COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

C.I.E.H.

SEMINAIRE INTERNATIONAL SUR L'ASSAINISSEMENT URBAIN EN AFRIQUE DE L'OUEST ET DU CENTRE

NIAMEY - 20-25 MAI 1985

COMMUNICATIONS

OUAGADOUGOU, JUIN 1985

SOMMAIRE

Pages

1ère Partie : CONCEPTION DE L'ASSAINISSEMENT URBAIN

CONTEXTE DE L'ASSAINISSEMENT URBAIN /

1. Contraintes et finalités de l'assainissement urbain dans les Etats Membres du CIEH — 1
J.P. LAHAYE

2. Eau potable et assainissement dans les grandes villes des pays en voie de développement — 7
J.M. TETART

3. Problématique du drainage et de l'assainissement en milieu urbain au Cameroun — 28
J.P. ELONG-MBASSI

4. Assainissement urbain au Niger : Contexte, état actuel et perspectives — 54
A. KALLA

5. Assainissement urbain au Sénégal — 62
M.A. BA

6. Expérience mauritanienne en matière d'assainissement — 71
CHEIBANY OULD MOHAMED LEMINZ

7. L'assainissement urbain à Nouakchott — 74
J.M. JOANNAN

8. L'assainissement urbain au Togo — 85
A. SINGO et A. MARFA

ASPECTS TECHNIQUES /

9. Conception générale de l'assainissement urbain dans le contexte africain - Aspects techniques — 108
BCEOM

10. Drainage urbain au Sahel — 109

10.1. Rétention des eaux pluviales
R. HERZ

10.2. Aménagement de la voirie et évacuation des eaux pluviales
G. HEBERLING

10.3. Systèmes alternatifs de drainage des eaux
M. MAIKIBI

11. Approche de solution pour la disposition des matières fécales dans les zones défavorisées des villes africaines — 151
D. HOUETO

12. Expérimentation de systèmes d'assainissement autonomes en Côte-d'Ivoire — 154
G. KOPIEU

13. Epuration par le sol - Une nouvelle approche de l'assainissement 165
J.C. ANDREINI

14. Etude comparative des reseaux enterrés et à ciel ouvert pour l'évacuation des eaux de pluie 173
K.L. ATIVON et B. TESSIER

ASPECTS INSTITUTIONNELS ET FINANCIERS /

15. Conception générale de l'assainissement urbain dans le contexte africain. Aspects institutionnels et financiers
CIEH/BETURE 174

16. Le Fonds National d'Assainissement en Côte-d'Ivoire 181
G. KOPIEU

17. Le Fonds de l'Eau et de l'Assainissement au Burkina Faso 189
D. FOFANA

18. Le Fonds National de l'Eau au Mali 197
O. TRAORE

ENTRETIEN DES OUVRAGES /

19. Etude de l'Entretien des Ouvrages 202
CIEH/BETURE

20. Problèmes d'entretien en assainissement urbain 215
M.D. CAMARA

FORMATION - PROGRAMMES REGIONAUX /

21. Activités du CEFIGRE dans le secteur de l'assainissement 228
F. PELISSIER

22. Le projet interrégional du PNUD sur l'assainissement à bon marché 231
B. WOLDE GABRIEL

23. Le Plan Urbain et la recherche urbaine dans les pays en développement 236
J.M. TETART / C. CURE

2ème Partie : DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE DRAINAGE

METHODES DE DIMENSIONNEMENT /

24. Modélisation du ruissellement pluvial 243
M. DESBORDES

25. Quelques références sur le ruissellement urbain en Afrique 273
C. PUECH / J.P. LAHAYE

26. Présentation de l'instruction technique provisoire relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations 274
B. SROHOROU

PROGRAMME DE COLLECTE D'INFORMATION /

27. Information sur le projet de mesures pluviométriques et débimétriques sur le site urbain de Yaoundé (Cameroun) 284
N. BEMMO.

1ERE PARTIE

CONCEPTION DE L'ASSAINISSEMENT URBAIN

Contexte de l'Assainissement Urbain

CONTRAINTES ET FINALITES DE L'ASSAINISSEMENT URBAIN DANS LES ETATS MEMBRES DU CIEH

par

Jean-Pierre LAHAYE (*)

-=o=-

Au cours des deux dernières réunions du Conseil des Ministres du CIEH (Yaoundé, février 1982 et février 1984), les questions liées à l'assainissement urbain ont fait l'objet de larges débats qui ont montré combien les techniciens des Etats se trouvent démunis aujourd'hui lors de la mise en oeuvre d'opérations d'assainissement. Les conclusions de ces débats ont fait ressortir la nécessité d'une réflexion préalable sur les conditions d'une maîtrise de ce secteur et un programme d'études générales a été arrêté afin d'en fournir les éléments.

1. BREVE ANALYSE DU CONTEXTE

1.1. La situation

Le premier constat concernant l'assainissement hydraulique des zones urbaines des Etats Membres du CIEH est en général très négatif. On constate en effet :

- Des réalisations incomplètes, inefficaces, en mauvais état :

  + sur le plan du drainage des eaux pluviales :

    . les réalisations intéressent les zones urbaines denses et lotiés délaissant les quartiers périphériques et les zones d'habitat traditionnel,

    . les ouvrages réalisés ont une efficacité réduite du fait d'erreurs de conception, d'inadapta- à des conditions de fonctionnement difficiles et surtout de l'absence d'entretien ;

  + sur le plan des eaux usées :

    . la règle quasi générale est l'assainissement individuel, dans une faible proportion par des systèmes élaborés (fosses septiques ...), plus largement par des systèmes plus rudimentaires ; enfin une grande partie de la population ne dispose d'aucun système d'élimination des eaux usées,

    . il existe peu de réseaux séparatifs d'eaux usées, les plus anciens étant souvent hors d'état,

    . le fonctionnement de ces ouvrages est très souvent déficient et ceux-ci sont fréquemment abandonnés par manque d'entretien ou du fait des nuisances qu'ils causent.

(*) Adjoint au Chef du Service Technique (CIEH)

- Une conception mal adaptée aux conditions locales :

La conception des ouvrages d'assainissement n'a que rarement fait l'objet de réflexions originales et particulières au contexte local, que ce soit pour les systèmes simples mis en oeuvre par les populations ou pour les technologies plus lourdes réalisées par l'administration suivant les méthodes occidentales.

1.2. Les contraintes

- liées à l'urbanisme :
  - urbanisation en général très mal maîtrisée : évolution incontrôlée de l'occupation des sols et de l'espace ;
  - urbanisation extensive induisant des contraintes techniques et financières ;
  - habitat peu favorable.
- socio-économiques :
  - faible sensibilisation des populations aux questions liées à l'assainissement ;
  - manque d'intérêt de celles-ci pour les équipements publics ;
  - faible niveau de revenus ;
  - habitudes socio-culturelles : modes d'approvisionnement en eau et structures de la consommation très divers, rejet anarchique des déchets.
- physiques :
  - fragilité et érosion des sols, pluviométrie, topographie peu favorable ...
- institutionnelles :
  - mauvaise organisation du secteur ;
  - absence ou faiblesse de la règlementation (en particulier législation foncière) ;
  - déficience des structures de gestion et d'entretien.
- financières :
  - moyens financiers réduits ;
  - investissement élevé, induisant peu de réalisations ;
  - coût de fonctionnement élevé dont découle l'abandon des ouvrages ;
  - absence de structures d'auto-financement.
- humaines :
  - personnel qualifié insuffisant.
- politiques :
  - faible sensibilisation des décideurs, faible impact économique apparent du secteur ...

1.3. Les finalités des opérations d'assainissement

- sanitaire :
  - c'est la finalité principale ;
  - mais l'assainissement suffira-t-il à atteindre cet objectif ? d'autres mesures sont nécessaires : eau potable, éducation sanitaire, campagnes de vaccination, élimination des déchets urbains, mesures règlementaires ...
- lutte contre les nuisances physiques. Cette finalité recouvre trois aspects d'importance décroissante :
  - protection physique des personnes ;
  - protection physique des biens ;
  - confort des populations : ce troisième aspect est à l'origine du coût élevé des aménagements.

Remarque : l'assainissement est souvent rendu nécessaire pour corriger les erreurs d'une urbanisation mal conçue ou incontrôlée, créant des nuisances physiques.

- protection de l'environnement :
  - l'environnement est très sensible dans les pays en développement ;
  - mais sa protection est très coûteuse et doit être étudiée : est-ce nécessaire (l'épuration n'est pas une fin en soi) ? si oui, à quel niveau ? Le système d'assainissement est-il adapté à cet objectif ?
- économique :
  - protection des biens publics ou privés ;
  - mise en valeur du patrimoine urbain.

Les finalités de l'assainissement n'ont pas fait l'objet de réflexion particulière dans les Etats Membres du CIEH, et on peut dire que les réalisations actuelles résultent essentiellement d'un souci de confort physique. La finalité sanitaire, si elle est toujours déclarée lors de la mise en oeuvre des opérations, n'est en fait jamais explicitée et ne se traduit pas par des mesures concrètes et cohérentes.

1.4. Discussion

De l'examen précédent résultent les constatations suivantes :

1) Les contraintes et finalités de l'assainissement sont très différentes dans les pays en développement de celles dans les pays développés. La mise en oeuvre des opérations doit faire ainsi l'objet d'une réflexion originale.

2) Certaines contraintes paraissent pouvoir être levées par des actions appropriées : sensibilisation des populations, organisation institutionnelle et mise en place d'une réglementation, formation ... Toutefois, le contenu pratique de telles actions reste à définir ainsi que leur cohérence avec l'ensemble des programmes.

3) Mais une grande part des contraintes sont certainement irréductibles, au moins à court terme : c'est le cas des contraintes liées à l'urbanisme, des contraintes physiques et financières ainsi que de certaines contraintes socioéconomiques. Ces contraintes devront être contournées par l'utilisation de solutions techniques nouvelles, accompagnées d'un ensemble de mesures sur les plans institutionnel, règlementaire et financier. Ici encore, ces solutions sont aujourd'hui mal appréhendées et une analyse préalable est nécessaire.

4) La conception technique n'est pas seule en cause. Les institutions également sont aujourd'hui mal adaptées aux problèmes à résoudre : recouvrement ou dispersion des attributions, absence de moyens humains, matériels et règlementaires. L'organisation du secteur apparaît ainsi également comme un préalable à son développement.

5) Enfin, on constate un décalage entre le discours et les faits : le secteur est-il réellement prioritaire alors que peu d'efforts sont accomplis par les pouvoirs publics tant pour son organisation qu'au niveau des réalisations ? Ce sont ici les finalités de l'assainissement urbain et sa place dans l'économie nationale qui doivent être étudiées.

Il apparaît ainsi que les divers aspects de la mise en oeuvre des opérations d'assainissement, depuis la planification jusqu'au fonctionnement doivent faire l'objet d'une réflexion : quelles sont les solutions techniques adaptées mais aussi quelles doivent être les mesures d'accompagnement, que ce soient des actions auprès de la population ou au niveau des pouvoirs publics. Ainsi, par exemple, une telle analyse ne devra pas exclure a priori les solutions classiques de type réseau dont une grande partie des zones urbaines futures seront sans doute justiciables, mais plutôt les aménager pour les rendre compatibles avec les contraintes rencontrées, par des mesures d'ordre technique, conceptuelles, règlementaires, etc...

2. PROGRAMME DU CIEH

2.1. Objectifs

Les échecs passés et les retards accumulés s'expliquent par les observations précédentes : inadaptation ou mauvaise maîtrise sur le plan technique, méconnaissance du secteur, organisation inadéquate. Bien que ces remarques aient été souvent formulées et présentent peu d'originalité, des solutions nouvelles n'ont encore rarement été recherchées par manque de sensibilisation des décideurs et des maîtres d'ouvrage.

Ainsi les résultats du programme entrepris par le CIEH devront s'adresser en priorité aux décideurs afin de leur fournir les éléments d'une planification et d'une conception cohérente des opérations d'assainissement urbain.

2.2. Volets du programme

Le programme comprend l'étude de quatre aspects principaux :

- technique
- institutionnel
- économique
- socio-culturel.

En outre, une étude supplémentaire, dont l'importance est apparue à la suite des premières observations effectuées lors de l'analyse de l'aspect technique, a été inscrite :

- Etude de l'entretien des ouvrages.

L'objet de ces différents volets est le suivant :

Volet technique : Une étude s'adressant essentiellement aux maîtres d'ouvrage a été réalisée par le CIEH sur cet aspect. Elle débouche sur un certain nombre de remises en cause des pratiques usuelles et sur la mise au point de règles de conception nouvelles en montrant la diversité des solutions. Outre ces conclusions générales, l'étude effectue le recensement des normes, règles, procédés et techniques qui peuvent être considérés comme suffisamment maîtrisés et propose des thèmes d'étude et de recherche sur les aspects insuffisamment connus. Les différents thèmes devraient constituer un programme de référence pour les Etats Membres, dont le CIEH assurera la promotion, et qui à terme devrait fournir l'ensemble des informations techniques nécessaires à l'élaboration des projets.

Volet institutionnel : Sur cet aspect, une étude a été réalisée, afin d'analyser d'une part les structures nécessaires aux différents stades de mise en oeuvre des programmes et des projets (planification, maîtrise d'ouvrage, conception, réalisation, fonctionnement et entretien) ainsi que leurs relations, d'autre part les principes d'une législation et d'une règlementation en relation avec les autres secteurs (alimentation en eau, santé, urbanisme), enfin les structures de financement (investissement et surtout fonctionnement et entretien).

Volet économique : Afin de compléter l'analyse effectuée au volet technique il sera nécessaire d'étudier les solutions alternatives aux deux niveaux macroéconomique (implication des programmes pour l'économie nationale, rentabilité socioéconomique des investissements permettant de situer les priorités) et microéconomique (découpage des projets en phases successives, comparaison des différentes solutions techniques et des ouvrages ...).

Volet socio-culturel : Une des raisons d'échec des programmes passés est certainement la méconnaissance du milieu socio-culturel, de ses besoins et préoccupations. Les modes d'analyse de ces questions sont eux-mêmes aujourd'hui mal appréhendés. Il conviendrait ainsi d'entreprendre une étude de ces aspects qui pourrait avoir deux objectifs :

- Définition des informations d'ordre socio-culturel nécessaires à l'élaboration des projets et élaboration d'une méthodologie d'acquisition de ces informations. Dans un stade ultérieur il pourrait être envisagé de mettre en oeuvre cette méthodologie dans le cadre des différents programmes nationaux afin d'obtenir pour ceux-ci des informations concrètes.

- Analyse des conditions d'insertion des systèmes d'assainissement urbain dans le milieu socio-culturel. Cet aspect recouvrirait les questions de formation - information des populations, la question de leur participation à la réalisation et au fonctionnement des ouvrages, mais également celle de leurs devoirs et obligations.

Etude de l'entretien. Cette étude à caractère horizontal recouvre les différents aspects technique, institutionnel, financier et économique. Son objet est de mettre en évidence l'ensemble des mesures qu'il sera nécessaire de mettre en oeuvre dès la conception d'une opération d'assainissement afin d'assurer la pérennité des réalisations.

3/ CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'analyse du contexte local et la confrontation des expériences en assainissement urbain en Afrique montrent que ce secteur est mal maîtrisé aujourd'hui. Au premier abord, ce constat met en cause les technologies, mais c'est en fait tout l'environnement des projets et leur mise en oeuvre qui méritent une réflexion approfondie : insertion de la technologie dans le contexte local, organisation institutionnelle et financière, milieu socioculturel et finalités de l'assainissement urbain en Afrique nécessitent une approche nouvelle.

Le programme d'études entrepris par le CIEH a débuté cette réflexion en publiant quatre rapports sur le thème "Conception générale des systèmes d'assainissement urbain dans le contexte africain" :

- Aspects techniques (juillet 1984) ;
- Aspects institutionnels et financiers (avril 1985) ;
- Entretien des ouvrages (avril 1985) ;
- Rapports de mission (avril 1985).

Ces rapports présentent des premières recommandations et insistent sur la nécessité de poursuivre un programme d'études et d'expérimentations. Complétées par les échanges issus de l'expérience des participants au présent Séminaire, ces propositions devront permettre de définir une plateforme régionale de travaux visant à terme une meilleure maîtrise du secteur.

"EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT DANS LES GRANDES VILLES DES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT"

par

Jean Marie TETART (*)

-=o=-

INTRODUCTION

Les villes des pays en voie de développement connaissent pour la plupart une progression démographique impressionnante : une illustration purement algébrique peut en situer l'incidence. Une ville de 1.000.000 d'habitants qui connaît un taux de croissance démographique (natalité + immigration) de 10 % accroît sa population de 464.000 habitants en quatre ans soit environ 50.000 familles, de 311.000 habitants soit 34.000 familles si le taux de croissance n'est que de 7 % (**).

En termes de production de logements et donc développement de services urbains il est alors théoriquement nécessaire de livrer 250 logements par semaine dans le premier cas, 165 dans le second.

Ces chiffres donnent la taille du défi à relever. Le défi posé par le nombre de logements à réaliser : nous n'approfondirons pas ce point, il suffira de montrer que la France réalise chaque année 3 à 400.000 logements environ. Réaliser des logements n'a cependant aucun sens si ne peut être assuré le minimum de services urbains que requiert la vie sociale d'une population aussi dense ... Traduire simplement en termes d'infrastructures (eau, assainissement, déchets, voieries, ...), le coût des services urbains dépasse largement la capacité financière d'intervention des PED (***), d'autant qu'il y a un retard initial à combler.

L'insuffisance des moyens entre autres facteurs conduit naturellement au développement spontané des villes qui ignore aussi bien dans l'espace que dans le temps les postulats retenus par la planification urbaine (schéma directeur et autres procédures) développés sur ces villes.

La pauvreté, l'analphabétisation, le manque d'efficacité des organisations institutionnelles classiques, accroissent encore la difficulté de développer le minimum de services que toute vie urbaine rend indispensable.

(*) Ingénieur des Ponts et Chaussées (France). Article extrait du Bulletin de Liaison du CIEH n° 61 - Juillet 1985.

(**) sur la base d'environ 9 à 10 personnes par famille, effectif courant en Afrique.

(***) PED : pays en développement.

L'eau n'échappe pas à cette analyse, le premier contact avec une zone périphérique, véritable ville nouvelle, spontanée, ne laisse aucun doute : aires de défécation, interférences constantes et mécanismes de contamination entre eau potable lorsqu'elle existe et eaux usées, ne sont que clichés que n'importe quel touriste voyageant hors des circuits organisés fixerait immédiatement en 24 X 36. L'eau et l'hygiène, enjeu mondial, défi à l'humanité, péril fécal, décennie de l'eau autant de formules chocs qui ramassent la gravité de ce problème.

Le lecteur sera cependant étonné que le thème de l'eau et l'assainissement soit pratiquement abordé dans ce rapport sous le seul angle de la santé et l'hygiène publique et non sous l'angle de la protection des milieux récepteurs (pollution, ...). Il nous apparaît que dans la majorité des PED et à l'exception de situations très particulières, l'amélioration immédiate de la santé publique est l'objectif absolument prioritaire même si dans un premier temps elle conduit à la dégradation de certains milieux récepteurs. Il ne faut d'ailleurs pas s'effrayer de cette position, car d'une manière générale une politique d'amélioration de la santé publique pousse dans le sens de l'amélioration de l'environnement.

Pour étudier la mise en oeuvre de dispositions susceptibles d'améliorer plus efficacement l'hygiène publique à travers le cycle de l'eau nous proposons d'aborder successivement les chapitres suivants :

- Le rôle de l'eau et des excretas dans les mécanismes de transmission des maladies dans le cadre particulier des latitudes non tempérées ;

- L'évolution de la gestion de l'eau et l'assainissement en pays industrialisés et le transfert aux PED du modèle technique qu'ils ont créé ;

- Quelle distribution d'eau, quel assainissement ? et quelle politique de coopération ?

CHAPITRE I

Le rôle de l'eau et des excretas dans les mécanismes de transmission des maladies dans le cadre particulier des latitudes non tempérées : base d'une stratégie des priorités en matière d'une politique de l'eau.

La santé de l'homme dépend de manière primordiale de l'eau et de son utilisation. L'homme doit ingérer quotidiennement une quantité minimale d'eau quelque soit sa qualité : en cela l'eau est vitale. Cette eau ingérée doit être d'une qualité minimale pour ne pas induire des risques de maladies. L'eau intervient aussi plus indirectement dans le cycle de santé parce qu'elle constitue un outil indispensable à la toilette, au nettoyage, et qu'elle est un support de vie et de reproduction à différents vecteurs pouvant atteindre la santé de l'homme sans qu'il y ait ingestion directe.

Nous essayerons avec R. FEACHAM du ROSS INSTITUTE de Londres de faire le point sur cette question. Le rôle premier de l'approvisionnement en eau potable, de l'assainissement est d'essayer de modifier les conditions de vie d'une communauté humaine de façon à prévenir ou réduire la transmission des maladies. Il est donc nécessaire de bien identifier les rôles de l'eau dans les mécanismes de transmission des maladies.

Si la classification des maladies en fonction des germes qui les provoquent est d'un grand intérêt pour la mise au point de méthodes thérapeutiques, elle est d'un intérêt très faible pour l'aménageur puisqu'elle groupe ces maladies sur un critère sur lequel les interventions d'aménagement ne peuvent agir.

Il est donc plus opportun de rechercher une classification qui regroupe les maladies autour d'un rôle joué par l'eau dans les mécanismes de leur transmission.

Les maladies liées à des caractéristiques physico-chimiques impropres de l'eau seront écartées de cette réflexion sachant qu'elles ne constituent pas une urgence à la fois parce que dans leurs composantes les plus classiques (Fe, Mn, ...), elles ne relèvent que des techniques de traitement classiques, et que leurs composantes plus pernicieuses (plomb, fluor, ...) sont plutôt rencontrées dans les pays à fort développement industriel.

Nous emploierons une terminologie à formulation ramassée de type anglosaxonne pour approcher une première classification :

- EAU INGESTION : maladies contractées directement par ingestion d'une eau contenant des germes infectieux quelque soit leur nature.

- EAU HYGIENE : maladies contractées ou persistantes par manque d'hygiène dû à une utilisation réduite ou inexistante de l'eau. Absence de toilette corporelle fréquente, rares lavages de vêtements, ...

- EAU CONTACT : maladies contractées par contact avec des milieux aquatiques dans lesquels vivent des organismes.

- EAU GITE : maladies non liées à une utilisation de l'eau ou son contact. Maladies transmises directement par des organismes qui vivent des milieux aquatiques qui en ont fait leur gite.

Nous apportons maintenant des commentaires et des exemples pour chacune de ces catégories.

EAU INGESTION

Des germes pathogènes de différentes natures (bactéries, virus ou autre) ne se transmettent directement à l'homme et ne provoquent de maladies que par introduction directe dans son système digestif. L'eau est un moyen d'ingestion privilégié. Ce mécanisme est bien connu et certainement bien ancré maintenant dans la culture sanitaire des populations développées. Le choléra est un exemple, la poliomyélite un autre. Les diarrhées et dysenteries infectieuses sont aussi à ranger dans cette catégorie.

Il faut noter que pour cette catégorie de maladies, tout mécanisme d'ingestion directe, peut conduire à leur contraction : mains sales, nourriture, ... et que les germes ou organismes infectieux ont toujours une origine fécale.

Ces maladies peuvent donc aussi être classées dans la catégorie "EAU HYGIENE" et une catégorie que nous mettons en évidence plus tard "Maladies à origine fécale".

EAU HYGIENE

Toutes les maladies de la catégorie précédente peuvent être provoquées sans faire intervenir directement l'eau : aliments souillés par des mains contaminées, doigts d'enfants portés à la bouche, ... Elles sont cependant à relier à l'usage de l'eau dans la pratique de l'hygiène corporelle. Cette absence d'hygiène corporelle conduit aussi à des maladies qui se contractent sans ingestion dans le système digestif : contact de doigts souillés avec les yeux, parasites en contact prolongé avec la peau. Le taux d'apparition de ces maladies est directement relié à l'usage de l'eau pour la toilette corporelle ou pour l'hygiène générale : lavage des vêtements, des locaux. De nombreux parasites vivent dans des vêtements sales, des sols souillés, ...

EAU CONTACT

Les mécanismes de transmission qui sont décrits ici sont plus typiques des régions tropicales. Des organismes pathogènes passent une partie de leur cycle de développement dans un hôte aquatique avant d'être capables de réinfecter l'homme soit par contact avec la peau, soit par ingestion de l'organisme hôte. Dans cette catégorie sont rangées toutes les maladies provoquées par les parasites du type vers, coquillages, ... Elles constituent un facteur endémique de l'état de maladie en zones tropicales.

EAU GITE

Un certain nombre de maladies sont transmises par des organismes qui vivent dans ou à proximité des milieux humides (moustiques et insectes) qui transmettent la malaria ou la cécité des rivières (onchocercose). Nous remarquons tout d'abord qu'il existe une plage commune aux maladies de type EAU-INGESTION et EAU-HYGIENE. C'est celle qui est liée à un cycle contamination fécale / ingestion orale. Elle demande une classification des maladies en fonction des mécanismes de contamination introduits par les excréments.

Pour l'instant nous pouvons tirer les premières conclusions de la classification adoptée :

- pour réduire les maladies du 1er groupe, il faut agir sur la qualité de l'eau utilisée pour l'ingestion directe quasi indépendamment des quantités mises à disposition,

- pour réduire les maladies du second groupe il faut encourager l'utilisation de l'eau pour la toilette : la quantité d'eau disponible compte plus que sa qualité,

- pour le troisième groupe, seule compte l'action sur le rejet d'excretas dans les milieux aquatiques fréquentés par les hommes et les rejets à même le sol. Il s'agit donc davantage d'une action au niveau de l'élimination des excretas qui est apte à réduire cette famille de maladies.

On voit donc apparaître dès maintenant les conséquences de cette classification sur les doctrines en matière de politique de l'eau potable et de l'assainissement.

Il ne peut y avoir de politique sectorielle en ce domaine :

- développer une politique de desserte poussée en eau potable dont le prix pour l'usager par exemple ne permettrait pas l'usage massif pour la toilette, ..., ou qui ne serait pas accompagnée d'une éducation soutenue dans le domaine de l'hygiène en général ne peut amener qu'à des résultats médiocres compte tenu des investissements réalisés,

- développer une politique d'élimination correcte des excretas et une meilleure hygiène générale est peut-être plus rentable que d'apporter l'eau potable sans avoir les moyens de réaliser un assainissement efficace des zones desservies : une élimination correcte des excretas est à même de réduire l'occurence des maladies des trois premiers groupes :

. en réduisant les contaminations des différentes sources d'eau utilisées,

. en réduisant les contaminations corporelles,

. en réduisant les cycles de développement des organismes responsables des maladies du 3ème groupe et leurs possibilités de contact avec l'homme.

On pourrait aussi multiplier les exemples d'interprétation de la classification proposée. Nous proposons ici ce que nous croyons en être les principales conclusions et qui demanderaient bien sûr d'être confrontées à d'autres opinions et à la démonstration épidémiologique :

- même en l'absence d'une eau strictement potable, le développement d'une hygiène individuelle et collective au niveau de la toilette corporelle, de la propreté des vêtements, des logements qui ne demande que de l'eau à volonté sans être potable pour autant, de la nourriture, ... et la mise en place d'une élimination correcte des excretas, améliore de façon importante la situation sanitaire des populations,

- au contraire l'ingestion exclusive d'une eau potable ne peut améliorer à elle seule la situation sanitaire dans les pays tropicaux : même si l'on distribuait une eau minérale aux habitants le taux de maladie resterait encore très important.

Dans les périphéries urbaines des PED, l'eau dite potable existe et est disponible par l'intermédiaire des usagers qui vont la chercher ou par l'intermédiaire des porteurs d'eau ou des bornes-fontaines qui la rapprochent des usagers.

En conclusion, nous oserons la première conclusion à ce rapport :

Le combat sanitaire lié à l'eau, ne doit pas être centré sur la desserte à tout prix de l'eau potable, l'amélioration des conditions existantes (améliorer le service rendu par les porteurs d'eau, rendre plus dense le réseau des bornes fontaines, éviter les contaminations d'eau potable stockée chez les usagers) pouvant suffire. Il doit au contraire concentrer l'effort d'investissement vers une amélioration des pratiques d'hygiène au sens large (corporelle, logement, vêtements, ...) et une élimination correcte des excretas.

Cette première conclusion va sans doute à contre courant de la hiérarchie de priorité classiquement émise, mais prêche aussi pour le caractère non sectoriel de l'entreprise de l'amélioration des conditions sanitaires des populations.

CHAPITRE II

L'évolution de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement en pays industrialisés et le transfert au pays en voie de développement du modèle technique qu'ils ont créé.

