyse (voir 1.3.). De grandes variations de débit ont souvent pour conséquence des variations de qualité. Les phénomènes atmosphériques (sécheresse, pluie) ayant une influence rapide sur le débit indiquent une circulation rapide de l'eau donc une filtration ou une décentralisation (voir 2.3.) peu importante.

L'eau potable peut être obtenue à partir :

2.2.1. Des eaux souterraines (cf.fig.2.2.)

Le débit sera évalué à partir de calculs portant sur la réalimentation de la nappe ou à partir d'essais portant sur plusieurs mois (forages de reconnaissance et essais de pompage). Le débit d'exploitation sera toujours inférieur au débit maximal des essais afin d'éviter l'entraînement du sable et le colmatage des parois du forage.

Mais les eaux souterraines peuvent également être obtenues à partir d'un puits ou d'une galerie souterraine. Il existe des techniques traditionnelles qui restent parfaitement utilisables tant que les terrains traversés ne sont pas fluents ou rocheux, et tant que la profondeur est limitée à quelques dizaines de mètres. On doit veiller à éviter la destruction de la base du puits par affouillement.

Une nappe à faible profondeur dans une zone à activités ou à habitat relativement dense, sera automatiquement polluée.

Des précautions contre la pollution doivent être prises :

. Dans le cas d'un forage, détermination à partir d'une étude hydrogéologique d'un périmètre de protection rapproché avec clôture interdisant toute approche et d'un périmètre de protection éloigné où tout risque de pollution sera écarté (latrines, fosses etc...)

. Dans le cas d'un puits (cf.Fig.2.4.). Construction d'un margelle, imperméabilisation du terrain mis en pente vers l'extérieur sur quelques mètres autour du puits, utilisation d'un seau unique de puisage. De même, il ne doit y avoir aucune source de pollution telle que latrine dans un rayon de plusieurs dizaines de mètres dans le meilleur des cas.
La qualité de l'eau doit être contrôlée au moins une fois l'an.

. Dans le cas d'une source (cf.Fig.2.5.). Périmètre de protection, aménagement d'une "chambre". Les eaux souterraines sont en général des eaux de bonne qualité et de qualité constante. On les utilisera donc de préférence pour les usages nobles : eau de boisson en particulier.

Fig. 2.3 PUIITS DANS UNE NAPPE ALLUVIONNAIRE

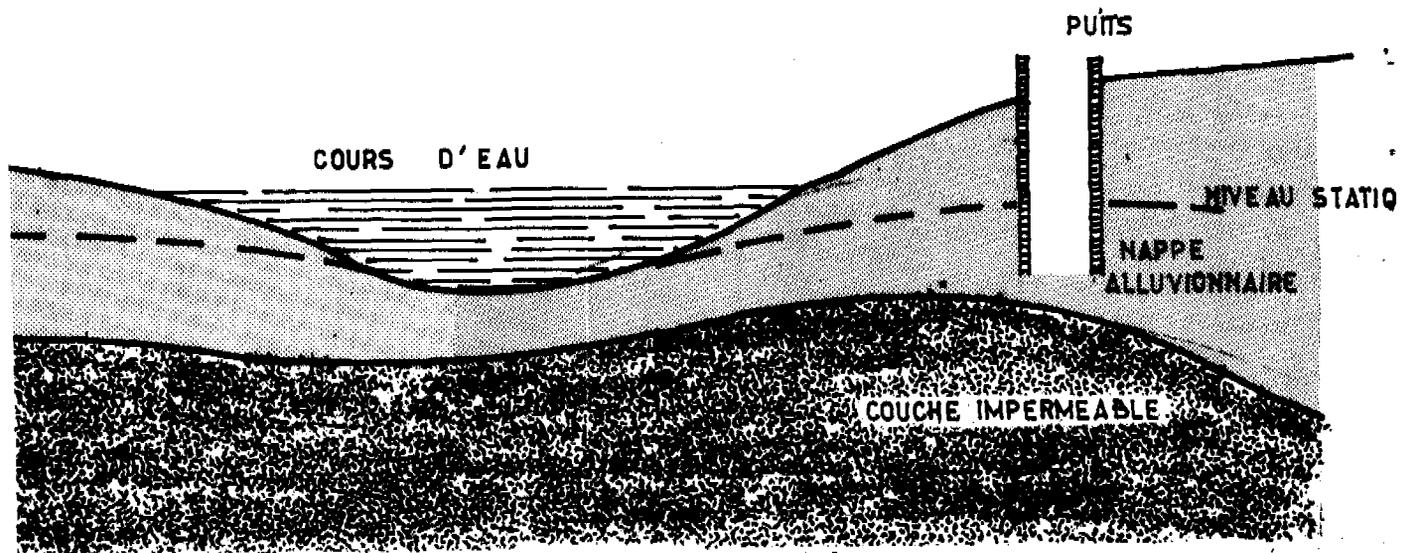


Fig. 2.4 AMENAGEMENT D'UN PUIITS

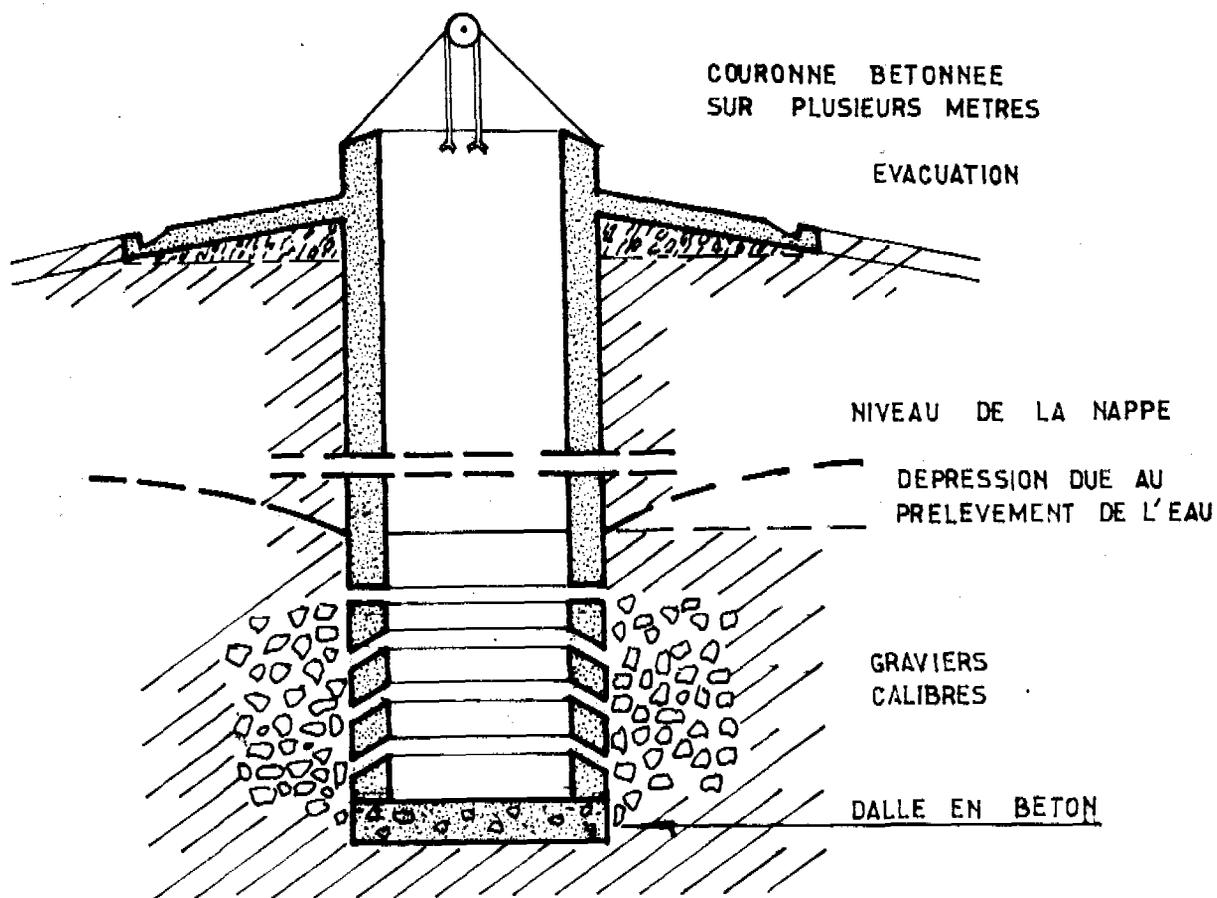


Fig. 2.5 AMENAGEMENT D'UNE SOURCE

- A Fossé de drainage
- B Surface primitive
- C Tube de sortie protégé
- D Reservoir en béton armé

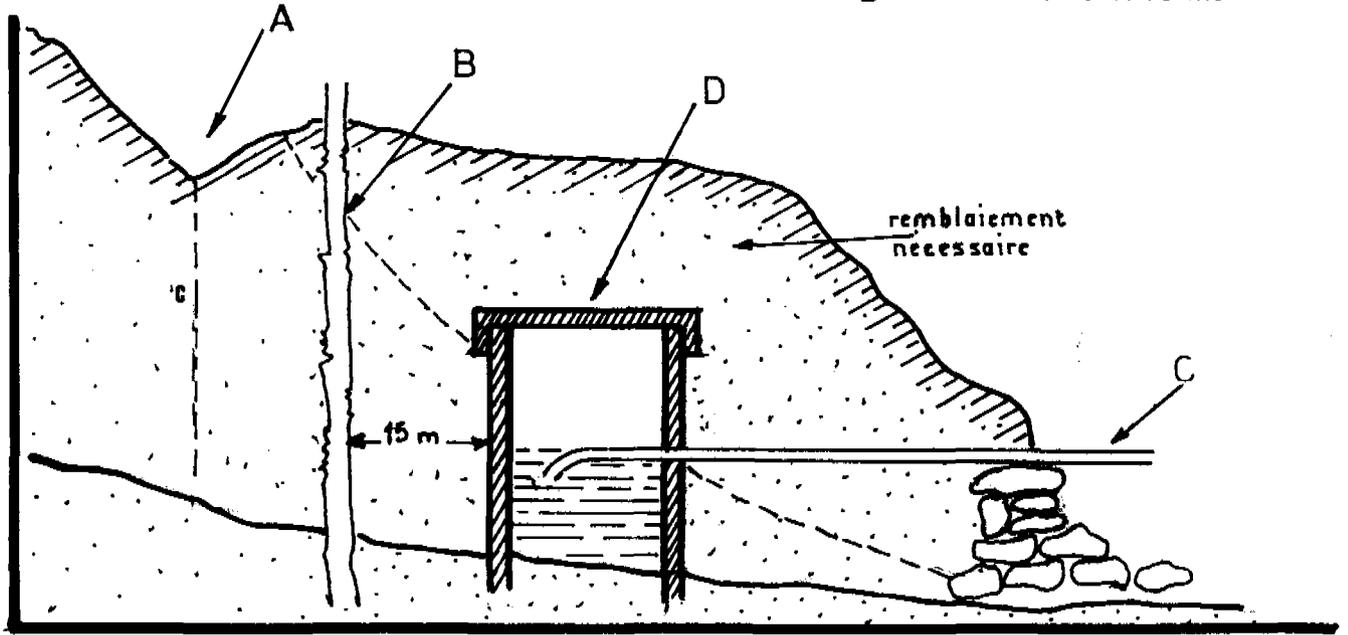
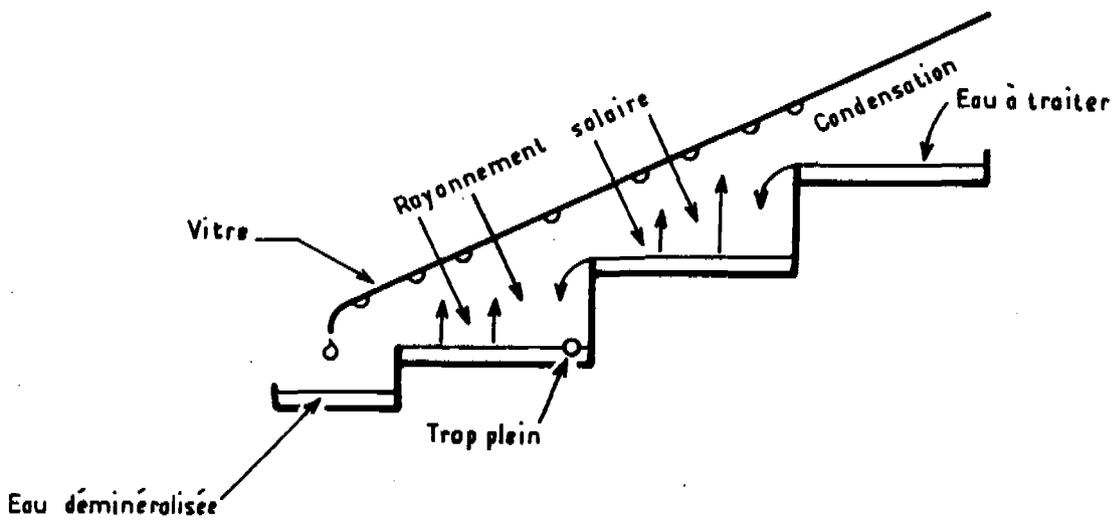


Fig. 2.6 DISTILLATION SOLAIRE



2.2.2. des eaux superficielles

Dans une rivière, on fera la "prise" à l'amont de la ville, où les risques de pollution sont moindres.

Il pourra être nécessaire de nettoyer les berges sur quelque distance. Un barrage réservoir régularisera une rivière à débit irrégulier.

Un traitement sera le plus souvent nécessaire, étant donné les risques possibles de pollution et l'absence de filtration naturelle.

2.2.3. des précipitations (cf. fig 2.5.)

Cette solution est surtout utilisée individuellement par l'intermédiaire des toitures. Dans les zones où la répartition des pluies est très inégale, on est conduit à des réservoirs importants et coûteux puisqu'il faut de 6 à 10 m³/hab/an. Mais cette eau peut être utilisée en complément d'autres eaux et réservée au emplois nobles. Des précautions sont à prendre : surface de recueil propre, nécessité de rejeter le premier flot et d'interposer un filtre qui limite souvent les volumes à stocker.

Pour nettoyer les installations, on doit souvent avoir 2 citernes indépendantes.

