

3 3 3

8 2 E T

PUBLICATIONS

DU

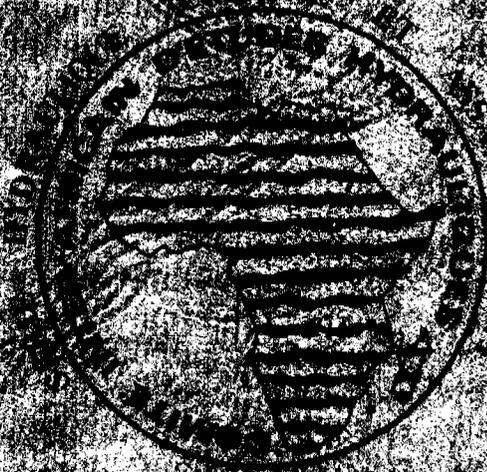
**COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES
(C.I.E.H.)**

**ETUDE COMPARATIVE DES RESEAUX
ENTERRES ET A CIEL OUVERT
POUR L'EVACUATION DES EAUX DE PLUIES**

**PAR
M. L'ATIGNON ET P. B. TESSIER**

(Faint text, possibly a subtitle or author information)

**B. C. E. T.
(ABIDJAN)**



333-82ET-376

COMITE INTERAFRICAIN
D'ETUDES HYDRAULIQUES

(C.I.E.H.)

BP. 369. TEL. 334-76
335-18

- OUAGADOUGOU -

(Haute-Volta)

--:--

Département Hydraulique
Urbaine et Assainissement.

ETUDE COMPARATIVE DES RESEAUX
SUPERFICIELS ET ENTERRES D'EVACUATION
DES EAUX DE PLUIE

--0--

par

K.L. ATIVON et B. TEYSSIER

Rapport de Synthèse d'études effectuées

par B.C.E.T. (Abidjan)

TECHNOSYNESIS (Lomé).

---o0o---

~~333~~ ISN 376
333 02ET

S O M M A I R E

PREFACE.....	1
1. INTRODUCTION.....	2
2. CRITIQUE DE LA REGLEMENTATION ACTUELLE.....	2
2.1. Choix des types de réseau.....	2
2.2. Calcul des débits d'eau pluviale.....	3
2.3. Condition d'établissement et dimensionnement des réseaux.....	3
3. ENQUETE SUR LE TERRAIN EN COTE D'IVOIRE.....	4
3.1. San Pedro.....	4
3.2. Dimbokro.....	6
4. COMPARAISON DES DEUX SYSTEMES.....	8
4.1. Sur le plan sanitaire.....	8
4.2. Sur le plan technique.....	8
4.2.1. La réalisation technique.....	8
4.2.2. Les apports solides et rejets divers.....	9
4.2.3. L'entretien.....	9
4.2.4. Le fonctionnement hydraulique.....	10
4.2.5. Les contraintes vis à vis du site.....	10
4.3. Sur le plan économique.....	11
4.3.1. Comparaison économique en Côte-d'Ivoire.....	11
4.3.1.1. Coûts d'investissement.....	12
4.3.1.2. Coûts d'exploitation.....	14
5. CONCLUSION GENERALE SUR LA COMPARAISON ECONOMIQUE.....	15
5.1. Conclusion sur la comparaison des coûts d'investissement plus entretien selon le B.C.E.T.....	15
5.2. Conclusion selon les données du bureau d'études TECHNOSYNESIS.....	17
6. CONCLUSION.....	20

A N N E X E S.

ANNEXE	I	21
ANNEXE	II	22
ANNEXE	III	23
ANNEXE	IV	24

- 1 - -

P R E F A C E

Lors du 10ème Conseil des Ministres qui s'est tenu à **Bamako**, une étude comparative des réseaux d'assainissement enterrés et à ciel ouvert pour le drainage des eaux de pluie avait été inscrite au programme du CIEH. Suite à une recherche documentaire, nous avons retenu deux rapports intéressants, le premier étant un projet de plan directeur d'assainissement de la ville de Lomé effectué par le bureau d'études Technosynesis ; le second provenant du Bureau Central d'Etudes Techniques (B.C.E.T. Côte-d'Ivoire). Ces deux documents ont été élaborés en 1980. C'est principalement dans ce dernier document que nous avons largement puisé pour rédiger ce rapport, en effet la question a été traitée de façon assez complète par ce bureau ivoirien.

Bien sûr, la spécificité ivoirienne des constatations et des conclusions de ce rapport pourrait restreindre son intérêt, mais en fait, les considérations énoncées ici pour la Côte-d'Ivoire peuvent être largement transposables ailleurs même si des considérations particulières locales peuvent modifier certaines conclusions. Il appartiendra au lecteur d'en apprécier l'importance.

1) - INTRODUCTION

Pour atteindre les objectifs fixés pour cette étude et afin de faire un tour complet du problème, les points suivants seront abordés :

- La critique de la réglementation actuelle
- Une enquête sur le fonctionnement des réseaux existants
- La comparaison entre les 2 types de réseau sur les plans technique, économique et sanitaire.
- Les problèmes posés par l'entretien de ces réseaux
- Et enfin les conclusions.

Ces divers points d'étude ont été abordés par le BCET sur demande du Ministère Ivoirien des Travaux Publics, du Transport et de la Construction. Si le 3ème traite précisément du problème qui nous intéresse, les autres n'en sont pas moins importants pour comprendre la situation qui prévaut actuellement et les problèmes liés au drainage des eaux de pluie. Sont ainsi évoqués tous les éléments nécessaires à la compréhension des conclusions et recommandations faites en fin de rapport.

2) - CRITIQUE DE LA REGLEMENTATION ACTUELLE EN COTE-D'IVOIRE.

D'une façon générale il existe peu ou pas de réglementations officielles en matière d'assainissement dans les pays africains ou alors celles-ci sont inadaptées aux pays concernés. Par exemple, dans le cas de la Côte-d'Ivoire la réglementation actuelle en matière de drainage et d'assainissement a été élaborée dans le cadre des études générales d'assainissement d'Abidjan. Si son application peut être étendue en principe à l'ensemble du territoire, elle ne répond pas toujours aux problèmes d'assainissement des villes de l'intérieur notamment en ce qui concerne les points suivants :

2.1. - Choix des types de réseau.