Il importe de réfléchir sur les buts de l'alimentation en eau et de l'assainissement et de leur évolution dans les pays développés.

Actuellement, l'assainissement au sens large a perdu au moins pour la plus grande partie de la population et même de ses concepteurs, sa justification par rapport à l'hygiène. Seul le goût du chlore résiduel dans l'eau distribuée rappelle encore aux usagers ce risque initial. L'assainissement est vécu aujourd'hui à travers une perception de pollution des milieux récepteurs, une lutte contre des risques tels qu'inondations, ..., une notion d'amélioration générale du cadre de vie liée elle-même à une notion de confort, ... Seules les règlementations et les directives des conseils d'hygiène véhiculent encore cette motivation initiale.

Il ne faut cependant pas oublier qu'il y a des siècles, l'assainissement a été mis en oeuvre pour des considérations d'hygiène : évacuer le plus loin possible des habitations des agglomérations tout ce qui pouvait concourir au développement des maladies : du rejet direct dans un cours d'eau lorsqu'on en était riverain, jusqu'au ramassage des tinettes, les techniques d'évacuation ont ensuite fait appel à la systématisation des réseaux lorsque la densité urbaine et l'élévation de la richesse nationale l'ont permis.

Il ne faut pas oublier non plus que pendant des décennies cette politique hygiéniste a conduit à se préoccuper :

- d'apporter aux populations une eau potable pour les besoins d'ingestion directe : fontaine publique d'abord, adduction distribution ensuite qui laisse encore un pourcentage de la population de nos jours non "raccordé",

- d'encourager et développer les pratiques d'hygiène générale au niveau corporel, logement, ...,

- de neutraliser les excretas (eaux noires, eaux vannes, ...).

Il n'y a que depuis quelques années que l'on se préoccupe par exemple de la neutralisation des eaux ménagères, davantage d'ailleurs pour des raisons de protection des milieux récepteurs ou de confort en général que pour des raisons d'hygiène majeures (même si des recherches ont pu montrer la présence de quelques streptocoques fécaux ou d'E. COLI dans les eaux de cuisine ou de lavage de linge). La pérennité de système mixte où seules les eaux vannes sont raccordées au réseau d'égoût témoigne de cette évolution récente.

Dans le même temps les pays développés se sont aussi rendu compte des limites du système d'assainissement collectif au niveau de la lutte contre la charge en organismes pathogènes : si l'on sait réduire les charges minérales ou organiques des effluents jusqu'à des limites imposées par des considérations économiques, on ne sait guère réduire la charge pathogénique des effluents que l'on évacue par éloignement et dilution dans des milieux récepteurs qui ne sont plus guère utilisés directement ni pour la toilette, ni pour l'eau alimentaire, ni pour la baignade, ...

On s'est aussi aperçu, la réduction des taux de croissance et l'apparition de nouveaux besoins aidant, que le développement des systèmes "réseau et station" marquait le pas, permettant de redécouvrir les techniques d'assainissement individuel qui pouvaient répondre au moindre coût global aux objectifs essentiels de protection de l'hygiène publique et des milieux récepteurs. On peut d'ailleurs remarquer qu'actuellement seuls des blocages de nature réglementaire, institutionnelle ou de réceptivité populaire à ce type d'assainissement en freinent le développement : parallèle étonnant avec les problèmes rencontrés en PED.

La forme actuelle de l'organisation de l'assainissement en pays industrialisés n'a été rendue possible que par l'existence d'un certain nombre d'évolutions ou de situations que nous analysons ci-après :

- une prise de conscience populaire progressive des liens entre eau et maladie d'une part, entre contamination fécale et maladie d'autre part. Seule cette prise de conscience a pu permettre à la population de prioriser l'affectation d'une partie de ses ressources aux ouvrages d'assainissement plutôt qu'à autre chose. Cette conscience n'a d'ailleurs pas toujours suffi puisque l'arsenal juridique a rendu obligatoire l'adoption d'un dispositif d'assainissement quel que soit sa nature.

L'arsenal juridique n'est cependant venu que codifier une pratique admise, l'organiser et l'imposer aux réticents.

- l'affectation de ressources à l'assainissement n'a aussi été rendu possible que parce que d'autres besoins essentiels ou jugés tels (logements, transports, ...) étaient déjà couverts au minimum ;

- la définition des normes de qualité de l'eau comme celle des normes de rejet a été progressive. En général chaque nouvelle exigence était précédée d'une épidémie, de la découverte d'un lien épidémiologique ou de progrès dans le domaine de l'analyse physico-chimique. Seule cette progressivité a pu permettre la prise de conscience des usagers, l'apprentissage d'un savoir faire et la réunion des moyens financiers, nécessaires à leur respect ;

- le différé existant dans le temps entre le développement de la distribution d'eau potable et celui de l'assainissement a permis aussi de répartir sur plusieurs générations les efforts financiers nécessaires ;

- la définition d'une doctrine technique, d'un modèle (le réseau) correspondait bien à l'attente de la plus grande partie de la réalité urbaine française et des pays développés. La diffusion de ce modèle a été bien adoptée par une communauté urbaine consentante, bien conduite par une structure institutionnelle centralisatrice apte à définir le modèle et par une maîtrise d'ouvrage décentralisée formée à ce même modèle ;

- la structure urbaine présentait les caractéristiques minimales de compatibilité avec celles requises par le fonctionnement général du modèle "réseau". Parmi celles-ci on peut énumérer :

  - <u>efficacité de la programmation urbaine</u> en terme de gestion des espaces, le réseau n'est pas souple : développé en fonction d'une programmation spatiale et temporelle de l'occupation et de la vocation des espaces il ne peut s'accommoder de dérives trop importantes dans ce domaine,
  - <u>nécessité de structure décisionnelle centralisée</u> ayant cependant autorité directe sur le terrain,
  - <u>efficacité d'une gestion foncière</u>.

    L'étude et la réalisation d'un réseau d'assainissement nécessitent de distinguer les espaces privés des espaces publics, d'identifier des parcelles à desservir, ...

    Le recouvrement des coûts nécessite l'identification des usagers, ... utile aussi au maintien du bon fonctionnement du réseau, comme l'est aussi la connaissance de l'évolution du mode d'occupation des parcelles, ...
  - rejet en eau suffisant pour permettre le fonctionnement du réseau,

. nécessité de l'existence d'infrastructures urbaines diverses.

Le fonctionnement d'un réseau est d'autant plus facile à obtenir qu'un certain nombre d'infrastructures et de services urbains existent : voies asphaltées, ramassage des déchets, nettoiement de la voie, ...

. solvabilité générale des usagers.

Le mode de recouvrement des coûts exige que tous les usagers desservis soient solvables en même temps : il rend solidaires les usagers qui n'ont par ailleurs pas le choix du niveau de service et du niveau de coût.

La pénétration d'une doctrine technique suppose donc qu'il y ait une compatibilité préexistante entre les dispositions qui ont été abordées, à pérenniser tout en modifiant ce qu'il y a lieu pour en renforcer la synergie.

Cette modification du contexte touche aussi bien l'arsenal juridique, tarifaire ... la conception de l'habitat ... que l'orientation des filières industrielles de production (tuyaux, chasse, ...).

Lorsque la réalité urbaine et sociale ne présente pas des dispositions de compatibilité préexistante, il est alors vain me semble-t-il de vouloir imposer la doctrine, le dogme technique en changeant cette réalité. Le dogme technique ne conduit alors qu'à des disfonctionnements et à des gaspillages financiers que l'on essaie de corriger par une politique de "rentabilisation" des ouvrages réalisés (ex. : raccordement systématique des hameaux écartés pour "rentabiliser" le surdimensionnement des ouvrages primaires dû à leur non utilisation par usagers potentiels). Après avoir voulu imposer le dogme, voulu changer la réalité urbaine, on adapte alors le dogme, mais sa remise en cause devant des réalités urbaines non adaptées ne vient que beaucoup plus tard.

Pour illustrer plus à fond l'exemple précédent, on s'est ainsi aperçu en pays industrialisés que dans certaines situations l'ensemble "réseau - station" ne recevait que 50 à 60 litres par habitant/jour d'eaux usées et que cela entrainait des disfonctionnements puisque ces dispositifs avaient été conçus pour recevoir 100 à 150 l/hab/j. On s'attendait cependant à ce que l'attrait du réseau doublé de mesures coercitives entraine rapidement une modification des circuits de collecte des eaux intérieurs aux parcelles existantes. Il n'en a rien été et l'on essaie maintenant d'adapter les systèmes d'assainissement à cette réalité.

A Abidjan le réseau d'assainissement réalisé à très grands frais ne reçoit que 30 à 40 litres par habitant raccordé/jour. Compte tenu par ailleurs d'un faible raccordement, le réseau ne fonctionne pas bien et n'a pas amélioré l'hygiène générale au degré escompté, ne permet pas non plus d'assurer le recouvrement des coûts prévus. Là plus qu'ailleurs, la réalité urbaine et sociale ne s'est pas pliée à l'imposition d'un dogme technique inventé sous d'autres cieux. Malgré la constatation de l'échec, on essaie de l'imposer, de le rentabiliser : on développe actuellement des systèmes de raccordement des sanitaires au réseau en stockant les eaux de douche

pour un usage de chasse périodique, palliatif à une utilisation insuffisante d'eau ou plus souvent à l'absence de raccordement à la distribution publique.

En conclusion on peut ainsi considérer qu'en pays industrialisés, le modèle réseau s'est forgé au fil des décennies à partir d'une évolution favorable de la réalité urbaine dans son ensemble, que sa pénétration a été systématisée par un appareil institutionnel formé à ce modèle, qu'elle a été renforcée par l'infléchissement dirigé de certains paramètres de la réalité urbaine dans le sens souhaité. La systématisation a conduit à la marge à des dysfonctionnements et des échecs qu'on a voulu corriger en changeant la réalité urbaine plus radicalement puis a conduit ensuite en partant de l'étude de cette réalité différente qu'on ne pouvait modifier instantanément, à des nouveaux modèles actuellement en cours de diffusion (Assainissement Individuel par exemple ..., Assainissement collectif rustique ...).

Diffusion de dogme "réseau" dans les pays développés

Ce dogme technique s'est développé et étendu rapidement aux pays développés qui possédaient à quelques variantes près et quelques années près la même réalité urbaine et sociale. A quelques années près, parce que les différences de richesse nationale n'ont pas permis les mêmes efforts au même moment, parce que la contagion entre techniciens demande aussi quelques années, parce qu'enfin les délais d'adaptation des filières de production industrielle ont aussi pesé sur les délais de mise en oeuvre. A quelques variantes près, car les différences de comportement des usagers (degré de civisme, ...), mode d'organisation des maîtres d'ouvrage (collectivités élémentaires, Etat, collectivités regroupées), mode de passation des marchés, offre des filières industrielles de production, ..., type d'organisation pour la gestion des services urbains, assiette de recouvrement de l'impôt, ... ont produit des adaptations légères au dogme général.

Le transfert de ce dogme aux pays en voie de développement

Il faut s'interroger sur les mécanismes qui ont conduit à universaliser ce dogme et vouloir les imposer de nos jours encore dans des pays qui n'ont en commun avec les pays industrialisés par exemple qu'une culture administrative héritée de l'époque coloniale et remodelée depuis. Nous analysons sans exhaustivité plusieurs mécanismes :

- la normalisation des niveaux de service

  la diffusion du même modèle technique, la reconnaissance des mêmes valeurs culturelles, la nécessité d'échanges sur les techniques, la nécessité d'importation exportation a conduit à la normalisation des niveaux de services à rendre.

Cette normalisation porte sur des paramètres aussi divers que

- norme de potabilisation de l'eau
- signalisation routière
- norme de rejet d'eau usée
- nombre d'étoiles d'un restaurant

etc...

La normalisation efface à l'usage la mémoire des "considérants" des "attendus" d'origine qui sont pourtant riches, comme en témoigne la durée des négociations qui aboutissent à la norme, de signification culturelle, économique, sociale, ... sur le pays où elles sont définies. On oublie aussi trop souvent qu'elles sont directement liées à la possibilité de les satisfaire par la technologie existante ou à mettre au point et au niveau d'investissements que l'on pourra consacrer pour les respecter dans un délai donné.

Il est par exemple tout à fait caractéristique de constater que la fixation des normes de rejet des effluents s'est organisée bien sûr à partir des exigences des milieux récepteurs mais aussi en fonction des possibilités des techniques d'épuration maîtrisables par les filières de production des pays industrialisés.

Un autre exemple : très récemment la teneur en nitrates dans les eaux alimentaires a conduit les autorités à fixer une norme pour cette teneur. Cette norme a bien sûr été fixée au niveau de la CEE par rapport à l'effet des nitrates sur l'organisme mais aussi en fonction du savoir faire européen et du coût qui en résulterait.

L'application de ces différentes normes dans les pays en voie de développement sans réflexion préalable sur la pertinence de leurs attendus et considérants constitue une erreur. Par exemple, il n'est pas du tout certain que l'absence de coloration, d'odeurs qui figure en bonne place dans les normes des pays industrialisés de potabilisation des eaux doive être retenue à KINSHASA, NIAMEY ou ailleurs. Il s'agit plus d'un critère résultant d'une exigence culturelle d'une société donnée que d'un besoin essentiel de l'homme. De même il n'est pas certain que l'absence de coloration et la réduction des matières minérales en suspension avant rejet dans un fleuve africain charriant des limons à longueur d'année soit une obligation.

L'universalisation de ces normes participe cependant à celle du dogme technique.

le rôle des organisations internationales

Ces organisations ont besoin d'un organigramme décisionnel simple. L'adoption d'un modèle technologique permet de conduire les mêmes études préalables, le même type d'avant projet, ... et de créer des critères simples de comparaison entre projets. Cernés dans une approche économique ces critères

seront souvent du type rentabilité : coût par habitant desservi, coût par linéaire de tuyau, ... Les bureaux d'études, les filières industrielles de production, les administrations locales adoptent le dogme technique puisqu'elles le possèdent bien, et que c'est le moyen le plus sûr d'être "bancable", ces organisations internationales étant les bailleurs de fonds les plus importants. A ce jeu, au fil des années, la capacité d'innovation se réduit, la compétence des équipes d'étude s'appauvrit, ... La situation semble cependant changer puisque ces organisations internationales prennent conscience de cette situation.

- les mécanismes de coopération, de formation, ...

La formation dans les pays développés des cadres des PED dans un système moulé par le dogme technique en vigueur et orienté pour l'adoption ultérieure privilégiée des matériels du pays formateur entretient la pénétration du dogme dans les PED. Un système de formation plus orienté sur la découverte des conditions que doit présenter la réalité urbaine et sociale pour que le dogme technique puisse être acceptable et vivre ultérieurement changerait sans doute totalement la vision des aménageurs que constitueront les étudiants formés. Il changerait aussi totalement la nature de l'intervention des conseillers techniques que les politiques de coopération essaient dans les PED, et qui, actuellement perpétuent le transfert du dogme technique des pays développés, soutenus en cela par l'ambition tout à fait noble, d'aider à l'ouverture de marchés pour les filières de production des pays d'origine.

- l'absence de filières industrielles locales liées à l'assainissement.

- l'implantation de sociétés de services, d'exploitation étrangères formées à l'exploitation du modèle technique en vigueur dans leur pays d'origine et qui reproduisent des organisations institutionnelles ou des dispositions tarifaires inspirées de la réalité urbaine et sociale de ces pays.

Il est ainsi frappant de constater que dans les pays africains francophones la stratégie du compteur d'eau comme outil de mesure d'assiette de facturation s'est imposée alors que dans les pays anglophones, l'assiette de tarification est la taxe foncière (système en vigueur en Grande Bretagne).

CHAPITRE III

Quelle est la réalité urbaine des "banlieues" des villes des PED ?

Quelles sont actuellement les caractéristiques des zones péri-urbaines des pays en développement ? Les quelques semaines passées au contact de ces zones ne permettent pas d'en affiner une image précise. Nous essaierons cependant d'en définir les grands traits :

Si au lieu du vocable "zones périurbaines" on retrouvait le terme de banlieue avec son éthymologie "le territoire d'une lieue autour de la ville sur lequel s'étendait le ban" on donnerait immédiatement une image de ce que l'on ressent au contact de ces sites : des zones de bannissement.

La première évidence qui apparait est celle des densités d'habitants, de la médiocrité de l'habitat, de l'absence de services urbains minimum (eau, assainissement, transports, ...) au sens où nous l'entendons dans le cadre du dogme technique que nous venons d'évoquer. Au niveau de l'eau et de l'assainissement nous pouvons résumer la situation de ces zones bidonvilles à partir d'une enquête menée à DOUALA (CAMEROUN) dans le cadre d'une recherche financée par la commission ROCHEFORT actuellement en cours d'édition. Cette enquête étudie les modes d'approvisionnement en eau et les modes d'évacuation des excretas et eaux usées.

Mode d'approvisionnement	Branchements privés	Bornes fontaines	Sources	Puits	(Pluie)
EAU DE BOISSON					
Nombre d'usagers	2	17	7	9	(4)
%	5,7	48,6	20	25,7	-
EAU DE CUISINE					
Nombre d'usagers	2	2	7	24	(2)
%	5,7	5,7	20	68,5	-
EAU DE TOILETTE ET DE LESSIVE					
Nombre d'usagers	2	0	5	28	(4)
%	5,7	0	14,3	80	-

MODE D'ELIMINATION DES EAUX MENAGERES

Mode de rejet	En surface	Sur la voie	Dans le caniveau	Dans une fosse
Effectif	10	2	23	
Pourcentage	28,5	5,7	65,7	

Modes d'élimination des excretas

La recherche citée indique que 54 % affirment avoir des fosses étanches vidangeables ce qui peut être infirmé par l'examen de n'importe quel échantillon de fosses pris au hasard.

Les résultats de cette enquête bien qu'alarmants sont optimistes ; en réalité la visite de zones comme celle de la Pointe des Fumeurs à Abidjan laisse une vision beaucoup plus pessimiste : aire de défécation à même le sol, WC sur pilotis installés sur la rive de la lagune, puits avec nappe phréatique à 50 cm du sol, bornes fontaines très rares, ...

Ce constat dans le domaine de l'eau pourrait être fait dans celui de l'éducation, des transports, du logement, ..., il conduirait à des descriptions analogues, dressant un bilan désastreux de la gestion urbaine.

La démarche classique de gestion urbaine avec planification de l'occupation des sols, planification des investissements d'infrastructures, des services urbains, des équipements nécessaires se révèle tout à fait inefficace parce qu'elle ne s'applique pas au développement d'une ville "informelle".

Les zones périurbaines constituent en effet des villes informelles parallèles à la ville classique. Informelle à tous les niveaux !

- <u>sur le plan foncier</u> :

  Les procédures d'attribution de terrains passent par des circuits joignant le droit coutumier, au rackett financier, au jeu des pouvoirs individuels.

  L'accentuation de la demande en terrains liée à l'arrivée quotidienne massive de nouveaux migrants renforce le jeu de ces règles informelles qui arrivent à répondre avec efficacité au problème posé, même empreintes d'injustice sociale, d'immoralité, de jeu spéculatif. Elles permettent de dégager quelqu'en soit les conditions une assiette de terrain même provisoire, même illégale pour qu'un nouvel arrivant y pose les quelques planches et tôles qui constitueront son habitation.

  Ces procédures informelles permettent ainsi d'éviter l'explosion sociale qu'une gestion foncière académique, bureaucratique, ... provoquerait en ne permettant pas de répondre à cette simple demande : quelques m2 pour y poser planches et tôles.

  Notons aussi que ces procédures informelles permettent aussi le recouvrement des quelques taxes réinvesties très partiellement dans des aménagements.

- <u>sur le plan juridique général</u> :

  Même dans les bidonvilles les plus illégaux, les plus temporaires, les plus démunis, il existe des règlementations, des procédures de fait. Règlementations qui règlent le regroupement spatial par ethnies, fixent l'assiette des voies publiques, règlent les conflits de voisinage, ... et permettent donc la coexistence, la survie communautaire.

- sur le plan financier :

Des circuits financiers tout à fait informels existent. Les circuits de capitaux, les pratiques d'emprunt, d'épargne (les tontines par exemple, ...) permettent la vie économique de ces zones.

- sur le plan civil :

L'état civil n'existe que par le témoignage des voisins, des chefs, ...

- sur le plan de l'assainissement ou de l'eau :

On peut constater la définition et la diffusion de "modèles" techniques. Techniques de creusement de puits, de réalisation de fosses à excretas, ..., de cabines de douches véhiculées par les tâcherons, ...
...

Les zones périurbaines apparaissent donc comme des communautés marginalisées sur le plan administratif et juridique dans lesquelles un ensemble de procédures informelles permettent d'assurer la vie quotidienne ou presque, sans intervention officielle.

C'est l'ensemble des procédures informelles qui font la réalité urbaine de ces zones qui sera plus complètement décrite si on y ajoute des caractéristiques générales comme l'inalphabétisation, la faible prise de conscience entre hygiène et maladie, l'insolvabilité financière, ...

Qu'a donc de commun cette réalité urbaine avec celle que nous avons décrite comme propice au développement du modèle réseau ? D'autres approches, d'autres scénarios doivent être proposés , c'est une certitude.

CHAPITRE IV

Alors quelle distribution d'eau, quel assainissement pour ces zones périurbaines ?

Certains répondront "les techniques alternatives, les techniques appropriées, ..." nouveau dogme à substituer à l'ancien. Technologies de pauvre pour les uns, bricolage pour les autres, ... technique de grand papa pour les derniers. Les techniques alternatives ne doivent pas être considérées comme une technique de pauvre qui pourra être améliorée avec le pouvoir d'achat grandissant ou un PIB meilleur : les solutions techniques doivent présenter les garanties minimales pour assurer le but recherché, l'amélioration de la santé par exemple. Elles doivent être considérées comme des techniques mieux adaptées à une réalité urbaine et sociale donnée et capable d'en accompagner l'évolution.

On pourrait en proposer la définition suivante :

Une technologie alternative ou appropriée est une démarche qui par une action multisectorielle, procure dans un domaine donné un niveau de service ou une qualité de produit permanent satisfaisant globalement les besoins essentiels de l'homme, démarche qui s'appuie sur la réalité urbaine et sociale existante et puisse évoluer avec elle pour aboutir à un coût acceptable par ceux qui en supporteront la charge et n'interdisant pas des efforts analogues dans d'autres domaines.

Il est alors évident que la base de la démarche est d'abord la connaissance fine de la structure informelle que constitue la réalité des zones périurbaines, l'investigation technique proprement dite (topographie, profil en long, choix des points de rejets dans le cas d'un réseau, nature du sol, type d'occupation des parcelles, ..., dans le cas de techniques individuelles) demeurant classiques. Des innovations peuvent cependant être recherchées dans ce domaine pour raccourcir les méthodologies de caractérisation ou d'observation (caractérisation des sols, ...) et en réduire le coût.

Le projet doit naître d'une confrontation des possibilités qu'offrent l'organisation informelle de la zone, sa capacité de mobilisation, la latitude et l'efficacité d'intervention ou de coopération de l'organisation formelle (état, communes) et enfin la panoplie des techniques possibles.

L'analyse de cette confrontation sur plusieurs cas permet semble-t-il de tirer les premiers principes d'orientation pour l'eau d'abord, l'assainissement ensuite.

DISTRIBUTION D'EAU

Dans le chapitre I, il a été proposé d'admettre qu'il fallait développer l'accès à l'eau potable par les besoins d'ingestion directe et favoriser l'accès massif à l'eau quelle qu'en soit la qualité ou presque pour les autres usages. L'enquête de DOUALA montre d'ailleurs que la population a adopté naturellement ces priorités en privilégiant le recours à la borne fontaine pour les besoins en eau de boisson.

Sur le plan pratique cela veut dire au minimum de desservir le tissu urbain par une borne fontaine dont l'utilisation soit au moins attirante parce qu'elle raccourcit les longueurs du transport de l'eau à tête d'homme (en général femmes et enfants) et à condition que le temps d'attente à ces bornes soit restreint.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a avancé des rayons de desserte à encourager de l'ordre de 200 à 250 mètres à partir d'une borne fontaine.

De grands débats ont lieu sur l'alternative borne fontaine ou raccordement des parcelles. Il nous semble que le débat devrait être tranché rapidement au regard de quelques arguments :

- la desserte générale par raccordement individuel serait au niveau des investissements, beaucoup plus onéreuse ;

- dans un tissu urbain au statut foncier incertain et non définitif il y a réticence des pouvoirs publics à entériner un parcellaire de fait par des dessertes de ce type ;

- la maintenance d'une multitude de branchements n'est ni plus économique, ni plus performante que la maintenance d'un nombre beaucoup plus réduit de bornes fontaines ;

- la desserte individuelle par raccordement peut donner une fausse sécurité au point de vue de l'hygiène : le vieillissement des canalisations d'entretien difficile peut donner lieu à des détériorations source de contamination ;

- la desserte par borne fontaine a une évolutivité possible vers une desserte par branchement individuel appelée par une modification de la réalité urbaine de la zone : le réseau tertiaire peut être développé à partir de la trame de bornes fontaines.

De nombreuses expériences sont en cours pour tester différentes formules de bornes fontaines notamment au niveau :

- du type de recouvrement des coûts : bornes à piècettes, bornes à préposé, bornes privées ;

- de la surveillance : surveillance collective, gardien rémunéré par la société distributrice, borne fontaine privée.

Elles avouent deux buts :

- desserte en eau bien sûr ;

- lutte contre les porteurs d'eau : borne fontaine outil anti-spéculatif sur le prix de l'eau, lutte contre une profession concurrente.

On peut d'ailleurs se demander s'il n'est pas possible d'intégrer le système "porteur d'eau" aux rouages officiels de la distribution d'eau institutionnelle : pourquoi les sociétés distributrices d'eau n'employeraient-elles pas des porteurs d'eau à partir de leurs bornes fontaines.

Pour la mise à disposition de quantités d'eau importantes pour les usages de toilette, lavage, ... il faut encourager la création de puits et le stockage des eaux de pluies. Cette dernière suggestion est d'ailleurs à verser au chapitre des instruments alternatifs en matière de gestion des eaux de ruissellement.

Même si pour cette catégorie d'usages, la qualité de l'eau n'est pas primordiale il est cependant souhaitable au moins indirectement de l'améliorer. Une meilleure élimination des excretas et eaux vannes y participera largement : c'est la seconde priorité dégagée dans le chapitre I.

ELIMINATION DES EAUX VANNES

Le chapitre I a souligné que l'élimination des excretas ou plutôt leur neutralisation dans la chaîne de transmission des maladies constitue une priorité dans la stratégie d'amélioration de la santé publique.

Nous n'avons pas parlé d'assainissement mais de neutralisation des chaînes de transmission des maladies.

Ceci peut s'obtenir soit en diminuant les chances de contact avec l'homme, l'eau, les aliments ou en neutralisant la charge pathogène de ces excretas.

La suppression d'aires de défécation à l'air libre, le stockage dans des fosses étanches à fréquence de vidange élevée, l'évacuation par réseaux d'assainissement relèvent de la première catégorie. L'infiltration des percolats d'une fosse sèche quand le sol est adapté et que les déchets qu'elles génèrent sont éliminés correctement, les dispositifs d'épuration par lagunage ou par utilisation du sol relèvent de la seconde catégorie.

Nous insistons bien sur le fait que les stations d'épuration biologique classiques n'ont au regard de la réduction de la charge pathogène qu'une faible efficacité et qu'elles doivent donc être rangées dans la première catégorie.

Nous avons montré que le réseau d'assainissement classique développé à l'échelle des zones périurbaines avait très peu de chances d'apporter le service qu'il était censé rendre, et avait même très peu de chances de voir le jour ou dépasser dans des délais raisonnables la première tranche de réalisation.

Nous venons de voir très brièvement que les techniques d'assainissement de type fosse septique, fosse sèche, ..., épuration par le sol pouvaient apporter le service attendu sur le plan de l'hygiène d'abord et de la protection de l'environnement ensuite.