2.2.4. Des eaux de mer ou des eaux saumâtres

(les eaux saumâtres sont des eaux de teneur en sel supérieure à 2 g/l de chlorure de sodium. L'eau de mer à une teneur de l'ordre de 32 g/l)

Des progrès importants ont eu lieu dans ce domaine. Plusieurs procédés sont employés : distillation-échangeurs d'ions - électrolyse - congélation. Le coût est encore élevé. La solution la plus simple s'adaptant à de petites unités et aux régions ensoleillées est la distillation solaire qui produit de 3 à 6 l/jour/m² de capteur plan (coût 1976 : 500 FF/m²) (1) cf. Fig 2.:

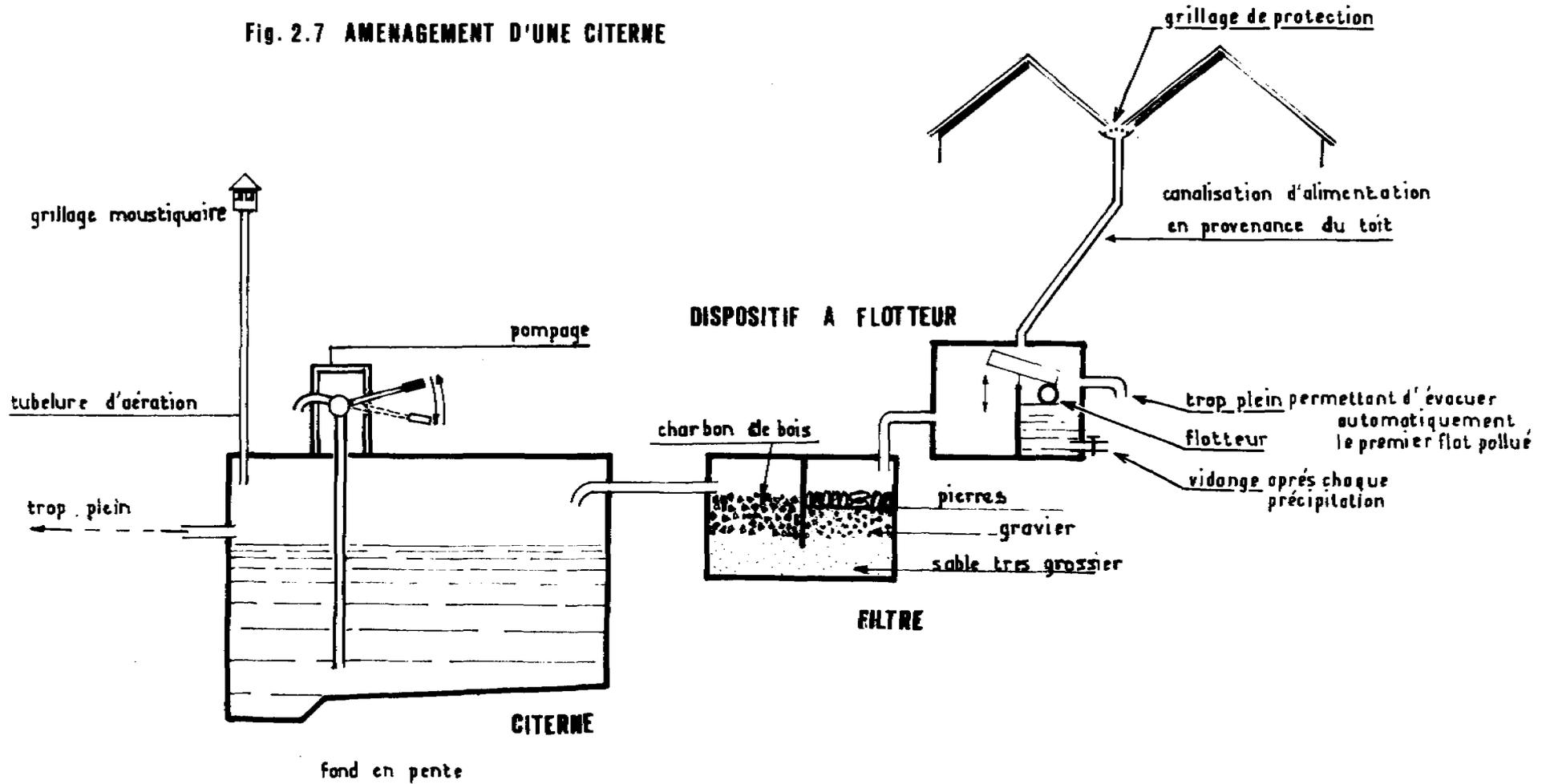
Dans les installations avec réseau de distribution, les ouvrages de captage sont calculés en fonction du débit journalier de pointe de consommation puisque les pointes horaires sont écrêtées en aval par des réservoirs.

On retient en général que les installations doivent fonctionner au maximum de débit 20 à 22 h. le jour le plus chargé de l'année, et 13 heures en moyenne pendant la majeure partie de l'année.

Il faut par ailleurs garantir une bonne sécurité de fonctionnement.

(1) SOFEC Société filtration épuration environnement.

Fig. 2.7 AMENAGEMENT D'UNE CITERNE



2.3. TRAITEMENT

Les eaux superficielles, et souvent même les eaux souterraines, doivent être traitées pour garantir la potabilité. Le traitement classique comprend :

. décantation à vitesse réduite dans des bassins où se déposent les matières en suspension. Cette opération évite aux eaux chargées de boucher les filtres.

. filtration. La filtration lente (cf.fig.2.6.) à plusieurs filtres successifs de plus en plus fins, reproduit la filtration naturelle du sol. Ils assurent donc à la fois la clarification de l'eau et son épuration bactériologique. Mais cette solution exige des filtres.

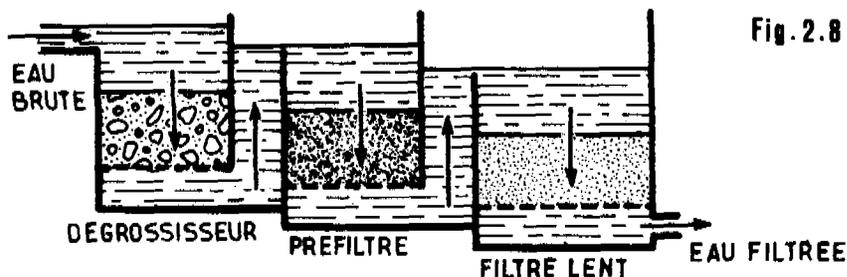


Fig.2.8 COUPE SCHEMATIQUE
D'UNE INSTALLATION
DE FILTRATION LENTE

Les filtres rapides où le processus naturel peut être accéléré parcequ'on a fait subir à l'eau des pré-traitements physico-chimiques sont de plus en plus employés. Cette technique permet des installations plus concentrées mais demande des techniciens avertis. Elle reste délicate. En règle générale, la filtration lente convient : technique plus simple, ne nécessitant pas de réactifs chimiques, elle assure l'épuration biologique complète, ce qui permet de réduire les doses de chlore nécessaires à l'étape suivante du traitement.

. stérilisation, toujours nécessaire après la filtration rapide et conseillée après une filtration lente ; Elle se fait le plus souvent au chlore gazeux ou avec de l'hypochlorite de soude (eau de javel) ou de chaux, ces produits étant distribués par un appareil doseur.

C'est souvent le seul traitement qu'on applique aux eaux souterraines.

Des traitements spéciaux corrigent :

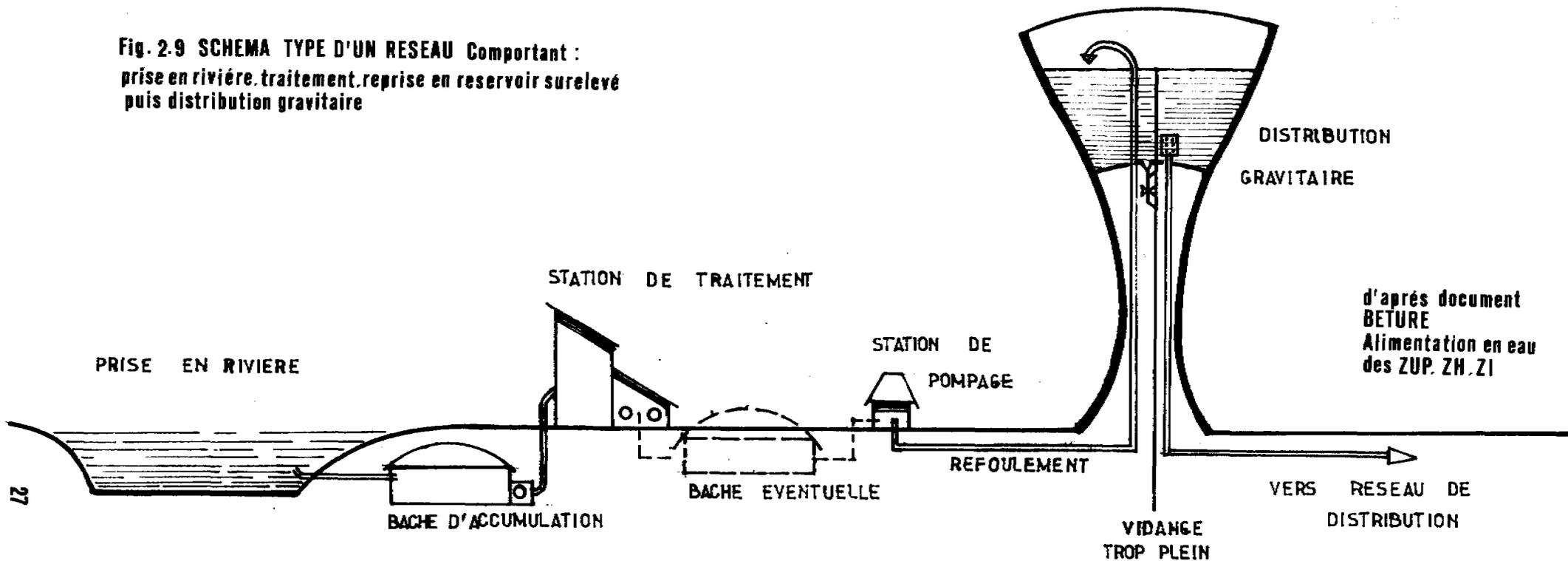
. La dureté de l'eau (teneur en sels de calcium et de magnésium). Une trop forte teneur amène l'entartrage (dépot de carbonate) dans les canalisations. On peut donc être amené à "adoucir" l'eau,

. l'acidité,

. et l'excès de fer.

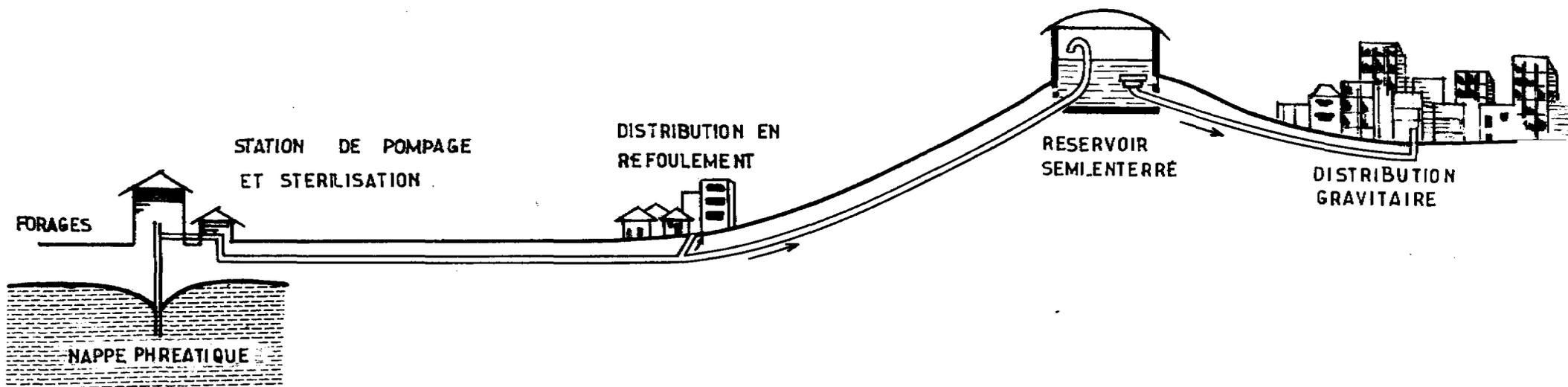
Le dimensionnement est conditionné par celui des ouvrages de prise ou de captage. Une bêche tampon peut cependant exister entre les deux. On doit rechercher une grande sécurité de fonctionnement. Il doit, en particulier, être possible de nettoyer les installations sans arrêter le traitement.

Fig. 2.9 SCHEMA TYPE D'UN RESEAU Comportant :
 prise en rivière, traitement, reprise en réservoir surélevé
 puis distribution gravitaire



27

Fig. 2.10 SCHEMA TYPE D'UN RESEAU Comportant :
 forage, pompage, stérilisation, distribution
 en refoulement et distribution gravitaire



2.4. ADDUCTION ET REFOULEMENT

L'adduction d'eau peut être gravitaire, le transport de l'eau se faisant sous l'action de la pesanteur parce que le point de captage se situe à une altitude supérieure à celle du réservoir de desserte de l'agglomération (y compris les pertes de charge) cf.fig.6.1.

- . par aqueducs fermés, à écoulement libre
- . par conduites forcées.

Mais l'adduction d'eau fait le plus souvent appel, en un point de son parcours ou sur toute la longueur, au refoulement nécessitant l'installation de pompes et de moteurs consommant de l'énergie.

Si l'adduction d'eau a lieu par refoulement, il est quand même possible d'alimenter directement, à partir de la conduite de refoulement, des agglomérations ou autres demandeurs (ce qui évite de doubler la canalisation de refoulement par une canalisation de distribution) fig.2.10. Il convient alors :

- . de limiter le nombre de points de raccordements
- . d'étudier avec soin les systèmes de protection anti-bélier (1)

Le diamètre de la conduite d'adduction alimentant un réservoir de stockage sera calculé en tenant compte de la consommation horaire moyenne de la journée de pointe. On admettra une vitesse maximale de 1,50m/s.

Si la conduite est utilisée également en distribution, et si les pointes peuvent être simultanées, on ajoutera le dévit de pointe horaire de distribution au débit d'adduction.

Les calculs de dimensionnement doivent tenir compte de l'évolution des consommations. On doit donc garder une marge de sécurité ; mais il risque de se produire des dépôts dans une canalisation qui ne serait pas parcourue régulièrement par des vitesses supérieures à 0,60 m/s.

En l'absence de réseau, on pourra utiliser :

- . un puits équipée de seaux
 - . un puits équipé de pompes à bras,
 - . un puits équipé de pompes aspirantes (jusqu'à 7m de profondeur) pour alimenter 300 à 500 habitants,
 - . un puits équipé de pompes à fourreau d'acier (jusqu'à 20m) pour 100 à 250 hab.
 - . un puits équipé de pompes aspirantes et refoulantes (jusqu'à 60m) pouvant ravitailler de 50 à 250 habitants
- le rendement varie avec la profondeur :
- | |
|---------------------|
| 33 l/mn/à 10 mètres |
| 6 l/mn/à 60 mètres |

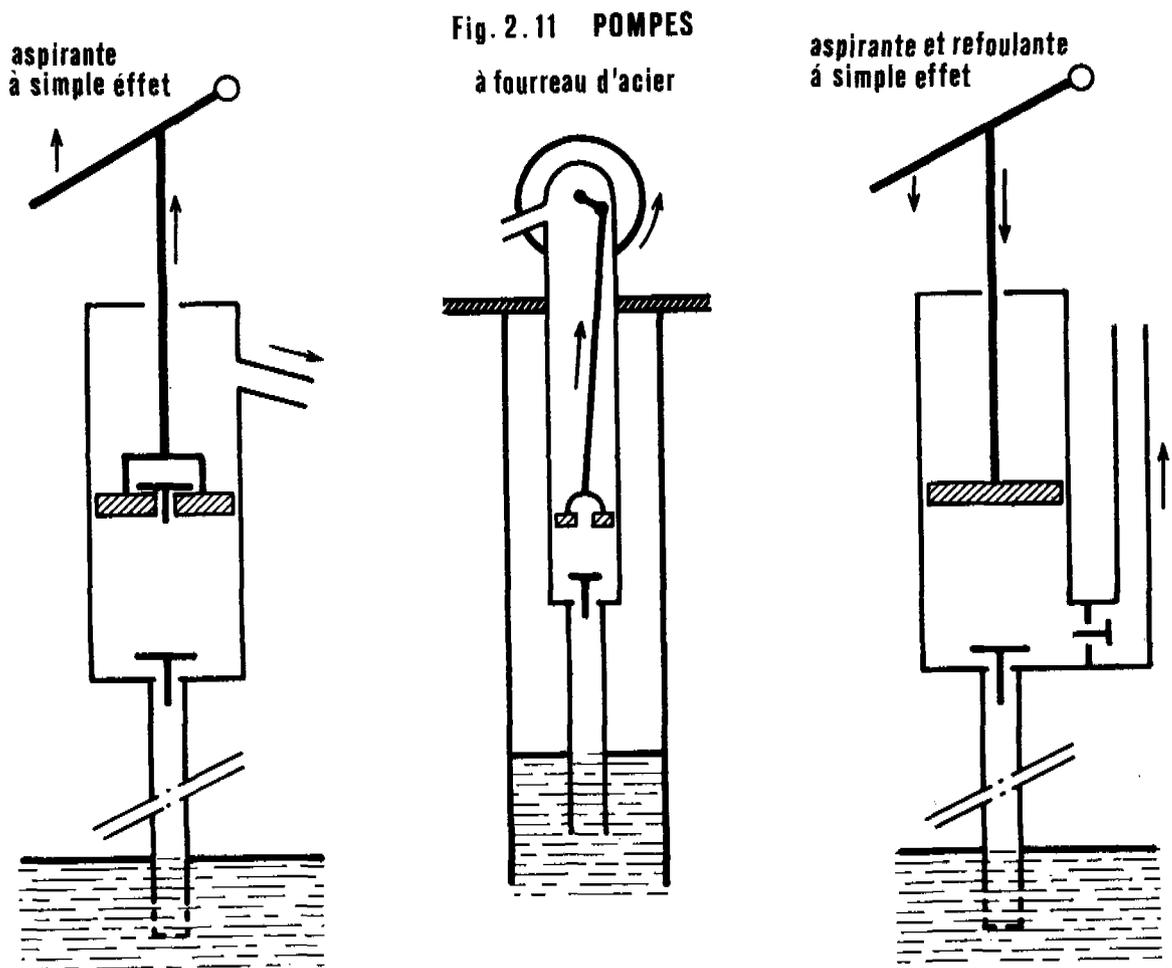
Si l'eau est à plus de 7 mètres de profondeur, le cylindre et le piston de la pompe devront être descendus dans le puits.