La réglementation stipulait que "pour le réseau eaux pluviales en système séparatif, il convenait de choisir la solution collecteur enterré, sauf dérogation particulièrement justifiée". En fait, cette réglementation est trop rigide, le choix ne pouvant être fait de façon judicieuse qu'après examen minutieux et appréciation des différents éléments trouvés sur place quartier par quartier et non d'avance de façon définitive.

.../..

2.2. Calcul des débits d'eaux pluviales.

Les seules courbes "intensité - durée - fréquence" valables existant concernant la ville d'Abidjan, les courbes utilisées jusqu'à présent pour les villes de l'intérieur, le sont sur des bases anciennes et peu fiables. De nouvelles courbes utilisant des observations pluviométriques plus nombreuses devraient permettre de remédier à ce problème :

- Par ailleurs la méthode "rationnelle" préconisée pour le calcul des débits en remplacement de la méthode superficielle de CAQUOT, présente des inconvénients, entre autre celui de surestimer les débits de grands bassins versants. Il est à signaler à ce propos qu'une étude comparative des 2 méthodes est en cours pour les mêmes bassins versants, qui permettra d'avoir de meilleurs critères de choix. Par ailleurs, le CIEH mène présentement une étude dont l'objectif est d'arriver à une meilleure définition de l'ensemble des phénomènes de ruissellement urbain.
- Concernant la surface des bassins versants, la réglementation prévoit de faire intervenir un coefficient d'abattement quand le bassin a une superficie supérieure à 100 ha; or on observe une incohérence dans la détermination de ce coefficient à partir de la courbe existante donnant sa variation en fonction de la surface.
- Enfin au sujet de la période de retour retenue pour le calcul des collecteurs qui était de 5 ans, elle a été ramenée à 1 an seulement.

2.3. - Conditions d'établissement et dimensionnement des réseaux.

Les réglementations concernant les vitesses maximum d'écoulement (3m/s pour Abidjan) paraissent sévères si l'on admet ailleurs des vitesses deux fois supérieures, il en résulte une majoration du coût d'investissement des réseaux. Pour déterminer une vitesse maximum plus économique qui n'aura cependant pas d'effet négatif sur la durée de vie des conduites, une étude plus approfondie devra-t-elle être menée .

.../...

Par ailleurs, la réglementation devrait être adaptée au cas particulier des réseaux d'eaux pluviales susceptibles de recevoir des eaux usées ménagères.

Pour ce qui concerne les fossés bétonnés, l'expérience a montré qu'ils doivent respecter certaines dimensions : trop petits, ils risquent de s'obstruer et trop grands, outre l'encombrement qu'ils créent, ils représentent un danger pour les véhicules et pour les piétons.

Une marge raisonnable pourrait être comprise entre 40 cm x 40 cm et 1 m x 1 m.

3) - ENQUETE SUR LE TERRAIN.

Deux enquêtes ont été menées, toujours en Côte-d'Ivoire, dans 2 villes importantes du pays dans le but d'apprécier le fonctionnement des réseaux d'eaux pluviales de ces centres. Il s'agit respectivement de San Pedro et de Dimbokro.

3.1. - San Pedro

San Pedro est situé en bord de mer, la pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 1.800 mm/an. Les quartiers sont situés dans des terrains plats sur d'anciennes zones marécageuses. On y distingue 3 quartiers :

- Quartier Poro : c'est un quartier assez récent à caractère commercial. La collecte des ordures ménagères y est régulière et assez complète. Le réseau d'évacuation des eaux pluviales est composé de canalisations enterrées (2kms 500) et de canaux à ciel ouvert. L'entretien confié à la SODECI* se limite au nettoyage périodique des avaloirs, les canalisations n'étant pas ensablées.

Etat du réseau.

Le réseau qui n'a jamais été curé depuis sa mise en service n'est pas ensablé même si l'on note certains dépôts de sable au droit de grilles avaloirs dans des rues non revêtues. Dans les voies revêtues, les avaloirs qui sont curés tous les mois en moyenne sont modérément ensablés sans que l'écoulement en soit très affecté.

(*) SODECI : Société de Distribution d'Eau de Côte-d'Ivoire.

Quelques branchements clandestins au niveau des avaloirs ont été effectués.

Enfin à l'exutoire du réseau on remarque un ensablement du dernier tronçon mais qui ne remet pas en cause le système d'assainissement.

Finalement les équipements examinés (canalisations, regards, avaloirs) étaient en bon état ; malgré les apports de sable importants provenant de zones non revêtues, il n'ya pas de colmatage excessif.

- Quartier Nittoro : c'est une zone d'habitat résidentiel à haut standing. La collecte des ordures ménagères se fait tous les jours de façon complète. Aucun rejet d'eaux usées ne se fait dans le réseau pluvial constitué par des canaux à ciel ouvert situés de part et d'autre de la chaussée.

Etat du réseau.

L'apport d'un bassin versant extérieur à la zone urbanisée amène beaucoup de sable et engorge régulièrement certains canaux qui doivent être curés plusieurs fois par an, sinon l'évacuation des eaux pluviales est satisfaisante ; les ouvrages ne sont pas déchaussés grâce à l'engazonnement des accotements.

- Quartier Sonouko : c'est une zone d'habitat résidentiel de haut et moyen standing. La collecte des ordures ménagères est régulière et assez complète bien qu'il existe des dépôts d'ordures sur des parcelles non occupées.

Les eaux pluviales sont évacuées par des canaux à ciel ouvert situés de part et d'autre de la chaussée.

.../...

Etat du réseau :

Certains canaux sont obstrués par des ordures ménagères. On note souvent une érosion régulière côté chaussée le long des fossés bétonnés. L'ensablement est de l'ordre de 20 à 30 cm en moyenne et enfin on note aussi un rejet important d'eaux usées dans le réseau pluvial.

Il n'est pas procédé à des curages systématiques.

En conclusion, on peut dire que le drainage du quartier n'est pas satisfaisant, ce système d'assainissement manque d'efficacité et doit faire l'objet d'une surveillance constante, ce mauvais fonctionnement peut être imputé à l'état de la voirie non achevée favorisant l'érosion latérale et ne permettant pas un bon drainage, et au rejet d'eaux usées dans les caniveaux.