Ces techniques sont-elles compatibles avec la réalité urbaine que nous avons esquissée :

- ces techniques sont déjà assimilées à des degrés divers par la population de ces zones,

- leur réalisation en place est à la portée des tâcherons locaux, leur préfabrication si elle s'avérait nécessaire est à la portée de filières de production industrielles locales existantes ou à créer. Elles sont aussi adaptées à l'autoconstruction,

- elles ne figent pas un foncier en le reliant à un service urbain formel : elles peuvent équiper chaque parcelle mais aussi n'intervenir que pour la desserte d'un groupe de parcelles (WC public) sans aucune interférence avec le foncier et survivre à sa modification. Elles ne nécessitent pas absolument que le développement urbain soit fidèle dans le temps et l'espace aux prévisions, hypothèse indispensable au réseau collectif d'assainissement,

- leur réalisation peut accompagner la mobilisation d'un quartier sans nécessiter d'études lourdes préalables, ...,

- l'affectation d'espace privé ou public à la réalisation d'un équipement de type autonome peut être décidé à l'échelle du quartier par les intéressés eux-mêmes,

- ce sont des procédés qui s'accommodent de charges hydrauliques modestes (donc d'une faible consommation en eau) quand ils desservent un nombre faible d'usagers,

- les formules de financement de ces dispositifs peuvent relever directement de l'initiative individuelle ou de l'initiative du quartier sans intervention pesante de la structure institutionnelle,

- la maintenance de ces dispositifs se prête à divers types d'organisation : depuis l'entretien effectué par l'usager jusqu'à celui effectué par un service public plus classique,

- ces techniques sont évolutives et se prêtent à l'adaptation des conditions d'occupation des parcelles : elles n'ont pas besoin d'être conçues en fonction de conditions d'utilisation future mais en fonction des conditions d'utilisation immédiate,

- elles permettent de décharger les organisations institutionnelles de la maîtrise d'ouvrage des réalisations qui accaparent toute une énergie qui pourrait être utilement affectée à encourager les initiatives de base en les gardant dans une direction compatible avec la cohérence globale que nécessite la gestion des bassins versants. Seules les institutions classiques peuvent être les garants de cette cohérence.

CHAPITRE V

La recherche et l'expérimentation, la coopération

Les techniques d'assainissement individuel dont il vient d'être question sont connues depuis longtemps et il n'y a pas lieu de vouloir réinventer la roue en étudiant la conception optimale d'une fosse septique ou d'une fosse sèche. La conception des dispositifs d'infiltration dans le sol et la corrélation entre leur dimensionnement et la nature des sols sont aussi maintenant des questions bien approfondies.

Il semble donc que les efforts de recherche technique ou technologique doivent être orientés vers les thèmes suivants :

- amélioration de la réalisation :
  - . câlage des niveaux hydrauliques,
  - . dispositif d'introduction des excretas,
  - . conception des regards évitant les dépôts ;

- recherche des adjuvants d'accélération du processus de dégradation des matières en fosse sèche, ... ou d'amélioration des caractéristiques physico-chimiques des produits à manutentionner lors des vidanges ;

- caractérisation des sols en zones tropicales en terme d'aptitude à l'infiltration ;

- devenir des germes pathogènes et surtout des parasites dans le sol.

  L'extension des techniques individuelles à l'assainissement semi-collectif (au delà d'une cinquantaine d'usagers) recèle davantage d'inconnues.

- comportement d'un système d'épandage sous faible sollicitation hydraulique et sans mise en charge périodique ;

- procédé de collecte canalisée d'effluents concentrés sur de courtes distances ;

- adaptation du procédé de lagunage aux zones tropicales : dimensionnement, développement végétal aquatique, réduction de la charge pathogène, possibilité de réutilisation des eaux, insertion dans un site urbain dense, ... ;

- recyclage des eaux usées à des fins d'irrigation, ...

Pour le reste il semble que la recherche, l'expérimentation naîtront des projets et non d'une réflexion a priori. On peut bien sûr dégager les grands thèmes, désormais classiques :

- maintenance - entretien des installations ;
- formation des usagers, des maîtres d'ouvrage, ... ;
- mode de financement, mode de récupération des coûts ;
- organisations institutionnelles ;
- rôle de la coopération ;
- capitalisation des informations.

Aucun résultat ne peut être obtenu sur ces thèmes par des recherches a priori. Seul le projet associant dans <u>un respect réciproque</u>, organisation institutionnelle classique et monde informel des zones périurbaines, pourra faire émerger les solutions de développement réalistes, à travers un cheminement de découvertes, de questions, de recherche et d'expérimentation s'alimentant en continu. Le résultat de la recherche au sens large s'agrègera au fur et à mesure de la capitalisation du vécu de ces projets.

Le respect mutuel n'est pas acquis d'emblée, il suppose la reconnaissance de l'autre donc sa connaissance préalable qui constitue un des premiers domaines d'intervention de la coopération. Aider à connaître la réalité des zones périurbaines. Aider à l'émergence des questions, faire appel à l'acquis des chercheurs et praticiens pour aider à la formulation des réponses, aider à vérifier la pertinence des réponses.

Le projet ne peut être sectorisé. Il doit appréhender l'ensemble des problèmes posés à une zone périurbaine. L'association des structures informelles est garante de la globalité du projet et donc de son inscription dans une réelle optique de développement : la sectorisation est le produit de l'organisation institutionnelle, le monde informel des zones périurbaines agrégeant, lui, naturellement tous les paramètres de sa survie quotidienne. Cette association est le meilleur gage de réplicabilité des acquis du projet : la structure informelle diffuse beaucoup mieux les acquis, les résultats, que la structure institutionnelle qui voit souvent sa survie dans la rétention d'information et dans la prétention de faire semblant de réinventer chaque solution déjà vécue.

Cette association/confrontation est aussi le moyen de provoquer l'évolution nécessaire aux organisations institutionnelles prises au sens large : les organisations pourraient être en effet souvent comparées à un être pourvu à l'origine d'un potentiel génétique important le rendant adapté à tout environnement, mais qui donnerait par sélection génétique à chaque génération une progéniture plus efficace dans un domaine donné mais ne tolérant qu'un environnement à chaque fois plus restreint. De manière moins imagée, on peut affirmer que c'est de ce type de confrontation que peut naître une remise en cause ou une adaptation des dogmes techniques et d'une façon générale la démarche alternative.

PROBLEMATIQUE DU DRAINAGE ET DE L'ASSAINISSEMENT EN MILIEU URBAIN AU CAMEROUN REFLEXIONS A PARTIR DE L'EXPERIENCE DE LA MISSION D'AMENAGEMENT ET D'EQUIPEMENT DES TERRAINS URBAINS ET RURAUX

par

Jean-Pierre ELONG-MBASSI (*)

-=o=-

1. CADRAGE GENERAL DES INTERVENTIONS DE LA MAETUR

Depuis une dizaine d'années, les autorités camerounaises ont défini une nouvelle politique, qui reconnaît la place des villes dans le développement du Pays, et affecte un certain nombre de moyens à la solution des problèmes posés par leur développement.

C'est ainsi qu'en 1977, l'Etat s'est doté d'une série d'institutions, pour aborder plus efficacement l'exigence de la maîtrise du développement urbain. Ont ainsi été définis :

- un Financier : le Crédit Foncier du Cameroun ;
- un Aménageur : la MAETUR ;
- un constructeur : la Société Immobilière du Cameroun.

Tous ces organismes sont placés sous la tutelle du Ministère de l'Urbanisme et de l'Habitat, créé en 1979.

La MAETUR (Mission d'Aménagement et d'Equipement des Terrains Urbains et Ruraux) a reçu deux missions principales :

1°) Aménager des terrains à la périphérie des villes, pour permettre une extension plus ordonnée, et un équipement plus rationnel des agglomérations. La MAETUR joue alors le rôle d'aménageur public, avec pour objectif la mise à la disposition des populations de terrains constructibles, à des coûts compatibles avec leurs moyens ;

2°) Restructurer et équiper les zones d'habitat spontané, avec comme objectifs la régularisation foncière, l'amélioration du cadre de vie, et l'organisation de meilleures liaisons entre le Centre équipé et les zones spontanées. Une première expérience de ce type est en cours à DOUALA, dans la zone NYLON. La conduite de cette expérience est actuellement dévolue à une Agence spécialisée, l'Agence de Restructuration et d'Aménagement de NYLON (ARAN).

(*) Directeur de l'Agence de Restructuration et d'Aménagement de Nylon ARAN/MAETUR (Cameroun).

Aménager un site pour la construction et l'habitat, c'est d'abord le mettre hors d'eau, le drainer. C'est ensuite l'assainir, c'est-à-dire faire en sorte que les eaux vannes et eaux usées résultant de la vie des populations sur ce site, n'induisent pas de nuisances propres à mettre en danger la vie même de ces populations directement par contamination en contact avec les eaux souillées, ou indirectement par pollution du milieu (nappe phréatique ou drains naturels). Il est certain que drainage et assainissement sont propres à chaque site, et que c'est par rapport à la localisation géographique du site, qu'il convient de réfléchir. Des solutions techniques existent cependant, qui ont valeur générale. Leur limite se situe dans les coûts qu'elles génèrent, car l'élément coût est, en dernière analyse, l'élément déterminant de tout aménagement.

Les expériences dont il est question dans la présente communication ont trait à la relation entre les solutions techniques, et leur incidence économique et financière.

PROBLEMATIQUE DU DRAINAGE, A TRAVERS L'EXPERIENCE DE LA MAETUR

L'étude de la quote part prise par le coût du drainage des eaux pluviales, dans le prix de revient d'une opération d'aménagement de terrains destinés à la construction, fait ressortir, sur un échantillon de 18 opérations récemment réalisées par la MAETUR dans l'ensemble du territoire du Cameroun, les observations suivantes :

- globalement, le coût de drainage varie de 7 à 22 %, par rapport au montant total des travaux (cf. tableau ci-après) ;

- la topographie du site, et la possibilité ou l'impossibilité pour le Maître d'Ouvrage d'opter pour la solution des fossés en terre (cas de terrains peu pentus) économiques, influence grandement le résultat final ;

- les résultats présentent une dispersion due aux différentes hypothèses de calcul, qui ont servi au dimensionnement des ouvrages.

Dans la suite de l'exposé, on va donc discuter ces hypothèses, et cerner de quelle manière elles influencent le coût final du drainage.

1. METHODES DE CALCUL EN VIGUEUR A LA MAETUR

1.1. Données de base pour le dimensionnement : calcul des débits

Les ouvrages drainant un bassin versant d'une superficie supérieure à 5 hectares, sont dimensionnés pour absorber l'averse de période de récurrence décennale. Toutefois, les grands ouvrages et les bassins d'orage sont dimensionnés pour une période de retour de 20 ans.

Ceux dont la superficie de leur bassin versant est inférieure à 5 hectares, sont calculés pour les pluies de fréquence biennale.

INCIDENCE COUT DRAINAGE/COUT TRAVAUX ET COUT TOTAL
(Y COMPRIS FRAIS FINANCIERS ET REMUNERATION DU MAITRE D'OUVRAGE)

OPERATIONS	% COUT TRAVAUX	% COUT TOTAL
Biyem Assi I	8,7	7,1
Biyem Assi II	15,7	13,3
SIC 102 PSE	10,5	10,1
Cité des Palmiers	16,15	14,3
Maroua - Camp des Fonctionnaires	20,6	19,6
SIC 1ère Tr. Douala	7,5	7,1
SIC 1ère Tr. Yaoundé	22	20,9
KRIBI	22	18,9
Garoua MS	12,7	10
Nsimeyong/Etoug-Ebé	15,4	12,8
Bafoussam	12,9	11
Bertoua	6,9	6,5
Buéa	12,6	11,8
Limbé	23,7	22,4
50 maisons bois Yaoundé	21,8	17,8
3ème Tr. SIC Douala	13,4	12,7
2ème Tr. SIC Yaoundé	12,6	11,8
2ème Tr. MAETUR Douala	17,5	14,7

Les ouvrages de traversée de chaussée sont dimensionné dans tous les cas pour la période décennale au minimum.

Les débits à évacuer sont estimés par la méthode "superficielle" traduite par la formule de CAQUOT, adaptée aux conditions climatiques de la région de DOUALA et de YAOUNDE (cf. Etude Générale d'Assainissement de DOUALA et de YAOUNDE ; SCET INTERNATIONAL, juin 1980).

Pour DOUALA :

Qm3/sec (10 ans) = $2,575 \; I^{0,21} \; C^{1,15} \; A^{0,83}$

Qm3/sec (2 ans) = $1,017 \; I^{0,192} \; C^{1,134} \; A^{0,84}$

Pour YAOUNDE :

Qm3/sec (10 ans) = $2,257 \; I^{0,25} \; C^{1,175} \; A^{0,807}$

Qm3/sec (2 ans) = $1,662 \; I^{0,313} \; C^{1,219} \; A^{0,771}$

dans laquelle I = pente pondérée en m/m, suivant le plus long parcours de l'eau entre le point amont le plus éloigné du bassin versant et le point de calcul.

A = superficie en hectares, au point de calcul, du bassin versant à drainer par le tronçon considéré.

C = coefficient de ruissellement pondéré sur le bassin versant intéressé, dont les différentes valeurs indicatives sont les suivantes :

- surfaces imperméabilisées C = 0,95
- trottoirs piétonniers non revêtus (suivant pentes et nature de la surface) C = 0,45 à 0,7
- surfaces non traitées (suivant pente) C = 0,1 à 0,2

La formule de CAQUOT est valable pour des bassins versants dont le rapport du plus long parcours de l'eau "E" (en hm) au côté du carré équivalent de superficie "A", est de l'ordre de 2.

Si tel n'est pas le cas, la valeur Qo, trouvée par la formule précitée, est corrigée par un coefficient multiplicateur, dont le tableau ci-dessous indique la valeur en fonction de $\frac{E}{\sqrt{A}}$

$\frac{E}{\sqrt{A}}$	1	1,25	1,50	2	2,50	3	4
K	1,50	1,30	1,20	1	0,90	0,80	0,67

Le débit à prendre en compte pour le dimensionnement du réseau s'exprime alors par :

$$Qp = Qo \times K$$

Par ailleurs, il est précisé que dans le cas où plusieurs bassins versants adjacents ont un exutoire commun, le débit à prendre en compte en ce point n'est pas la somme des débits de chaque bassin, mais le débit correspondant à la surface générale constituée par ces sous-bassins.

Les premières opérations dans lesquelles la MAETUR est intervenue étant situées à Yaoundé et Douala, on a pu se contenter des formules de pluviométrie explicitées plus haut.

La mise sur pied par le Gouvernement camerounais d'un programme d'urgence dans les villes de province a posé très clairement à la MAETUR, le problème de la non validité des formules précédentes, en particulier dans les provinces situées à l'Ouest, au Centre et au Nord du pays, et dont le climat (intensité et fréquence des pluies) diffère sensiblement de celui de Yaoundé et Douala.

Il a été décidé d'utiliser directement les résultats des courbes hauteur de pluie-durée-fréquence publiées par le CIEH en janvier 1984, pour les 7 stations expérimentales de mesure situées sur le territoire camerounais (formule de Montana $I = at^{-b}$ où I est l'intensité de la pluie en mm/minute, et t la durée de pluie). $Q = 0,278$ CIA où A est en km2 et I en mm/h ; Q en m3/s.

La difficulté réside dans la définition du temps t que l'on a pris égal au temps de concentration.

Le calcul de tc par la formule de Kirpich :

$Tc = \frac{1}{52} \times \frac{L^{1.15}}{H^{0.38}}$ où L est la distance en m du point le plus éloigné du bassin au point de calcul et H la dénivelée en m, conduit à des débits importants, plus importants sur Yaoundé et Douala que ceux obtenus par les formules de Caquot citées plus haut pour les bassins inférieurs à 5 ha (cas de la grande partie du réseau intérieur des lotissements).

Aussi, guidés par le souci de faire baisser le coût des réseaux, donc les débits de calculs, avons nous décidé de calculer Tc par la formule de Richards :

$$\frac{Tc^3}{Tc + 1} = 9,8 \frac{K\,L^2}{CR\,P}$$ avec $P = H/L$ et $R = I\,(1 + Tc)$; I en mm/h

K étant fonction du coefficient de ruissellement et de R.

Avec l'aide des moyens de calculs électroniques, la résolution de cette formule récurrente ne pose pas de difficulté autre qu'un temps de calcul un peu plus long.

On démarre la récurrence avec une valeur de Tc calculé avec la formule de Kirpich et la convergence est assez rapide.

Voici à titre d'exemple, le tableau comparatif des résultats obtenus sur différents bassins versants de Douala, par application :

- des formules de Caquot : $Q = a \times I^{I} \times C^{C} \times A^{A}$
- de la formule $Q = 0,278 \times C \times I \times A$, avec :

  1) la formule de Kirpich,
  2) la formule de Richards,

où on utilise dans les deux cas, les courbes du CIEH.

CAS — FORMULES	Q fourni par CAQUOT	Q fourni par KIRPICH	Q fourni par RICHARDS
1er Cas A = 1,59 ha L = 115 m H = 3 m C = 0,55	0,598	0,794	0,683
2ème Cas A = 0,44 ha L = 120 m H = 1,30 m C = 0,9	0,203	0,288	0,291
3ème Cas A = 5,11 ha L = 565 m H = 10,6 m C = 0,55	1,928	1,556	1,279
4ème Cas A = 7,85 ha L = 700 m H = 18,40 m C = 0,9	5,207	3,826	3,892

On remarque que les débits obtenus par la formule de Richards ne sont inférieurs à ceux obtenus par la formule de Kirpich que pour un coefficient C faible (cas de la majorité des bassins en zone pavillonnaire).

Ceci illustre l'importance du coefficient de ruissellement sur le dimensionnement des ouvrages, donc sur le coût final.

On remarque également que pour les bassins inférieurs à 5 ha pour lesquels on calcule avec la pluie biennale (cas de la majorité des points de calcul d'un réseau intérieur de lotissement), les débits obtenus par la méthode de Caquot sont inférieurs à ceux obtenus à l'aide des courbes du CIEH.

En conclusion, l'impératif économique nous fait retenir ceci :

- à Yaoundé et Douala où on dispose des coefficients de Caquot, on appliquera cette formule, qui minore les débits ;

- partout ailleurs, on appliquera les données des courbes publiées par le CIEM, en calculant Tc par la formule de Richards, et en veillant à prendre un coefficient de ruissellement estimé "au plus juste".

1.2. Dimensionnement des ouvrages

Les sections des ouvrages circulaires ou rectangulaires, sont calculées par la formule de MANNING-STRICKLER :

$$Q = K.S.R^{3/4} I^{1/2}$$

dans laquelle :

K = coefficient d'écoulement en fonction de la nature des parois du collecteur, il est pris égal à 70 pour le béton, et à 35 pour les fossés en terre.

S = section mouillée (en m2)

R = rayon hydraulique (rapport de la surface mouillée sur le périmètre mouillé).

I = pente du radier (fil d'eau) exprimée en m/m.

La vitesse de l'eau dans le collecteur est traduite par la formule :

$$Vm/s = K.R^{3/4} I^{1/2}$$

Les ouvrages sont calés et dimensionnés de manière que la vitesse maximum d'écoulement sous le débit maxi ne dépasse pas 4 à 4,5 m/sec. dans les collecteurs en béton, et 1 m/sec. dans les fossés en terre.

En ce qui concerne les réseaux enterrés, les diamètres minimum admis sont :

- Ø 500 mm pour les collecteurs et les traversées de chaussées ;
- Ø 300 mm pour les branchements d'avaloirs.

Enfin, par souci d'économie, les sections choisies pour les caniveaux sont celles qui requièrent le moindre volume de béton. La "revanche", marge entre section hydraulique et section géométrique adoptée, sera égale au 1/10e de la hauteur d'eau sous le débit maximum.

Noter que, sont considérés comme primaires, les ouvrages dont la section est supérieure à 2 mètres carrés.

1.3. <u>Exemple</u> : Etude de l'influence du coefficient de ruissellement sur le coût final des ouvrages de drainage.

Soit un bassin versant de 8,74 ha situé à Douala dans une zone de lotissement MAETUR, les caractéristiques des différents points de calcul sont les suivantes :

POINT	A (ha)	L (m)	H (m)	PENTE DE L'OUVRAGE
1	0,41	195	1,10	0,0035
2	0,68	295	0,9	0,0035
3	0,41	295	0,9	0,0035
4	0,9	250	9	0,028
5	0,17	165	4,5	0,04
6	0,35	210	6,50	0,05
7	4,06	280	10	0,012
8	5,96	340	11	0,012
9	6,86	340	11,50	0,016
10	0,18	170	9	0,028
11	0,56	135	2	0,04
12	0,83	165	3,70	0,04
13	1,39	165	3,70	0,04
14	0,14	135	2,50	0,04
15	1,53	180	4,30	0,05
16	1,70	355	7,50	0,012
17	8,74	380	12,50	0,015

L'utilisation de programmes informatiques mis au point sur HP 41 CV ou sur IMB PL permet d'aboutir aux résultats suivants :

RESULTATS - DIMENSIONS DES OUVRAGES

POINT	LONGUEUR	C = 0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
9-1	280	30 X 20	30 X 20	40 X 30	40 X 30	40 X 30	40 X 30	40 X 30	50 X 30
9-2	280	30 X 20	40 X 30	40 X 30	40 X 30	50 X 30	50 X 30	60 X 30	60 X 30
9-3	280	30 X 20	30 X 20	40 X 30	40 X 30	40 X 30	40 X 30	40 X 30	40 X 30
9-4	150	30 X 20	40 X 30	40 X 30	40 X 30	40 X 30	50 X 30	50 X 30	60 X 30
9-5	160	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20
9-6	50	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	40 X 30
9-7	110	70 X 40	80 X 50	80 X 50	90 X 50	90 X 60	90 X 80	90 X 80	110 X 135
9-8	20	90 X 60	90 X 80	110 X 135	110 X 135	110 X 135	110 X 135	150 X 180	150 X 180
9-9	20	90 X 60	90 X 80	110 X 135	110 X 135	110 X 135	150 X 180	150 X 180	150 X 180
9-10	165	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20
9-11	130	30 X 20	30 X 20	30 X 20	40 X 30	40 X 30	40 X 30	40 X 30	40 X 30
9-12	165	30 X 20	30 X 20	40 X 30	40 X 30	40 X 30	40 X 30	50 X 30	50 X 30
9-13	20	40 X 30	40 X 30	40 X 30	50 X 30	60 X 30	70 X 40	70 X 40	70 X 40
9-14	130	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20	30 X 20
9-15	100	40 X 30	40 X 30	40 X 30	50 X 30	60 X 30	60 X 30	70 X 40	70 X 40
9-16	75	40 X 30	40 X 30	60 X 30	70 X 40	70 X 40	70 X 40	70 X 40	80 X 50
9-17	20	90 X 80	110 X 135	110 X 135	110 X 135	150 X 180	150 X 180	150 X 180	150 X 180
COUT TOTAL		45 161 455	48 256 315	52 667 560	54 896 435	59 922 415	63 442 115	68 679 495	77 708 800

PRIX UNITAIRES DES OUVRAGES DE DRAINAGE
(Valeur mars 1985 au ml)

30 X 20	18 000
40 X 30	20 081
50 X 30	30 281
60 X 30	38 369
70 X 40	45 922
80 X 50	54 629
90 X 50	56 304
90 X 60	62 264
90 X 80	74 184
110 X 135	112 457
150 X 180	138 829

Compte tenu des prix unitaires des ouvrages de drainage, on peut montrer que la courbe prix/coefficient de ruissellement a une allure exponentielle, ce qui veut dire qu'il est absolument nécessaire de serrer au plus près la valeur du coefficient de ruissellement, pour ne pas obérer les coûts d'aménagement correspondants.

L'expérience de la MAETUR, bien que relativement jeune, rencontre le besoin d'une meilleure connaissance du régime des pluies (intensité/durée/fréquence) plus étendue sur un territoire aussi différencié que l'est le Cameroun (qui s'étire sur plus de 9° de latitude).

2. LA QUESTION DE L'ASSAINISSEMENT DANS LES QUARTIERS D'HABITAT SPONTANE INSALUBRES : LE CAS DE LA ZONE NYLON, A DOUALA

Dans les zones vierges aménagées par la MAETUR, la question de l'assainissement a été résolue par l'adoption de la solution classique du réseau d'égoût, aboutissant à des stations d'épuration, ou à des usines de traitement.

Dans le cas des quartiers déjà habités, cette solution est peu aisée, car elle suppose des interventions en sous-oeuvre d'autant plus délicates que le tissu urbain lui-même est précaire. Tel est le cas de la zone NYLON, à Douala.

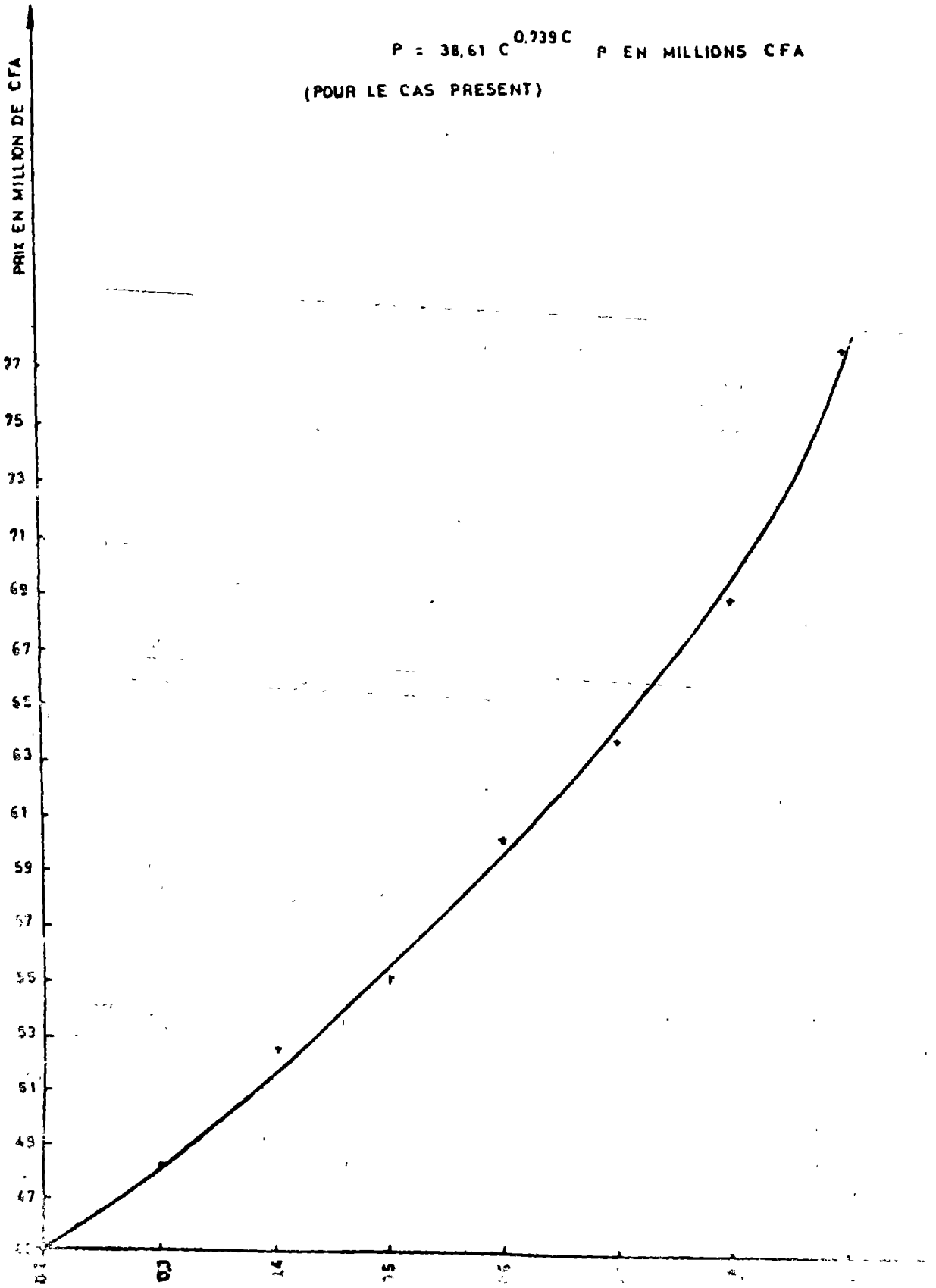
NYLON, 120 000 habitants, est en cours de restructuration grâce à un prêt de la Banque Mondiale et de la Coopération Suisse. Les habitants qui, depuis de nombreuses années, travaillent et cotisent pour l'amélioration du quartier, sont associés au projet qui est à la charge de l'ARAN, Agence dépendant de la MAETUR, organisme spécialisé dans l'équipement de terrains urbains vierges. NYLON est divisé en treize quartiers, allant des plus anciens, qui sont aussi les plus denses (NYLON proprement dit, NKOLMINTAG, etc...), aux plus récents (DIBOM 2, etc...) encore peu denses, et conquis sur des terrains de plus en plus marécageux,

LA COURBE PRIX/COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

A UNE ALLURE EXPONENTIELLE DE LA FORME :

$$P = 38,61\ C^{0.739\,C}$$ P EN MILLIONS CFA

(POUR LE CAS PRESENT)



et plus en plus bas (4 m d'altitude). Les ménages, jeunes en général, attirés par le quartier parce qu'ils peuvent y être propriétaires à peu de frais, habitent surtout des maisons en planches ou en carabottes, sur des parcelles de 200 à 450 m2. Les revenus sont parmi les plus faibles de DOUALA : en 1980, la moitié avait moins de 34 700 F.CFA par mois ; mais la population est dynamique.