(1) Dans les conduites sous pression (conduites forcées ou conduites de refoulement) toute variation de débit entraîne une variation de pression qui se propage comme une onde le long de la canalisation à une vitesse qui peut atteindre 1000 m/s. Quand l'onde atteint un obstacle, elle se réfléchit et se superpose à l'onde directe. Il en résulte des surpressions et des dépressions (dits coups de bélier) qui peuvent entraîner la rupture des canalisations. Pour y remédier, on emploie des volants d'inertie contre les dépressions, des soupapes de décharge contre les surpressions, des réservoirs d'air et des cheminées d'équilibre contre ces deux phénomènes.

Les deux derniers types peuvent convenir à un village ou à une zone péri-urbaine peu dense. En effet, la profondeur de la nappe peut suffire à la protéger des pollutions superficielles (1)

Mais la force humaine ne permet que des débits limités, l'élévation de l'eau pourra donc être obtenue par :

- . moto pompe (essence ou diesel)
- . électro pompes
- . éolienne pour les zones isolées du sahel situées au Nord du 15^e parallèle (2)
- . pompe solaire



(1) Un appareil a été mis au point avec la collaboration du C.I.E.H. de OUAGADOUGOU L'hydro pompe Vergnet est une pompe où le piston est remplacé par un manchon élastique commandé par une tête de pompe installée au sol, le piston étant actionné au pied. Un tuyau de refoulement permet de débiter, d'après le fabricant, 1,5m³/h à 20m 0,7 m³/h à 40m 0,5 m³/h à 60m.

Ce système permet le regroupement de plusieurs pompes dans un même forage (Ø 10 cm minimum). Il évite les tringlaires et les pièces à changer localisées au bas de la pompe.

(2) "L'utilisation de l'énergie éolienne pour le pompage de l'eau" par M. BLANC Informations et documents ; B.C.E.O.M. 4^e trimestre 75.

2.5. STOCKAGE, REGULATION

Les réservoirs ne sont pas indispensables, l'adaptation aux variations de débit à distribuer pouvant se faire par une batterie de pompes (à débits variables et à débits fixes). Ils ont cependant plusieurs avantages :

- . régulation des consommations journalières
- . réserve de sécurité incendie (120 m3 pour ville)
- . réserve de sécurité en cas d'incident d'exploitation
- . dispositif anti bélier (à l'une des extrémités du réseau)
- . élément de commande automatique des groupes de pompage.

Mais ils sont chers à l'investissement, surtout si l'on ne bénéficie pas de conditions topographiques favorables (un réservoir surélevé est à 4 à 5 fois plus cher qu'un réservoir enterré) cependant, le réservoir reste une solution simple, faible et économique à l'entretien.

2.5.1. Implantation des réservoirs

Pour minimiser les coûts de canalisations de distribution, de diamètre plus important que celles d'adduction, on cherche à les implanter au centre de gravité de la consommation.

Il faut, de plus, que le volume de l'eau stockée soit à une altitude telle que la pression au robinet dans la zone desservie, à une altitude au-dessus du sol à définir en fonction du type de construction local, soit comprise entre 1,5 bar et 5 bars. La pression statique maximum dans le réseau doit être limitée à 7 bars, la pression minimum à 0,6 bars.

Les immeubles plus hauts que la majeure partie des constructions locales seront équipés de surpresseurs.

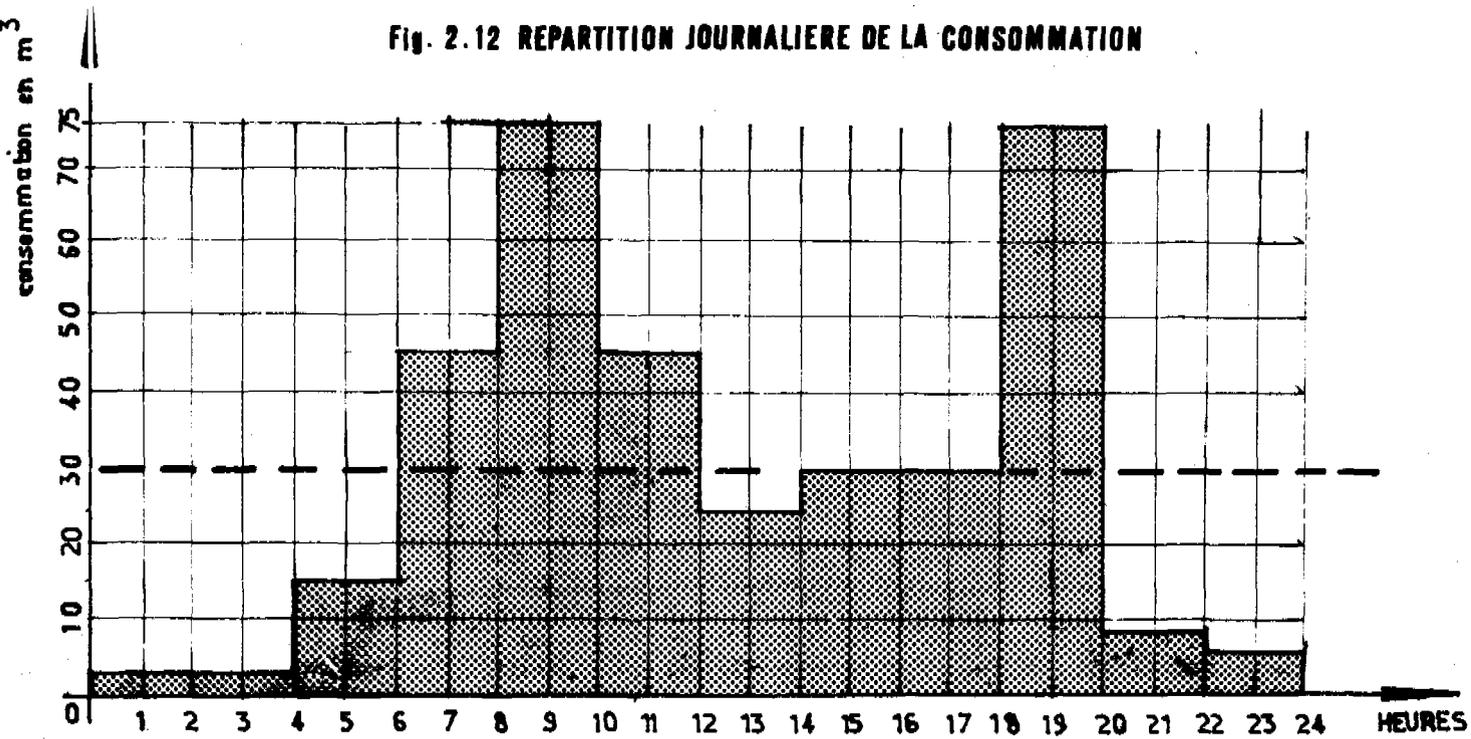
La recherche de l'économie conduit souvent à implanter les réservoirs sur les reliefs existants (sous forme de réservoir enterré par exemple), même si ces reliefs sont un peu écartés des zones de grande consommation. Inversement, le développement de l'urbanisation est conditionné en partie par l'aire desservie par les réservoirs, l'ouverture de nouveaux terrains à l'urbanisation pouvant réclamer des investissements importants (réservoirs canalisations etc...)

2.5.2. Dimensionnement d'un réservoir

Il dépend de la variation de la consommation pendant la journée et de la sécurité que l'on désire fournir :

- en zone industrielle, on admet un volume de réservoir égal à la consommation journalière,
- en zone urbaine, le volume dépend de l'importance de la zone. Il peut varier de 1/4 (zone importante) à 1/2 de la consommation journalière.

Fig. 2.12 REPARTITION JOURNALIERE DE LA CONSOMMATION



1	Heure	2	Apport en m ³	3	Coefficients horaires	4	Consommation en m ³	5	Solde 2-4	6	Solde total en m ³
	0 - 1h		36		0,1		3		+ 33		+ 33
	1 - 2h		36		0,1		3		+ 33		+ 66
	2 - 3h		36		0,1		3		+ 33		+ 99
	3 - 4h		36		0,1		3		+ 33		+ 132
	4 - 5h		36		0,5		15		+ 21		+ 153
	5 - 6h		36		0,5		15		+ 21		+ 174 m ³
	6 - 7h		36		1,5		45		- 9		+ 165 m ³
	7 - 8h		36		1,5		45		- 9		+ 156 m ³
	8 - 9h		36		2,5		75		- 39		+ 117 m ³
	9 - 10h		36		2,5		75		- 39		+ 78 m ³
	10 - 11h		0		1,5		45		- 45		+ 33 m ³
	11 - 12h		0		1,5		45		- 45		- 12 m ³
	12 - 13h		36		0,8		24		+ 12		0 m ³
	13 - 14h		36		0,8		24		+ 12		+ 12 m ³
	14 - 15h		36		1		30		+ 6		+ 18 m ³
	15 - 16h		36		1		30		+ 6		+ 24 m ³
	16 - 17h		36		1		30		+ 6		+ 30 m ³
	17 - 18h		36		1		30		+ 6		+ 36 m ³
	18 - 19h		36		2,5		75		- 39		- 3 m ³
	19 - 20h		36		2,5		75		- 39		- 42 m ³
	20 - 21h		36		0,3		9		+ 27		- 15 m ³
	21 - 22h		36		0,3		9		+ 27		+ 12 m ³
	22 - 23h		0		0,2		6		- 6		+ 6 m ³
	23 - 24h		0		0,2		6		- 6		+ 0 m ³

Regardons la détermination précise de la capacité sur l'exemple suivant :

La consommation du jour le plus chargé de l'année est estimée à 720 m³ (1)
Le réservoir sera alimenté par une pompe fonctionnant 20 h sur 24, s'arrêtant
de 10 à 12 h et de 22 à 24 h ; le débit horaire de la pompe sera de :

$$\frac{720}{20} = 36 \text{ m}^3/\text{h}$$

On suppose connue la répartition journalière des consommations (cf. fig. 2.12)
et les coefficients à appliquer au débit horaire moyen qui est égal à $720/24 = 30 \text{ m}^3/\text{h}$. Le coefficient de pointe est de 2,5 puisque la consommation horaire
maximum est de 75 m³. L'emploi de la formule donnée en 1.3. aurait conduit
à retenir un coefficient de 2. On doit donc toujours s'efforcer de vérifier
les formules empiriques générales, surtout si des circonstances particulières
peuvent les rendre non applicables (importance de certaines industries,
villes dortoirs etc...)

L'amplitude maximale fournie par la colonne "solde total" donne, pour alimenter
le réseau constamment, la capacité minimale du réservoir

Le solde (cf. tableau ci-dessous) varie entre - 42 m³ et + 174 m³ ce qui donne
une capacité nominale de 216 m³.

A cela, il faut ajouter 120 m³ de réserve incendie :

$$216 + 120 = 336 \text{ m}^3 \text{ soit } 350 \text{ m}^3$$

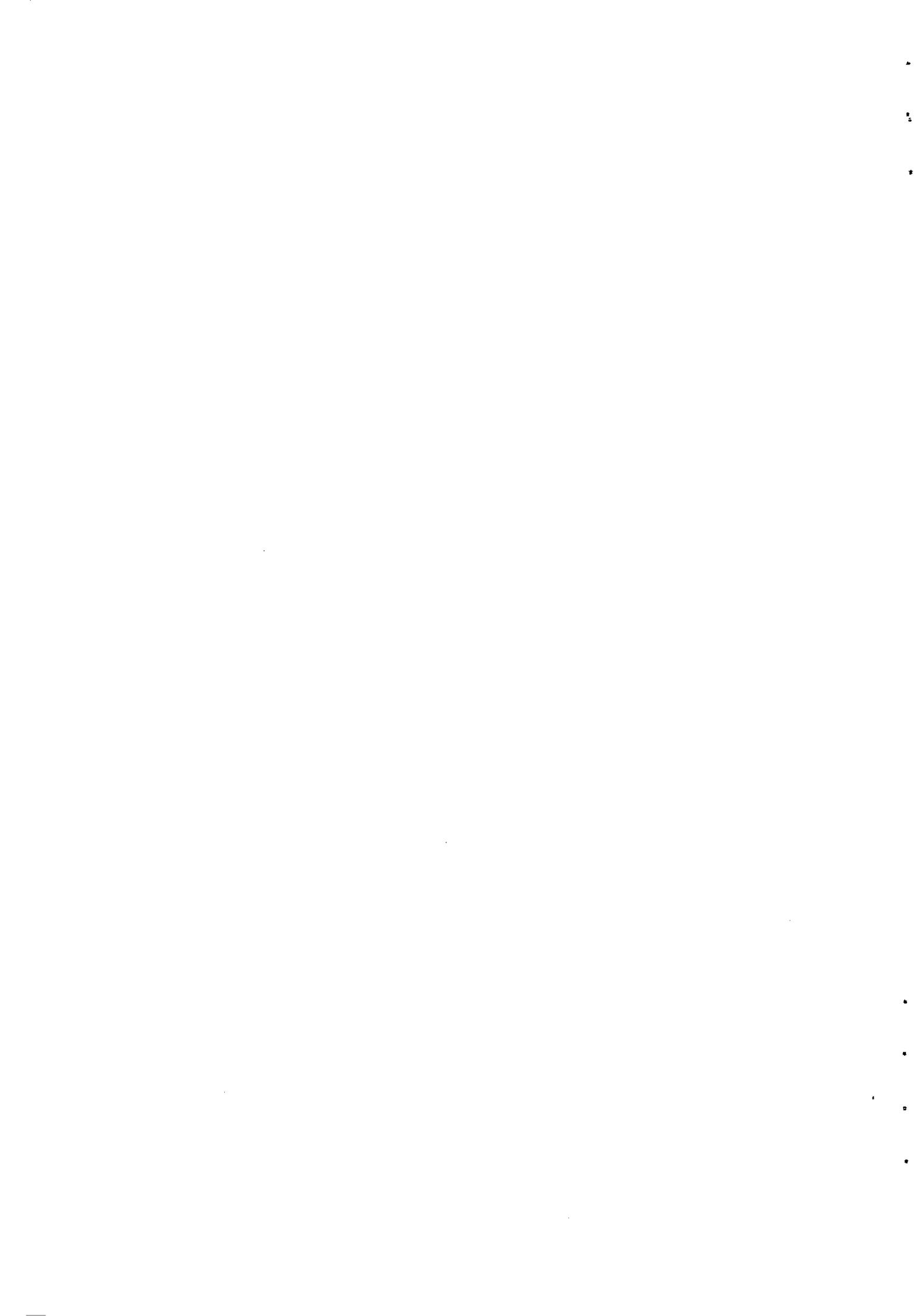
Pour améliorer la sécurité de fonctionnement en cas d'incident, sur l'alimen-
tation, et en l'absence de renseignements précis sur la répartition des
consommations, on aurait admis en première approximation, pour la capacité
du réservoir la moitié de la consommation journalière.