3.2. - Dimbokro

Dimbokro située à l'intérieur du pays reçoit en moyenne 1.200 mm de pluie par an. Le bassin versant a une pente régulière de 6 à 7 %.

Le réseau du centre ville a été plus particulièrement étudié. La collecte des ordures ménagères y est effectuée quotidiennement. Le réseau de collecte des eaux pluviales est une combinaison du système enterré et du système superficiel ayant été conçu sur le terrain, au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Il s'en suit certaines anomalies entre autre de surdimensionnement ou de sous dimensionnement au contraire, ayant pour conséquence une mauvaise répartition des débits.

De plus, certains regards fermés par des dalles de béton n'ont pu être ouverts, il en est de même pour certains canaux recouverts de dalles.

Etat du réseau.

Bien que le réseau n'ait jamais été curé depuis sa mise en service (1975) il est dans l'ensemble relativement propre, cependant 20 % du réseau est obstrué et demanderait à être remis en ordre.

.../...

Par ailleurs les avaloirs et regards mal réalisés du point de vue hydraulique contiennent souvent des quantités importantes de sable et de détritrus divers.

Enfin l'entrée dans le réseau enterré d'objets susceptibles de créer des bouchons a pu se produire par l'intermédiaire des fossés à ciel ouvert qui y sont raccordés.

Néanmoins malgré les défauts de construction et le manque d'entretien, le réseau enterré a donné satisfaction ; les caractères propres au quartier (vocation commerciale, érosion maîtrisée grâce à une bonne protection des sols, chaussées et trottoirs revêtus, pentes importantes, faible densité de population) expliquant cette situation.

Conclusions de ces enquêtes.

Il apparaît à la lumière de cette enquête, les enseignements suivants :

- Les canaux à ciel ouvert sont bien fonctionnels dans les quartiers à haut standing mais moins fiables dans les quartiers populaires.
- Le problème d'enlèvement des ordures ménagères est d'une grande importance dans le fonctionnement des réseaux d'évacuation des eaux de pluie.
- L'engazonnement des accotements est une opération très salubre pour la vie des canaux d'évacuation des eaux de pluie car cette opération empêche le déchaussement, par érosion des ouvrages.
- Enfin il confirme l'importance que revêt dans le fonctionnement des ouvrages, l'existence d'une bonne structure de maintenance.

Par ailleurs les canaux à ciel ouvert ont d'avantage, besoin d'entretien bien que celui-ci soit plus simple.

4) - COMPARAISON DES DEUX SYSTEMES.

La comparaison est essentiellement réalisée sur la base des données fournies par le BCET et porte sur les plans sanitaire, technique, et économique.

4.1. - Comparaison sur le plan sanitaire :

Du point de vue sanitaire, même si une estimation chiffrée s'avère difficile, il n'ya pas de doute possible : le réseau enterré est de loin celui qui convient le mieux, les canaux d'évacuation des eaux de pluie étant souvent transformés en égouts surtout pendant la saison sèche, ils sont à l'origine de plusieurs maladies dont les plus fréquentes sont le paludisme et les parasitoses lorsqu'ils véhiculent ces eaux de différentes origines à l'air libre. Donc, du point de vue hygiène publique le réseau enterré s'impose.

4.2. - Comparaison sur le plan technique.

Plusieurs points sont à considérer pour la comparaison sur le plan technique :

- la réalisation technique
- problème des apports solides et rejets divers
- problème de l'entretien
- le fonctionnement hydraulique
- les contraintes vis à vis du site.

4.2.1. - La réalisation technique.

Les travaux d'exécution d'un réseau superficiel sont plus faciles à réaliser que ceux d'un réseau enterré et les moyens à mettre en oeuvre sont aussi plus modestes. De plus, la construction d'un réseau enterré nécessite des ouvrages annexes (regards, avaloirs) et pose des problèmes d'approvisionnement (canalisations et pièces en fonte...).

En fait la réalisation d'un réseau de drainage, qu'il soit superficiel ou enterré, va le plus souvent de pair avec la création de voiries nouvelles ou la réhabilitation de voiries existantes et des entreprises susceptibles de réaliser de tels travaux disposant d'une organisation et de moyens suffisants pour assurer l'exécution d'un réseau enterré.

Il apparait en effet illusoire de mettre en place un réseau de drainage si la voirie définitive n'est pas réalisée. Dans le cas d'un réseau superficiel les caniveaux sont très vite déchaussés et il ne remplissent plus leur rôle ; dans le cas d'un réseau enterré, des bordures sont indispensables pour guider les eaux de ruissellement vers les avaloirs.

On peut donc dire que le problème de la réalisation technique n'est pas en général un élément déterminant dans le choix du type de réseau à mettre en place.

4.2.2. - Les apports solides et rejets divers.

Les collecteurs enterrés offrent des surfaces d'entrée bien plus faibles que les collecteurs superficiels ; les bouches des avaloirs surtout lorsqu'elles sont équipées de grilles arrêtent les détritiques et objets volumineux susceptibles d'obstruer les conduites. Les riverains ne sont plus tentés de déverser leurs ordures dans le réseau comme c'est le cas pour les caniveaux (on peut de plus prévoir le verrouillage des tampons de visite des regards ce qui rend alors impossible l'introduction des ordures par cette voie).

Les collecteurs enterrés, toujours en raison de leur faible ouverture sur le milieu extérieur recueillent beaucoup moins de sable et de produits d'érosion des sols que les caniveaux. Enfin il est beaucoup plus difficile pour les riverains d'y effectuer des branchements clandestins.

Pour l'ensemble de ces raisons les réseaux enterrés offrent plus de sécurité vis à vis des rejets et apports extérieurs et présentent donc de meilleures garanties de bon fonctionnement.

4.2.3. - L'entretien

L'entretien des caniveaux est relativement aisé ; l'accès y est facile et il peut être réalisé par un personnel sans qualification, il ne nécessite pas l'emploi de matériel particulier. Par contre, pour les réseaux enterrés et particulièrement pour les canalisations de faible diamètre, non visitables il est nécessaire de disposer d'engins spécialisés utilisés par un personnel qualifié.