Le sol est sableux-argileux, mais peut-être tourbeux dans les zones les plus basses, ce qui est le cas sur une partie de la zone de recasement.

La première phase de travaux comporte l'équipement d'une partie de NYLON, et la mise en place de toutes les infrastructures primaires (drainage, eaux pluviales, voirie, alimentation en eau en particulier) sur tout NYLON. Ces travaux vont nécessiter de déguerpir un certain nombre de maisons, dont les occupants seront relogés dans une zone de recasement située au Sud-Est, dans la zone d'extension de NYLON (quartier DIBOM), comprenant 900 parcelles.

L'étude de factibilité pour l'aménagement de NYLON n'a pas proposé de solution réellement opérationnelle pour l'évacuation des eaux ménagères et des excretas, n'ayant examiné que les solutions traditionnelles (réseau enterré et fosse septique) adaptées aux quartiers à haut revenu et à forte consommation d'eau.

Traditionnellement dans les quartiers, douches et WC sont accolés et posés sur une fosse rectangulaire sans fond. Tous les déchets sont donc dilués dans la nappe, ce qui évite un colmatage rapide. Il y a cependant des problèmes en saison des pluies, quand la nappe est haute. En liaison avec des inconvénients techniques (débordement, colmatage, fuites, etc...), les risques sanitaires sont très élevés. Cette solution est donc à écarter quand la nappe vient à moins de 1 m du sol, ce qui est le cas sur les 3/4 de la surface de la zone de recasement, mais peut être utilisé sur l'autre partie de la zone, si on lui apporte les améliorations nécessaires.

2.1. Solutions envisagées

2.1.1. Dans la partie où la nappe phréatique est suffisamment profonde, plusieurs variantes économiques sont envisageables :

- amélioration de la solution existante : possibilité de vidange par l'adjonction d'un regard, ventilation inaccessible aux insectes, utilisation des tampons amovibles sur les chutes ou de siphons mécaniques ou hydrauliques à faible consommation d'eau. Coût : 90 700 F.CFA/parcelle ;

- séparation des superstructures et du puisard d'évacuation, ce qui permet de changer le puisard sans démolir les superstructures. Coût : 88 500 F.CFA/parcelle ;

- mise en place sous les superstructures d'une fosse étanche à trop plein (dit "cabinet à eau"), se déversant dans

un puits perdu. Il faut envisager de temps à autre le cabinet à eau, mais le colmatage du puits perdu, qui ne reçoit pas de matière solide, est très lent. Coût : 122 900 F.CFA.

Toutes ces solutions permettent l'évacuation des eaux ménagères : outre les eaux de douche, il est possible de déverser les eaux de cuisine dans ces installations.

2.1.2. Dans la partie où la nappe phréatique est très peu profonde, les solutions d'infiltration par le sol sont difficiles, et présentent des risques sanitaires importants, en particulier pour les excreta. D'autre part, les solutions faisant appel à l'évaporation sont, étant donné l'importante pluviosité de DOUALA, impraticables.

Il reste donc le stockage sur place, qui, pour limiter les coûts d'investissement et d'exploitation, devra concerner, sauf cas exceptionnels, uniquement les excreta. Pour les eaux ménagères (y compris les eaux de douche), il faudra donc rechercher soit une infiltration même à faible profondeur, soit une évacuation superficielle dans des collecteurs revêtus et à pente suffisante.

En théorie, les fosses étanches vidangeables seraient d'autant plus économiques à la construction et à l'entretien qu'elles seraient importantes et fréquentées par un grand nombre de personnes. Ceci se heurte à de nombreux obstacles. Il a donc été envisagé :

- des fosses communes à 2 ou 4 parcelles, mais avec des superstructures (abris + dalles) individuelles ;

- des fosses mitoyennes à 2 ou 4 parcelles, mais compartimentées, toujours avec des superstructures individuelles ;

- des fosses et superstructures purement individuelles, sans contrainte de localisation ou de construction conjointe et concertée.

Pour limiter les volumes d'eau nécessaires à l'entraînement des matières fécales et au nettoyage des installations, il est préférable d'installer la dalle à l'aplomb de la cuve et la chute au centre de celle-ci, pour mieux en assurer le remplissage.

S'il est évident que pour des raisons de qualité, la construction des fosses doit être guidée et contrôlée par l'ARAN, ce qui inciterait à la maîtrise d'ouvrage par l'Agence, avec possibilité ou non de rétrocession aux usagers, le problème principal qui doit être pris en compte reste celui de la gestion.

Une gestion publique ne responsabiliserait pas les usagers, et serait coûteuse, sans apporter pour autant une garantie de bon fonctionnement.

Une gestion collective (des co-usagers) est peut-être à tenter, mais est sans doute pleine d'embûches.

Les deux dernières solutions permettent la gestion individuelle. La troisième solution est plus coûteuse à la construction, et n'a pas d'intérêt, si la maîtrise d'oeuvre est assurée par l'ARAN. Elle ne permet pas de limiter spatialement les odeurs liées aux installations.

Pour ces raisons, la solution 2 peut être retenue. Son coût d'investissement serait de 99 500 F.CFA, compte tenu d'une capacité de cuve estimée ci-après à 3 000 litres. Le coût des infrastructures exécutées par l'ARAN serait inclus dans le prix de vente du terrain. Les superstructures, sauf les murs mitoyens, seront réalisées directement par les attributaires.

Les solutions individuelles ne sont économiques que si les opérations de vidange le sont. Dans un premier temps, les capacités des fosses vidangeables seront adaptées aux capacités des camions de vidange existant sur place, compte tenu d'un coefficient de remplissage qui traduit l'efficacité des pompes montées sur les camions.

Plusieurs capacités devront être testées, car le calcul du volume devra intégrer des éléments contradictoires : un long écart entre deux vidanges amène théoriquement une maintenance moins coûteuse, mais risque de durcir les matières, ce qui diminuerait l'importance de la partie vidangée. D'autre part, le nombre d'usagers aura en général tendance à augmenter, et des moyens plus efficaces de vidange à apparaître.

Pour éviter les odeurs et les mouches, on aura intérêt à prévoir un siphon mécanique ou hydraulique (siphon à faible volume de chasse) qui, bien qu'augmentant le volume stocké, aurait l'avantage de faciliter la liquéfaction des excreta. Si la cuve est construite d'une manière étanche et solide, mais par des tâcherons (par exemple en agglomérés enduits), elle pourra, malgré les surpressions de na nappe, être enterrée grâce à son poids propre.

Des variantes prévoiront la construction adjacente de la douche dont le système d'évacuation, par exemple par puits perdu, devra être isolé de la cuve étanche.

3. INTERET DE L'EXPERIMENTATION DE CES SOLUTIONS

Elles sont de trois ordres :

3.1. Le plus important est d'apporter une solution à l'évacuation des excreta, pour une population qu'on aurait, sans cela, condamnée aux expédients, aux parasitoses, aux risques sanitaires élevés. Le coût annuel (amortissement + maintenance) est tout de même de l'ordre du gain mensuel moyen des ménages, ce qui sera trop élevé dans un certain nombre de cas. Il est donc nécessaire que la construction soit partiellement subventionnée, ce qui n'est que logique, car la construction des fosses économise la mise en place de réseaux publics, qui seraient très coûteux dans un terrain si difficile.

3.2. Ces expérimentations permettront, par les conclusions que l'on pourra en tirer, dès la première année mais aussi à plus long terme, d'améliorer une solution certes pratiquée, mais qui n'a jamais fait l'objet de recherches systématiques dans le cadre de quartiers à faible revenu, pour lesquelles la Banque Mondiale, qui est, ne l'oublions pas, d'abord une banque, déclare très honnêtement ne préfinancer que des solutions éprouvées, et non des expérimentations. Or, les recherches ont jusqu'ici concerné surtout les quartiers à revenu élevé.

La réplicabilité dans le cas de DOUALA est importante : les quartiers marécageux ne manquent pas, ni les quartiers où la nappe devrait être mieux protégée.

Dans la mesure où cette expérimentation serait un succès, rien ne s'opposerait à son financement par la Banque Mondiale, dans le cadre de la restructuration de NYLON, ou par d'autres institutions, dans le cadre d'autres opérations.

3.3. Enfin, ces expérimentations montreront l'importance actuelle et, surtout future, de :

- la collecte des matières de vidange ;
- leur rejet et, surtout, leur réutilisation.

. La collecte en pleine expansion, reste dispersée entre entreprises de petite taille, équipée de matériels non performants. Le réseau d'assainissement enterré ne pourra pas se développer plus vite que l'urbanisation, avant de nombreuses années. Le secteur de la vidange mérite donc une analyse précise (type de matériel, coût, circuit, contrat avec les particuliers, financement, etc...). Les coûts de la vidange seront un élément non négligeable du budget des plus démunis. D'autre part, la vidange est un service assuré par des privés, qui se substituent à la collectivité publique. Celle-ci, en contrepartie, doit vérifier que les solutions les plus économiques et les plus satisfaisantes sont mises en oeuvre.

. Le rejet et la réutilisation des matières de vidange jouent un grand rôle dans l'économie de la solution ; ainsi le point de rejet des matières est un élément fondamental du coût. Mais au-delà de cette préoccupation, il serait intéressant de situer, dès maintenant, les possibilités non seulement de rejet, mais de réutilisation dans les installations collectives : étang à poissons, production de méthane, épandage, etc... solutions pour lesquelles d'autres pays (Inde, Extrême-Orient) ont une expérience très importante.

4. POINT DE LA SITUATION

Pour aborder le problème de l'assainissement de NYLON avec le maximum de chances de réussite, il a semblé opportun de définir d'abord un terrain expérimental où tester les solutions envisageables, avant d'étendre ces dernières sur tout le site. Ce terrain d'expérimentation retenu, est le site du lotissement de recasement de DIBOM II.

4.1. Caractéristiques de DIBOM II

a) Viabilisation et parcellaire

La zone de DIBOM II est une plateforme remblayée, découpée en îlots de 12 parcelles en moyenne par un réseau de voies primaires et secondaires non bitumées, bordées de fossés en terre, à ciel ouvert, bétonnées sur une faible partie de leur longueur, et convergeant vers un drain collecteur aval situé au Sud-Ouest de la plateforme.

923 parcelles de 150 à 200 m2 ont ainsi été viabilisées, et sont attribuées progressivement. Les attributaires paient 350 000 F.CFA pour une parcelle viabilisée, auxquels il faut rajouter le prix de la fosse vidangeable individuelle, préfinancée et construite par l'ARAN, soit 150 000 F.CFA. C'est dire que les attributaires doivent payer 500 000 F.CFA, pour pouvoir s'installer sur leur parcelle, et démarrer l'autoconstruction.

b) Etude des sols

La zone de DIBOM était constituée par un marais, à la côte 4 m, dominé par une colline à la côte 16 m, qui a été arasée pour remblayer les zones basses, au cours de deux campagnes de terrassement (décapage au scraper puis nivellement au bull). La plateforme actuelle est donc assise pour partie sur une colline arasée et sur une zone de marais remblayée ; son profil accuse une très légère pente NE/SO.

Les matériaux d'emprunt sont de nature argilo-sableuse (de couleur ocre) à franchement argileuse (de couleur bariolée rose ou rouge veinée de gris) ; ils ont été accumulés sur des épaisseurs variables (40 à 60 cm en général) et peuvent atteindre 1 m localement, sur les anciens chenaux de drainage du marais. Leur mise en place a entrainé un compactage plus ou moins poussé qui les rend en général imperméables.

Les sols du marais, présents sous le remblai, sont des sables argileux, organiques et noirâtres en tête, puis progressivement grisâtres et blancs. Ils dégagent une odeur fétide caractéristique d'une nappe non aérée et réductrice. Des veines sableuses apparaissent en profondeur.

C'est tout à fait improprement qu'on les a désignés sous le nom de Tourbe, qui doit être réservé à l'accumulation sur une forte épaisseur de débris végétaux plus ou moins décomposés. Ces sables argileux sont en général relativement perméables ; la nappe qu'ils contiennent est captive sous le remblai, l'ascendance dans les sondages étant de l'ordre de 30 à 40 cm.

Les sols présents à l'emplacement de la colline arasée sont constitués par des argiles panachées peu perméables, passant en profondeur à des sables argileux rosâtres aquifères. La nappe

de ces sables se raccorde à celle du marais ; elle est partout captive sous les argiles panachées ; l'eau, sans odeur particulièrement apparaît encore bien protégée de toute pollution.

En résumé, l'ensemble des sols de la zone est constitué :

- par une couche superficielle peu perméable, voire imperméable, d'épaisseur variable (40 à 80 cm sous le remblai, environ 1 m en zone décapée) ;

- par un sous-sol plus perméable, saturé par une nappe captive, dont l'ascendance, dans les sondages, se stabilise à proximité immédiate de la surface de la plate-forme actuelle.

Les fortes pluies ne peuvent s'évacuer que par ruissellement ; elles seront canalisées par un réseau dense de fossés de collecte, se raccordant à ceux qui ont été réalisés le long des axes principaux de la voirie.

c) Aptitude des sols à l'assainissement

Les constats précédants permettent de poser le diagnostic suivant :

- les sols de la plate-forme, imperméables, ne peuvent assurer ni l'épuration ni l'infiltration des eaux usées,

- la nappe captive, à niveau piézométrique superficiel, rendra laborieux l'infiltration en profondeur.

La conjugaison de ces deux éléments défavorables confère au site une aptitude nulle pour l'élimination par le sol des eaux usées.

On doit donc envisager de substituer au sol défaillant des dispositifs artificiels.

4.2. Approche de la problématique de l'assainissement à DIBOM II

a) Evolution du projet initial

L'étude comparative de l'assainissement individuel et de l'assainissement collectif ayant conclu à un coût environ trois fois supérieur de ce dernier, l'ARAN choisit de retenir l'assainissement individuel comme solution à expérimenter. Le projet initial comptait, pour chaque parcelle, une fosse septique eaux vannes, suivie d'un épurateur en pouzzolane noyée, et un dégraisseur eaux ménagères, suivi lui aussi d'un épurateur en pouzzolane noyée, avec rejet dans un puits d'infiltration.

A la lumière des données hydrogéologiques et des études récentes réalisées sur les dispositifs d'assainissement individuel, et qui ont montré notamment que les filtres à pouzzolane ont un rendement épuratoire faible, que les dégraisseurs ne retiennent qu'une faible partie des matières en suspension, et que

les fosses septiques, qui assurent parfaitement le rôle de liquéfaction des matières en suspension, ont un rendement épuratoire très limité sur la pollution organique, on a estimé qu'à moins que le sous-sol ne soit très sain et perméable, les puisards seraient très rapidement colmatés.

On a donc été amené à remplacer la solution de base du filtre à pouzzolane par un mini-filtre à sable vertical, comportant 2 compartiments de 2 m2, fonctionnant alternativement en filtration et en décolmatage. Le caractère expérimental d'un tel filtre tient au fait que :

- l'effluent traité contiendra encore environ 1/3 de la pollution organique, et il est possible que ce soit encore trop pour que les points d'infiltration ne se colmatent pas ;

- le système de filtration impose une exploitation très contraignante (entretien tous les 15 jours), et sa durée de vie n'est pas connue ;

- ces filtres doivent être au-dessus de la nappe phréatique, et ménager en outre un espace de mise en charge de la nappe, ce qui n'est pas toujours possible.

C'est pourquoi, outre la filière de base, ont été définies diverses autres filières expérimentales : filtre à sables verticaux ou horizontaux. Ces solutions sont moins expérimentales que la filière de base, parce qu'elles sont conçues selon des procédés dont le dimensionnement, les performances, la longévité, ont fait l'objet d'études méthodiques dans d'autres contextes. L'intérêt de leur expérimentation à DIBOR II est de définir leur adaptation à un effluent probablement plus concentré, et à un habitat pratiquement sans "espace vert".

b) Aspects sanitaires

L'ordre de grandeur des pollutions bactériennes se situe comme suit :

- eau usée brute	: 10^9	coliformes pour	100 ml
- sortie fosse septique	: 10^8	"	"
- sortie filtre pouzzolane	: 10^8	"	"
- sortie mi-filtre à sable vertical	: 10^7	"	"
- sortie filtre à sable vertical	: 10^6	"	"
- sortie filtre à sable horizontal	: 10^4	"	"

Même en adoptant le filtre à sable horizontal, il y aura donc contamination de la nappe, d'autant plus que les points d'injection sont très rapprochés. Néanmoins, ceci n'a pas beaucoup de conséquences, puisque le quartier sera alimenté en eau potable.

Si, par contre, il y a colmatage des puits d'infiltration, on assistera à des rejets dans les fossés qui seront soit des rejets de filtre à sable (10^6 à 10^4 coliformes selon le cas), soit, pire encore, si le mini-filtre à sable est lui-même colmaté au rejet direct des effluents (10^7 coliformes fécaux). Contrairement à la pollution de la nappe, la pollution microbienne des fossés peut avoir des conséquences graves (bactéries, virus, parasites), mais plus ou moins graves selon les procédés choisis. Un rejet de filtre à sable vertical contiendra 100 fois moins de coliformes, un rejet de filtre à sable horizontal 1 000 fois moins qu'un rejet direct, tel qu'il se produirait en cas d'échec de la solution de base aménagée. La différence serait également très importante, en ce qui concerne les odeurs.

Faute d'assurance en ce domaine, la solution finalement choisie a été de doter la zone de fosses étanches, et de tester sur quelques parcelles, les solutions de rejet identifiées ci-dessus.

Mais cette option pose la question de la gestion du système, le problème de la vidange revêtant alors toute son importance.

4.3. Le problème de la vidange

Le volume des fosses mises en oeuvre à DIBOM II, est de 4 m3 chacune. La fosse est équipée d'un WC à la turque, avec siphon. Elle est conçue pour recevoir 4 litres d'effluents par personne, et par jour. Elle est pleine lorsqu'elle contient 3 m3 d'excreta.

A partir de ces données, on peut estimer la charge financière qu'auront à supporter les ménages de DIBOM II, au titre de la vidange.

L'analyse a été faite à partir d'hypothèses sur les conditions de travail d'un camion, la durée moyenne d'un tour, le nombre de vidanges de fosses par jour, le prix de revient d'un camion ramené à la journée, la rentabilité de l'opération à l'année.

a) Les conditions de travail du camion

On suppose que le camion travaille à deux équipes par jour, de huit heures chacune, afin de le rentabiliser au maximum.

Compte tenu des congés et des temps d'arrêt pour l'entretien courant, et les pannes, ce camion est supposé travailler 252 jours par an. Le lieu de garage du camion est supposé être proche de DIBOM II (à 15 minutes).

b) La durée moyenne d'un tour, et le nombre de vidanges de fosses par jour

Les journées sont organisées à l'ARAN. Le camion a un planning la veille, pour la journée du lendemain.

Si l'équipe a un bon niveau de productivité, et ne prend pas plus de trente minutes de repos par période de huit heures, la durée d'un tour est de 150 minutes, y compris dépotage au bois des singes, et prise d'eau pour le décapage des fosses. Le temps moyen d'une opération de vidange est donc de 50 minutes par fosse environ. Ceci veut dire que le camion peut effectuer entre 15 et 17 vidanges de fosses par jour.

c) Le prix de revient d'un camion de vidange (9 à 12 m3) ramené à la journée travaillée et au m3 pompé

Il se situe en hypothèse basse entre 150 000 F.CFA et 200 000 F.CFA par jour, amortissement compris (5 ans, taux d'intérêt 13 %). Le prix de revient ramené au m3 d'effluent est alors le suivant :

Niveau de productivité du camion	Prix du m3 (F.CFA)	
	150 000 F/j	200 000 F/j
15 fosses/jour	3 330	4 440
17 fosses/jour	2 940	3 920

La moyenne des quatre estimations s'établit à 3 650 F/m3 environ.

d) Le nombre annuel d'opérations à DIBON II

La taille moyenne d'une famille est de 6,5 personnes environ. Or, on compte en moyenne 1,25 familles par parcelle dans la zone NYLON, du fait des locations, ou des sous-locations. On compterait donc, en moyenne, un peu plus de huit personnes par parcelle.

Sur cette base, et compte tenu du parc de fosses étanches vidangeables, on arrive aux estimations suivantes :

Nombre de fosses en place	Nombre d'opérations par an	Nombre de jours de travail du camion par an	Nombre d'équivalent camion
Sce : 908	3 790	222 à 253	0,9 à 1,0

Cela fait environ 4,2 opérations par an et par parcelle.

e) La somme annuelle à dépenser par ménage

Elle dépend de la taille du ménage. Un ménage de quatre personnes ne devra vidanger sa fosse que 1,9 fois par an. Il devra le faire 3,8 fois, s'il comprend huit personnes, et près de 6 fois, s'il compte douze personnes. La dépense annuelle à supporter par le ménage serait alors la suivante :

Taille du Ménage	Somme annuelle à dépenser			
	8 800 F/op	10 000 F/op	11 800 F/op	15 300 F/op
4 personnes	17 100	19 400	22 900	25 800
6 "	25 700	29 200	34 500	38 800
8 "	34 200	38 900	45 900	51 700
10 "	42 900	48 700	57 500	64 800
12 "	51 400	58 400	68 900	77 700

On voit que la somme annuelle à dépenser dépasse 30 000 F.CFA, dès que la taille du ménage dépasse sept personnes. Cela concerne donc une proportion importante de familles, parmi celles dont le revenu net par personne sera le plus faible à l'échelle du quartier.

5. SYNTHESE ET CONCLUSION

5.1. La charge à supporter sera lourde pour une fraction importante des ménages, voire intolérable pour certains.

5.2. La prise en main complète du service, dans une forme d'organisation "autogérée", ne conduira pas à des niveaux de prix plus bas (dès lors que l'on conclut la charge d'amortissement et les frais financiers inhérents à l'achat du camion).

5.3. Il paraît important que la population de DIBOM II soit partie prenante dans cette affaire. La solution à mettre sur pied pourrait s'inspirer de l'organisation suivante :

- créer un service de centralisation de demande de vidange en un point du quartier ;

- mettre en place un système de tontine pour financer l'opération ;

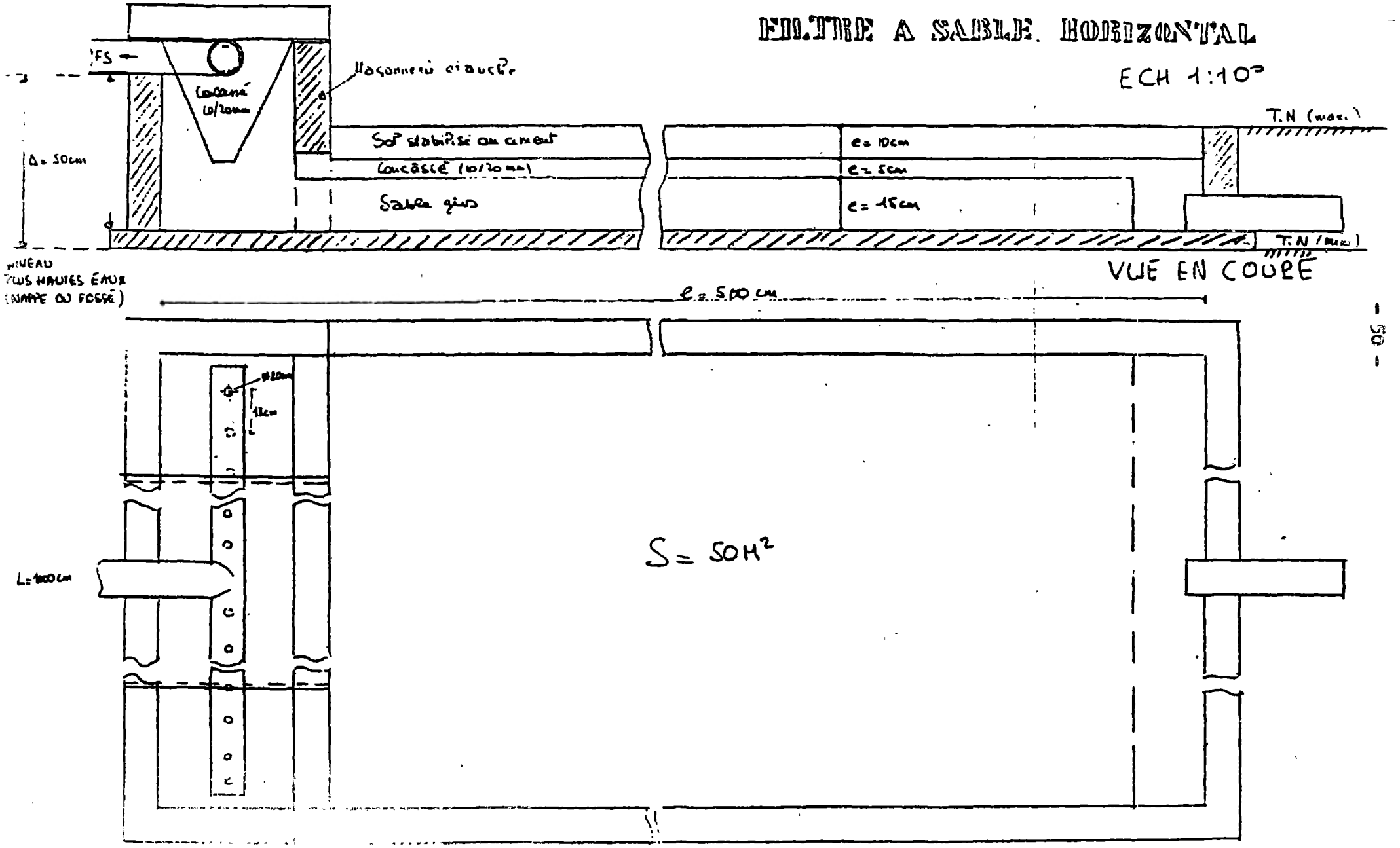
- passer "commande" à l'entreprise par lots de 15 à 17 opérations, correspondant à un nombre entier de journées de travail d'un camion ;

- passer un contrat avec l'entreprise à la journée, au mois, à l'année, ...

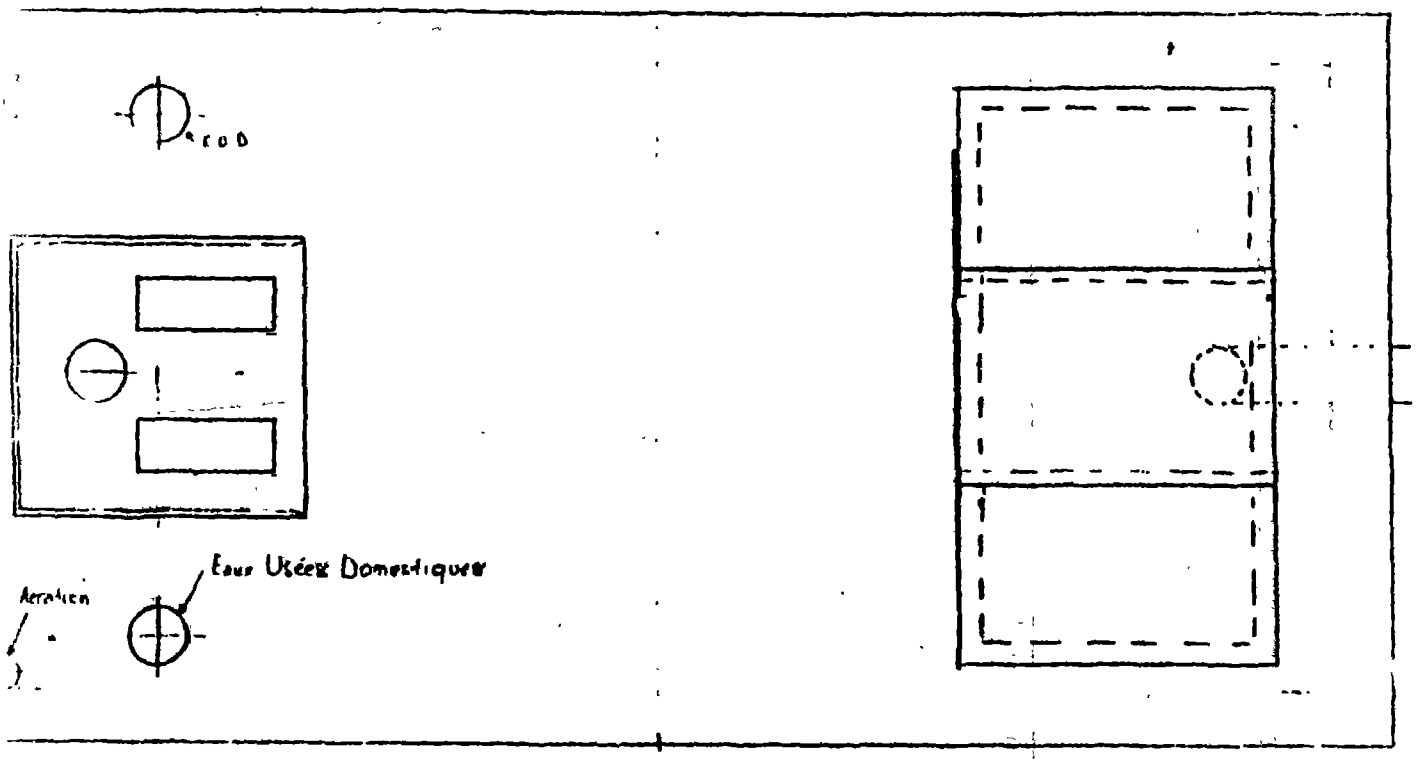
La marge de manoeuvre réelle reste très faible, et dépend très étroitement de l'adhésion des gens. L'assainissement individuel en milieu urbain est, avant tout, affaire d'animation urbaine, d'éducation sanitaire et comportementale, bien avant d'être une question technique. Certes, les choix techniques ont leur importance, et il est certain qu'une meilleure connaissance des aptitudes des sols à l'assainissement individuel, peut être un atout important. Mais les problèmes de voisinage en ce domaine restent dominants, puisque chacun a la charge de veiller au fonctionnement du système, sans aucun moyen de reporter le problème sur la collectivité. L'option de l'assainissement individuel, qui semble s'imposer comme la seule envisageable à court et moyen terme dans nos villes, interpelle donc tout autant l'habitant que le technicien, le sociologue que l'administrateur municipal.