Soit ici $720/2 = 360 \text{ m}^3$

avec la réserve incendie (120 m³) : 500 m³ environ

(1) si l'on admet une consommation de 200 l/hab/jour, tous usages confondus
(service, consommation des particuliers, des activités etc...) ce réservoir
alimenterait une zone de 2 700 habitants, déduction faite de 25% de perte
dans le réseau.

3. LA DISTRIBUTION



Le réseau de distribution est constitué par l'ensemble des canalisations situées après les appareillages de captage et de régulation (réservoir par exemple).

Le dimensionnement du réseau de distribution se fait en prenant en compte le débit horaire de pointe, ainsi que la sécurité incendie.

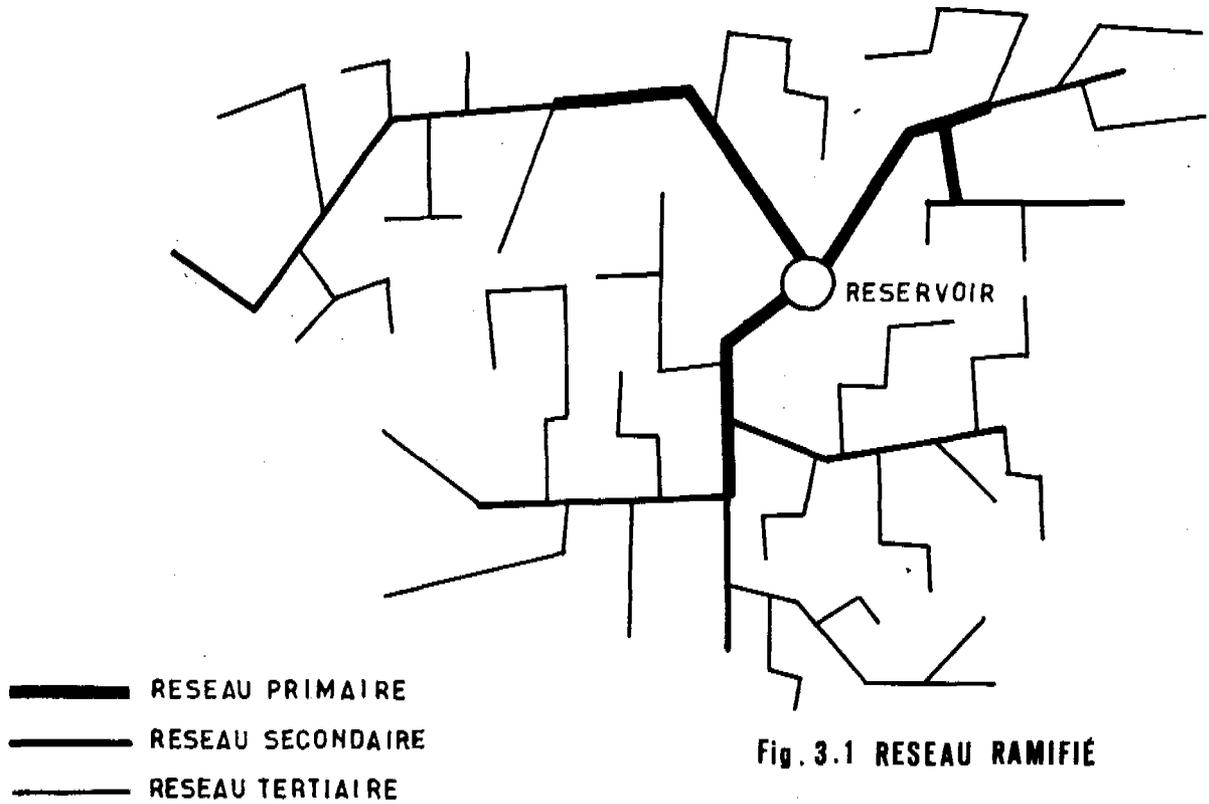
Cette dernière condition est la plus impérative aux extrémités du réseau où elle augmente fortement son coût : la sécurité incendie peut cependant être assurée, dans certains cas, par des citernes, des réservoirs, une nappe d'eau libre etc...

Les besoins en eau potable étant faibles comparativement aux autres besoins on pourrait être tenté de créer deux réseaux.

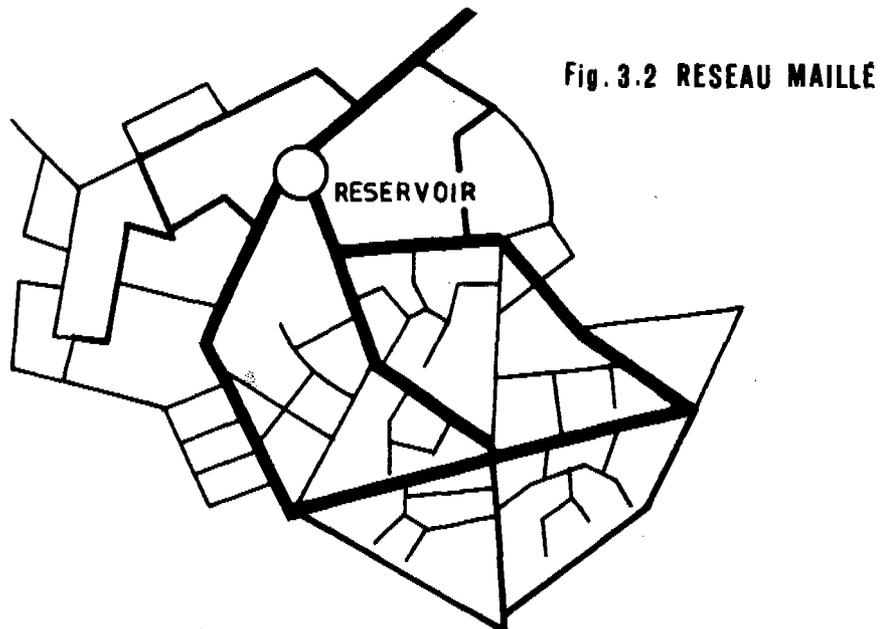
Ceux-ci sont coûteux et entraînent des confusions de branchement. Pour ces raisons, on ne trouve 2 réseaux que dans les Z.I. et les très grandes villes (réseaux eaux industrielles ou eaux de lavage).

3.1. STRUCTURE DU RESEAU

On distingue le réseau ramifié économique



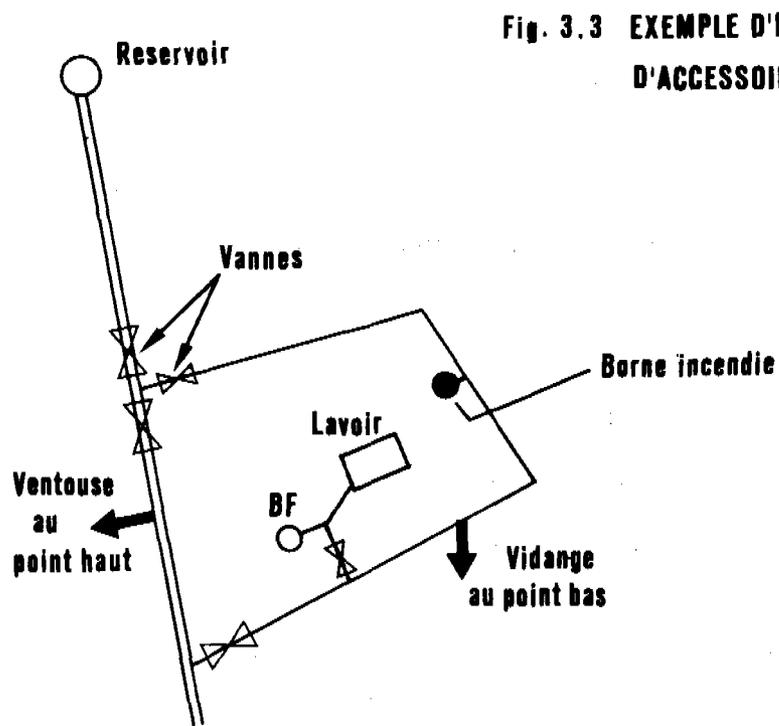
et le réseau maillé qui permet d'assurer une meilleure sécurité de fonctionnement car un même point peut être alimenté de deux directions opposées.



Un réseau ramifié peut être transformé progressivement en un réseau maillé au fur et à mesure des possibilités de financement et de la densification du tissu urbain.

Dans ces deux structures de réseau on distingue suivant leur rôle et leur taille :

- . le réseau primaire
- . le réseau secondaire
- . le réseau tertiaire



3.2. ELEMENTS D'UN RESEAU

Un réseau est constitué de tronçons qui se rejoignent en différents points (les noeuds) au moyen de "Tés" ou de croix "3 ou 4 directions". Les principaux accessoires utilisés indiqués ci-dessous sont ordinairement en fonte. La manoeuvre doit en être aisée. Le réseau est donc ordinairement implanté dans des zones d'accès facile (emprise de voirie, si possible en terrain non revêtu) et les accessoires peuvent être commandés par l'intermédiaire de bouches à clé ou sont dans des regards. Un réseau soumis aux vibrations causées par la circulation se dégrade plus vite. Le nombre des accessoires ne doit pas être multiplié inconsidérément sous peine de multiplier les risques de fuites. Placés de préférence en regard plutôt que sous bouche à clé (1). Les appareils doivent être manoeuvrés fréquemment pour garantir leur bon fonctionnement.

Elles permettent d'oturer la canalisation.

On place des vannes de façon à pouvoir isoler les principaux tronçons du réseau pour des réparations éventuelles, en perturbant le moins possible la distribution.

La représentation symbolique des vannes est : 

3.2.2. Dispositif anti-béliers (cf.2.4.)

Ils amortissent le train d'ondes résultant de la fermeture trop rapide d'une vanne ou de l'arrêt d'une pompe de refoulement. Les dispositifs sont de plusieurs sortes :

- réservoirs de stockage
- dispositifs à air comprimé etc...

3.2.3. Ventouses

Placées aux points hauts, elles permettent l'évacuation de l'air emprisonné dans le réseau.

3.2.4. Vidanges

Situées aux points bas, raccordées à un exutoire, elles permettent de vider les canalisations.

3.2.5. Bouches de lavage - bouches d'incendie - bornes d'incendie

Les bouches de lavage et d'incendie sont posées à même le sol. Elles se différencient par l'usage et le diamètre d'écoulement (40mm pour le lavage et l'arrosage, 60, 80 ou 100 mm pour l'incendie).

Les bornes d'incendie, d'une hauteur de 1m environ, se posent sur le trottoir et peuvent être combinées avec une borne fontaine.

(1) *Les appareils placés sous bouche à clé (cf.fig.3.4.) ne sont pas accessibles et sont manoeuvrés par l'intermédiaire d'une tige de manoeuvre.*

3.3. LA DISTRIBUTION DE L'EAU AUX CONSOMMATEURS

Les consommateurs peuvent être des administrations, des collectivités, des industriels, raccordés au réseau par un branchement particulier.

Pour les usagers privés, on peut utiliser le branchement individuel particulier ou se tourner vers une distribution collective par bornes fontaines (nous ne parlerons pas ici des puits aménagés, des installations de pompage manuelles, des sources aménagées (cf.2.2.)

Le choix entre la solution individuelle et la solution collective doit prendre en compte l'état actuel, le moyen et long terme dans ses différents aspects :

- ressources en eau et moyens financiers pour les mobiliser : passer de la borne fontaine au branchement particulier multiplié par 2, 3 ou 4 la consommation individuelle, ce qui nécessite souvent un réseau d'évacuation des eaux usées.

- les besoins et les consommations prévisibles
- le niveau de vie des populations (1)
- le mode de gestion et la tarification de l'eau distribuée.

Suivant la solution retenue, la structure du réseau et son importance seront très différentes. Rappelons également que c'est le réseau (en absence de nappe d'eau libre) qui doit assurer la sécurité incendie, ce qui impose que les conduites servant à cet usage, soient d'un diamètre égal ou supérieur à 100 mm.

Il est essentiel de prévoir l'évolution du réseau à un avenir raisonnable, en tenant compte de celle de la population et de son mode de vie.

Une étude d'urbanisme donnant les prévisions par zone sera nécessaire.

Les débits par habitant augmentent le plus souvent du fait de l'évolution du mode de vie et des revenus. Le nombre de branchements particuliers se multiplie.

Est-il raisonnable de surdimensionner dès maintenant le réseau en fonction d'une consommation future, plusieurs fois égale à la consommation actuelle ? en général oui.

Poser un 150mm au lieu d'un 100mm (qui ne répondrait qu'aux besoins actuels) un 125mm au lieu de 80 permet de pratiquement tripler le débit pour une augmentation de prix minime (2). Si l'on ajoute qu'une canalisation peut tenir 30 ans, avant d'être remplacé, on voit l'intérêt d'un surdimensionnement passager.

(1) A Dakar en 1974, les parcelles dont les habitants disposent d'un réseau supérieur à 45 000 F CFA sont toutes équipées de branchements particuliers. Quand le revenu est inférieur à 22000 F CFA, il n'y a jamais de branchements particuliers.

(2) Le débit est proportionnel au carré de la section. Donc un diamètre 200 mm écoulerait 4 fois le débit d'un diamètre 100mm. Ce phénomène est encore amplifié parce que l'on admet des vitesses plus grandes dans les canalisations de plus grand diamètre. On peut retenir les équivalences suivantes :

V. Admise	Equivalences
0,50 m/s	1 Ø 60mm = 3 Ø 40 mm
1 m/s	1 Ø 100mm = 2 Ø 80 mm
1 m/s	1 Ø 150mm = 3 Ø 100mm ou 100 mm + Ø 125 mm.
0,75 m/s	1 Ø 80mm = 2 Ø 60 mm
1 m/s	1 Ø 125mm = 3 Ø 80 mm ou 2 Ø 100 mm

d'après "l'alimentation en eau en milieu rural tropical" (cf.6.2.Bibliographie).

Or le triplement du débit est facilement envisageable comme le montre l'exemple suivant sur un quartier fictif où la population et vraisemblablement le revenu augmenteront entre l'année de mise en service du réseau et celle servant au dimensionnement.

a) Situation à la mise en fonctionnement du réseau (1980 par exemple)

. Population : 700 personnes groupées dans 100 parcelles		
. 10% de branchements individuels	70 p x 60 l =	▲ 200 l/j
. 90% de desserte par Borne fontaine	630 p x 20ℓ =	12.600 l/j
		<hr/>
		16.800 l/j

b) Situation servant au dimensionnement du réseau pour les conduites principales

. population : 900 personnes (densification)		
. 1/3 de branchements individuels	300 x 80 l	= 24.000 l/j
. 2/3 de desserte par BF	600 x 25 l	= 15.000 l/j
		<hr/>
		39.000 l/j

3.3.1. BRANCHEMENT PARTICULIER

Il se fait sur une conduite de réseau, la conduite étant vide ou en charge.