Les apports et rejets étant plus importants dans les réseaux superficiels les équipes d'entretien devront intervenir plus souvent que pour les réseaux enterrés, mais le curage pourra toujours être effectué, une simple équipe de manoeuvres suffira, ce qui n'est pas le cas pour les collecteurs enterrés.

.../...

En conclusion, sur le plan technique le réseau enterré est encore avantageux pour tout agglomération dont la voirie est bien définie. Il comporte cependant un désavantage par rapport au réseau à ciel ouvert en ce qui concerne l'entretien cet unique inconvénient est néanmoins de taille dans nos pays.

Comme dernière remarque, notons que les fossés à ciel ouvert recouverts par des dalles reçoivent nettement moins d'apports solides de toute nature que ceux qui ne le sont pas. Les conditions d'hygiène sont aussi améliorées mais l'expérience montre que la manipulation des dalles, très lourdes, à l'occasion des opérations de curage est souvent difficile. Comme autre inconvénient, ces dalles peuvent se casser enfin elles sont coûteuses et majorent sensiblement le coût des fossés.

4.3. - Comparaison sur le plan économique.

C'est au plan économique précisément que la comparaison est la plus délicate et le choix difficile. Malheureusement tout compte fait, l'aspect économique constitue, surtout dans les pays africains et à l'heure actuelle, le critère principal de choix.

L'aspect économique ne doit pas se limiter au coût d'investissement des ouvrages mais aussi tenir compte des charges futures d'exploitation (curage, réparation). Deux comparaisons faites, l'une en Côte-d'Ivoire que le BCET, et l'autre au Togo par Technosynésis, se présentent comme suit :

4.3.1. - Comparaison économique en Côte-d'Ivoire.

En Côte-d'Ivoire, les éléments de base de la comparaison ont été fournis par les organismes suivants travaillant sur place :

- SETU (Société d'Equipe ment des Terrains Urbains)
- SODECI (Société de Distribution d'Eau de Côte-d'Ivoire).
- ARSO
- Mairies et Préfectures.

La comparaison entre les 2 systèmes, pour qu'elle soit significative, suppose qu'on se place dans les mêmes conditions de fonctionnement. Les principales données de base pour cette comparaison sont les suivantes :

- Dans le cas du réseau superficiel, la voie comporte 2 fossés.

- A section équivalente la longueur d'un réseau superficiel est le double de celle d'un réseau enterré (pour tenir compte de la réduction des sections du niveau des passages sous chaussée). Cette hypothèse est d'ailleurs très critiquable et nous paraît pour le moins exagérée. Il conviendra donc de nuancer la valeur des résultats obtenus. On y reviendra plus loin.
- Pour le réseau superficiel un accotement de 1,5 m est réservé entre le bord de la chaussée et le bord du fossé.
- Enfin on admet que la distance moyenne entre 2 avaloirs sera de 35 m pour le réseau enterré.

Le tableau suivant donne les diamètres des canalisations retenus pour effectuer les comparaisons de coût ainsi que les dimensions de fossés en béton ayant le même pouvoir évacuateur.

Diamètre canalisation (cm)	Débit à pleine section pente 1 % (l/s)	Fossés équivalents	
		Nombre	Section l x H cm
40	210	2	40/40
50	379	2	50/50
60	613	2	50/60
80	1309	2	60/75
100	2355	2	80/80
120	3803	2	100/90

4.3.1.1. - Coûts d'investissement :

- pour le réseau superficiel :

Les travaux et fournitures nécessaires à la réalisation d'un fossé en béton comprennent :

- le terrassement
- le béton de propreté
- le béton pour le corps de l'ouvrage
- le coffrage
- le ferrillage
- l'évacuation des déblais en excédent.

On obtient alors comme coût au mètre linéaire en francs CFA.

Section l x h cm	Fossé béton	Plus-value pour dalot	Accotement 1,50 m2	Total (arrondi)	Total arrondi (x 1,5)
40/40	21 500	430	3 996	26 000	39 000
50/50	30 500	670	"	35 200	52 800
50/60	34 500	660	"	39 200	58 800
60/75	42 700	730	"	47 500	71 250
80/80	48 800	890	"	53 700	80 550
100/90	61 100	1 250	"	66 400	99 600

- pour le réseau enterré

les travaux à effectuer sont :

- le terrassement
- la fourniture et la pose des canalisations
- l'évacuation des déblais
- la pose des ouvrages annexes.

Les coûts au mètre linéaire sont les suivants : en francs CFA.

ø mm	Coût canalisation	Coût ouvrages annexes				Total (arrondi) m.l
		Regard avaloir	Avaloir	Branch. avaloir	Bordure et caniveau	
400	24 700	5 691	3 861	4 301	11 000	49 600
500	27 600	5 891	"	"	"	52 700
600	35 600	6 091	"	"	"	60 900
800	54 800	6 492	"	"	"	80 500
1 000	79 600	6 892	"	"	"	105 700
1 200	113 500	7 007	"	"	"	139 700

.../...

Conclusion sur la comparaison des coûts d'investissement.

Avec les hypothèses de base ci-dessus énoncées il ressort que le réseau enterré est moins cher à la réalisation que le réseau à ciel ouvert jusqu'à des diamètres de l'ordre de 1m, au delà, le canal devient moins cher. (Voir fig. en annexe).

4.3.1.2. - Coûts d'exploitation.

Ceux ci comprennent essentiellement les frais de curage périodique.

- réseau superficiel :

L'entretien de ce type de réseau est généralement assuré par le service technique de la ville. Il ne présente aucune difficulté puisqu'il suffit seulement de disposer de main d'oeuvre en quantité suffisante. La solution généralement la plus avantageuse consiste à employer du personnel temporaire pendant la durée des travaux de curage, elle sera préférée à l'emploi de personnel permanent.

Si l'on retient les hypothèses suivantes (cas de Dimbokro) pour établir le prix de revient du curage d'un mètre linéaire de fossé, à savoir :

- rendement horaire d'un manoeuvre pour le curage = 0,6 m³
- rendement horaire d'un manoeuvre pour le chargement = 0,5 m³.
- coût mensuel d'un manoeuvre = 48 000 F CFA soit 1.600 F/jour.
- coût mensuel de l'agent voyer = 100.000 F CFA soit 3333 F/jour
- chargement possible du camion (Renault type SG 4 70 CV) = 3,5 m³.
de matériaux.
- coût de fonctionnement journalier du camion = 8 700 F CFA/jour.