FILTRE A SABLE HORIZONTAL

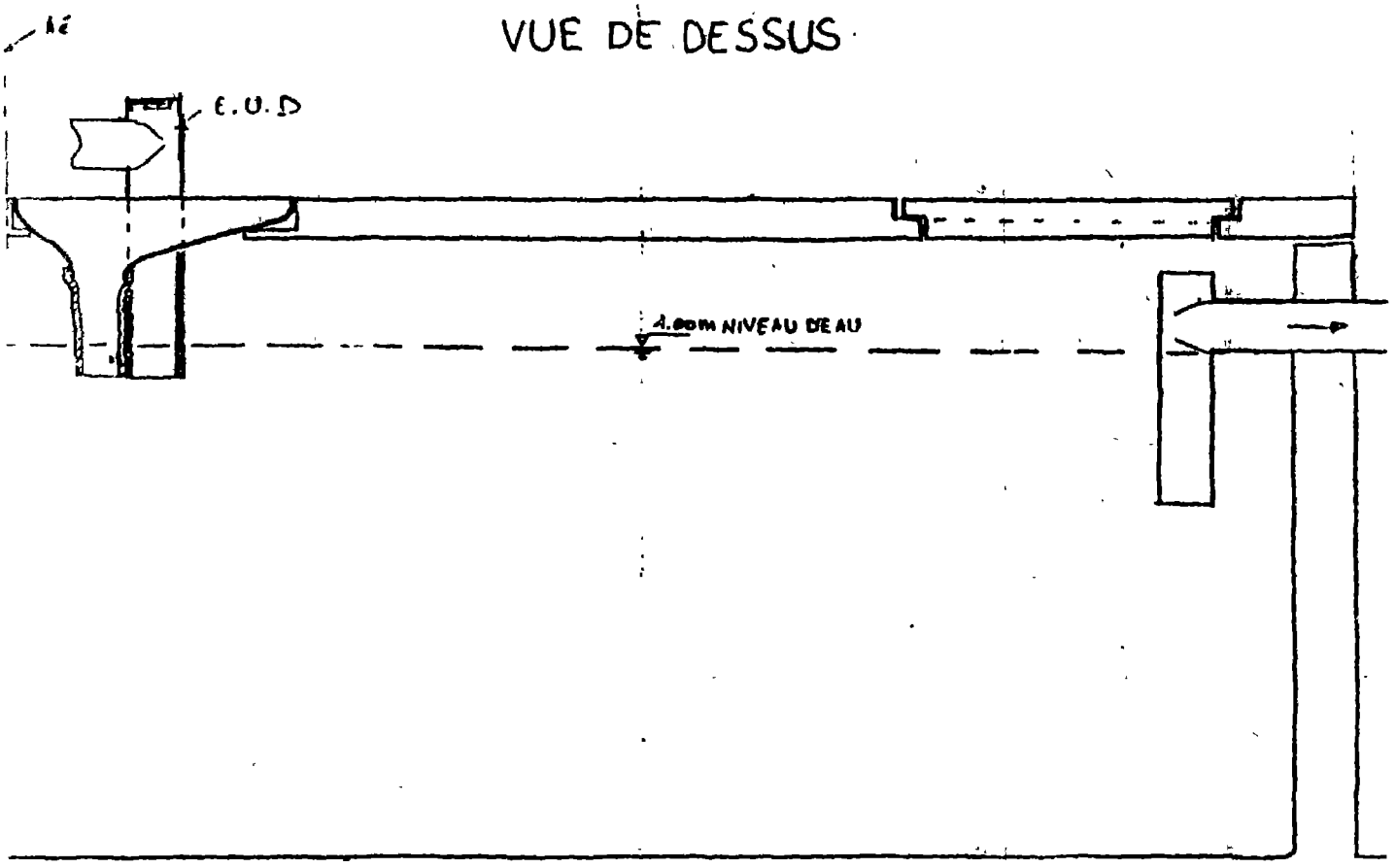
ECH 1:100



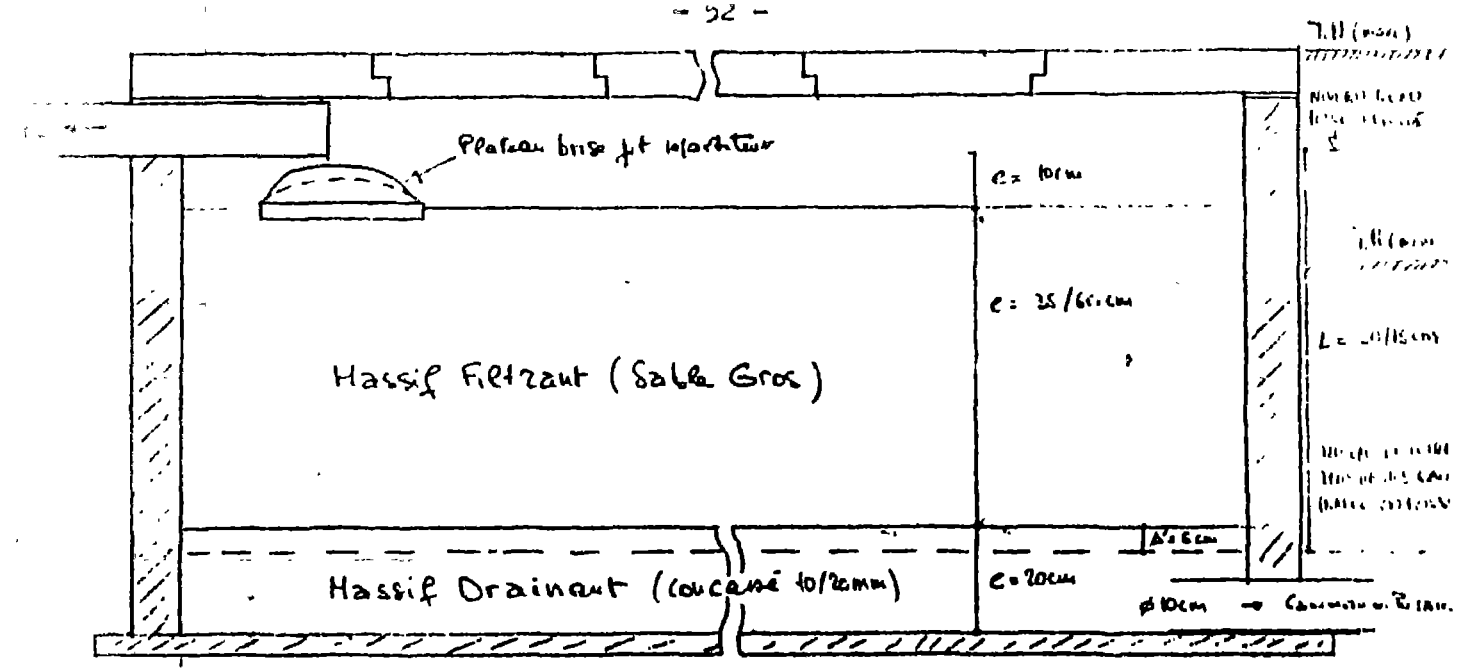
FOSSE SEPTIQUE



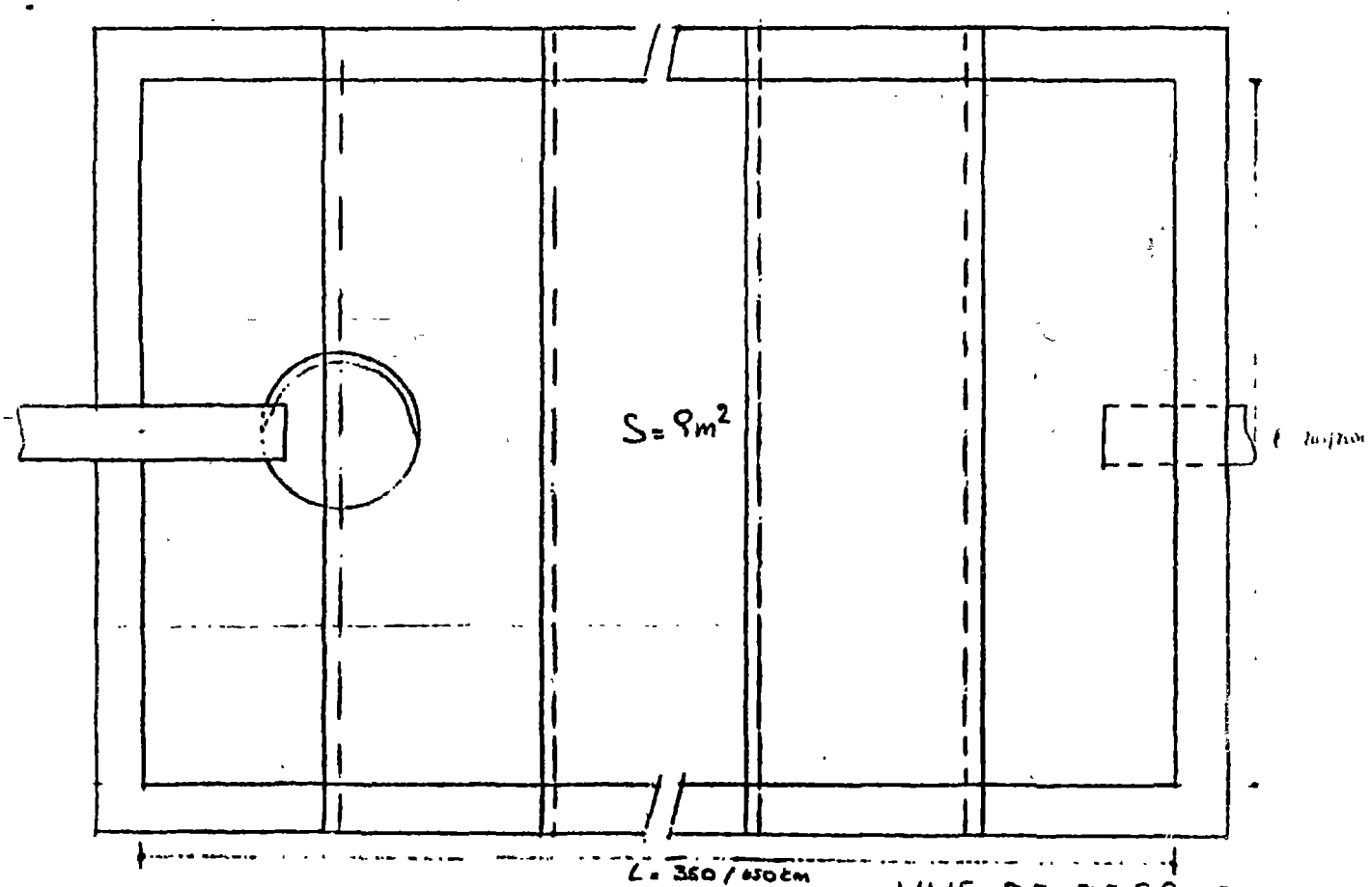
VUE DE DESSUS



COUPE EN LONG ECH 1:10°



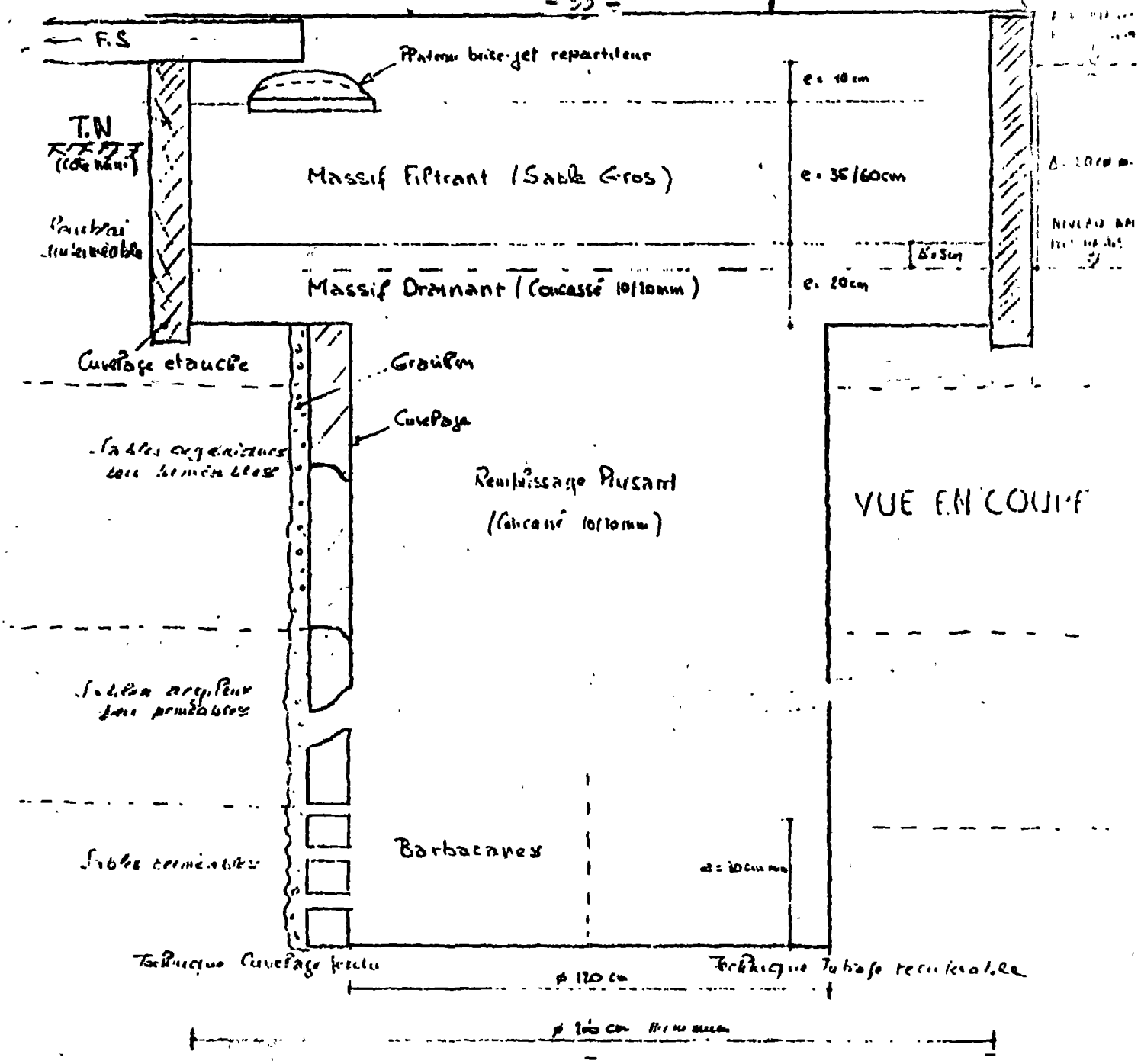
VUE EN COUPE



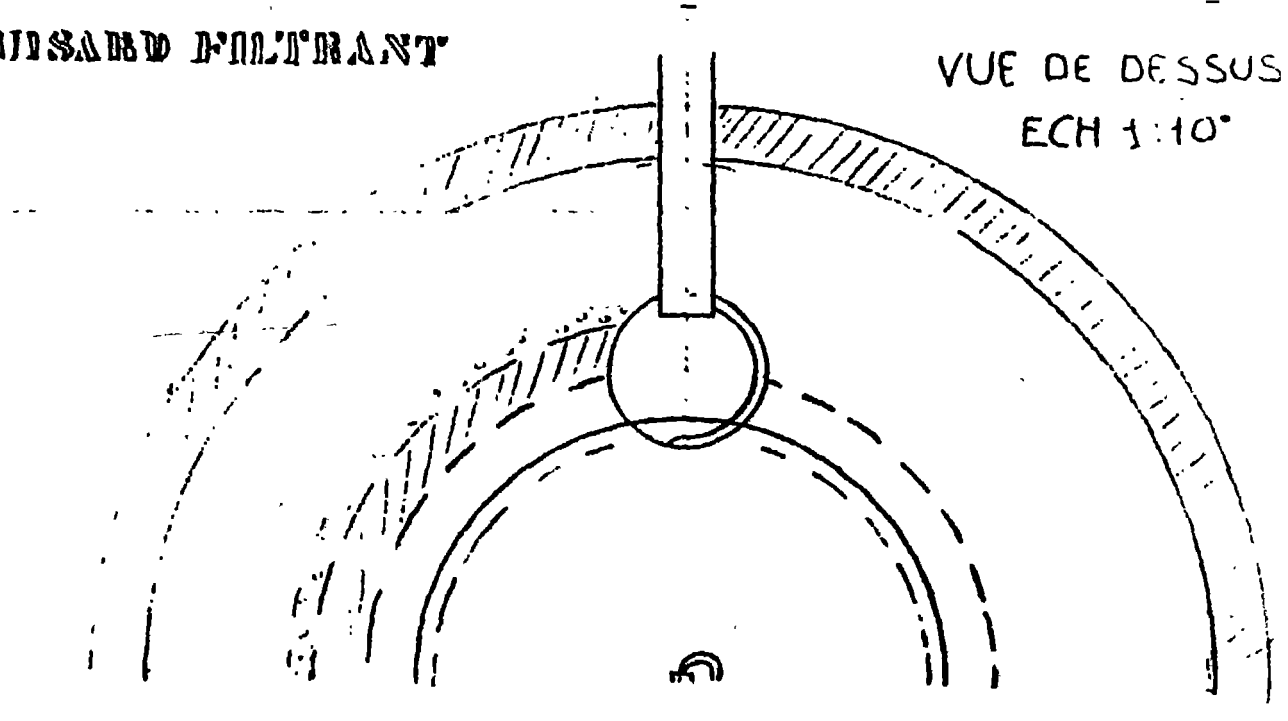
VUE DE DESSUS

FILTRE A SABLE VERTICAL

ECH 1:10°



PUISARD FILTRANT



ASSAINISSEMENT URBAIN AU NIGER
CONTEXTE, ETAT ACTUEL ET PERSPECTIVES

par

Ankourao KALLA (*)

-=o=-

INTRODUCTION

Au cours des années qui ont suivi la proclamation de l'indépendance les problèmes de l'Assainissement ne faisaient pas l'objet d'une attention particulière, compte tenu de la nécessité de faire démarrer les secteurs vitaux de l'économie (agriculture, industrie, infrastructure routière). Les actions d'assainissement se limitaient essentiellement à l'enlèvement des ordures dans les villes et accessoirement à quelques constructions de caniveaux à l'initiative des responsables municipaux.

Depuis 1973, les autorités ont été peu à peu sensibilisées à la nécessité de prendre des mesures urgentes pour éviter une aggravation des conditions sanitaires des populations urbaines. C'est ainsi que les dix dernières années ont été marquées par un progrès remarquable dans le domaine de l'Assainissement. Plus de 8 Milliards de francs CFA ont été investis dans le domaine de l'Assainissement urbain entre 1975 et 1982 soit une moyenne de un milliard par an.

Entre 1983 et 1986, les investissements prévus par l'Etat sont estimés à 8 milliards soit une moyenne de 2 milliards par an. Jusqu'à présent, les domaines qui ont été privilégiés sont ceux du drainage des eaux pluviales et du ramassage des ordures.

Compte tenu de la croissance rapide de nos centres urbains une attention particulière doit être prêtée à l'avenir au problème d'évacuation et de traitement des eaux usées.

Les besoins d'investissements dans ce secteur sont immenses, compte tenu du retard accumulé. Cependant l'approche actuelle, basée sur une planification préalable (Schémas Directeurs) est la plus apte à garantir de résultats satisfaisants à coûts de réalisation acceptables.

(*) Directeur de l'Urbanisme (Niger).

1. OBJECTIFS

1.1. Objectif sanitaire

- Les réseaux pluviaux véhiculent, en général, et à des taux de concentration très élevés, tous les types de déchets urbains (eaux usées domestiques et industrielles, ordures ménagères et déchets solides) souvent par défaut de fonctionnement ou de conception. L'assainissement dans ce cas est conçu pour combattre les effets néfastes de l'urbanisation.

- La stagnation prolongée des eaux pluviales, qui constitue une source de moustiques et autres maladies.

Le projet ne doit pas s'arrêter à la réalisation d'infrastructures d'assainissement mais être doublé des actions d'accompagnement : informations des populations, collecte des déchets urbains, densification de l'alimentation en eau, restructuration de l'habitat, formation du personnel. Depuis 1979, tous nos projets d'assainissement sont conçus de cette manière. Les actions d'accompagnement deviennent souvent plus importantes que les infrastructures. C'est le cas des projets en cours d'exécution à Tahoua et Zinder.

1.2. La protection de l'environnement

L'assainissement, s'il est bien conçu, peut constituer un moyen efficace de protection de l'environnement. Il est nécessaire dans les zones agglomérées denses compte tenu :

- de la forte intensité des pluies (les mois de juillet et août totallisent environ 75 % des précipitations annuelles) ;

- du manque fréquent de viabilisation adéquate avant occupation effective des terrains ;

- de la faiblesse d'infiltration.

L'assainissement vise dans ces conditions :

- à protéger les sols contre l'érosion : cet objectif constitue le volet principal de la deuxième phase du projet ;

- à protéger les nappes souterraines contre la pollution : cet objectif est inclus en bonne place dans le projet Assainissement de Maradi ;

- à augmenter les capacités d'autoépuration des récepteurs, donc diminuer leur pollution (exemple du Gounti-Yéna à Niamey pendant la saison pluvieuse).

Il y a lieu cenpendant d'éviter l'application mécanique des principes théoriques qui souvent n'aboutissent guère à des résultats concrets.

Exemple : proposer un système séparatif pour préserver la pollution des eaux pluviales par les eaux usées alors que les branchements clandestins et les rejets de déchets dans le réseau de drainage ne peuvent être abolis par aucune disposition si draconnienne soit-elle.

1.3. Lutte contre les nuisances physiques

La réduction des inondations et la protection des biens constituent un objectif classique des systèmes de drainage. Il faut donc dimensionner les ouvrages de manière à limiter leur défaillance à un niveau tolérable. Les protections que le drainage doit assurer sont :

- la protection physique des populations ;

- la protection des biens, en particulier les biens immobiliers ;

- le confort en général (pouvoir circuler sans désagrément). Dans le cas de Niamey par exemple, il était impossible de circuler au centre-ville pendant ou juste après une pluie torrentielle. Cette situation a justifié en partie la mise en oeuvre du projet de collecteurs de drainage en cours d'exécution.

1.4. Objectifs économiques

- protection de biens publics ou privés et des infrastructures réalisés avant l'assainissement (essentiellement les routes sans remblais suffisants qui rapidement se dégradent suite à des inondations fréquentes) ;

- mise en valeur du patrimoine urbain : la récupération des terrains en zone urbaine peut justifier partiellement une opération de drainage : l'exemple de la ravine de Dézeibon où nous avons exécuté des travaux d'assainissement cette année, dont une des justifications est la récupération de terrain pour étendre le groupe scolaire, construire des blocs sanitaires publics, réaliser une route de liaison entre 2 quartiers très peuplés ;

- le stockage et la réutilisation (rétention de l'eau pluviale en vue d'une utilisation pour des cultures de contre-saison) comme nous l'avons prévu dans la 3ème phase du projet Assainissement ZINDER, réalimentation de la nappe, objectif essentiel du projet Assainissement AGADEZ. Lors de la conception des systèmes d'assainissement, nous nous préoccupons tout particulièrement de réaliser des systèmes :

+ qui minimisent les coûts de fonctionnement d'investissement sans compromettre l'efficacité ;

+ qui n'induisent pas de problèmes plus graves sur les plans santé, sécurité, et pollution ;

+ qui assurent la pérennité des ouvrages et des aménagements.

Ces contraintes nous ont amenés à travailler suivant des schémas directeurs (pour des horizons de 10 à 15 ans) au lieu de nous contenter de résoudre les problèmes ponctuellement.

2. CRITERES

L'inexistence d'études approfondies et éprouvées relatives à l'assainissement dans nos Etats nous impose très souvent d'accepter comme base de conception les données relatives aux régions européennes, avec un effort d'adaptation plus ou moins réussi. Les critères pris en compte actuellement résultent :

- des données scientifiques universelles ;

- des efforts d'adaptation à la situation propre à chaque région du Niger ;

- des observations et expériences vécues depuis les années 50, début de l'expérience d'assainissement dans les villes nigériennes.

Résumons brièvement ces critères :

2.1. Les pluies tombent pendant 4 mois de l'année (juin, juillet, août, septembre) avec des hauteurs annuelles variant entre 600 mm au Sud et 200 mm à la limite de la zone des cultures (la zone désertique est un cas particulier). Pendant les 8 autres mois, il faut trouver une solution à l'existence des ouvrages de drainage pour augmenter leur rentabilité. D'où la tentation de choisir systématiquement des réseaux unitaires.

2.2. Les pluies tombent sous forme d'averses pendant des temps courts, ce qui fait qu'il y a très souvent un gros débit à transiter pendant un laps de temps avec le risque de mettre en charge les ouvrages. Cette situation ne rend pas aisée la recherche de solution au problème de coût / efficacité.

2.3. Les coefficients de ruissellement sont très importants (entre 0,5 et 0.8), l'infiltration n'étant facilitée ni par le rythme des pluies, ni par les sols.

2.4. D'une manière générale, des résultats acceptables ont été obtenus en considérant :

+ la fréquence annuelle pour les réseaux secondaires ;

+ la fréquence biennale pour les réseaux primaires.

3. ETAT ACTUEL

A) Sur le plan physique

Au Niger, il existe actuellement 5 types d'ouvrages de drainage des eaux pluviales dans les zones urbaines :

- les caniveaux à ciel ouvert : les plus nombreux, surtout à Maradi et Zinder ;
- les caniveaux fermés ;
- les conduites enterrées ;
- les fossés en terre ;
- les chaussées drainantes en pavés.

a) Les caniveaux à ciel ouvert

Ils sont généralement construits en béton, en agglos simples ou en piérrailles. Dans la plupart des cas rectangulaires, ils sont assez simples de construction et moins chers que les autres.

Inconvénients :

Dans les centres où l'enlèvement des ordures est déficient, les caniveaux sont très souvent utilisés comme dépotoirs devenant ainsi inutiles et aggravant même le problème de salubrité.

Les caniveaux à ciel ouvert constituent une source importante d'accidents pour les véhicules et les enfants ; enfin ils sont encombrants pour la voirie (limitent l'emprise) et constituent une gêne pour l'esthétique.

b) Les caniveaux fermés

Pour supprimer certains inconvénients des caniveaux à ciel ouvert,(par exemple l'utilisation comme dépotoir, l'insalubrité ou l'encombrement) on a tendance à l'heure actuelle à les fermer avec des dalles pleines et avaloirs ou avec des dalles ajourées.

L'inconvénient est qu'il faut régulièrement déplacer des dalles pleines assez lourdes pour nettoyer. En plus les dalles coûtent souvent assez cher ; surtout s'il faut qu'elles supportent le trafic lourd, comme c'est souvent le cas pour préserver au maximum la largeur des voies de circulation ou éviter des accidents.

c) Les conduites enterrées

Pratiquement les mêmes avantages que les caniveaux fermés. En plus elles ne gênent aucunement la voirie.