Pour assurer une bonne gestion, il est préférable de pouvoir comptabiliser les volumes consommés par chaque branchement : on observe souvent des consommations allant du simple au double suivant que le paiement est établi à partir du volume exact consommé ou forfaitairement.

Pour la même raison, et pour faciliter les réparations, il faut pouvoir couper le branchement, de préférence sans pénétrer sur les emprises privées.

a) Dans un logement comportant un sous-sol

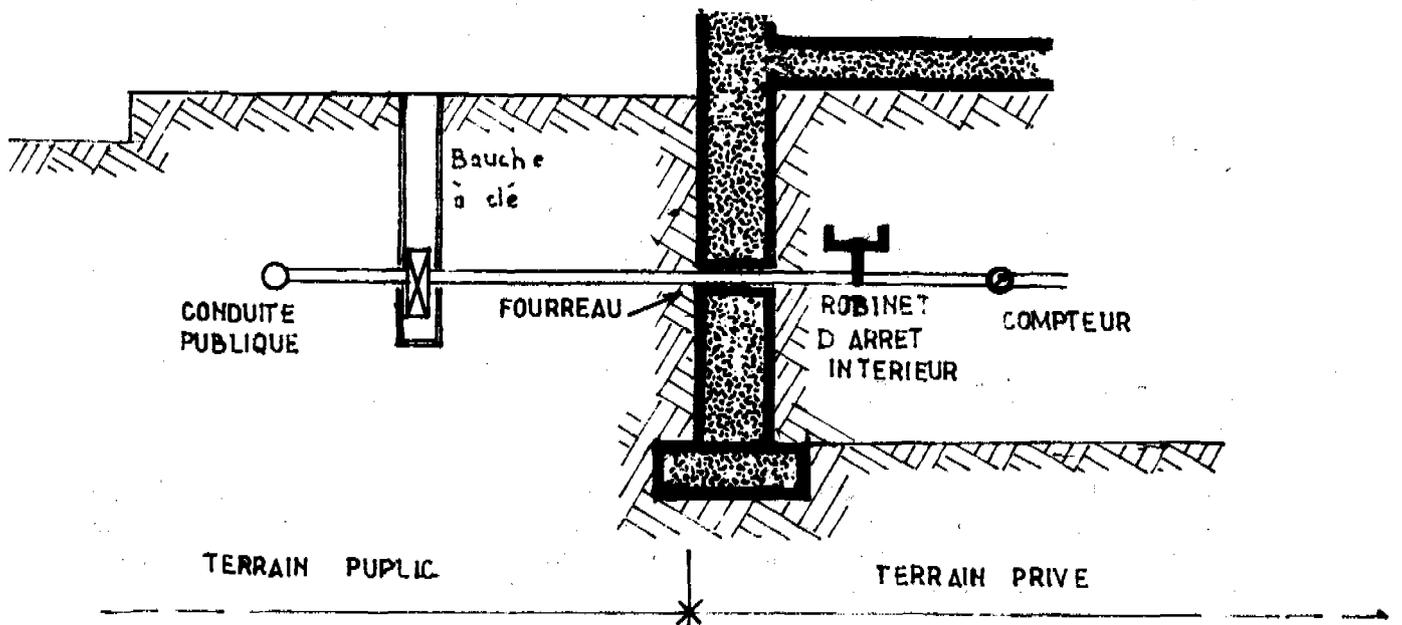
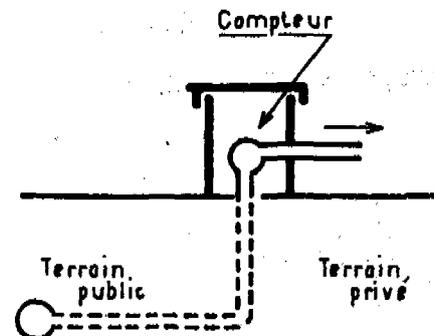
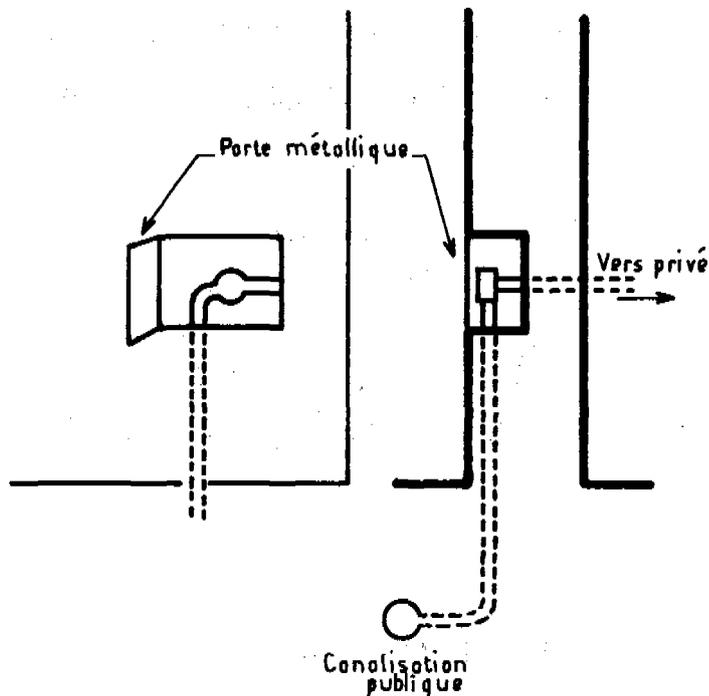


Fig 3.4 SCHEMA TYPE D'UN BRANCHEMENT PARTICULIER

b) Dans un logement sans sous-sol

Mur en dur, épais, donnant sur la rue :
compteur dans une niche.

Pas de mur en dur ou construction
éloignée de la voie publique :
compteur dans une construction spéciale



La généralisation du branchement particulier conduit à un prix de revient important, partagée entre la collectivité et le particulier.

Plusieurs formules permettant de diminuer ces prix ont été tentées, outre le paiement étalé du coût du branchement ou l'attribution gratuite du branchement (sous réserve d'une consommation minimum) :

- . diminution de la longueur des branchements particuliers en implantant les blocs sanitaires groupés en bordure de voie (fig.3.6.) en plaçant l'arrivée d'eau sur une borne en fonds de parcelle (fig.3.7.) Il faut prévoir dans ce cas, l'entretien du branchement.

- . groupement des blocs sanitaires, solution pouvant convenir dans le cas d'une répartition irrégulière de logements sur un espace non loti (fig.3.8.)

- . La solution qui consisterait à ne prévoir qu'un branchement ou un bloc sanitaire pour plusieurs logements n'est possible que si les utilisateurs permettent un fonctionnement normal de cette solution ("concession" bien délimitée et correspondant à un groupement social uni).

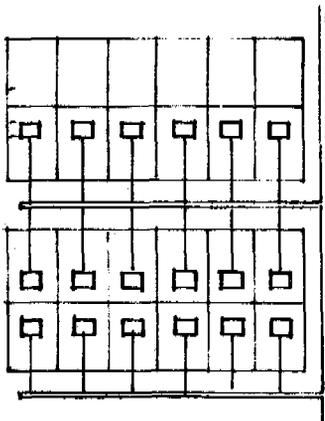


Fig 3.5 DISPOSITION CLASSIQUE DE DISTRIBUTION

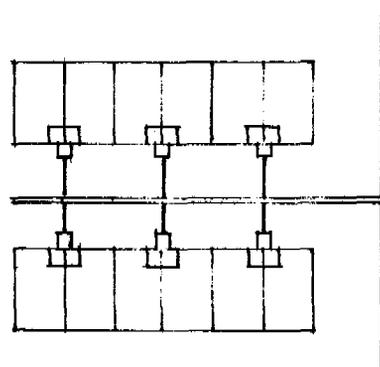


Fig 3.6 DISPOSITION AVEC BLOC SANITAIRE EN BORDURE DE VOIE

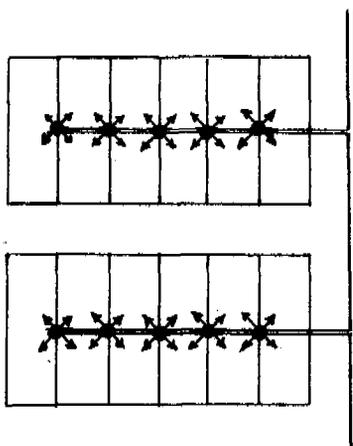


Fig 3.7 DISTRIBUTION A PARTIR DE FONDS DE PARCELLE

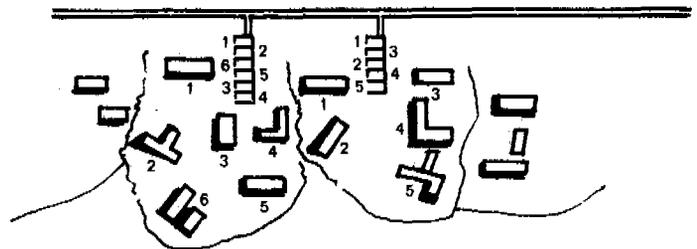


Fig. 3.8 BLOCS SANITAIRES GROUPÉS

De nombreuses solutions sont possibles, leur étude devra tenir compte des habitudes et des préférences locales, sans se dissimuler que les techniciens locaux, de quelque origine qu'ils soient, préfèrent quelquefois ne pas sortir de la solution habituelle. Elle devra également penser entretien et gestion du réseau, et se faire de concert avec celle de l'assainissement.

3.3.2. La distribution d'eau publique

Le système le plus simple est constitué d'un, ou plusieurs robinets de préférence, sortant d'un socle en béton. Les inconvénients sont la détérioration fréquente du robinet, le gaspillage de l'eau.

Pour remédier à ces défauts, on a d'abord utilisé des bornes fontaines en fonte (à poussoir, à bouton, à levier, à volant) du même type que celles utilisées en Europe. Chères, elles ne présentent pas toutes les garanties de longévité.

Le système le plus satisfaisant sur le plan de l'économie est la borne à syphon, cylindre vertical métallique pourvu à son sommet de 4 tubes de prise qui plongent dans l'eau, maintenue à niveau constant par un système de flotteur. Chacun des utilisateurs vient brancher sur une des prises un tube plastique qu'il amorce par succion. Après usage, il remporte son tube. On ne peut reprocher à ce système que certains risques concernant l'hygiène.

Il faut aménager les abords (cf. Fig. 2.4) pour éviter leur transformation en marécage : bétonnage, création de caniveaux, pente, empierrage, plantation utilisant le trop plein d'eau et apportant de l'ombre.

D'autres installations publiques doivent souvent être prévues : lavoirs, latrines, douches pour lesquels la préoccupation principale sera d'adopter des solutions simples et d'entretien facile.

En ce qui concerne la distribution publique, la solution retenue pour la gestion n'est pas moins importante que le choix technique. (cf. Chapitre 5)

L'implantation des postes de distribution publique d'eau doit répondre à certaines règles :

- en zone peu dense, c'est la distance maximale de l'utilisateur au poste qui sera le critère principal. 200 m paraît la limite supérieure à admettre généralement.

. en zone dense, c'est le nombre d'utilisateurs par borne qui est le critère à retenir. Si nous prenons comme base une consommation individuelle de 20 l/j (cas d'une desserte publique suffisamment dense) et qu'il faille 2 mn pour remplir un bidon d'une telle taille, un poste d'eau simple peut desservir 600 personnes en 10 heures (1).

Un même poste d'eau peut être équipé de plusieurs robinets de prise, ce qui multiplie le nombre d'usagers.

Une desserte insuffisante entraîne des pertes de temps et des risques sanitaires accrus par baisse de la consommation d'eau potable et utilisation d'eau polluée. immédiatement disponibles. La charge financière peut également devenir plus lourde pour les usagers du fait de la présence d'intermédiaires.

L'implantation doit également tenir compte de la structure du quartier (accès par des voies de desserte, dans un espace libre et non en bordure d'une voie à circulation importante de préférence).

(1) A Dakar, on a estimé que le nombre de personnes par bornes fontaines devrait être compris entre 600 et 1500 pers. En dessous de 600 pers, la borne fontaine ne semblait pas être perçue comme un service suffisamment rare pour que les utilisateurs prennent soin de ne pas l'abîmer. Entre 600 pers. et 1500 pers, la borne fontaine, apparaissant comme un service rare et le report sur une autre borne fontaine pouvant difficilement être envisagé, était protégée par les utilisateurs. Au delà de 1500 personnes, la borne fontaine ne permettrait pas de satisfaire les besoins.

Ces chiffres sont évidemment fonction du type de borne et de son débit.

3.4. DIMENSIONNEMENT SIMPLIFIE D'UN RESEAU

Pour dimensionner un réseau, il convient d'admettre que les consommations sont concentrées aux noeuds du réseau et en différents points d'un tronçon quand celui-ci est suffisamment long : un tronçon peut donc donner plusieurs sous-tronçons qui pourront être de diamètres différents.

Le dimensionnement est fait dans deux hypothèses :

- débit horaire de pointe de la distribution,
- débit d'incendie (60m³/h avec une pression de 1 bar)

Une méthode simplifiée de calcul des réseaux maillés consiste à les calculer comme des réseaux ramifiés, en coupant les tronçons aux points de débit supposé nul en heure de pointe.

La méthode suit plusieurs étapes :

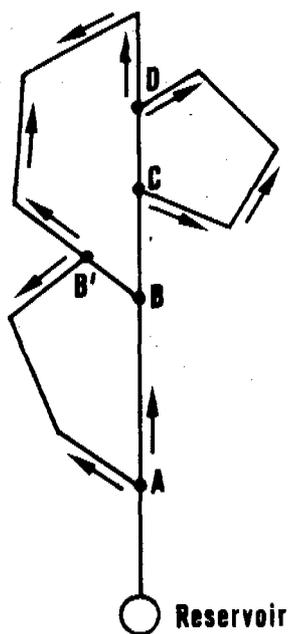


Fig. 3.9 RESEAU MAILLÉ

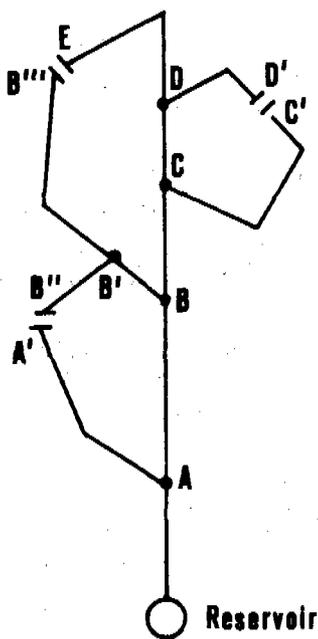


Fig. 3.10 RESEAU RAMIFIÉ
SUPPOSÉ ÉQUIVALENT

3.4.1. Fixation de la cote du réservoir

- On détermine la longueur de conduite depuis le point le plus éloigné à desservir jusqu'au réservoir (à moins qu'il n'y ait un point particulièrement haut plus proche du réservoir).
- En ce point, la pression devra être supérieure à 1 bar ou 10 m au robinet le plus haut que l'on prend en compte. Si l'on y trouve plusieurs constructions à 3 niveaux ou que l'on prévoit de telles constructions, l'eau devra pouvoir monter à 10m au dessus du sol. La pression à prendre en compte sera donc $1 + 1 = 2$ bars.
- calculer la perte de charge le long de la conduite la plus longue en prenant une perte de charge moyenne de 2,5 m/km de conduite, correspondant à une conduite \varnothing 100 mm, l'eau circulant à la vitesse de 1 m/s et le coefficient de rugosité étant égal $K = 2 \cdot 10^{-3}$ ce qui correspond à un réseau en service. La perte de charge est proportionnelle au carré de la vitesse. Elle est fournie par des tables spéciales.