On obtient pour une équipe composée de 6 manoeuvres et en tenant compte du nettoyage des dallots, un montant total d'environ 90 F le mètre linéaire soit pour 2 curages annuel : 180F/m linéaire/an.

- réseau enterré :

La solution la plus satisfaisante pour entretenir ce type de réseau consiste à en confier l'exploitation à une société spécialisée mais en laissant à la ville la responsabilité de l'entretien de tous les avaloirs.

La totalité du réseau est curé en moyenne 1 fois tous les 3 ans ; les avaloirs sont curés en moyenne 10 fois par an.

Le coût d'entretien d'un tel réseau est résumé dans le tableau suivant (dépenses en F CFA par mètre linéaire).

Ø (cm)	Dépenses fréquence 3 ans			Dépenses annuelles (en FCFA)			
	Canalisation	Branchement avaloir	Total	Avaloir	Regard avaloir	Total	Total général
40	1550	190	1740	62	62	124	704
50	1550	190	1740	62	62	124	704
60	1550	190	1740	62	62	124	704
80	3230	190	3420	62	62	124	1264
100	4780	190	4970	62	62	124	1880
120	10330	190	10520	62	62	124	3730

5/ - Conclusion générale de la comparaison économique.

Pour les calculs d'actualisation des charges d'entretien, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- taux d'actualisation 12 %
- durée d'utilisation des ouvrages : 35 ans pour chacun des 2 réseaux.

Les coûts obtenus sont répertoriés dans le tableau suivant :

Réseau enterré		Réseau à ciel ouvert		
Diamètre cm	Coût d'invest. frais d'entretien (arrondi)	Fossé béton équivalents l x h cm	Coût d'invest. frais d'entretien actualisés x 2	Coût d'invest. frais d'entretien actualisés x 1,5
40	55 000	2 x 40/40	55 000	41.250
50	58 000	2 x 50/50	74 000	55.500
60	66 000	2 x 50/60	82 000	61.500
80	90 000	2 x 60/75	98 000	73.500
100	119 000	2 x 80/80	111 000	83.250
120	166 000	2 x 100/90	136.000	102.000

5.1./ - Conclusion sur la comparaison des coûts d'investissement plus entretien selon BCET.

L'examen des courbes (fig. 1 et 2) permet de faire quelques remarques intéressantes :

- tout d'abord, dans des conditions normales de travail le réseau enterré s'avère moins coûteux que le réseau superficiel ceci jusqu'au diamètre de 800 mm inclus.

- au delà, jusqu'au ϕ 1000 inclus, la différence de coût entre les deux systèmes diminue mais reste encore en faveur du réseau enterré,
- si le réseau enterré comporte des canalisations de 1200 mm des coûts sensiblement équivalents sont à prévoir pour les deux systèmes.
- enfin, et ceci est très important, la prise en compte des frais actualisés d'entretien ne modifie pratiquement pas les conclusions ci-dessus.

* - Remarques sur la conclusion de la comparaison économique du BCET.

Il convient de remarquer à propos des conclusions précédentes que la majoration de 100 % de la longueur du réseau à ciel ouvert pour tenir compte du rétrécissement de section aux niveaux des passages sous chaussées constitue la causa essentielle des résultats ci-dessus. En effet si au lieu de majorer de 100 % on prenait 50 %, les canaux, ainsi que le montre la figure en annexe, restent alors toujours plus économiques.

En fait s'il est vrai que le franchissement des chaussées entraîne un rétrécissement de section, les conséquences de ce rétrécissement du point de vue hydraulique, sont peu importantes. Il introduit une perte de charges singulière dont l'impact peut être absorbé du moins en partie par le fait que le canal est toujours légèrement surdimensionné.

A titre d'exemple, évaluons l'action d'un rétrécissement de section, de moitié, sur un canal de dimensions 40/40 cm en supposant un franchissement tous les 100 mètres.

La perte de charges linéaire sur le canal selon Manning Strickler est :

$$H_l = \frac{Q^2}{K^2 S^2 R^{4/3}} L$$

S : Section du canal = 0,16 m²

R : Rayon hydraulique = 0,13 m

K : Coefficient de rugosité = 50

$$H_l = 24 Q^2$$

tandis que la perte de charge singulière est :

$$H_s = \frac{0.5 Q^2}{2g S'^2}$$

.../...

$$\text{avec } S' = \frac{S}{2}$$

$$= \Delta H_s = 4 Q^2$$

d'où une perte de charge totale $H_T = 28 Q^2$

ce qui signifie que la présence de ce rétrécissement entraîne donc un accroissement d'environ 16 % des pertes de charge.

Cet accroissement peut être réduit de façon appréciable par des aménagements adéquats au niveau des passages sans oublier l'effet du surdimensionnement signalé plus haut.

Certes, ces aménagements peuvent entraîner de légères majorations du coût des ouvrages à ces niveaux.

Compte tenu de tout ce qui précède, il s'avère que ce problème de rétrécissement de section des canaux s'il entraîne une certaine majoration, celle-ci ne serait pas d'une très grande importance ; or en admettant une majoration de 50% ce qui est déjà très pénalisant, la conclusion sur la comparaison économique est absolument différente comme l'exprime les courbes ci-après en annexe.

5.2. - Comparaison selon les données du bureau d'étude TECHNOSYNESIS.

Le bureau d'étude TECHNOSYNESIS qui travaillait sur le plan directeur d'assainissement de Lomé a également fait une comparaison des coûts d'investissement du réseau enterré et ceux des canaux.

Pour cette comparaison, les hypothèses étaient les suivantes :

- un regard de visite est prévu tous les 50 m pour les collecteurs enterrés.
- une couverture de 20 % de la longueur des rigoles à ciel ouvert est prévu pour accès et traversées.
- un accotement en béton d'un mètre de long et 20 cm d'épaisseur sur toute la longueur des rigoles est aussi prévu.

Moyennant ces hypothèses les résultats de l'analyse se présentent comme suit :

.../...

- Collecteurs enterrés à section circulaire.