Mais coûtent plus cher à l'investissement et à l'entretien que les caniveaux à ciel ouvert. Ils sont en particulier très efficaces pour l'évacuation des eaux usées ménagères. Leur succès est davantage assuré si les avaloirs et les regards de visite sont en nombre suffisant et si une utilisation correcte est assurée. Ils sont plus salubres que tous les autres et offrent plus de sécurité vis-à-vis des rejets et des apports solides. Ces avantages ont incité les concepteurs et planificateurs à expérimenter depuis 1980 le système à Niamey avec des résultats satisfaisants.

d) Les fosses en terre

Moins coûteux que les systèmes précédents : mais on ne peut les concevoir en plein centre urbain car peuvent constituer un lieu de pollution et une barrière entre les populations. On fait exceptionnellement appel à ce système surtout si le problème d'exutoire naturel se pose (cas de Tahoua et Zinder) et dans des secteurs où l'urbanisation est naturellement exclue.

e) Les routes en pavés décaissées

Nouveau système expérimenté actuellement à Tahoua et Zinder.

Avantage :

Il est utilisé à la fois comme voirie (stabilisée) et comme ouvrage de drainage des eaux.

Ce système n'est possible que pour un terrain à forte pente.

Inconvénient :

Il ne permet pas l'évacuation des eaux.

D'autre part s'il existe d'autres systèmes dans la même ville, le raccordement peut poser des problèmes (côtes des différents radiers).

Enfin, le coût de construction est relativement élevé dans un pays où le ciment coûte cher.

Il ressort de ce tableau qu'il n'existe pas encore chez nous un système jugé définitivement le meilleur.

A chaque situation nous cherchons à adapter le système qui convient le mieux.

Actuellement 5 centres urbains possèdent des réseaux d'assainissement :

Niamey	100 km
Maradi	13 km
Zinder	15 km
Tahoua	5 km
Dosso	3 km
Total	136 km

On ne prend pas en compte ici les réseaux d'égoûts d'Arlit/Akokan et de Anou Araren.

Les principales causes du mauvais fonctionnement dans beaucoup de cas sont :

- les réseaux ne sont pas assez denses ;
- les règles hydrauliques de l'écoulement des eaux superficielles ont été souvent négligées (sous dimensionnement) tant qu'il n'y avait pas de Schémas Directeurs.;
- les avaloirs sont très souvent insuffisants, par endroits même inexistants ;

- les ouvrages (et en particulier les avaloirs et les caniveaux à ciel ouvert) sont fréquemment ensablés et encombrés d'ordures et l'entretien n'est pas régulier faute de moyens. suffisants et d'organisation appropriée ;

- une mauvaise utilisation des infrastructures par la population.

B) Sur le plan institutionnel

Le domaine de l'assainissement reste encore régi au Niger par 3 Administrations, ce qui peut être préjudiciable pour son développement. Cependant, le fait que les interventions des 3 parties restent absolument complémentaires est une garantie au plein épanouissement du secteur (le Ministère de la Santé assure la sensibilisation et l'éducation sanitaire, les collectivités assurent l'entretien, le Ministère des Travaux Publics et de l'Urbanisme définit la politique, programme et assurerla mise en oeuvre des projets).

En matière de recouvrement des coûts, notre Administration est encore à la recherche du système le plus efficace, la taxe actuelle dite "Taxe de Voirie" que recouvrent les Mairies ne permettant même pas d'assurer un entretien efficace des installations a fortiori un refinancement des ouvrages. Une réflexion d'ensemble est en cours actuellement et nous espérons qu'elle aboutira très prochainement à une solution adéquate.

4. PERSPECTIVES

L'assainissement se justifie souvent uniquement pour réparer les dégâts engendrés par une urbanisation incontrôlée ou mal conçue : voiries en remblais par rapport aux habitations, imperméabilisation des sols, emprise sur les drains naturels. Ainsi d'autres mesures que les investissements coûteux en assainissement pourraient ou auraient pu être envisagées. Ceci met en évidence l'importance des relations avec les opérations d'urbanisme, notamment leurs Schémas Directeurs et les projets de lotissements.

Au Niger, nous avons compris très tôt que la planification des systèmes d'assainissement est confrontée à la maîtrise de l'urbanisme et de l'habitat.

En effet dans les centres urbains du Niger, 80 % de maisons construites dans les quartiers d'habitat traditionnel sont en banco, résistant mal aux fortes intensités pluviométriques.

Pour ne citer qu'un exemple convaincant, nous sommes actuellement sur le point de lancer un Appel d'Offres pour l'assainissement d'un quartier "Route de Filingué" de 500 parcelles loties en 1972 et qui est constamment inondé pour la raison simple que la zone est une ancienne mare remblayée.

Le manque d'un récepteur à proximité nous impose de réaliser 1,6 km de conduite, pour un coût de près de 2 milliards de F.CFA. Alors que s'il y avait un schéma directeur avant le lotissement de cette zone, nous aurions pu prévoir à cet endroit un espace vert au lieu d'un habitat dense.

C'est pourquoi, on a tendance à faire de l'assainissement une contrainte de l'urbanisme (cas du Schéma Directeur d'Urbanisme de Maradi par exemple). Mieux, nous accompagnons toujours le S.D.A.U. d'un Schéma Directeur d'Assainissement pour être sûr de la corrélation entre les 2 et vérifier que les contraintes dans les 2 cas ont été prises en compte.

Avec la réalisation, en cours, des schémas directeurs d'assainissement et d'urbanisme des centres urbains ayant plus de 20 000 habitants, des perspectives sont bonnes pour mieux planifier l'extension des réseaux existants et les investissements nécessaires.

Il faut :

- intéresser les bailleurs de fonds ;

- sensibiliser la population pour une meilleure utilisation des ouvrages.;

- développer la recherche des systèmes encore plus adaptés (coût/efficacité) ;

- réhabiliter et renforcer les anciens réseaux endommagés.

Les perspectives de financement sont encourageantes, malgré la conjoncture, ce qui démontre toute l'importance qu'on accorde à ce secteur au Niger. C'est ainsi que pour le seul secteur du drainage des eaux pluviales il est décidé d'investir 5 milliards de F.CFA en 83/84 ; 3 milliards F.CFA en 1985 pour exécuter certaines mesures d'urgence proposées dans le plan directeur d'Assainissement.

ASSAINISSEMENT URBAIN AU SENEGAL

par

Moussa Alioune BA (*)

-=o=-

INTRODUCTION

Les pays en voie de développement sont caractérisés par un déséquilibre économique et social. Les villes, de par leurs activités industrielles, administratives, politiques et commerciales, exercent une forte attraction sur les populations rurales. C'est ainsi qu'avec l'exode rural et la sécheresse qui a sévi plus d'une décennie dans les pays du Sahel, les villes de grande importance ont vu leur population augmenter très rapidement.

Pour faire face au surpeuplement et à la promiscuité qui entrainent des conséquences sociales graves, le Gouvernement du Sénégal a entrepris, dès 1972, une réforme administrative territoriale et locale. Cette politique propose une décentralisation et une déconcentration pour éviter une dépendance accrue de la campagne à l'égard de la ville d'une part, et des différentes régions à l'égard de celle de Dakar d'autre part.

Au Sénégal, l'accroissement de la population s'explique par une fécondité très marquée (7 naissances par femme en moyenne). Cet accroissement soutenu de la population va exiger un effort de plus en plus important pour assurer une couverture sanitaire correcte surtout pour les maladies infectieuses et parasitaires (85 % de la morbidité et 65 % de la mortalité chez les enfants, 70 % de la morbidité et 55 % de la mortalité chez les adultes).

Le Gouvernement du Sénégal, constatant des carences dans les précédents plans quinquennaux de développement économique et social, entreprend dès 1973 le Plan Directeur d'approvisionnement en eau et d'assainissement de Dakar et ses environs.

Ce plan se fonde sur le plan directeur d'urbanisme élaboré par Ecochard en 1966. A partir de 1976 commence l'élaboration des Plans Directeurs d'assainissement des capitales régionales : THIES (1976), KAOLACK (1979), LOUGA (1979) et SAINT-LOUIS (1980). Nous y reviendrons.

Le thème retenu par le Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH) et sur lequel nous devons réfléchir revêt une importance particulière. Nous aurons, pour ainsi dire, à faire le bilan de nos actions et à préconiser, dans certains cas, des voies vers lesquelles nous souhaiterions orienter nos projets d'assainissement, compte tenu, de nos spécificités urbanistiques, économiques et socio-culturelles. Dans la présente note, j'aborderai, à partir de l'expérience sénégalaise :

(*) Ingénieur Sanitaire. Direction de l'Hydraulique Urbaine et de l'Assainissement (Sénégal).

- le contexte sénégalais
- les études préliminaires
- la conception des projets d'assainissement urbain
- les réalisations du Sénégal
- les perspectives.

1. PROBLEMATIQUE : LE CONTEXTE SENEGALAIS

L'élaboration d'un projet d'assainissement obéit à des critères généraux (politiques, socio-économiques) et techniques. Dans les critères généraux, on admet en principe que la nécessité d'assainir une localité urbaine se fait sentir quand la population atteint les 10 000 habitants et la consommation en eau potable les 60 l/j/habitant.

Les besoins exprimés par les Communautés Urbaines sont acheminés au Ministère de l'Hydraulique qui a la charge d'élaborer les projets, surveiller les travaux ; la gestion et l'exploitation des installations étant confiées à la SONEES. Le Gouvernement du Sénégal a retenu, au cours des Ve (1977-1981) et VIe Plans (1981-1985), l'hydraulique dans les secteurs prioritaires. Plutôt que de réaliser des projets isolés en hydraulique urbaine et assainissement, il entend doter d'abord les capitales régionales, puis les centres secondaires de plans directeurs pour l'approvisionnement en eau et assainissement. Il est, cependant à noter que ces villes et centres disposent déjà soit de plans directeurs d'urbanisme, soit de schémas directeurs d'Aménagement d'Urbanisme. Les principes techniques traitent du dimensionnement. Nous y reviendrons plus loin.

2. ETUDES PRELIMINAIRES

Ce sont les enquêtes préalables pour le recueil de données de base. On distingue :

2.1. La démographie et la santé publique

Le facteur humain étant prépondérant, il est utile de connaître le nombre d'habitants visés par le projet. Les sources d'information, au Sénégal, sont de deux ordres :

- les centres d'Etat Civil du Ministère de l'Intérieur. Ils enregistrent les naissances et les décès.

- la Direction de la Statistique du Ministère de l'Economie et des Finances. Elle est chargée du recensement de la population sur l'ensemble du pays par le Bureau National du Recensement depuis 1976.

Toutefois l'état de santé de la population ne peut être connu qu'auprès des services du Ministère de la Santé.

Ainsi on trouve l'organisation sanitaire et administrative suivante :

NIVEAU ADMINISTRATION GENERALE	NIVEAU ADMINISTRATION SANTE PUBLIQUE	RESPONSABLES		FONCTION SANITAIRE
		ADMINISTRA.	SANTE	
Région	Région médicale	Gouverneur	Médecin Chef de région	Hôpital Régional
Département (Préfecture)	Circonscription médicale	Préfet	Médecin Chef de département	Centre de Santé
Arrondissement (Sous-Préfecture)	Poste sanitaire	Sous-Préfet	Infirmier Chef de poste	Poste de Santé
Communauté Rurale (village)	Unité sanitaire de base	Chef de village	Travailleurs de Santé	Case et pharmacie villageoisc

Cette organisation sanitaire s'est mieux affirmée depuis la Conférence Internationale d'Alma-Ata (Septembre 1978) qui préconise la santé pour tous en l'an 2000 par l'instauration des soins de santé primaires. Ainsi les populations sont invitées à gérer leur propre santé par une participation active et responsable. La Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (1981-1990) viendra renforcer cette option.

2.2. Habitat

La disposition de l'habitat (groupé ou isolé) influe beaucoup sur le choix du système d'assainissement collectif ou semi-collectif) ainsi que sur la capacité épuratoire des installations de traitement. En effet, dans le cas de l'assainissement semi-collectif, le raccordement au réseau étant à la charge des usagers, ces derniers ne sont guère pressés de le réaliser et, pendant plusieurs années, les réseaux ne reçoivent que peu d'eaux usées, ce qui se traduit par des odeurs et des difficultés d'épuration. L'habitat reflète le niveau de vie des populations, par conséquent la composition de l'effluent ainsi que la potentialité de raccordement aux réseaux d'égoûts et d'adduction d'eau potable. L'adduction d'eau potable et l'assainissement étant étroitement liés, il importe de bien connaître l'usage qu'il est fait de l'eau potable. A ce propos, l'étude réalisée par K.L. ATIVON : Etude des consommations en eau en milieu urbain (CIEH, Ouagadougou 1984), mérite d'être soulignée. La démarche qu'il propose permet de mieux connaître les différents postes d'usages ainsi que l'évolution des diverses consommations.

Mais généralement les bureaux d'études se basent sur les relevés de consommation d'eau fournis par les Sociétés distributrices d'eau. Or, il existe des catégories de consommateurs qui ne payent pas. Au Sénégal, il s'agit :

- des associations à but non lucratif
- des casernes
- des écoles
- des institutions religieuses.

Il y a aussi les pertes d'eau par fuite sur les réseaux d'eau potable. Au Sénégal, elles s'élèvent à 22 - 28 % des quantités distribuées. On voit donc la complexité du contexte africain. .. cela s'ajoute naturellement la précarité de l'économie de nos ménages. Conscient de cet état de fait, le Gouvernement sénégalais a décidé d'encourager le branchement à l'égoût en finançant, dès la conception des projets, certains branchements individuels et en construisant des édicules publics dans les quartiers les plus démunis. Cette action permet d'optimiser le fonctionnement des réseaux et la performance des ouvrages de traitement dès les premières années de mise en service. C'est le cas de Dakar et ses environs et Saint-Louis. Une autre expérience sénégalaise non moins intéressante est l'opération des parcelles assainies. Ces parcelles sont constituées de logements sociaux de type très économique (deux pièces) à type économique (quatre pièces) et reçoivent depuis 1980 les populations à économie faible, déguerpies des quartiers non aménagés de Dakar. En outre les parcelles assainies disposent de toutes les infrastructures nécessaires (eau, électricité, assainissement, écoles, centres de soins, voies bitumées, etc...).

2.3. Etudes géologiques, hydrogéologiques, et océanographiques

C'est l'étude physique du terrain et du milieu récepteur. Les contraintes du terrain imposent la pose des canalisations d'une manière bien précise (gravitaire ou sous pression) et influencent, par voie de conséquence, les investissements. La présence ou l'absence des cours d'eau, lacs ou mer détermine le rejet des effluents, donc les objectifs de qualité pour que l'effluent soit bien admis par le milieu récepteur.

3. CONCEPTION DES PROJETS D'ASSAINISSEMENT URBAIN

L'eau, élément naturel le plus précieux, devient nuisible voire dangereuse suite aux divers usages auxquels elle est destinée. Apporter de l'eau en quantité et en qualité suffisantes à la collectivité est une bonne chose. S'en débarrasser par des moyens appropriés quand elle présente des risques certains pour la santé humaine en est une autre. Nous nous proposons, dans ce qui suit, d'étudier les voies et moyens indispensables pour rendre l'environnement humain décent.

3.1. Choix du système d'assainissement

Le choix entre le système séparatif et le système unitaire est en grande partie déterminé par la nature de la surface, la période de pluie, l'importance et la fréquence des précipitations et les distances minima sur lesquelles les eaux usées et les eaux pluviales sont évacuées ensemble ou séparément.

Au Sénégal, le système séparatif s'est imposé pour des raisons techniques, économiques et hygiéniques. Pendant la saison des pluies qui ne dure que 3 mois, les précipitations bien que de courtes durées, sont particulièrement intenses. Les quantités de sable charriées sont importantes de telle manière que pour les zones sans revêtement, les ouvrages d'évacuation des eaux pluviales sont constituées de canaux à ciel ouvert. Dans les zones avec revêtement, les installations sont des canalisations.

Pendant cette même période, les quantités d'eaux usées sont trop faibles par rapport aux quantités d'eaux pluviales. Le système séparatif permet d'éviter un surdimensionnement et une trop faible vitesse d'écoulement pendant la saison sèche. Une économie substantielle est ainsi réalisée sur les ouvrages annexes (chambres de chasse) et l'entretien qui nécessiterait des curages assez fréquents. Le système séparatif permet en outre une possibilité d'extension de branchements des nouveaux quartiers et aussi une priorité relative du réseau d'eau usée par rapport à celui des eaux pluviales dans les zones où l'infiltration quoique faible est néanmoins possible.

3.2. Choix de la filière de traitement

Le choix d'un procédé de traitement est déterminé par des critères techniques et économiques. Les critères économiques sont relatifs aux coûts du génie civil, de l'acquisition du terrain d'implantation de la station d'épuration, des équipements électromécaniques et des charges d'exploitation et de gestion (personnel, matériels et produits chimiques). Les critères techniques tiennent compte de la quantité des eaux usées, de leur nature et du milieu récepteur. Au Sénégal, les procédés utilisés sont :

- Systèmes anaérobies où se produit une décomposition biologique des matières en suspension et la plupart des composés organiques par des microorganismes en l'absence d'oxygène :

  . fosses septiques (rendement 20 à 25 %)

  . fosses Imhoff (rendement 25 à 30 %).

Ces procédés ont été réalisés pour les petites agglomérations ou zones résidentielles isolées.

- Systèmes aérobies basés sur la dégradation biologique par oxydation des matières organiques par des microorganismes en présence d'oxygène dissous dans l'eau à épurer :

  . Lits bactériens (rendement 70 à 85 %)

L'effluent n'est pas putrescent et est de meilleure qualité que celui d'une fosse Imhoff mais véhicule toujours des germes pathogènes.

. Boues activées (rendement 90 %)

L'effluent véhicule encore des germes pathogènes mais n'est pas putrescent. Il faut noter que les lits bactériens et les boues activées sont souvent appelés procédés "Hard technology" car ils consomment beaucoup d'énergie électrique.

. Bassins de stabilisation ou lagunage

Il existe 2 types : lagunage naturel ou à aération mécanique. Le rendement peut dépasser les 90 %. De même l'abattement en germes est de 1 à 3 U log. La superficie nécessaire est cependant considérable. Le lagunage est appelé procédé "Soft technology" parce qu'il consomme peu ou pas d'énergie électrique.

3.3. Critères de dimensionnement

a). Réseaux

Les formules couramment utilisées sont :

. Chézy $V = C\sqrt{RJ}$ où

V = vitesse d'écoulement moyenne (m/s)

$C = 18 \log \frac{12\,R}{K}$ = Coef numérique

R = rayon hydraulique (m)

J = pente hydraulique

K = coef de rugosité des parois = 0,01 m pour A C

. Manning $V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot i^{1/2}$

où n = coef de frottement (0,09 - 0,010)

R = rayon hydraulique en m

i = pente m/m

Pour les conduites sous pression on utilise la formule d'HazenWilliams :

$$V = 0{,}85\, j \left(\frac{D}{4}\right)^{0{,}63} i^{0{,}54}$$

j = coef de rugosité (= 100 fonte ductile)

D = diamètre en m

i = pente (m/m)

Pour les débits on rencontre :

$$\frac{Q\ max}{} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = Q \text{ (coef de pente)}$$

avec P en milliers d'habitants

où

$$\frac{Q\ max}{Qm} = P = 1 + \frac{2{,}5}{\sqrt{Qm}}$$

b) Ouvrages de traitement

Dans le cas des lits bactériens et des boues activées la valeur de la DBO5 est prise égale à 54 g/hab/j. Les paramètres pour la détermination des dimensions des bassins de stabilisation de Thiès, Kaolack et Louga sont les suivants :

- 320 kg DBO5/hab/j pour les bassins facultatifs primaires
- temps de rétention = 7 j pour les bassins facultatifs secondaires et de maturation
- hauteur d'eau = 1,80 m pour les bassins facultatifs primaires et secondaires
  = 1,50 m pour les bassins de maturation.

4. REALISATIONS DU SENEGAL

A nos jours, on compte à l'actif du Sénégal :

4.1. Réseaux eaux usées en 1984

VILLES	POPULATIONS (hab)	LONGUEUR CANALISATIONS (km)	BRANCHEMENTS INDIVIDUELS
DAKAR	1 350 000	812	23 500
KAOLACK	124 000	18	360
THIES	149 000	11	100
LOUGA	46 000	7,4	135
SAINT-LOUIS	115 000	13,5	1 140

Il faut noter qu'à Dakar, dans les premières phases du Plan Directeur, il était prévu un déversement en mer des eaux usées brutes provenant des quartiers existants (Plateau et les extensions résidentielles annexes). Les parcelles assainies comptent 23,4 km de réseau en cours de réalisation. A Saint-Louis le Plan Directeur comporte une phase prioritaire en cours d'élaboration. Cette phase prévoit :

- 1 station d'épuration de 60.000 habitants
- 36 km de canalisations dont 700 m de conduite sous-fluviale
- 2250 branchements domiciliaires nouveaux
- 8 édicules publics.

Dans les autres capitales régionales (Thiès, Kaolack, Louga), seule la première tranche est réalisée.

4.2. Stations d'épuration

LOCALISATION	TYPE	CAPACITE éq. hab.	OBSERVATIONS
Pikine - DKR	Bassin de stabilisation	7 600	Saturée
Patte d'Oie DKR	Lit bactérien	4 000	Saturée
Patte d'Oie DKR	Boue activée	18 000	En cours d'exécution
Dakar Niayes	Boue activée	100 000	En cours d'exécution
Thiès	Bassin de stabilisation	20 000	En cours d'exécution
Kaolack	Bassin de stabilisation	20 000	En service
Louga	Bassin de stabilisation	12 000	En service
Saint-Louis	Lit bactérien	60 000	Projet en cours d'élaboration

5. PERSPECTIVES

Les objectifs à court et moyen termes peuvent être résumés comme suit :

5.1. Gestion des installations

L'accent est mis particulièrement sur la formation du personnel et les mesures d'accompagnement des projets. Nous entendons par là, le contrôle des performances des ouvrages de traitement ainsi que les données de base des projets. En effet investir dans les ouvrages coûteux ne peut se justifier que dans la mesure où l'on ne crée pas un transfert de pollution. Cela signifie que les objectifs de qualité pour le rejet dans le milieu récepteur doivent être satisfaisants.

5.2. Législation sanitaire

Une règlementation sanitaire adéquate devra être établie. Un code de l'Assainissement est en instance d'approbation au Sénégal. Jusqu'à nos jours les recommandations en vigueur en matière d'assainissement sont celles de l'O.M.S. ou de la Communauté Européenne.

5.3. Réorganisation du secteur assainissement

L'objectif principal de cette étude est la recherche de l'équilibre financier des activités de l'assainissement avant 1992. En effet jusqu'à maintenant la SONEES qui devra assurer le service de la dette, ne perçoit qu'une surtaxe appliquée au prix de vente du mètre cube d'eau de l'ordre de 15 F.CFA/m3. Cette surtaxe ne s'applique pas aux consommateurs équipés d'un branchement de 15 mm et dont la consommation reste inférieure à 20 m3/-bimestre, mais s'applique uniformément aux autres consommateurs ayant ou non un branchement au réseau d'égoûts.

5.4. Réutilisation des eaux usées traitées

Depuis la crise pétrolière, la prise de conscience d'un monde fini dans ses richesses naturelles a incité les hommes à lutter contre le gaspillage, prévoir les pénuries (eau, énergie, etc...) et à tirer le meilleur profit des ressources.

Ainsi certains pays tels que l'Inde, Israël, le Pérou pour ne citer que ceux-là, ont entrepris de grands projets de reutilisation des eaux à des fins agricoles dans la plupart des cas. Le Sénégal, pays du Sahel agressé par la sécheresse et la désertification, entend tirer parti des eaux usées traitées si l'on sait que Dakar rejettera en l'an 2000 quelques 100.000 m3/j vers la mer.

C'est pourquoi la Direction de l'Hydraulique Urbaine et de l'Assainissement/ Ministère de l'Hydraulique a initié un avant-projet de recyclage des eaux usées traitées. Cet avant-projet prévoit :

- recherche appliquée comprenant la création d'un laboratoire d'analyse et de contrôle des eaux usées, la formation du personnel et l'expérimentation sur des périmètres maraîchers ;

- recharge de la nappe infrabasaltique de Dakar d'un débit de 20.000 m3/j d'eau usée traitée et désinfectée pour porter l'exploitation de la nappe de 18.000 à 30.000 m3/j.

EXPERIENCE MAURITANIENNE EN MATIERE D'ASSAINISSEMENT

par

CHEIBANY OULD MOHAMED LEMINE (*)

-==o==-

INTRODUCTION

A l'instar des autres pays sahéliens, les problèmes d'environnement et de pollution avaient jusqu'à quelques années peu retenu l'attention des acteurs du développement.

La naissance et le développement des villes dans les dernières années a entraîné la mise en place de beaucoup d'équipements collectifs tels l'électricité, les écoles, les hôpitaux et bien sûr l'alimentation en eau des populations. Or, avec l'eau, source de vie et facteur de développement, apparaît ainsi un certain nombre de parasites provenant de celle-ci.

En Mauritanie les agglomérations qui se sont développées sont de deux catégories :

- Les villes industrielles et minières,: NOUADHIBOU, ZOUERATE et AKJOUJT.

- Les villes traditionnelles : CAPITALES REGIONALES.

La rareté des pluies accentuée par la très longue période de sécheresse entraîne l'inexistence sur presque la totalité du pays des eaux de ruissellement. Le système de collecte et d'assainissement des eaux pluviales n'a jamais été envisagé pour la plupart des grandes villes sauf pour ROSSO où un réseau de rigoles d'assainissements a été construit en 1954 pour assurer le drainage vers le fleuve Sénégal des eaux collectées sur l'espace géographique de la ville. Avec les années de sécheresse, ce réseau est tombé en panne faute d'entretien régulier effectué par la municipalité.

Dans les villes minières, il existe généralement un petit réseau d'égoûts dans les cités nouvelles, construites par les Sociétés minières pour leur personnel. Ces réseaux aboutissent sur des petites stations de traitement, qui, après épuration, irriguent de petits espaces verts aménagés à l'aval ou arrosent par système de citernes, les arbres des rues.

Dans les villes traditionnelles, le rejet des humains se fait par système de puits perdus. Une petite construction précaire située dans un coin de la concession sert de lieu de toilettes, tandis que les eaux ménagères sont directement déversées dans la rue.

(*) Chef du Service Production Eau et Assainissement - SONELEC (Mauritanie).

En Mauritanie, la perméabilité du sol et l'absence de pluviométrie, et surtout, le rayonnement solaire permettent généralement d'éviter la création des zones marécageuses acteurs de maladie sérieuse dans certaines villes. Ce système traditionnel de rejet n'a pas encore entraîné de problèmes graves de pollution d'environnement.

A Nouakchott, Capitale administrative du pays, un réseau d'égouts long de 30 km avait été construit entre 1960 et 1965 en même temps que les premiers lotissements de la ville. Au même moment une station de traitement des eaux usées avait été construite pour une capacité de traitement de 900 m3/jour à l'aval duquel un périmètre fruitier avait été aménagé, de 6 ha.

L'espace géographique de la ville avait été divisé en trois bassins versants et le réseau d'égouts de ceux-ci aboutissait à un point de relèvement à partir duquel l'eau est refoulée par des électro-pompes vers la station d'épuration.

Dans l'ensemble, le système a bien fonctionné pendant quelques années, la méthode de traitement choisi était celui biologique avec lit bactérien. L'eau traitée servait à irriguer un périmètre de 6 ha qui est devenu maintenant de 27 ha. Les problèmes ont commencé à paraître en 1975 quand le développement de la ville a entraîné une saturation du réseau et de la station actuelle. L'entretien du réseau et de la station se sont faits difficiles et plus coûteux. L'absence d'une taxe sur l'assainissement a ramené cette infrastructure à la ruine. Cette usine était prévue pour traiter 900 m3/jour et elle collecte les eaux des zones administratives et zones résidentielles de la Capitale par l'intermédiaire de postes de relèvement au nombre de trois (3). Cette usine est arrivée à saturation en 1977, et elle continue à recevoir les eaux mais ces eaux ne sont plus traitées qu'à 50 %. Ces eaux sont utilisées pour irriguer un périmètre maraîcher de 27 ha qui couvre 40 % du besoin de la Capitale en légumes. Quant au réseau, les problèmes de son entretien sont multiples.

La façon dont il était réalisé n'était pas viable. La nature sablonneuse de la Capitale et la pénurie chronique de l'eau font les difficultés de drainage. Les moyens materiels limités de l'Entreprise font qu'ils continuent à utiliser les moyens manuels qui demandent une importante main-d'oeuvre qui est très souvent inefficace. La mécanisation de l'entretien diminuerait le coût de l'entretien du réseau et augmente son efficacité.