Ainsi si $l = 3000$ m, la perte de charge serait de 7,5m

- Ajouter cette perte de charge à la cote du point le plus éloigné du réservoir compte tenu des 10m ; on obtient ainsi la cote moyenne du réservoir

Ce serait dans notre cas : $20 \text{ m} + 7,5 = 27,5\text{m}$

Le niveau moyen de l'eau dans le réservoir doit être à 27,5m au dessus du point à desservir pris en compte.

3.4.2. Cheminement aval-amont

On cumule les consommations dans chaque tronçon en partant des conduites situées à l'aval et on détermine les diamètres des conduites et leur perte de charge par ml. On remplit alors un tableau de type ci-dessous (ref. Fig3.10)

Tronçon	débit moyen journalier affecté au tronçon		Débit cumulé l/s	coeffic. de pointe	Débit de pointe l/s	\varnothing mm	perte de charge m
	m ³ /j	l/s					
E D	Q_{ed}	Q_{ed}	$Q'_{ed} = Q_{ed}$	K_{ed}	$K_{ed} \times Q'_{ed}$	\varnothing_{ed}	P_{ed}
D'D	$Q_{d'd}$	$Q_{d'd}$	$Q'_{d'd} = Q_{d'd}$	$K_{d'd}$	$K_{d'd} \times Q'_{d'd}$	$\varnothing_{d'd}$	$P_{d'd}$
D C	Q_{dc}	Q_{dc}	$Q'_{dc} = Q_{ed} + Q_{d'd} + Q_{dc}$	K_{dc}	$K_{dc} \times Q'_{dc}$	\varnothing_{dc}	P_{dc}

etc.... en remontant de proche en proche jusqu'au réservoir.

Pour la détermination du coefficient de pointe, voir 1.5.

Maintenant que l'on a les pertes de charge dans chaque tronçon du réseau, on peut en partant du réservoir dont l'altitude a été déterminée en première approximation, vérifier que l'on aura une pression suffisante en tous points du réseau.

3.4.3. Cheminement amont - aval

Tronçon	longueur	Perte de charge du tronçon	profil piézométrique	cote altimétrique du point extrémité aval	pression au so... au point extrémité aval
R				cote moyenne $R = r$	en m d'eau Hr
RA	La	P ra	$Hr - P_{ra} = (1)$	Ha	$(Hr - P_{ra}) - H_a$
A A'	La'	P ra'	$(1) - P_{aa'} = (2)$	Ha'	$(2) - H_{a'}$
A B	Lb	P ab	$(1) - P_{ab} = (3)$	Hb	$(3) - H_b$
				etc....	

Ainsi, pour chaque branche, en chaque noeud, on a la cote piézométrique et donc, la ligne piézométrique. On superpose alors cette ligne piézométrique au profil en long du terrain (à la même échelle).

NOTA : la ligne piézométrique doit être au moins à 10 m au dessus des appareils à desservir. Suivant le type d'urbanisation, on prend en compte les maisons de 2 niveaux, de 3 niveaux... etc...

Dans un réseau maillé, il faut que, en chaque noeud, les pressions dans les différentes branches soient du même ordre à 1/10 bar près (sinon il conviendra de revoir les sens de circulation et les diamètres). Ainsi, nous avons calculé la pression en A' en passant par le tronçon A A'. Il faut obtenir une pression analogue en passant par les tronçons AB, BB', B'A'.

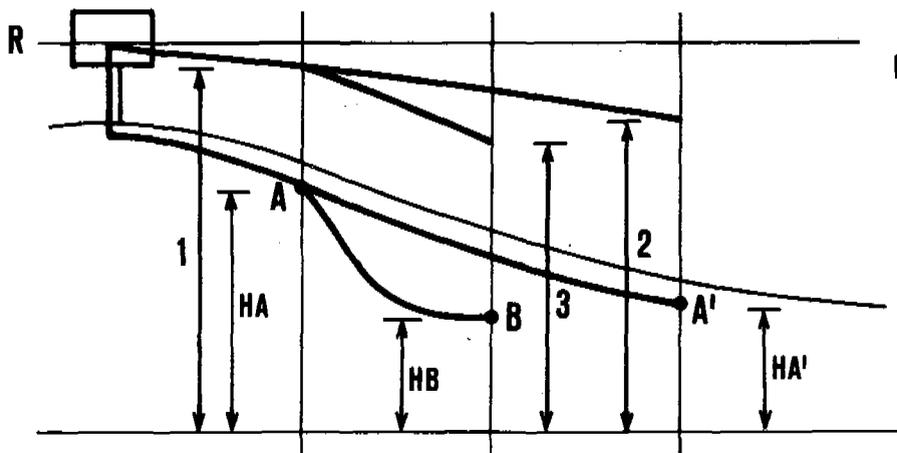
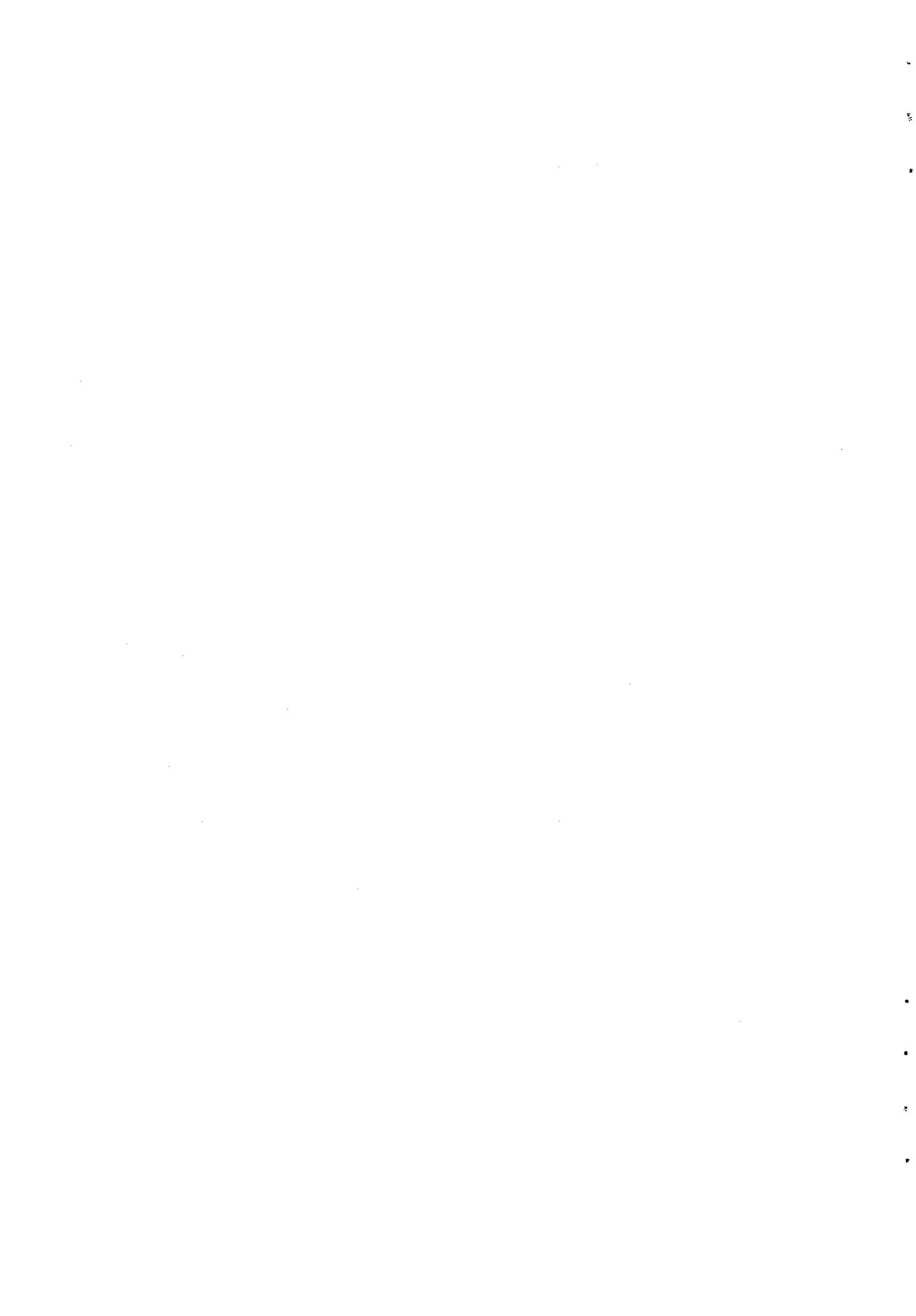


Fig. 3.11



4. MATERIAUX ET POSE



4.1. MATERIAUX

Les principaux matériaux utilisés pour la réalisation des conduites sont :

- la fonte

ces tuyaux ont une bonne résistance à la corrosion, mais sont lourds et restent relativement fragiles.

- l'acier

la protection contre la corrosion doit être particulièrement soignée. Les joints peuvent être soudés. Les conduites en acier sont particulièrement résistantes (non fragiles).

- l'amiante ciment

ce matériau concilie légèreté, résistance et longévité, mais est fragile au choc.

- la matière plastique (PVC ou polychlorure de vinyle principalement)

son usage se développe à cause de sa légèreté, de la faiblesse des pertes de charge, de sa résistance à la corrosion. Les joints sont, réalisés par emboitements collés ou par des joints caoutchouc.

- le béton n'est utilisé que pour les diamètres supérieurs à

500 mm.

les joints doivent être étanches et le moins nombreux possible, en terrain peu stables, ils seront souples.

4.2. POSE

Les études d'exécution doivent en particulier

. déterminer un profil en long de la conduite qui évite la stagnation de l'air. La pente minimum sera de :

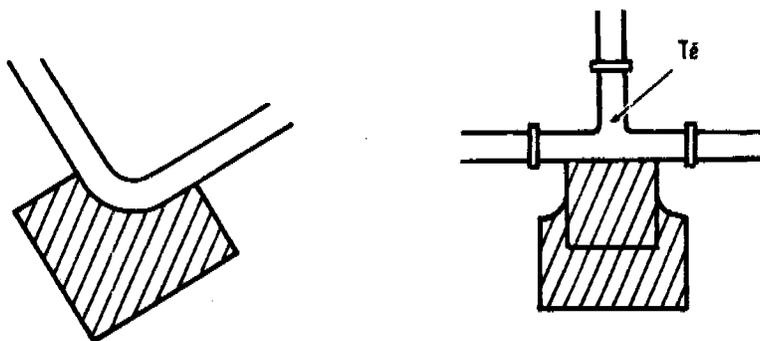
2 à 3 mm/m dans les parties où l'eau monte

4 à 6 mm/m dans les parties où l'eau descend.

. Dimensionner les butées et les ouvrages des canalisations principales.

Les butées équilibrent les efforts résultant de la poussée de l'eau lors des changements de direction ou de section de la conduite, sur un Té, en extrémité de conduite etc...

Fig. 4.1 BUTEES



Les canalisations sont posées en tranchées de manière à être couvertes de 50cm de terre au minimum (beaucoup plus si des charges dues à la circulation routière en particulier doivent être prises en compte).

Si le sol est rocheux ou caillouteux, on devra préparer un lit de pose avec de la terre meuble, du sable ou du gravier fin.

Un sol argileux demandera la préparation d'une couche de pose drainante.

Quand un tronçon important est terminé, on l'éprouve, après avoir obturé les extrémités, en y faisant monter la pression suivant les spécifications du cahier des charges.

Le remplissage doit se faire lentement en vue d'une évacuation totale de l'air. Le remblayage doit également être très soigné (terre épierrée, damée et arrosée à proximité des flancs et de la génératrice supérieure).

La mise en service sera précédée par des lavages et une stérilisation de la conduite.

5. POLITIQUE DE L'EAU ET GESTION DE RESEAU

5.1. POLITIQUE DE L'EAU

L'eau est à la fois

- . un bien vital : la collectivité devrait en assurer la distribution à tous, y compris aux plus défavorisés,
- . un produit de consommation courante assuré d'un large marché. Les financiers ont cependant jusqu'ici restreint leur marché aux habitants ayant un revenu suffisant pour disposer de branchement individuel, la collectivité se chargeant, plutôt mal que bien en général, de la distribution gratuite d'eau aux plus défavorisés.

En fait, les solutions retenues devraient résulter d'un dialogue entre la collectivité et le "banquier". De même que la répartition des ressources entre les utilisateurs potentiels (industriels, équipements, particuliers) doit faire l'objet de choix politiques (planification des ressources - adéquation ressources - consommations), la distribution de l'eau aux particuliers, dont les revenus varient considérablement dans les zones urbaines d'un quartier à l'autre, doit se faire suivant des modalités et des volumes différents mais en assurant le minimum à tous, de manière à respecter les possibilités financières des collectivités et des particuliers.

Les études économiques de réalisation des réseaux d'eau devraient prendre en compte, pour justifier les investissements initiaux, des facteurs autres que les seules recettes résultant de la tarification de l'eau distribuée (cf 1.1.) : cette démarche se développe actuellement devant l'évidence qu'une bonne santé est un préalable au développement et que ce ne sont pas les soins médicaux qui sont la meilleure manière d'y parvenir.

Dans les villes africaines des tropiques, les 3/4 de la population qui ne bénéficient pas de branchement individuel consomment moins de 20 % du débit distribué.

La péréquation qui aurait pour objet de faire payer ces 20 % d'eau consommée par les possesseurs de branchement est difficile à mettre en oeuvre étant donné les résistances à l'augmentation des prix de l'eau et le fait qu'il n'est pas bon d'assurer une distribution gratuite en échange d'un service.

La situation actuelle, un peu différente cependant, les municipalités payant pour l'eau distribuée gratuitement, montre les inconvénients de ce système.

Ce sont, en fait, un ensemble de mesures qu'il faut promouvoir.

MESURES CONCERNANT LA TECHNIQUE ET LE MODE DE PERCEPTION DES TAXES

Plusieurs solutions sont possibles, en fonction du contexte local :

- . favoriser les branchements individuels en reportant le coût d'installation de l'équipement sur le prix de vente de l'eau. Cela ne reste toutefois qu'à la portée des pays ayant des ressources hydrauliques et financières suffisantes et une population à revenu confortable. Le risque est qu'une partie de la population dépende pour son approvisionnement des possesseurs de branchement. Si ceux-ci sont suffisamment nombreux, la situation peut être acceptable transitoirement

- . promouvoir des solutions où le branchement intéresse plusieurs familles, la répartition des charges se faisant au prorata du nombre de personnes ou de m² de planchers par famille ou de la valeur locative. A chaque fois que le consommateur n'est pas directement le payeur, il y a risque de détérioration. Pour ces raisons, le branchement collectif ne peut être valable que pour certains groupements particulièrement structurés. On aura donc généralement intérêt à essayer de diminuer les coûts du branchement individuel (cf 3.3.1.)

- . installer des bornes fontaines publiques. Leur fonctionnement et leur rentabilisation peut être assuré de plusieurs manières :
 - a/ la municipalité ou la société concessionnaire maintient un employé à chaque borne fontaine, chargé de récupérer les taxes et de veiller à la non détérioration du matériel (risque de passe-droit, de marché noir et de mauvaise surveillance).

Elle peut aussi prélever une taxe spéciale sur les habitants des quartiers desservis.
 - b/ un concessionnaire à chaque borne fontaine achète l'eau à la société et la revend au détail à un prix qu'il fixe librement en fonction de la concurrence des bornes fontaines voisines, avec un prix plafond maximum.
 - c/ les habitants, organisés par quartier, se cotisent, participent éventuellement aux travaux d'installation, contrôlent la distribution et récupèrent les cotisations.