<u>Diamètre (en cm)</u>	<u>Coût (en F CFA)</u>
40	45.000
50	55.000
60	70.000
80	90.000
100	120.000
120	151.000
150	180.000
160	230.000

• Rigoles entièrement couvertes

<u>a x h (en cm)</u>	<u>Coût non majoré</u> <u>(en F CFA)</u>	<u>Coût majoré</u> <u>de 50 % (en FCFA)</u>
40 x 50	32.000	48.000
50 x 50	36.100	54.150
50 x 60	40.200	60.300
60 x 70	47.000	70.500
70 x 80	52.900	79.350
80 x 80	56.250	84.375
80 x 90	59.600	89.400
90 x 100	78.800	118.200
100 x 120	91.000	136.500
120 x 140	107.400	161.100
130 x 150	109.200	163.800
140 x 160	112.200	168.300
160 x 200	138.000	207.000

- Rigoles à ciel ouvert

<u>a x h</u> <u>(en cm)</u>	<u>Coût non majoré</u> <u>(en FCFA)</u>	<u>Coût majoré</u> <u>de 50 % (en FCFA)</u>
40 x 50	25.300	37.950
50 x 50	28.700	43.050
50 x 60	32.100	48.150
60 x 70	38.600	57.900
70 x 80	44.500	66.750
80 x 80	48.800	73.200

80 x 90	53.100	79.650
90 x 100	66.000	99.000
100 x 120	74.500	111.750
120 x 140	89.700	134.550
130 x 150	102.000	153.000
140 x 160	110.000	165.000
160 x 200	145.000	217.500

On remarque en tout premier lieu d'après ce tableau qu'en comparaison avec les données relevées en Côte-d'Ivoire, le réseau à ciel ouvert coûte approximativement la même chose à Abidjan et à Lomé. Par contre le réseau enterré coûte plus cher à Lomé qu'à Abidjan.

Par ailleurs, en comparant les trois types de réseau entre eux, on s'aperçoit rapidement qu'en considérant les coûts d'investissement, le réseau enterré coûte toujours plus cher, puis viennent ceux de canaux couverts et enfin ceux de canaux à ciel ouvert.

Cependant, comme nous l'avons déjà souligné à propos de l'étude BCET, le passage sous chaussées des canaux appelle une certaine majoration. Pour être conforme à ce qui précède, nous ferons les comparaisons en majorant, de 50% le coût des canaux. Les courbes ci annexées font le point de la situation (cf annexe).

On en déduit que dans ces conditions, les coûts d'investissement restent nettement plus chers pour le réseau enterré que pour les canaux.

.../...

5) - CONCLUSION.

A la lumière de ces études, on s'aperçoit que l'on ne peut attendre d'une telle comparaison une recette définitive. Les critères de choix sont divers et malheureusement parfois de sens opposés, d'autre part les résultats de la comparaison sur le plan économique sont fonction des hypothèses de base comme nous l'avons vu. Tout cela montre la difficulté du projeteur confronté au problème du choix de type de réseau. Néanmoins, cette étude éclaire le problème en relevant les avantages et les inconvénients de chacun des systèmes à divers points de vue.

A ce propos, le tableau suivant en annexe, proposé par le BCET donne une approche du choix d'un type de réseau. Par ailleurs, les remarques et conclusions générales suivantes peuvent servir de guide pour la conception des réseaux d'évacuation des eaux de pluie dans nos pays.

- les travaux de drainage dans une agglomération sont liés à l'état des rues et à l'amélioration de la collecte des ordures ménagères.
- les caniveaux à ciel ouvert donnent satisfaction dans des quartiers peu denses et de bon standing.
- les canalisations enterrées semblent être mieux adaptées pour les quartiers à vocation commerciale et ceux de bas et moyen standing. Elles reviennent malheureusement plus chères aussi bien en investissement qu'en fonctionnement.
- les caniveaux recouverts de dalles en béton devraient constituer un compromis heureux mais les dalles sont difficiles à manipuler. Des expériences acquises par les uns et les autres dans la manipulation de ces dalles peuvent être d'un grand intérêt pour réduire les difficultés signalées.

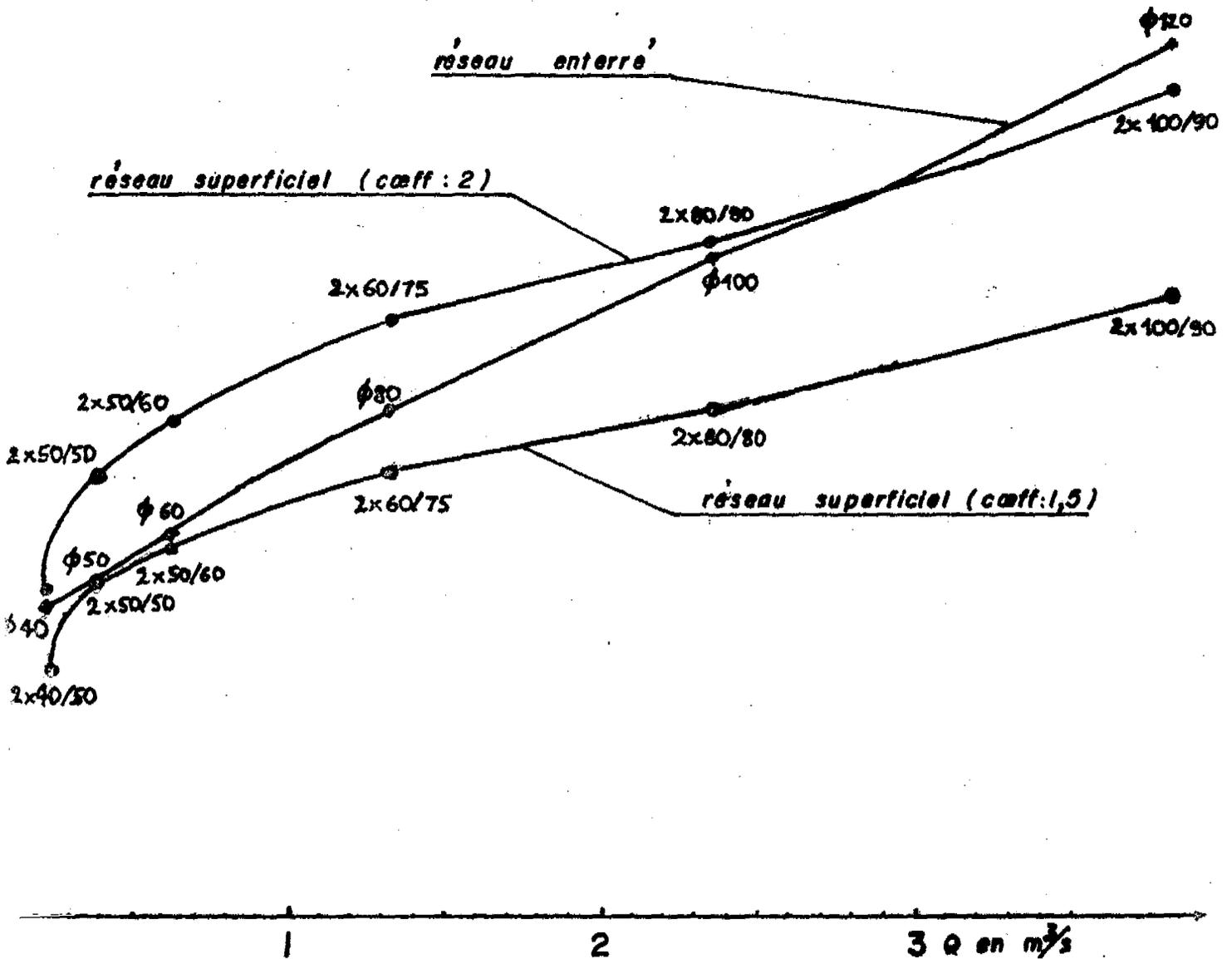
La solution la plus judicieuse ne pourra être retenue qu'après examen et appréciation des différentes données et conditions trouvées sur place. L'utilisateur appréciera les résultats de ce rapport en fonction des hypothèses qu'il se donnera ou qui seront présentes sur le terrain.