Pour pallier à ces problèmes de saturation de l'usine et l'entretien du réseau, le Gouvernement mauritanien a élaboré des projets d'assainissement de la Capitale dont une partie est déjà réalisée. Ce volet comportait la réalisation de 30 km de canalisation de drainage et de refoulement des eaux usées vers l'actuelle station d'épuration et des postes de relèvement. La mise en exploitation de cette phase augmente le problème que j'ai évoqué plus haut. C'est pour cela, le financement de la 2ème phase est en cours de négociation avec la B.A.D.. Cette phase comportera l'acquisition du matériel d'entretien du réseau notamment hydrocureuse.

La réhabilitation de l'actuelle station et des anciens postes de relèvement ainsi que la construction d'une nouvelle station d'une capacité de 1.800 m3/jour. Après l'exécution de ce projet, le problème de l'assainissement n'est pour autant réglé, car l'absence d'une source de financement de l'amortissement et de l'entretien va ramener à l'actuelle situation sous décennie.

CONCLUSION

Je pense que le problème qui surgit en Mauritanie doit être identique ou semblable à celui de vos pays respectifs.

Les Nations Unies en déclarant la Décennie 80 - 90, Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement signifient l'ampleur du problème.

L'ASSAINISSEMENT URBAIN A NOUAKCHOTT

par

Jean-Michel JOANNAN (*)

-=o=-

PREAMBULE

Je vais essayer au cours de ce bref exposé de donner un aperçu de la situation de l'assainissement à Nouakchott. Je me limiterai à ce cas puisque dans le reste de la Mauritanie, seules les méthodes traditionnelles et individuelles d'assainissement sont en cours. On n'y rencontre d'ailleurs pas de problèmes majeurs à cause de deux facteurs : un territoire immense et un climat chaud et sec.

C'est également ce climat qui fait que cet exposé sera consacré à l'assainissement des eaux usées et pas des eaux pluviales. Dans ce domaine l'investissement est évidemment prohibitif par rapport à la gêne causée par les maigres précipitations annuelles sur Nouakchott (moins de 50 mm ces dernières années).

J'espère que vous trouverez dans ce rapport des renseignements utiles de manière à combler un peu le "trou" du rapport à base de ce séminaire et fait par le B.C.E.O.M. et dans lequel le cas de Nouakchott n'apparaît pas du tout malheureusement.

A/ SITUATION DE L'ASSAINISSEMENT A NOUAKCHOTT

1. LES INSTITUTIONS

1.1. Le Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie

Créé fin 1983, ce Ministère est chargé dans le domaine de l'hydraulique des questions relatives à :

- la définition de la politique de l'eau
- la prospection et l'extraction des eaux
- l'hydraulique villageoise et pastorale
- la conservation des ressources en eau.

Outre son Administration centrale, le Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie comprend des Directions dont la Direction de l'Hydraulique et exerce sa tutelle sur des Etablissements Publics dont la SONELEC (Société Nationale d'Eau et d'Electricité).

(*) Chef du Service Hydraulique Urbaine - Direction de l'Hydraulique (Mauritanie).

1.2. La Direction de l'Hydraulique

Cette Direction est divisée en services dont le Service de l'Hydraulique Urbaine et ses attributions sont fixées par décret. Les voici en ce qui concerne le secteur de l'assainissement :

- Etude et exécution des ouvrages de production, de transport, de distribution d'eau potable et d'assainissement dans les centres urbains et ruraux en concertation avec la SONELEC et en harmonie avec ses programmes d'études et de réalisations.

- Contrôle technique de tous les travaux se rapportant à l'eau (forages, puits, captages de sources, stations de pompage, réseaux de transport et de distribution, stations d'épuration et réseaux d'assainissement, etc...).

1.3. La SONELEC

Cest un Etablissement Public à caractère industriel et commercial. Un décret lui assigne les objectifs suivants :

- Production, transport et distribution de l'eau et de l'électricité.

- Construction et exploitation des réseaux et stations d'assainissement.

- Etudes et travaux de toute nature se rapportant à ces activités.

1.4. Quelques remarques sur ces institutions

Après l'énoncé des attributions de chacun, il apparaît clairement la confusion qui règne au niveau des intervenants dans le secteur de l'assainissement. S'il est clair qu'un seul organisme est désigné comme le gestionnaire et l'exploitant des installations d'assainissement, en revanche la charge des études et des réalisations est assignée à deux organismes. De cette situation ont résulté dans le passé, et résultent toujours à l'heure actuelle, des conflits très préjudiciables aux projets d'assainissement. Outre qu'il est un comble de se disperser alors que les moyens humains et matériels sont déjà très faibles, cette situation explique en partie la réticence des bailleurs de fonds qui sont saisis de requêtes parfois contradictoires !

1.5. Les autres intervenants

L'assainissement individuel ainsi que le ramassage des déchets solides relèvent de plusieurs services,

Le Ministère de la Santé par le biais de la Division de l'Education pour la Santé sensibilise les populations aussi bien rurales qu'urbaines sur la nécessité d'une meilleure évacuation des excréta . Le Gouvernement a d'ailleurs chargé ce Ministère d'organiser les Journées Nationales de l'Assainissement les 30 et 31 mai prochains dans le cadre de cette politique de sensibilisation.

Le Ministère de l'Intérieur intervient à travers les municipalités (Districts) qui disposent de services de voirie chargés de la vidange des fosses septiques et du ramassage des ordures (notamment le District de Nouakchott). Le Service de l'Hygiène sous la tutelle du Gouverneur du District de Nouakchott est chargé de tous les programmes d'infrastructures du petit assainissement en particulier la vulgarisation et la construction de latrines.

Enfin le Croissant Rouge Mauritanien participe également aux campagnes de sensibilisation à l'aide de tous ses volontaires.

2. LES OUVRAGES

Comme c'est souvent le cas en Afrique on trouve à Nouakchott à la fois un assainissement collectif et un assainissement individuel. Le réseau de collecte des eaux usées couvre une surface importante mais dessert une population restreinte (15 % environ soit 60 000 habitants, la population de Nouakchott étant estimée à 400 000 habitants). Notons qu'il n'est pas possible d'obtenir auprès de l'exploitant le nombre, même approximatif, d'usagers raccordés au réseau. Les ouvrages individuels varient suivant le type d'urbanisation : fosses septiques, cabinets à eau, puits perdu ou épandage pur et simple.

2.1. Les ouvrages de collecte des eaux usées

Il s'agit d'un réseau unitaire composé de bassins gravitaires limités en superficie (100 à 150 hectares) en raison de contraintes topographiques (relief dunaire peu accentué) et de la présence d'une nappe phréatique peu profonde. Ces bassins gravitaires sont équipés de 3 postes de relèvement qui refoulent les eaux usées à la station d'épuration. Ces installations ont été mises en service en 1965 et couvrent, au Nord de l'artère principale, des zones résidentielles et administratives, au Sud, des zones commerciales et de moyen standing.

2.1.1. Le réseau et les postes

Le réseau est constitué de 30 km de conduites de diamètre 200 ou 250 mm posées avec de faibles pentes de l'ordre de 3 mm/m qui n'assurent pas l'autocurage vu les débits transités. Le réseau est donc équipé de réservoirs de chasse automatique en bout de branches. Ces options imposaient d'abord une mise en oeuvre soignée et ensuite un entretien efficace. Ces deux contraintes n'ayant malheureusement pas été respectées le réseau est donc sérieusement encrassé et des débordements se produisent de manière périodique. Il faut aussi ajouter les regards ensablés, endommagés voire détruits accidentellement ou volontairement. Mais il faut reconnaître que la situation reste dans l'ensemble assez correcte, les services de la SONELEC faisant à peu près face pour l'instant avec un matériel des plus sommaires.

Les postes de relèvement (appelés PR 1, PR 2 et PR 3) sont composés d'un regard collecteur, d'une fosse de dégrillage et du poste lui-même avec des pompes sécatrices en fosse sèche.

Le PR 1 dispose de deux pompes MENGIN de 12 l/s et est le seul à fonctionner encore en automatique avec des contacteurs à niveau. Les PR 2 et PR 3 disposent chacun d'une pompe de 12 l/s et d'une pompe récente de 17 l/s. Ils fonctionnent manuellement. L'état de vétusté de ces postes est avancé surtout au niveau électrique. Par contre les parties hydrauliques, génie civil et dégrillage sont encore dans un état correct.

2.1.2. La station d'épuration

Description et principe

La station d'épuration de Nouakchott a été réalisée en 1965 pour traiter un débit journalier de 900 m3. Elle est constituée par :

- un "complétréator" qui reçoit l'effluent en provenance des postes de relèvement et qui réunit en un seul ouvrage un décanteur primaire, un décanteur secondaire et un digesteur de boues ;

- un lit bactérien avec remplissage traditionnel constitué par du basalte de Dakar (granulométrie 45/90) ;

- un dispositif de recirculation du lit bactérien sur le décanteur secondaire ;

- une cuve de stockage de l'effluent traité permettant l'écoulement sur un périmètre maraîcher proche de la station.

En principe l'effluent à traiter arrive dans le décanteur primaire qui retient environ 50 % des matières en suspension et la partie des matières organiques qui leur sont liées. Il est prévu une injection de javel à ce niveau. De là l'effluent passe sur le lit bactérien sur lequel il est répandu par l'intermédiaire d'un sprinkler. Sur le matériau constitutif du lit se développe la culture bactérienne épuratrice. Le lit travaillant à forte charge, il y a un entraînement permanent des boues en excès d'où la nécessité du décanteur secondaire. La récupération se fait dans la partie basse du lit bactérien et l'effluent est repris par une pompe qui l'envoie sur la partie décanteur secondaire où il est débarrassé des boues biologiques produites et d'où il passe gravitairement dans la cuve de stockage.

La partie digesteur, située sous les deux décanteurs, recueille gravitairement les boues de ceux-ci et permet leur minéralisation par fermentation méthanique à l'abri de l'air. Les boues sont ensuite extraites périodiquement pour être envoyées sur des lits de séchage.

Fonctionnement actuel

Il est évidemment très éloigné du principe précédemment décrit. En effet, à l'heure actuelle, l'effluent est, non seulement pas épuré, mais même pas décanté. Le pont racleur des décanteurs ne fonctionne plus. Le digesteur et les décanteurs sont saturés de boue. L'effluent ne passe plus par le lit bactérien, la pompe de recirculation vers le décanteur secondaire étant hors d'usage. En conséquence, l'effluent va directement dans le bassin de stockage et de là au périmètre maraîcher où il sert à l'arrosage des légumes.

En fait l'ensemble des équipements mécaniques, hydraulique et électrique est hors d'usage sauf le sprinkler qui pourrait fonctionner. Par contre le Génie Civil est, en règle générale, correct. De même au niveau des installations de chloration seul le bac à javel peut resservir, l'équipement d'injection est hors service.

Ces problèmes étaient en fait largement prévisibles. Ils sont dus à une erreur de conception, celle retenue posant de grandes difficultés d'exploitation. Par exemple il est impossible de visiter le pont racleur du digesteur sans arrêt, vidange et nettoyage total de l'installation.

L'effluent

Bien qu'il n'existe pas de compteurs dans les postes de relèvement, son débit est estimé à 1300 m3/jour d'après le temps moyen de fonctionnement des pompes.

En ce qui concerne la charge polluante, des mesures effectuées en 1982 ont donné les résultats suivants :

D C O	1050 kg/jour	soit	808 mg/l
D B O 5	400 kg/jour	soit	300 mg/l
M E S T	670 kg/jour	soit	515 mg/l

On peut considérer que cette charge polluante est identique à l'entrée et à la sortie de la station.

2.2. L'extension du réseau

En 1976, sur la base d'une étude du BCEOM de 1971 et à partir d'un financement du Fonds Africain de Développement, un projet d'extension du réseau a été lancé. Ce projet avait pour but d'assainir 4 nouveaux quartiers en cours d'urbanisation, l'un étant raccordé à l'ancien réseau et les autres bénéficiant de 3 nouveaux postes de relèvement reliés à la station d'épuration par des conduites de refoulement. Le projet n'a pas été réalisé dans son ensemble et n'est pas encore terminé aujourd'hui. Les deux raisons principales de cet échec sont les suivantes :

- marché signé sur des bases devenues caduques. C'est l'éternel problème du délai entre les études et l'exécution ;

- manque de concertation entre les services. L'exploitant (SONELEC) refuse de prendre en charge des travaux réalisés par la Direction de l'Hydraulique. Il est d'ailleurs conforté dans son refus par les problèmes actuels de la station d'épuration.

Il faut dire, pour conclure ce point, qu'ont tout de même été réalisés dans le cadre de ce projet :

- 22 km de réseau gravitaire en tuyaux amiante-ciment Ø 200 ;

- 8 km de conduites de refoulement (Ø 300, Ø 200 et Ø 150) ;

- 3 postes de relèvement entièrement équipés qui amèneraient à la station un effluent supplémentaire évalué à 500 m3/j.

Le coût de ce projet a été de 80 millions d'UM soit 480 millions de francs CFA au taux actuel.

2.3. L'assainissement individuel

Si l'on sait que pour 85 % de la population de Nouakchott l'assainissement individuel est la règle, il est extrêmement difficile de connaître la répartition entre les différents systèmes utilisés. On en distingue principalement deux : fosses septiques et cabinets à eau, chaque système étant accompagné d'un puisard. Enfin une partie de la population ne dispose d'aucune installation.

2.3.1. Les fosses septiques

Depuis longtemps déjà la règlementation impose pour les permis de construire à Nouakchott la présence d'un plan type de fosse septique sauf pour les constructions susceptibles d'être raccordées au réseau. Ces fosses répondent aux normes habituelles et seraient un élément très positif sur le plan sanitaire à ce point près : aucun contrôle n'est exercé à la réalisation des constructions pour pallier à d'éventuelles malfaçons volontaires ou non. Le coût de ces installations étant assez élevé (300 000 francs CFA en moyenne) on constate fréquemment "l'oubli" de la ventilation ou de l'élément filtrant qui est en général un lit bactérien horizontal (à charge alors pour le puisard de faire office à la fois d'élément épurateur et disperseur).

Les vidanges sont assurées par le District qui est bien équipé en citernes.

2.3.2. Autres installations

A Nouakchott les cabinets à eau pouvant recevoir les eaux usées et reliés à un puisard sont d'un usage courant. Ce système ne pose pas de problème de pollution de la nappe phréatique puisque celle-ci bien que très proche (2 à 3 m) est saumâtre et donc complètement inutilisée pour les besoins domestiques. De plus les différents lits sableux et coquilliers situés entre la nappe et les puisards assurent un filtrage efficace.

Par contre dans certains quartiers la faible superficie des parcelles pose un grave problème et les rues sont vite transformées en champs d'épandage se confondant malheureusement avec les terrains de jeux des enfants.

Paradoxalement les zones d'habitat évolutif (en clair les bidonvilles) qui s'étendent en périphérie sur de grandes surfaces dunaires ou de sebkha sont nettement moins insalubres grâce à une densité assez faible. Il faut dire que la consommation d'eau dans ces quartiers est très minime (par un revendeur on paye aujourd'hui 1.200 F.CFA un fût de 200 litres).

Enfin de nombreuses personnes à Nouakchott ne disposent d'aucune installation sanitaire. C'est le cas par exemple de travailleurs immigrés sous-louant des chambres ou de petits vendeurs en tout genre. Les quelques toilettes publiques disséminées çà et là dans la capitale sont toutes inutilisables.

Un mot sur l'épuration industrielle. Elle est presque toujours individuelle et non contrôlée car la plupart des industries sont situées hors de l'agglomération. Seules deux usines sont concernées par le réseau collectif : une savonnerie qui n'est pas raccordée et une fabrique de boissons gazeuses qui rejette un effluent neutralisé dans le réseau.

2.4. Collecte des ordures ménagères

Le ramassage des déchets solides relève en principe des municipalités. Dans les faits seul le District de Nouakchott a organisé et développé ce secteur. Un système de conteneurs métalliques manipulables par camions a été mis en place dans tous les quartiers. Compte tenu de la faiblesse des moyens du District, l'enlèvement de ces bacs à ordures est très aléatoire, en général régulièrement fait dans les quartiers résidentiels et oublié dans les quartiers défavorisés.

Selon une enquête par échantillonnage réalisée par le Service de l'Hygiène du District, la situation se présente comme suit :

- 38 % de la population visitée bénéficient d'un enlèvement plus ou moins régulier par les services de voirie ;

- 3 % procèdent par incinération ;

- 12 % enfouissent leurs déchets ;

- 47 % rejettent leurs déchets dans la rue ou sur des décharges.

Notons enfin que les ordures collectées sont vulgairement déchargées aux abords de la ville alors qu'à l'origine devaient être organisées des décharges de comblement de zones basses.

2.5. Remarques générales

Favorisée par un climat chaud et sec, la situation de l'assainissement à Nouakchott n'est pas catastrophique. Elle est tout de même préoccupante. Les campagnes de sensibilisation menées par voies de presse et les actions volontaires organisées par les Structures d'Education des Masses n'ont jusqu'ici rien donné. Il semble que la tâche soit ardue pour faire évoluer la mentalité d'une population passant d'un habitat nomade et dispersé avec une consommation très faible à un habitat urbain et dense avec une consommation relativement élevée.

Toutes les actions entreprises ne pouvaient s'appuyer jusqu'à là que sur des textes fragmentaires. Cette carence est aujourd'hui vaincue par l'adoption des Code de l'Eau et Code d'Hygiène qui sont en cours de promulgation et feront l'objet

de Décrets d'Application. Malheureusement je n'ai pu encore me les procurer pour en connaître la teneur exacte dans le domaine de l'assainissement.

B/REUTILISATION DES EAUX USEES

Nul ne peut nier qu'en Mauritanie l'eau est une denrée rare et coûteuse. Aussi tous les moyens disponibles pour mieux gérer voire accroître les ressources en eaux sont les bienvenus. La réutilisation des eaux usées est un des moyens existant et son principe est acquis pour tout le monde. Il reste à voir dans quelles conditions ce principe est appliqué à Nouakchott, les problèmes soulevés notamment au niveau sanitaire ainsi que les solutions envisagées.

1. LE PERIMETRE MARAICHER

Dès la mise en service de la station d'épuration l'idée d'utiliser l'eau traitée pour le maraîchage avait été retenue. Les résultats spectaculaires obtenus ont amené un développement rapide et anarchique du périmètre maraîcher qui atteint maintenant la superficie de 37 hectares divisés en parcelles de 5000 m2. Ces parcelles sont elles-mêmes divisées en lots. On peut considérer qu'actuellement 2000 familles (soit environ 10 000 personnes) vivent soit partiellement, soit totalement de la production de la zone maraîchère. Toutes les cultures légumières courantes y sont pratiquées de novembre à mai auxquelles s'ajoute une production de plants de pépinière ornementaux à longueur d'année. On observe aussi quelques palmiers dattiers plantés sporadiquement.

Les techniques de culture sont parfaitement maîtrisées et les maraîchers obtiennent de bons rendements. La production contribue largement à l'approvisionnement régulier du marché en légumes de Nouakchott ainsi qu'à stabiliser les prix. L'importance économique du périmètre est considérable.

2. LES PROBLEMES SANITAIRES

2.1. Les normes de rejet

Elles sont variables suivant la destination et l'utilisation qui vont s'appliquer à l'effluent. En ce qui concerne l'agriculture, secteur qui nous intéresse, voici ce qu'on peut dire.

La réutilisation des eaux d'égouts brutes en agriculture peut comporter des : sques suffisamment graves pour la santé publique pour que cette pratique soit dans certains cas interdite. L'arrosage par aspersion est particulièrement dangereux et, selon l'O.M.S., il est à proscrire sans réserve en ce qui concerne les légumes à feuilles vertes qui sont consommés crus (salades, choux, céleris, ...), les bulbes à peau mince ou les racines comestibles (oignons, carottes, radis, ...) ou d'autres légumes consommés en salade tels que tomates, betteraves, concombres, poivrons, etc... Toujours d'après l'O.M.S., il est hautement souhaitable d'étendre l'interdiction d'emploi des eaux usées comme engrais à toutes les cultures comestibles.

Pour les eaux traitées les qualités requises sont différentes d'un emploi à l'autre. Les filières à prévoir pour l'obtention de ces qualités sont d'une complexité en rapport avec la pureté exigée. Si un traitement primaire peut être suffisant pour une eau destinée à l'irrigation il faut déjà pour l'arrosage des cultures (maraîchères surtout) procéder à :

- l'élimination à 90 % des matières en suspension et celle totale des hydrocarbures et détergents éventuels ;

- la désinfection afin d'obtenir autant que possible un effluent libre de tout agent pathogène.

Pour clore ce paragraphe sur les normes, il faut évoquer le décalage qui existe entre ces exigences et la réalité des conditions locales surtout socio-économiques et bien entendu financières. Mais je crois qu'on ne peut éternellement considérer ces normes applicables chez les autres et pas chez soi. Il faut au contraire tendre à les mettre en oeuvre et surtout démontrer que cela ne coûte pas forcément de l'argent lorsqu'on tient compte de l'ensemble des paramètres.

2.2. Le cas de Nouakchott

A la lumière de ce qui précède, on constate que nous avons affaire au cas le plus défavorable qui soit : utilisation des eaux usées non traitées pour l'arrosage d'un périmètre producteur de légumes dont beaucoup sont consommés crus.

Outre les nuisances dont souffrent les quartiers proches du périmètre et dues à la pollution des insectes et des rats, les problèmes sanitaires sont principalement constitués par les risques de maladies liées au péril fécal. Parmi les micro-organismes des eaux usées on trouve des parasites et des champignons, des bactéries et des virus. Sans entrer dans les détails voici les maladies provoquées :

- diarrhées par shigelloses, dysenteries amibiennes, poliomyélite, tétanos, hépatites virales, parasitoses intestinales. Toutes ces maladies constituent une pathologie quotidienne à Nouakchott. ;

- typhoïde et choléra sont plus rares avec toutefois pour le choléra une alerte sérieuse en décembre dernier ;

- enfin paludisme qui n'est pas directement provoqué par les rejets mais on peut craindre que la zone maraîchère ne crée des conditions favorables au développement des anophèles.

Evidemment il est difficile de faire la part des maladies dues à la consommation de légumes du périmètre par rapport à l'ensemble. D'autant plus qu'aucune analyse bactérienne complète n'a été réalisée à ce jour sur l'effluent. Seule une étude sur les parasites a été menée par le Centre National d'Hygiène il y a 3 ans. Elle portait à la fois sur les eaux, le sol et les légumes.

Plusieurs conclusions sont à retenir. Tout d'abord les eaux représentent bien la principale source d'infestation parasitaire des légumes du périmètre maraîcher. Ensuite la consommation des légumes représente l'une des principales sources d'infestation parasitaire (Ascariose).

Mais à ces deux conclusions favorables aux détracteurs du périmètre vient s'opposer celle-ci : il a été constaté un taux peu élevé d'infestation parasitaire des eaux usées. La raison évoquée est que les eaux usées sont drainées à partir des quartiers résidentiels où les populations ont de bonnes conditions d'hygiène.

Il est donc bien difficile de conclure dans le débat animé autour du périmètre.

3. LES SOLUTIONS ENVISAGEES

Malgré les contraintes économiques, les considérations politiques et humaines, le Gouvernement a tout de même décidé récemment de charger le Département de la Santé de trouver des solutions à court terme. Voici celles qui ont été recensées :

- restauration de la station d'épuration
- traitement des légumes
- programme d'éducation sanitaire
- reconversion du périmètre maraîcher en périmètre fruitier.

Cette dernière mesure a été évaluée par la Direction de l'Agriculture et chiffrée à 100 millions de F.CFA, chiffre qui ne tient pas compte des mesures d'accompagnement à prendre concernant le délai de mise à fruit, le revenu des maraîchers, la chute de production des légumes. La restauration de la station d'épuration est d'un coût très élevé et nous l'examinerons en détail plus loin.

Finalement seuls semblent applicables rapidement un programme de traitement des légumes par leur lavage dans une solution javellisée ainsi qu'une campagne radio-télévisée d'éducation sur l'hygiène alimentaire. Espérons que le stade de la recommandation sera dépassé pour déboucher sur des actions concrètes.

C/ PERSPECTIVES D'AVENIR ET CONCLUSIONS

1. REHABILITATION DE LA STATION

Longtemps cette réhabilitation a été considérée comme facilement réalisable. Ainsi par exemple elle était traitée "d'intervention insignifiante" dans une étude en 1982 par les Services de l'Habitat et de l'Urbanisme. En fait les travaux de restauration posent plusieurs problèmes et coûteront de toute façon très cher. La station est prévue pour 900 m3/jour et en reçoit à l'heure actuelle 1300 et bientôt 1800 lors de la mise en service de l'extension du réseau. Même s'il est admis que la station actuelle pourrait traiter 1200 m3/jour il faut d'ores et déjà envisager d'augmenter la capacité de l'actuelle de la station, ou d'en créer

une autre ou les deux à la fois pour préserver l'avenir. L'exploitant refuse de donner des garanties de qualité de traitement pour une simple remise en état sans prétraitement et sans remplacement du matériau du lit bactérien. Il refuse en conséquence de donner un prix, même approximatif, pour une telle remise en état.

2. FUTURS SCHEMAS D'AMENAGEMENT

Notons qu'aucune des options telles que rejet en mer ou lagunage n'ont été examinées sérieusement. Les schémas d'aménagement qui ont fait l'objet d'études détaillées sont tous dans la continuité de ce qui existe et visent à rentabiliser au mieux les investissements déjà faits, notamment toute l'extension du réseau en attente d'un débouché.

Le schéma le plus avancé a fait l'objet d'un Avant-projet sommaire en 1982. Il aboutissait par rénovation et transformation d'une nouvelle station ou traitement secondaire de 4800 m3/jour d'effluent. Il comportait en outre les possibilités d'extension pour un traitement jusqu'à 10 000 m3/jour. L'investissement était chiffré à l'époque à 1 milliard 200 millions de francs CFA.

Ce projet n'a pas abouti pour l'instant n'ayant pas trouvé de bailleur de fonds dans la conjoncture difficile qui règne aujourd'hui. Il semble d'ailleurs que les options en matière d'assainissement à Nouakchott soient actuellement révisées sous l'impulsion de la Banque Mondiale. Bien que cela reste officieux les voies de l'assainissement individuel seraient mieux explorées voire favorisées par rapport à l'assainissement collectif considéré comme un luxe. Si tel est le cas, et malgré les résultats peu probants de Nouakchott, ceci semble plutôt dommage. Rappelons une fois de plus l'importance du problème des ressources en eau en Mauritanie.

3. CONCLUSION

La situation de Nouakchott présente un condensé de nombre d'erreurs classiques observées un peu partout en Afrique. Un tel séminaire est le lieu tout indiqué pour les faire connaître et ainsi organiser une grande confrontation d'idées et d'expériences. Au niveau de l'étude générale sur l'assainissement menée par le C.I.E.H., j'avoue attendre également beaucoup de la partie "Aspects institutionnels et financiers", thèmes qui sont depuis peu très à l'ordre du jour en Mauritanie.

L'ASSAINISSEMENT URBAIN AU TOGO

par

Ayatou SINGO (*) et Aye MARFA (**)

-=o=-

INTRODUCTION

Le Deuxième Atelier National sur la Planification du secteur Eau Potable et Assainissement (EPA), tenu à Lomé en octobre 1983, ainsi que les différentes études menées par les Services nationaux, permettent de dégager les informations qui seront présentées ci-après, en ce qui concerne, respectivement :

- la situation du sous-secteur Assainissement urbain,
- les contraintes existantes dans la réalisation de ce secteur,
- ainsi que les objectifs généraux et spécifiques dans le cadre de la décennie de l'EPA.

1. SITUATION DANS LE SOUS-SECTEUR ASSAINISSEMENT URBAIN

1.1. Le pays

1.1.1. Eléments généraux

Le Togo a une superficie de 56 000 km2. Il se présente sous la forme d'une bande de 600 km, orientée Nord-Sud, dont la largeur varie de 55 km sur le littoral à 150 km dans la partie centrale. Il est limité au Sud par l'Océan Atlantique, à l'Est par le Bénin, à l'Ouest par le Ghana et au Nord par le Burkina Faso. La position géographique du pays et la présence de la chaîne des Monts du Togo engendrent 2 régimes climatiques différents :

- au Sud du 8ème parallèle, un climat de type Baoulo-Guinéen avec 2 saisons sèches d'inégales longueurs et 2 saisons pluvieuses à moyenne pluviométrique annuelle de 800 à 1 400 mm. L'amplitude thermométrique varie de 22 à 32° C ;

- au Nord du 8ème parallèle, un climat de type Soudano-Guinéen caractérisé par une seule saison sèche et une température moyenne élevée (32° C). La pluviométrie moyenne annuelle oscille entre 1 000 et 1 500 mm.