Ces trois solutions, employées dans différentes villes africaines, réclament évidemment la pose d'un compteur. La rentabilisation de telles opérations doit de toute manière faire l'objet d'un examen approfondi. L'objectif doit être de précéder ou d'accompagner l'urbanisation en assurant un service minimum par borne fontaine qui peut être considérée comme l'infrastructure de base nécessaire à la construction puis à la vie et à la sécurité. Des branchements individuels pourront après venir se greffer sur ces conduites.

La borne fontaine payante doit satisfaire un grand nombre d'habitants : en prenant comme base 100 F/CFA/m³, un logement regroupant 10 personnes consommant 60 l/hab/j aurait besoin de 18 m³ par mois soit 1.800 F CFA (ou 180 F CFA par personne). Ceci est le plus souvent très supérieur à 10 % du revenu (1), et donc difficilement acceptable, d'autant plus qu'il faut auparavant avoir payé le branchement.

Dans le cas d'une alimentation par borne fontaine publique où l'eau serait facturée 150 F CFA le m³ pour tenir compte, malgré les quantités débitées et les tarifs préférentiels dont ce type de service aux plus démunis pourrait bénéficier, des frais du "fontainier" percepteur, le volume d'eau utilisé par le même logement serait de 20 l/hab/j x 10 x 30 j = 6 m³ par mois, soit 900 F CFA (ou 90 F CFA par personne) ce qui est déjà plus acceptable.

Cet exemple montre qu'il existe certainement des solutions permettant de satisfaire les besoins essentiels avec un coût limité ou nul pour la collectivité. Les deux solutions proposées ne sont pas équivalentes en service rendu à l'utilisateur, en amélioration de l'hygiène etc... Mais il faut admettre qu'il y a un minimum à assurer et que l'on doit procéder par étapes successives.

(1) Les Brésiliens ont estimé que dans les cas les plus défavorables, les revenus qui pouvaient être consacrés à l'eau ne devaient pas dépasser 5 % du revenu total familial.

Les revenus de l'ordre de 10.000 F. CFA/mois ne sont pas rares en Afrique.

MESURES CONCERNANT L'INVESTISSEMENT ET LA TARIFICATION

Au niveau des investissements de réalisation des réseaux, il est certain que l'importance de ces investissements initiaux implique une participation de l'Etat ou de "banques régionales de Développement". Les prêts ainsi contractés par les "organismes concessionnaires" des réseaux devraient cependant être remboursés dans les conditions habituelles du marché financier si une politique de sous-tarification de l'eau distribuée n'était pas le plus souvent pratiquée par ces organismes. Beaucoup de concessionnaires (et leurs départements ministériels de tutelle) craignent en effet de se heurter à l'appréciation de certains sur le fait que l'eau est un bien gratuit. En fait, la facturation au juste prix se justifie puisque "l'on ne prend pas l'eau aux habitants" mais que "l'eau est prise pour eux".

A long terme, seule une politique de tarification prenant le prix réel de l'eau, comprenant le remboursement des prêts contractés pour les investissements initiaux, l'amortissement des installations et permettant un bon fonctionnement des réseaux, permettra de fournir de "l'eau saine à toute la population urbaine".

Pour autant, la tarification au juste prix ne signifie pas que la collectivité ne doive pas répartir les charges suivant les possibilités de chacun. Cela peut être fait par des coûts différents suivant la consommation, les faibles consommations étant peu taxées (on favorise ainsi l'augmentation du nombre des branchements individuels), de même que les bornes fontaines. Ce type de consommation représente d'ailleurs une faible proportion de la consommation globale.

Il serait ainsi possible d'élargir considérablement "le marché de l'eau" ce qui, pour un financier n'est pas à dédaigner et permettra de faciliter progressivement la gestion du réseau.

Des cartes spéciales pourraient faciliter l'accès des bornes fontaines publiques aux sans-revenus.

Un autre moyen de favoriser l'équipement des zones défavorisées est de les implanter à proximité des infrastructures primaires. Le raccordement est alors peu coûteux. Il y a ainsi report du coût de l'investissement sur les plus favorisés.

L'objectif d'assurer de l'eau potable à tous n'est évidemment possible que si le contrôle de l'urbanisation permet d'éviter la prolifération des zones à très basse densité, au profit de zones où les équipements et les infrastructures auront été prévues et réservées.

MESURES CONCERNANT L'EDUCATION ET LA FORMATION

Un réseau sera difficilement rentabilisable si, en raison des pluies, quand l'eau est partout disponible, les habitants diminuent par 10 leur consommation d'eau potable.

Il ne s'agit pas de faire utiliser de l'eau potable alors que de l'eau non potable suffirait, mais d'expliquer la nécessité d'assurer les besoins alimentaires avec une eau non polluée.

5.2. GESTION DES RESEAUX

La gestion des réseaux publics peut être confiée par la collectivité :

- . à des organismes locaux, prenant en compte les objectifs nationaux, et bien à même d'assurer le bon fonctionnement si sa taille est suffisante
- . à un organisme national capable de disposer de services techniques et financiers étoffés, ayant une politique de formation, mais répondant sans doute moins bien aux demandes locales. Un organisme national est cependant mieux à même de gérer des réseaux de faible amplitude dont les investissements sont difficiles à rentabiliser.

On recommande souvent que la société de distribution, qui peut être une régie communale, s'occupe également de l'assainissement, ce qui a de nombreux avantages au niveau du prélèvement des taxes, de l'entretien des réseaux et de la gestion des ressources naturelles

Le gestionnaire aura comme objectifs :

- . d'assurer le bon fonctionnement du réseau, la première tâche étant de contrôler la qualité de l'eau fournie,
- . de collecter les redevances : il est nécessaire d'avoir un personnel suffisant et qualifié pour procéder au relevé des compteurs. Il faut que tous ceux qui prélèvent de l'eau payent,
- . de former le personnel technique et de gestion,
- . d'adapter le réseau à l'évolution de la consommation (projets de renforcement et d'extension - capacité financière).

L'entretien demande l'existence d'équipes d'intervention qualifiées et la présence de pièces détachées, stock de canalisations etc.... de façon à ce que l'on puisse intervenir rapidement à chaque incident. Mais l'entretien consiste également en un programme systématique :

- de surveillance du réseau afin de dépister les fuites, les branchements clandestins et les risques d'incidents,
- de remplacement des canalisations causant le plus de pertes.

Moyennant cela on pourra diminuer très sensiblement les pertes dans le réseau où il n'est pas rare qu'elles atteignent 50 % entraînant des frais de pompage supplémentaires, une sous-utilisation du réseau, un défaut d'approvisionnement dans certaines zones.

La solution souvent employée est alors de couper certains tronçons à certaines heures. Dans d'autres zones, la pression insuffisante fait que la desserte est épisodique : les conduites s'encrassent augmentant les risques de maladie.

6. ANNEXES

6.1. NOTIONS D'HYDRAULIQUE

a/ Pression P

$$P = \frac{F}{S} \quad \begin{array}{l} \text{(force)} \\ \text{(surface)} \end{array}$$

La pression dans un fluide immobile, soumis aux forces de la pesanteur, est proportionnelle à la profondeur h considérée.

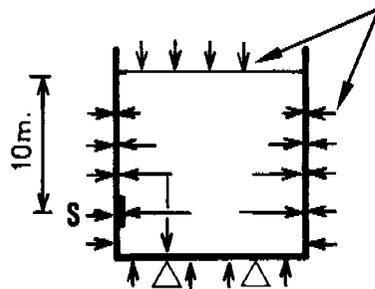


Fig. 6.7 PRESSION ATMOSPHERIQUE
1 KG / CM² # 1 BAR

Sur une surface S située à 10 m de profondeur dans un tube s'exercent, quelle que soit l'orientation de cette surface

. la pression atmosphérique au niveau supérieur du fluide

$$1 \text{ bar} \# 1 \text{ Kg/cm}^2$$

. la pression due à la colonne d'eau : 10 m donne encore

$$1 \text{ bar} \# 1 \text{ Kg/cm}^2$$

soit 2 bars desquels il faut déduire 1 bar due à la pression de l'air externe sur la surface S . Il reste 1 bar

Pour 20 mètres, on aurait 2 bars

30 " " " 3 " etc....

b/ débit Q

$$Q \text{ m}^3/\text{s} = V \text{ m/s} \times S \text{ m}^2$$

V vitesse

S section interne

c/ écoulement

Quand un liquide s'écoule dans une conduite, il subit une perte de charge, du fait des frottements, tout au long de la conduite. Elle est proportionnelle à la longueur et à la rugosité de la conduite, au carré de la vitesse, et inversement proportionnelle au diamètre.

Des tables fournissent ces pertes de charge, suivant le diamètre et la vitesse, en mètre par mètre de conduite, suivant le type de revêtement interne de la conduite.

Ex : une canalisation de 1000 m dans laquelle la perte de charge est de 2,5 mm par m.

Au point de départ la pression est de 2 bars

A la sortie la pression sera diminuée de 2,5 m de hauteur d'eau (2,5 mm x 1000) et sera donc égale à 1,75 bar

Les points singuliers, où les frottements sont forts (coudes, rétrécissements etc...) augmentent les pertes de charge.

Un pompage correspond à une remise en charge du fluide. La ligne piézométrique donne par différence avec la cote du sol la pression au sol.

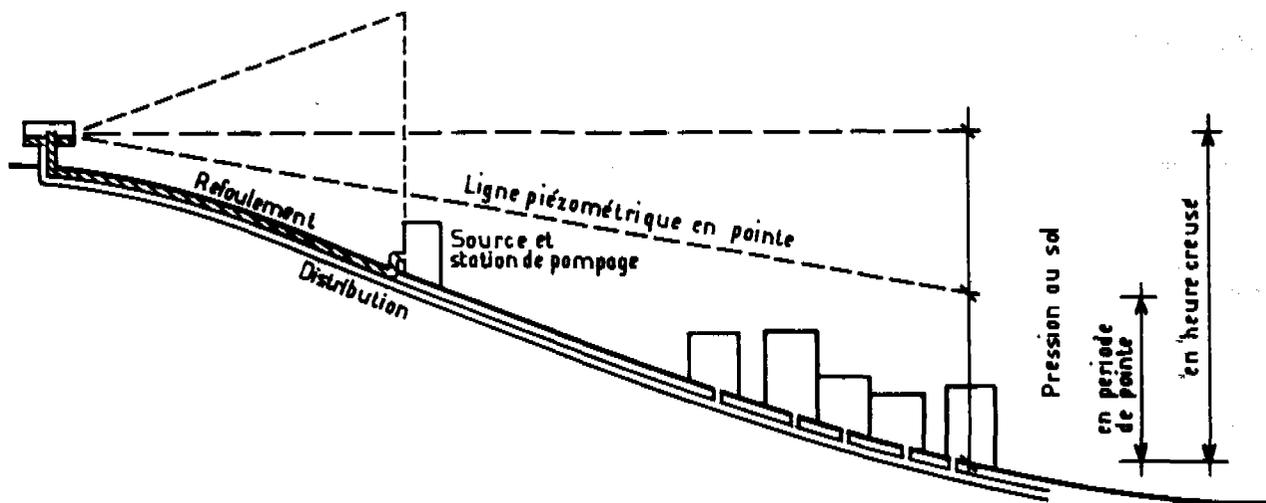


Fig. 6.2 SCHEMA DE LA DISTRIBUTION DES PRESSIONS DANS UN RESEAU

Les pertes de charge diminuent la nuit dans le réseau de distribution puisque le débit, donc la vitesse y est plus faible. Les pressions seront plus fortes dans la ville en heure creuse.

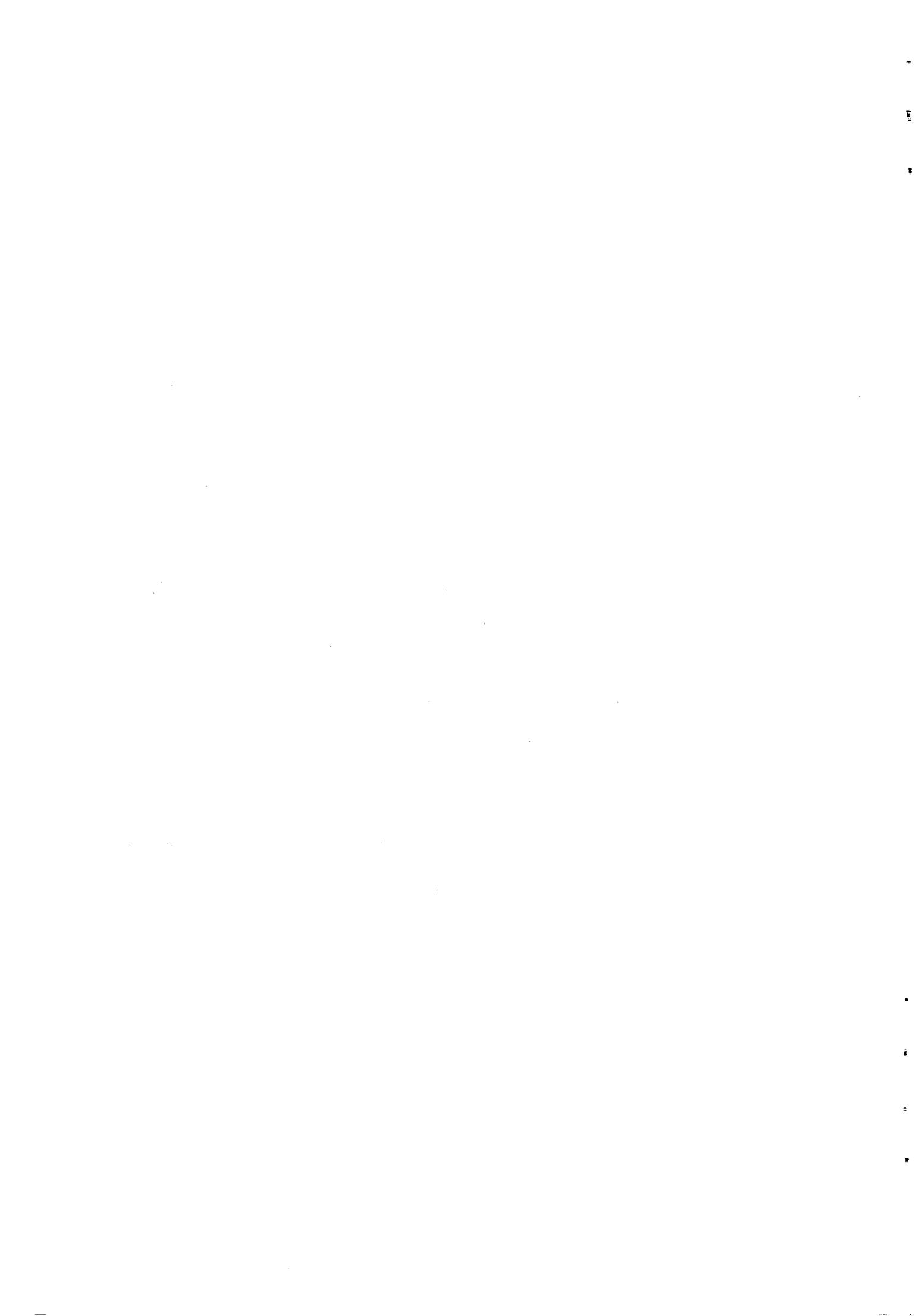
6.3. TEXTES OFFICIELS DE REFERENCE POUR LA FRANCE

- . Code la Santé Publique et textes modificatifs (ordonnance N° 58-1265 du 20 Décembre 1968 et loi N° 64-1245 du 16 Décembre 1964)
- . Arrêté du 15 Mars 1962 relatif aux analyses périodiques de contrôle des eaux d'alimentation.
- . Circulaire N° 1700-AD du 12 Décembre 1948 (Ministère de l'Agriculture) sur la rédaction des projets d'alimentation en eau des communes rurales.
- . Circulaire C & 1191 du 30 Juillet 1948 (Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme) sur la rédaction des projets d'alimentation en eau des agglomérations urbaines.
- . Circulaire interministérielle du 10 Décembre 1951 sur la lutte contre l'incendie.