ANNEXES

ANNEXE I

COÛTS D'INVESTISSEMENT COMPARES

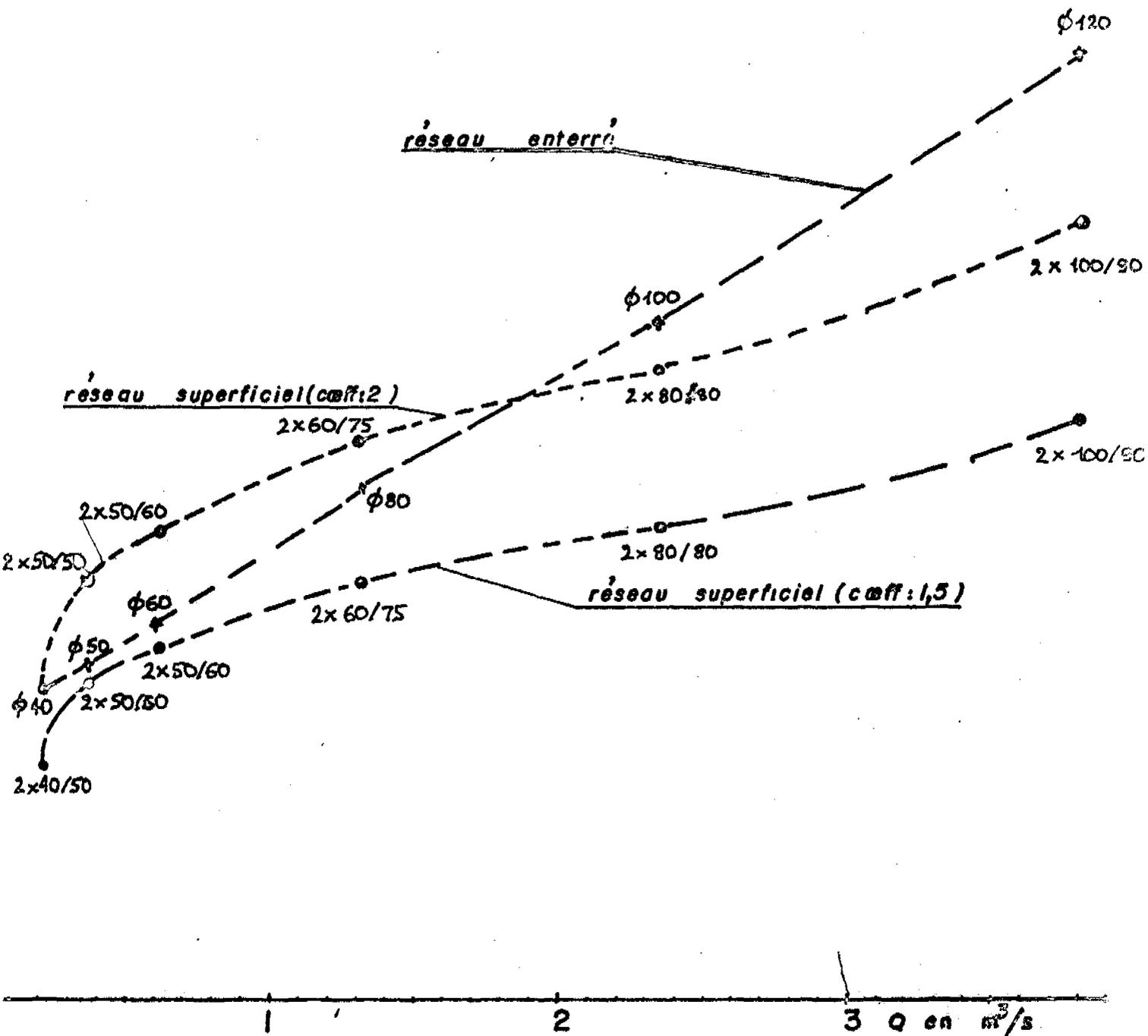
(Abidjan)



ANNEXE II

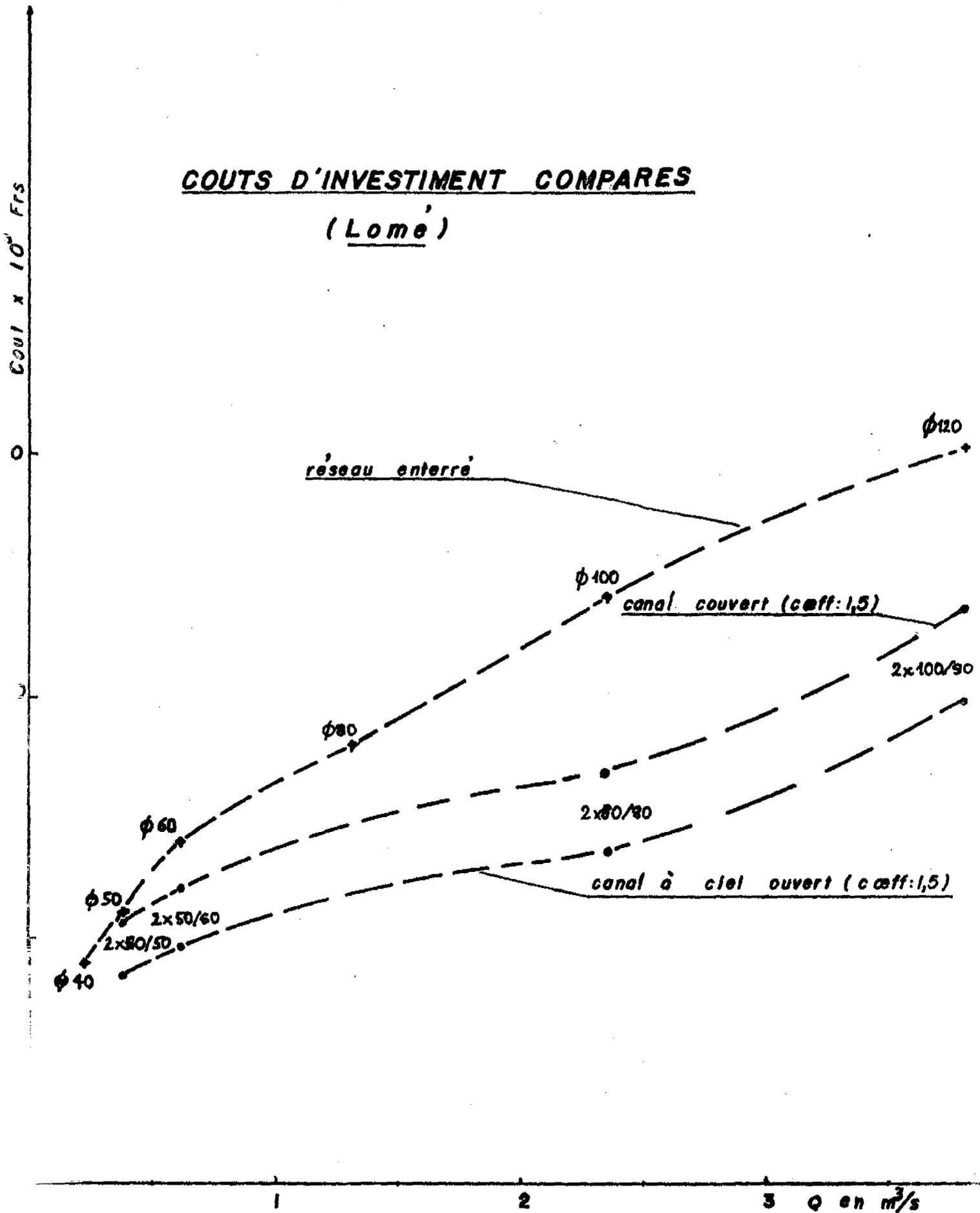
COÛTS D'INVESTISSEMENT ET ENTRETIEN ACTUALISÉS

(Abidjan)



ANNEXE III

COÛTS D'INVESTIMENT COMPARES
(Lomé)



ANNEXE

APPROCHE DU CHOIX D'UN TYPE DE RESEAU.

CRITERES DE CHOIX		Réseau enterré	Fossés en béton	Fossés en terre
Contraintes vis à vis de l'érosion	- Chaussées non revêtues			
	- pente forte (vitesse de l'eau > 1,5m/s) (1)	-	-	-
	- pente faible (vitesse de l'eau < 1,5m/s)	-	-	0
	- Chaussées revêtues	(2)	(3)	
	- pente forte (vitesse de l'eau > 1,5m/s)	0	0	-
	- pente faible (vitesse de l'eau < 1,5m/s)	(2)	(3)	
Standing et fonction des quartiers	- Apport de matériaux solides d'un bassin versant extérieur	0	0	-
	- vitesse dans le réseau forte (v > 1,5m/s)	0	0	-
	- vitesse dans le réseau faible (v < 1,5m/s)	-	0	0
Situation du quartier	- Quartiers résidentiels	0	0	0
	- Quartiers de moyen à bas standing ou à vocation commerciale	+	-	-
	- Quartiers en cours d'urbanisation (vocation non définie)	-	-	0
	- Quartiers situés à l'amont de zones urbanisées équipées d'un réseau de drainage - enterré	+	0	0
Aspect sanitaire entretien	- à ciel ouvert	0	0	0
	- Quartiers situés à l'aval de zones urbanisées équipées d'un réseau de drainage - enterré	0	0	0
	- à ciel ouvert	0	+	+
	- Apport important d'eaux provenant d'un bassin versant extérieur	-	0	0
	- Rejet d'eaux usées dans le réseau pluvial	+	-	-
Sanitaire	- Collecte des ordures ménagères incomplète (4)	0	-	-
	- Vitesses relativement fortes (v > 1,60m/s à pleine section)	+	+	-
	- Vitesses faibles (v < 1,60m/s à pleine section)			
Entretien	- réseau étendu	+	+	-
	- petit réseau	-	+	0

Système recommandé	+
Système possible	0
Système déconseillé	-

- (1) Aucune solution n'est satisfaisante ; seule solution réalisable : fossé en terre.
- (2) La voirie est équipée de bordures de trottoirs et d'avaloirs.
- (3) Les accotements sont stabilisés.
- (4) Quel que soit le système de drainage adopté on essayera d'améliorer la collecte des ordures ménagères.

Un compromis est à trouver entre les différents facteurs, qui peuvent parfois conduire à des conclusions contradictoires.