Au journal officiel : 26 Rue Desaix 75732 PARIS CEDEX 15

6.4. ORGANISMES SPECIALISES

- . Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (C.I.E.H.)
B.P. 369
OUAGADOUGOU (Haute Volta)
- . Centre International de référence pour l'approvisionnement Public en eau
VOORBURG (Pays Bas)
Gouvernement Néerlandais - O.M.S. -
- . O.M.S.
Bureau Régional de l'Afrique
B.P. 6
BRAZZAVILLE (Congo)



7. EXERCICE PROGRAMME

EXERCICE PROGRAMME

URBA, ville d'un pays Sahélien connaît une rapide extension par suite de l'implantation à quelques kilomètres d'une importante agro-industrie (sucrierie).

La création des emplois nouveaux dans l'agriculture et l'usine ainsi que l'apparition d'emplois enduits (activités diverses) appellent la réalisation très rapide d'une "CITE DE CADRES" de 24 logements et d'un Nouveau lotissement pour 500 parcelles destinées à l'habitat traditionnel.

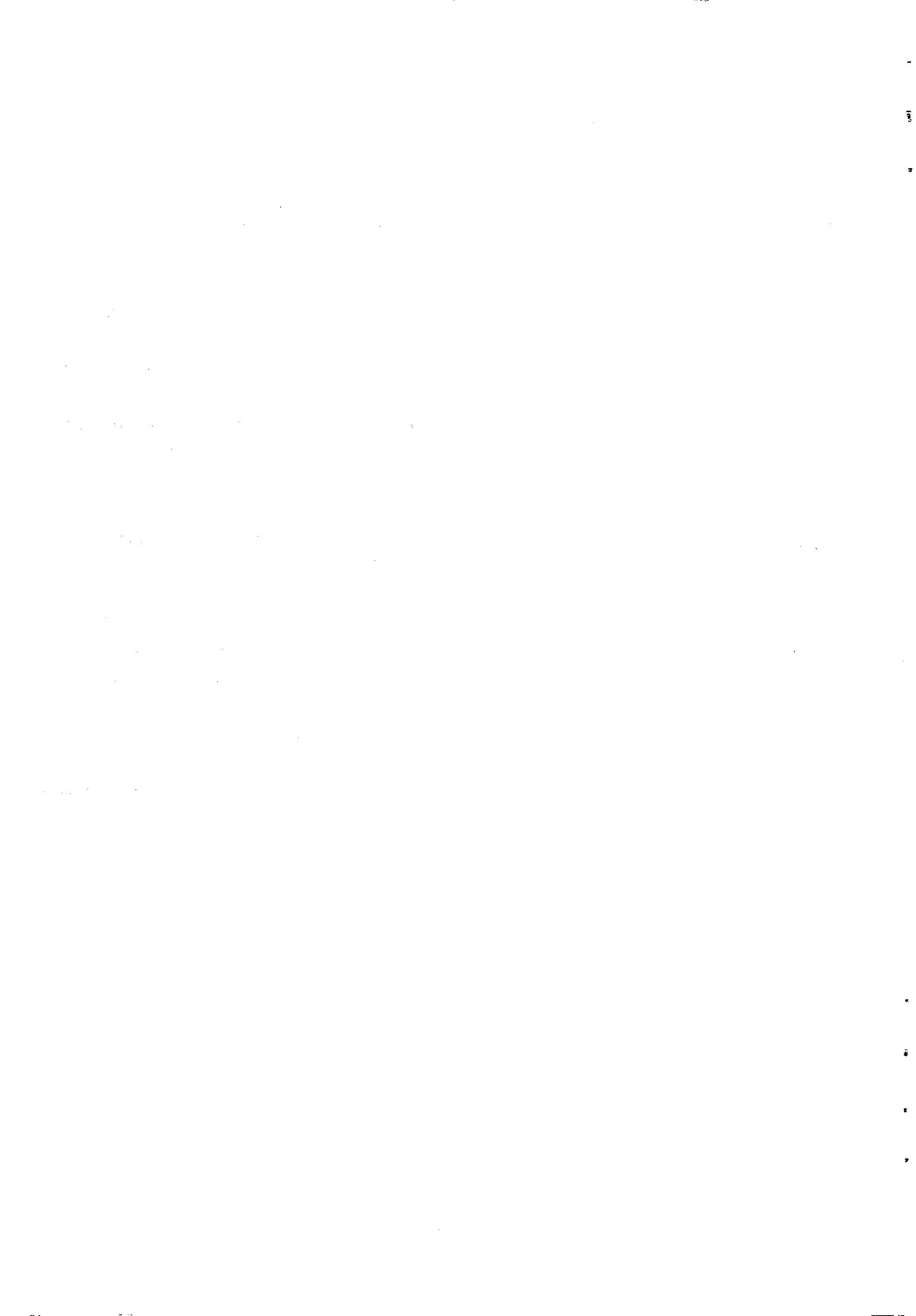
L'alimentation en eau actuelle de URBA se fait à partir de deux forages dans la nappe et d'un réservoir surélevé de 80 m³ seulement. Cette alimentation est jugée satisfaisante pour l'ensemble des logements existants desservis par branchements individuels ou par bornes fontaines.

L'alimentation des extensions de URBA et plus précisément, dans l'immédiat, de la cité des cadres et du nouveau lotissement, se fera non par des forages nouveaux (la nappe ne le permet pas) mais par branchement sur la conduite qui doit alimenter en eau l'agro-industrie.

Cette agro industrie impose en effet l'irrigation et une conduite de très fort diamètre alimente le périmètre sucrier et l'usine. L'adduction de l'eau pour toutes les extensions futures de URBA se fera par une conduite \varnothing 250 branchée sur la conduite de l'usine.

Le présent exercice programmé d'adduction d'eau consiste à élaborer successivement :

- Phase A : Une note de calcul sur les débits à prendre en compte pour l'alimentation en eau de la cité des CADRES (24 logements) et le NOUVEAU LOTISSEMENT (500 logements)
- Phase B : Le dimensionnement du réservoir surelevé ou semi-enterré à construire sur la base des résultats de la phase A et d'hypothèses données ci-après
- Phase C : Le PLAN DIRECTEUR SOMMAIRE du réseau de distribution de l'eau dans la "CITE DES CADRES" et le NOUVEAU LOTISSEMENT (échelle 1/10.000e)
- Phase D : La détermination de la cote du RADIER du réservoir surélevé ou semi-enterré à construire (l'implantation de ce nouveau réservoir et de la conduite principale \varnothing 250 est donnée sur le plan au 1/10.000 e.
- Phase E : Détail estimatif du réseau de distribution et du réservoir



NOTE DE CALCUL

- 1 - Calculer le débit journalier moyen de la CITE DES CADRES -
unité : m³/s.
- 2 - Calculer le débit journalier moyen du NOUVEAU LOTISSEMENT -
unité : m³/s.
- 3 - Le coefficient horaire de pointe (rapport du débit de l'heure
la plus chargée au débit moyen journalier).
- 4 - Le débit horaire de pointe de la "CITE DES CADRES";
unité : m³/s.
- 5 - Le débit horaire de pointe du "nouveau lotissement", unité :m³/s
- 6 - Le débit horaire de pointe des extensions immédiates ;
"CITE DES CADRES ET NOUVEAU LOTISSEMENT"

CITE DES CADRES

NOUVEAU LOTISSEMENT

Nombre de logements ou de parcelles		
Nombre de personnes/logement ou/ parcelle		
Population totale		
Débit moyen journalier par quartier : m ³ /h		
Coefficient de pointe horaire		
Débit horaire de pointe - m ³ /h		
Débit horaire de pointe des extensions de URBA		

Dimensionnement du nouveau réservoir surélevé.

Matériel

- Note de calcul de la phase A
- Plan 1/10.000 è
- Note de calcul de la phase B

Enoncé de l'exercice

Hypothèse :

Le nouveau réservoir surélevé ou semi-enterré (implanté comme indiqué sur le plan joint au 1/10.000è) doit satisfaire les besoins des extensions de URBA "CITE CADRES" et "NOUVEAU LOTISSEMENT"

- la conduite d'arrivée peut assurer un débit de 40 l/s. Elle est prévue pour le long terme

- On considère que le développement de URBA se faisant par étapes, il est PLUS RENTABLE de construire plusieurs réservoirs de volume plus restreint à l'emplacement indiqué plutôt qu'un seul réservoir de grand volume. Le réservoir considéré devra ainsi permettre seulement l'alimentation en eau des extensions immédiates, (cité CADRES et Nouveau Lotissement). Ce principe permet peut-être (cf.phase D) de construire en première étape un réservoir semi-enterré au lieu d'un réservoir surélevé beaucoup plus coûteux.

- Le réservoir doit permettre de répondre à la consommation journalière moyenne de trois jours de la population de la "Cité des Cadres" et du "Nouveau lotissement".

- Quelque soit la consommation, le réservoir doit comporter une réserve "incendie" de 120 m³ (réserve minimum prévue par une circulaire interministérielle),

- Calculer le volume du réservoir à construire pour alimenter dans de bonnes conditions de sécurité la "Cité des Cadres" et le "Nouveau lotissement" ; Unité : m³ .

Réserve incendie

1 journée de consommation
de la "Cité Cadres"

1 journée de consommation
du "Nouveau lotissement"

" jours de consommation x 3

Sous total

Volume total en m3

PLAN DIRECTEUR SOMMAIRE DU RESEAU DE DISTRIBUTION DE LA
"CITE CADRES" et du "NOUVEAU LOTISSEMENT"

Matériel disponible

- plan à l'échelle du 1/10.000^e comportant le tracé des réseaux primaires d'adduction et de distribution de l'eau.
- plan à l'échelle du 1/2 000^e du "NOUVEAU LOTISSEMENT" et de la "CITE CADRES"
- papier calque
- feutres de couleur

Enoncé de l'exercice

Les études du réseau primaire d'adduction de l'eau (conduite \varnothing 250) des réseaux primaires de distribution de l'eau (conduite \varnothing 150) et l'implantation du réservoir ont été préalablement effectuées.

L'étude demandée en phase C comportera donc les éléments suivants :

- 1° - Tracé des réseaux secondaires et tertiaires de distribution de l'eau pour la "Cité des Cadres" et le "Nouveau Lotissement" (optimisation du linéaire de réseaux) : échelle 1/2000^e.

- 2° - Implantation des bornes fontaines en fonction de la population (aire d'influence) des facilités d'accès et de "l'animation urbaine" et implantation des bornes incendie.
- 3° - Indication des "tés de branchement" des réseaux tertiaires sur les réseaux secondaires (optimisation du linéaire de réseaux).
- 4° - Indication de l'emplacement des vannes indispensables au bon fonctionnement (sécurité d'approvisionnement) des réseaux.

Réseau primaire	:	cf.plan 1/10.000è	
Réseau secondaire	:		
Réseau tertiaire	:		
Té de branchement	:		
Vanne (s)			
bornes fontaines ou postes d'eau	:		
bornes incendie	:		

Hypothèses

- les réseaux secondaires seront constitués de conduite \varnothing 100. Ces réseaux desservent directement les bornes fontaines et les bornes incendie et indirectement les logements de la Cité Cadres qui sont desservis par des réseaux tertiaires constitués de conduites \varnothing 60.
- les réseaux tertiaires desservent les logements de la "Cité Cadres" à partir des réseaux secondaires - les réseaux secondaires et tertiaires sont reliés par des "tés de branchement".

- On recherche tout à la fois dans la conception des réseaux, l'économie (en minimisant le linéaire de réseaux) mais aussi la sécurité de fonctionnement. Ce principe sera pris en compte pour la conception du "Plan Directeur Sommaire" des réseaux (échelle 1/2000è),
- Chaque logement de la "Cité des Cadres" est alimenté par un branchement individuel (réseau tertiaire),
- Le nouveau lotissement est alimenté par bornes fontaines ou postes d'eau - On considèrera qu'une borne fontaine ou un poste d'eau peuvent desservir une population de 500 habitants environ et doivent se trouver à moins de 200 mètres du logement le plus éloigné,
- les vannes permettent d'isoler, en cas de "casse" ou réparation du réseau, une partie des quartiers desservis et de continuer à alimenter normalement les autres parties.

PHASE D

DETERMINATION DE LA COTE DU RADIER DU RESERVOIR

RESERVOIR SUR-ELEVE ou SEMI-ENTERRE

Matériel disponible

- Plans au 1/2000e ou 1/10.000e auquel on superpose le calque portant les tracés des réseaux secondaires et tertiaires de la "Cité des Cadres" et du "Nouveau lotissement".
- Note de calcul phase D

Enoncé de l'exercice

- 1° - Calculer, sur la base du plan des réseaux primaires, secondaires et tertiaires, des pertes de charge dans les conduites et de la pression minimale à garantir pour tout branchement individuel, borne fontaine ou poste d'eau, la cote du radier du réservoir à construire pour les extensions de URBA en première étape (Cité Cadres et Nouveau Lotissement)
- 2° - Déterminer, en fonction de la cote du point d'implantation du réservoir indiquée sur le plan au 1/10.000 le type de réservoir sur-élevé ou réservoir semi-enterré?

Hypothèses

- les parties de charge par mètre linéaire (cf. la plaquette pédagogique) sont fonction du diamètre \varnothing de chaque conduite, de la vitesse moyenne V et du coefficient de rugosité de la conduite (coefficient fonction du matériau constitutif de la conduite). Les tables de Colebrook permettent de déterminer la perte de charge par mètre linéaire.

Les calculs effectués à l'aide de ces tables pour des conduites en acier de diamètres \varnothing 150, \varnothing 100, \varnothing 60, donnent pour les vitesses moyennes V calculées dans les conduites, les résultats suivants :

- conduites de distribution primaire \varnothing 150 : 0,01 m d'eau / ml
- conduites de distribution secondaire \varnothing 80 : 0,02 m d'eau / ml
- conduites de distribution primaire \varnothing 60 : 0,04 m d'eau / ml
- la pression minimale en bout de réseau devra être au moins de 10m d'eau (1bar) pour les branchements individuels et de 20m d'eau (2 bars) aux bornes fontaines en raison des normes incendie (les bornes fontaines comportent en effet un branchement normalisé pour les lances d'incendie) et aux bornes incendie.
- la pression maximale pour les branchements individuels et les bornes fontaines ne devra pas excéder 40 m d'eau (4 bars).

DETAIL ESTIMATIF

Matériel disponible

- Devis estimatif type avec indication des coûts unitaires

Enoncé de l'exercice

- Etablissement du détail estimatif des coûts du réservoir (sur-élevé ou semi-enterré) et des réseaux de distribution de la Cité "Cadres et du Nouveau Lotissement).

PHASE E

DETAIL ESTIMATIF

DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITES	QUANTITES	PRIX UNITAIRE en F.CFA	PRIX TOTAL EN F.CFA
Conduite Ø 150 posée en tranchée, y compris jointes	m1		15.000	
Conduite Ø 100 posée en tranchée, y compris joints	m1		11.000	
Conduite Ø 60 posée en tranchée	m1		7.000	
Vannes (prix moyen)	unités		80.000	
Tés de raccordements	unités		15.000	
Borne-fontaine/poste d'eau	unités		300.000	
Borne incendie	unités		150.000	
Réservoir surélevé sur fût de 20m (prix moyen)	m3		50.000	
Réservoir semi-enterré	m3		20.000	

Ces prix sont indicatifs et donnent des ordres de grandeur.