Du point de vue du relief, la chaîne des Monts du Togo prend en écharpe le territoire entre le 7ème et le 10ème parallèle. De part et d'autre de cette chaîne on rencontre 2 pénéplaines, l'une à l'Est qui décroit de 450 à 50 m, l'autre au Nord.

(*) Chef de la Division de l'Hydraulique Urbaine et Rurale - Direction de l'Hydraulique et de l'Energie (Togo).

(**) Ingénieur Sanitaire - Service National d'Assainissement (Togo).

Les principales ressources hydrographiques sont constituées par le bassin de la Volta, le bassin du Mono et le Lac Togo.

Le Togo se trouve dans une zone de transition entre la savane et la forêt dense, le clivage entre les deux se faisant par la ligne des Monts du Togo. La savane arborée couvre plus des 3/4 de la superficie du territoire.

Sur le plan hydrogéologique, on distingue une zone dite du socle où les eaux peu minéralisées sont présentes par poches aux endroits des fractures et une zone sédimentaire côtière. Une étude complète sur les ressources hydrauliques a été effectuée en 1982.

1.1.2. Population, développement démographique

La population totale, recensée en novembre 1981, était de 2 705 000 habitants, dont 52,5 % avaient moins de 18 ans.

Le taux d'accroissement annuel prévisible pour la période 1981-1990 a été estimé à 2,8 %, ce qui implique une population totale de l'ordre de 3 600 000 habitants en 1990.

En 1981, au sens administratif du terme milieu urbain, 28 % de la population résidait dans des chefs lieux de préfecture et sous-préfecture. En élargissant la notion de milieu urbain et en prenant en compte le milieu semi-urbain, les démographes ont calculé que 38 % de la population recensée résidait dans des agglomérations.

Dans les mêmes conditions de calcul, il est estimé, en 1990, que 43 % de Togolais résideront en milieu urbain et semi-urbain.

Le taux d'accroissement annuel de la population rurale est estimé à 2,4 % sur la période 1981-1990.

En ce qui concerne la population urbaine, au sens administratif du terme, le taux d'accroissement moyen annuel sera vraisemblablement de 4,4 %, LOME étant crédité de + 6,5 % KARA de 7,9 %.

En ce qui concerne la population de centres semi-urbains le taux de variation retenu, en moyenne, serait de 4,9 %.

1.1.3. Schéma d'organisation administrative

Le Togo est organisé en régions économiques (Maritime, Plateaux, Centre, KARA, Savanes) comprenant 21 préfectures et 9 sous-préfectures.

1.1.4. Indicateurs socio-économiques

a) Economie

Le Togo connaît actuellement des difficultés économiques dues à la mévente et aux cours pratiqués sur les phosphates (principale ressource d'exportation) et aux mauvaises conditions climatiques enregistrées ces dernières années pour les cultures d'exportations (café, cacao).

Des investissements importants stimulés par l'essor des cours mondiaux des phosphates durant la décennie 1970-1980 ont eu des rendements insatisfaisants, voire négatifs, ce qui a contribué à détériorer l'équilibre recettes-dépenses. Le service de la dette garanti par l'Etat, renégocié et réaménagé (dernière négociation début 1983) représente plus de 35 % des recettes courantes.

Le revenu national par habitant était en 1980 de 363 dollars EU. En prix constants 1980, le produit intérieur brut s'élevait pour 1981 à 218 milliards de F.CFA répartis en 25 % pour le secteur primaire, 25 % sur le secteur secondaire et 50 % pour le secteur tertiaire.

Pendant la période 1981-1985, la croissance réelle du P.I.B. sera de l'ordre de 2,5 % ce qui signifie une légère croissance négative par habitant, compte tenu de l'augmentation démographique évaluée à 2,8 %.

Les phosphates représentent, selon les années, de 40 à 50 % du montant des exportations totales, le cacao et le café près de 20 %, ce qui rend l'économie extrêmement vulnérable aux fluctuations du marché mondial et perturbe considérablement les projections économico-financières à court terme. Le budget d'investissement en Francs courants est en régression très importante depuis 1979. Il représente en 1983 environ 5 % du budget général.

Le 4ème plan de développement (1981-1985) a été provisoirement abandonné et remplacé par des programmes d'actions de l'Etat annuels.

b) Nutrition

La contribution du secteur primaire à l'économie assure pratiquement l'auto-suffisance alimentaire, tout au moins pour les produits de base. Néanmoins, des importations sont faites en ce qui concerne certains produits comme le sucre, la viande, la farine, le riz, le sel et certaines boissons. De même, l'auto-suffisance n'est pas atteinte dans le secteur de la pêche.

1.1.5. Education - Alphabétisation

Le taux de scolarisation moyen dans l'enseignement du premier degré est de 70 %, le taux d'alphabétisation des adultes et femmes étant de 19 %. Le gouvernement consacre environ 25 % de son budget à l'administration.

1.1.6. Situation socio-sanitaire

Les maladies infectieuses et parasitaires constituent la première cause de mortalité (29 % des cas enregistrés) et de morbidité (39 %). Les autorités sanitaires reconnaissent que la majeure partie de ces maladies infectieuses sont d'origine hydrique.

Le taux de mortalité infantile est de 91 ‰.

L'espérance de vie à la naissance est de 42 ans pour les hommes et 50 ans pour les femmes.

Le Gouvernement développe activement la médecine curative associée à une politique d'éducation pour la santé pour la prévention des maladies.

1.2. Description du sous-secteur assainissement urbain

La lutte contre les grandes endémies comme le paludisme, la méningite, la variole, le pian et autres, avait donné lieu de se préoccuper depuis le temps colonial, de l'hygiène en général ; quelques mesures d'assainissement étant prises par les Services des travaux publics et de la Voirie municipale de Lomé. Les mesures d'assainissement de base se sont graduellement imposées avec les plans nationaux de développement, depuis donc une vingtaine d'années.

1.2.1. L'évacuation des excreta et des eaux usées domestiques et pluviales.

a) En milieu urbain

Le Togo compte aujourd'hui vingt et un chefs-lieux de préfectures administratives qui font figures d'agglomérations urbaines pour lesquels il a été prévu dès le troisième plan quinquennal l'approvisionnement en eau potable, l'électrification et l'établissement de plans directeurs d'urbanisme. Mais en ce qui concerne l'évacuation des excreta, des eaux usées domestiques et pluviales nous distinguons le cas de Lomé de celui des autres villes.

b) A Lomé

Le taux de desserte en évacuation des eaux usées domestiques et pluviales est de 20 %. En effet quelques quartiers ont été pourvus en 1963, d'un système d'égout séparatif moderne en raison des débits importants d'eaux pluviales et de la nécessité de relever les eaux usées, plusieurs fois avant leur rejet en mer. Le réseau d'eaux pluviales comporte deux collecteurs principaux de 1 m de diamètre, qui débouchent sur le littoral.

Les eaux usées domestiques quant à elles, sont refoulées dans un collecteur général gravitaire de 0,80 m de diamètre grâce à trois postes de relèvement. Ce collecteur arrive un peu au-dessus du niveau de la mer au moyen d'un wharf de 40 m de long. A Tokoin le Centre Hospitalier Universitaire, la Cité de l'Avenir, le Camp Militaire et le Lycée de Tokoin sont dotés d'un réseau d'égout. La partie Centre-Sud de la ville est également dotée d'un réseau d'égout embryonnaire qui dessert un petit quadrilataire. Signalons en passant que très peu de maisons sont branchées sur ce réseau.

En bref, le réseau d'égout existant à Lomé dessert un très faible pourcentage de la population municipale.

Depuis 1968, il existe également un plan directeur d'assainissement de la capitale d'alors, plan qui n'a pu être exécuté. A défaut donc d'un tout-à-l'égout complet, on a été amené à construire dans les quartiers inondables, des évacuateurs à ciel ouvert

et à fond plat pour le drainage des eaux de pluies, dans lesquels sont malheureusement drainées les eaux usées des habitations environnantes, ces caniveaux reçoivent en outre les déchets solides en provenance des maisons et des rues non bitumées.

Par ailleurs, on a achevé, depuis 1975, le remblai de la lagune qui divisait alors la ville de Lomé en deux parties d'Est en Ouest dans le cadre de l'assainissement et de la lutte contre les moustiques et les mouches domestiques.

Pour l'évacuation des excreta, une partie des habitations de ville, surtout dans les quartiers résidentiels, disposent d'une fosse septique raccordée à un puisard surtout quand l'eau de réseau est disponible. Mais une grande partie de la population utilisait encore des tinettes dont le contenu était déversé directement dans mer par des camions de vidange jusqu'en janvier 1980 date de rentré en vigueur de l'arrêté municipal Nº 17/ML du 25 Avril 1979, portant suppression des tinettes sur l'ensemble de la commune.

L'adoption de la fosse septique à Lomé constitue une solution transitoire vers la réalisation d'un projet complet d'urbanisme d'assainissement et de transport, dont les études sont déjà achevées.

Hormis ces installations familiales, la commune met à la disposition de la population, des latrines publiques dispersées dans les quartiers. Mais ces dernières sont très insuffisantes en nombre et laissent par ailleurs à désirer du point de vue gestion. Le taux de couverture des besoins à Lomé est estimé à 35 % environ.

c) Dans les autres villes

Dans les autres villes il n'existe pas de système d'évacuation des eaux pluviales, mais la topographie des sites facilite le drainage, contrairement à ce qui se passe dans les villes côtières de Lomé et Aného, où des flaques d'eau stagnent plus ou moins longtemps après les pluies.

Dans ces villes, les rigoles généralement non aménagées qui longent les rues reçoivent également les eaux usées des habitations. L'érosion de ces rigoles présente parfois des dangers autant pour les habitations que pour leurs occupants. Dans les villes où il y a un réseau d'eau potable, un petit groupe de privilégiés ont des fosses septiques avec puits perdu. Le taux de couverture est estimé à environ 30 % des besoins réels.

Les Autorités municipales mettent également à la disposition des habitants, des latrines publiques généralement très insuffisantes en nombre, surtout si l'on considère que les habitations en sont dépourvues pour la plupart.

Dans certaines agglomérations on utilise des latrines à fosse sèche, mais la majorité de la population font leurs besoins dans la nature, créant ainsi de conditions favorables à la contamination de l'eau et du sol. Il est estimé que les besoins en latrines sont couverts à 20 % environ.

1.2.2. La collecte et l'évacuation des déchets solides

Les déchets solides ont quatre origines principales :

- les ordures ménagères
- les résidus industriels
- les déchets solides commerciaux
- les déchets solides hospitaliers.

Les ordures ménagères englobent les déchets de cuisines, les balayures, les excreta et cadavres d'animaux, les tessons de bouteille, de la ferraille, etc...

Les résidus industriels sont constitués des restes de matériaux de construction, des morceaux de plastique, de bois, de papier, de produits minéraux ou organiques, etc... selon la nature des industries en place ou des produits d'importation.

Les déchets commerciaux proviennent essentiellement des marchés et des emballages et comportent essentiellement du papier, du plastique et des feuilles végétales.

Les déchets solides hospitaliers regroupent les ordures ménagères provenant des cuisines et balayures ainsi que les résidus des soins médicaux tels que les cotons, pansements.

Le volume et parfois la nature des déchets solides posent de plus en plus de problèmes aux agglomérations urbaines du Togo.

a) Ordures ménagères et déchets solides commerciaux

A Lomé

La collecte et l'enlèvement des ordures ont posé et posent encore de sérieux problèmes aux Autorités municipales, au fur et à mesure que les limites de commune de Lomé reculent.

Avant 1975, la collecte et la disposition des déchets solides étaient assurées par la Voirie municipale qui ne disposait alors ni d'équipement, ni de personnel en nombre suffisant.

De plus, la population ne soutenait pas toujours les efforts de l'administration communale dans ce domaine. Aussi y avait-il, en plus des dépôtoirs officiels, un grand nombre de dépôtoirs clandestins dans presque tous les quartiers. De plus les habitants croient devoir remédier à l'inondation des rues non bitumées en les remblayant carrément avec les ordures.

L'évacuation des déchets solides peut donc être considérée comme déplorable jusqu'en 1975. Les Autorités communales et sanitaires conscientes des effets négatifs de cette situation sur la santé des habitants, ont apportée une nette amélioration depuis lors, avec l'assistance de la France qui avait fourni alors une dizaine de camions de collecte. La Voirie ne disposant pas de personnel suffisant a jugé bon de confier la tâche d'enlèvement des

ordures à la Société Togolaise d'Enlèvement des ordures Ménagères et Assainissement (SOTOEMA) ; une société privée qui naissait alors et qui prenait donc cet équipement en location-vente.

A cette époque, SOTOEMA devant en plus se débarrasser des dépôtoirs qui existaient, enlevait environ 500 tonnes de déchets par jour. Aujourd'hui, la même Société enlève environ 900 tonnes de déchets par jour, bien que la population communale ne soit pas entièrement desservie. Le taux de desserte de la ville est estimé à 65 % environ.

Dans les autres villes

Dans les agglomérations urbaines de l'intérieur, il n'y a pas de services qui s'occupent de l'enlèvement des ordures. En général les ordures sont répandues un peu partout le long des voies dans les dépressions, sur les rives des cours d'eau, et constituent de ce fait de véritables nuisances et problèmes qui préoccupent les Autorités sanitaires et municipales.

b) Les déchets industriels

Il y a au Togo un effort d'industrialisation réel dont l'une des conséquences est la production de déchets spécifiques de volumes importants. L'on peut déjà citer en exemple les déchets provenant de la zone portuaire, des brasseries, des usines textiles, etc...

Tout en déplorant l'installation anarchique des usines dans la zone portuaire, sans tenir compte des effets des unes sur les autres (industries alimentaires : Grand Moulin, S.T.B. abattoir, etc... près des industries telles la cimenterie, marbrerie, raffinerie, etc...) il est à noter que le traitement des déchets industriels, liquides ou solides n'est généralement pas inclus dans la conception des installations. Et quand bien même tel est le cas, le traitement n'est pas réalisé parce que son coût de revient est considéré comme superflu.

1.2.3. Le contrôle de la qualité de l'eau de boisson

L'eau est indispensable à la vie, pour certains elle est elle-même la vie. Elle est ainsi utilisée comme boisson par excellence, et entre dans notre alimentation quotidienne. Elle est également utilisée pour nos divers besoins ménagers tels la vaisselle, la lessive, le nettoyage, le bain, etc...

L'eau est donc vitale. Mais elle l'est encore plus par le fait qu'elle est nécessaire dans les principales activités humaines telles l'industrie, l'agriculture, la navigation, la production d'énergie, le sport, la culture, etc... L'eau constitue par ce fait une ressource pour tout pays qui en dispose.

Pour toute agglomération d'hommes, il faut donc disposer d'eau non seulement en quantités suffisantes mais aussi et surtout de bonne qualité, car elle constitue l'un des plus grands transporteurs des germes de maladies transmissibles.

C'est pourquoi le contrôle et la surveillance de la qualité de l'eau à l'approvisionnement s'impose pour des raisons de santé publique.

Au Togo, actuellement, la Régie Nationale des Eaux du Togo, qui est la Société d'exploitation des réseaux d'eau potable et d'égout, dispose à Lomé, d'un laboratoire d'analyses complètes de l'eau destinée à la consommation humaine. Ce laboratoire, de par ses activités, garantit la qualité de l'eau distribuée aux populations, conformément au statut de la Régie qui est de fournir de l'eau non préjudiciable à la santé des consommateurs, en quantités suffisantes.

Cependant, le département de la Santé, qui est garant de la Santé Nationale, garde un rôle de supervision en ce qui concerne la qualité de l'eau. Pour ce faire, il dispose de Services techniques à l'Institut National d'Hygiène Ernst Rodeviwald qui, périodiquement et selon ses moyens, procède à des prélèvements et analyses de contrôle. Ces opérations de routine sont pratiquement plus régulières dans la région maritime que pour le reste du territoire national.

A cause de ces interventions plutôt timides et très irrégulières de l'Institut en dehors de la région maritime, le Service National d'Assainissement, qui est un Service technique de la Santé, se dote déjà de modestes laboratoires régionaux pour le contrôle efficace de la qualité de l'eau fournie aux populations nationales.

Ce projet a commencé avec le troisième plan quinquennal, et est de nouveau inscrit pour le quatrième dans le cadre de la Décennie Internationale de l'Approvisionnement en Eau Potable et de l'Assainissement.

1.2.4. L'urbanisme et l'habitat

L'habitat humain, c'est le cercle intime et indivisible où l'homme vit la moyenne partie de son existence, c'est-à-dire le logement (ou habitation) qui abrite la famille (ou unité sociale) plus le périmètre immédiat qui l'entoure.

Ainsi, un village qui se suffit relativement par lui-même, constitue un exemple de l'unité de l'habitat rural. De même, un quartier urbain ou un ensemble de quartiers où l'on trouve le nécessaire vital, constitue une unité de l'habitat urbain.

En d'autres mots, si l'habitation est le logement pour la famille, l'habitat est une sorte de logement pour une communauté toute entière. Et l'habitat à haut standing est une des grandes marques du haut degré de civilisation.

Ainsi, pour conférer à l'homme sa vitalité nécessaire, pour assurer à la société son plein épanouissement, l'habitat qui est le point focal de l'urbanisme, doit pouvoir satisfaire certains besoins ; il doit ainsi :

- être a priori une source de vitalité d'ordre physiologique et psychologique ;

- pouvoir offrir une protection suffisante contre les maladies transmissibles ;

- et garantir une sécurité suffisante vis-à-vis des calamités naturelles ou artificielles (inondations, orages, éruptions volcaniques, incendies, guerres, etc...).

C'est dire finalement que l'urbanisation dans ses rapports avec l'habitat, soulève un ensemble de problèmes dont la solution globale fait appel à plusieurs disciplines qui sont entre autres : l'Architecture et l'Urbanisme, le Génie, les finances, la politique, la Santé Publique, etc...

La Santé Publique quant à elle, se donne pour rôle de veiller à ce que les bâtiments et les autres diverses constructions dans un habitat soient agencés de telle sorte que le travail et la vie sociale puissent s'y dérouler rationnellement, avec le maximum possible de confort, de commodité et de sécurité. Pour ce faire il doit être réalisé pour chaque agglomération, un plan d'aménagement cohérent et rationnel, prévoyant les différentes zones d'activités vitales en fonction du développement maximum intégral prévu ou souhaité. Le plan d'urbanisme doit prévoir ainsi les zones industrielles elles-mêmes sectorisées, les zones commerciales, les zones administratives, résidentielles, les centres de santé et d'éducation, etc...

Si l'urbanisation des villes du Togo présente des caractères communs, elle offre aussi des particularités qui sont parfois choquantes. En ce qui concerne Lomé la capitale, elle était dotée d'un plan cadastral qui ne prévoyait que les grands axes suivant lesquels la ville devrait se développer. Durant les premières années de tutelle de la France, les Autorités de la ville avaient la situation bien en main, ce qui avait permis de prolonger les rues existantes et de tracer celles que prévoyait le plan. Les lôtissements étaient également l'affaire des responsables de la commune.

Mais quelques années avant l'indépendance il y eût un relachement de la part de l'Administration du temps, et c'est alors que les lôtissements clandestins faits par des géomètres privés commencèrent à voir le jour. La situation n'a pas tellement changé quand même en 1969, Lomé a été doté d'un plan directeur d'urbanisme, surtout en ce qui concerne les lôtissements non approuvés. Ainsi beaucoup de constructions ont surgi de façon anarchique sur des parcelles qui n'avaient reçu au préalable ni de visa de la municipalité, ni l'infrastructure minimum (rues, électricité, eau, etc...). L'inexistence de rues praticables dans les nouveaux quartiers empêche donc la commune d'assurer aux habitants les prestations de services élémentaires.

Les caractéristiques des autres villes du Togo ressemblent à des égards à celle de la capitale. Cette lacune est à la base d'un manque d'organisation structurelle de ces agglomérations, même si aujourd'hui ces villes possèdent aussi leurs plans directeurs d'urbanisme (hormis ceux de Dapaong, et Atakpamé qui sont en préparation).

Quant aux 3.300 villages du pays, ils se caractérisent plutôt par un habitat médiocre, n'ayant jamais disposé d'aucun plan d'aménagement. Les différentes unités d'habitation sont ainsi implantées pêle-mêle, sans dégagements apparents entre concessions voisines.

Au Nord du Togo, bon nombre de villages sont à habitat dispersé, ce qui complique la situation en matière d'équipement en structures socio-collectives.

Le contrôle de l'exécution des plans directeurs des villes s'exerce au niveau de la délivrance des permis de construire et d'habiter, dont les activités permettent en même temps de vérifier la conformité des plans individuels d'habitations aux normes élémentaires d'hygiène sur l'orientation, la ventilation, l'éclairage naturel et artificiel, les installations sanitaires, etc...

Au cours de telles visites domiciliaires, les agents d'assainissement conseillent la population pour le maintien d'un environnement sain et agréable au sein de l'habitat, grâce à l'évacuation adéquate des excreta et des eaux usées, à la disposition convenable des ordures, à la lutte contre les mouches et les moustiques, à la lutte contre le bruit nocif, etc...

1.3. Cadres institutionnel et règlementaire

1.3.1. Les Institutions du Secteur EPA

Les problèmes de l'eau et de l'assainissement ayant toujours été au centre des préoccupations des autorités togolaises, des structures cadres institutionnelles sont mises en place pour cerner de près ses divers aspects.

1.3.2. Comité National de l'Eau

Dès 1970, un décret présidentiel mettait en place le Comité National de l'Eau, à caractère interministériel, ayant pour attribution de définir la politique du Gouvernement dans le secteur Eau et Assainissement. Le secrétariat de ce Comité est assuré par l'Arrondissement de l'Hydraulique et de l'Electricité, devenu Direction de l'Hydraulique et de l'Energie par le décret présidentiel n° 80-250 du 21 Octobre.

1.3.3. Le Ministère de l'Equipement, des Mines et des Postes et Télécommunications

Il coordonne les activités dans le secteur hydraulique (hydraulique urbaine et rurale). Les services ci-après dépendent de ce Ministère :

a) La Direction de l'Hydraulique et de l'Energie est chargée de la planification, de la conception, de la construction (ou de la supervision de la construction) des ouvrages en milieu urbain et rural. L'entretien des moyens d'exhaure du milieu rural est assuré par la Structure d'Entretien des Pompes (S.E.P.)

qui assume la tâche d'encadrement des villageois. La Direction de l'Hydraulique et de l'Energie est représentée par une Subdivision dans chaque région économique.

b) La Direction des Mines et de la Géologie intervient par sa section Hydrogéologique.

c) La Régie Nationale des Eaux du Togo est chargée de l'exploitation, et de l'entretien, des ouvrages d'A.E.P. urbain et semi-urbain. Le renouvellement et l'extension de ces ouvrages sont faits en concert avec la Direction de l'Hydraulique et de l'Energie.

1.3.4. Le Ministère des Transports intervient dans le secteur eau par la Direction de la Météorologie Nationale qui s'occupe de l'Hydrométéorologie (pluviométrie, température, vents ...).

1.3.5. Le Ministère de la Santé Publique intervient dans le secteur eau - assainissement par l'intermédiaire de ses services techniques notamment :

. l'Institut National d'Hygiène qui contrôle la qualité des eaux ;

. le Service de l'Education pour la Santé qui sensibilise et motive la population à l'acceptation des programmes d'éducation sanitaire ;

. le Service National du Paludisme ;

. le Service National de l'Assainissement qui est l'organe de promotion de l'hygiène sur le territoire national. A ce titre, il est chargé du contrôle de la qualité de l'eau de consommation en milieu rural. Ce service est représenté dans chacune des cinq régions économiques par un service régional.

1.3.6. Le Ministère de l'Intérieur

Le Service de la Voirie Municipale à LOME entretient des ouvrages sanitaires et assure l'évacuation des déchets.

1.3.7. Le Ministère de l'Aménagement Rural

La Direction du Génie Rural initie des projets dans le domaine de l'Hydraulique villageoise (puits, retenues d'eau, ...).

1.3.8. Le Ministère du Plan et de l'Industrie

C'est le coordonnateur des activités économiques. Il recherche le financement des projets et en assure le contrôle.

1.3.9. Coordination des Activités de la Décennie

L'organe technique de soutien à la Décennie est la Commission Technique Permanente du Comité National de l'Eau, dont le secrétariat dépend du Ministère des Ressources Hydrauliques. Cet organe de soutien technique travaille en étroite collaboration avec le PNUD (Point Focal de la Décennie). Pour le démarrage des activités de la Décennie, le Togo fait partie des pays bénéficiaires du projet OMS/GTZ.

Il est bien entendu que les structures internationales mises en place pour la Décennie lancée par les Nations Unies s'intéressent sous plusieurs formes aux activités de la Décennie du Togo.

1.3.10. Législation du secteur

Les textes législatifs existant dans le secteur sont en général périmés ou inadaptés à la situation réelle.

L'absence de législation et, par voie de conséquence, de règlementation opposables aux tiers est une carence notoire qui entrave les actions des administrations et, des sociétés gestionnaires dans le secteur.

1.4. Réalisations du Sous-Secteur Assainissement Urbain

Il n'a pas été possible de recenser les réalisations effectuées ; néanmoins on peut citer :

- la réalisation de plans directeurs d'urbanisme et d'assainissement des villes chefs-lieux, et plus particulièrement de la ville de Lomé ;
- une dotation en camions et matériel de vidange des fosses de latrine, grâce à une aide extérieure ;
- l'assainissement de la lagune au niveau de Lomé et Aného ;
- l'assainissement de l'Hôpital du 2 Février ;
- l'assainissement partiel eaux pluviales de Lomé ;
- l'assainissement partiel eaux usées de Lomé, etc...

2. CONTRAINTES DANS LA REALISATION DU SOUS-SECTEUR ASSAINISSEMENT URBAIN

La multiplicité des Services opérant dans le sous-secteur assainissement aboutit généralement à la dispersion des ressources et pose beaucoup de problèmes au niveau de la répartition des tâches et attributions.

2.1. En ce qui concerne l'évacuation des excreta et des eaux usées

Il faut noter :

- la faiblesse de la dotation budgétaire
- le manque de motivation à tous les niveaux
- la complexité technique des problèmes à résoudre.

2.2. Pour l'évacuation des déchets solides

- à Lomé : mauvais état ou inexistence de la voirie, dans les quartiers périphériques qui ne sont pas alors desservis par la collecte ;

- dans les autres villes : il y a lieu de noter l'absence totale de services de ramassage des ordures et le manque d'éducation de la population en matière de santé dans ses rapports avec les facteurs de milieu.

2.3. Pour l'Urbanisme et l'Habitat

Les principales contraintes sont :

- l'insuffisance de moyens matériels, techniques, de personnel de contrôle à l'exécution des plans d'urbanisme approuvés ;
- inexistence d'un fond national de l'habitat ;
- l'exiguité des lots des acquéreurs, défavorable à une utilisation rationnelle des terrains.

2.4. Pour les réseaux d'eaux pluviales existants

L'utilisation et l'entretien sont entravés par :

- le manque de personnel d'entretien (voire compétent) ;
- le manque de moyens matériels d'entretien (curage, etc...) ;
- le manque ou l'insuffisance d'éducation des populations dans ce domaine ;
- le manque de dynamisme des Services de la Voirie à qui reviennent ces tâches.

2.5. Coordination dans le sous-secteur assainissement urbain

Elle est reconnue, unanimement, insuffisante ; et cet état de fait constitue un réel et sérieux handicap pour la promotion du secteur.

3. PLAN DE DEVELOPPEMENT DU SOUS-SECTEUR ASSAINISSEMENT URBAIN

3.1. Les objectifs visés dans cette décennie

3.1.1. Objectifs généraux

Un certain nombre de contraintes pesant sur le secteur ont été identifiées comme étant les conséquences de l'absence ou de la caducité de la législation. Le manque de règlementation qui en découle entraîne une paralysie certaine des services nationaux face aux particuliers et aux industriels.

L'objectif est donc de mettre en oeuvre une législation de base dans les domaines eau et assainissement.

Au niveau de l'entretien et de la maintenance des ouvrages, les carences ont pour origine une absence quasi-totale, dans certains sous-secteurs, de recettes (assainissement par exemple). La pérennité des ouvrages nécessite la création de fonds à caractère permanent permettant le fonctionnement minimal des services.

De même, au niveau structurel et organisationnel, les responsabilités exactes de certaines structures ne sont pas clairement définies. En particulier, une analyse du domaine de compétence dans le secteur assainissement s'avère nécessaire et urgente.

3.1.2. Objectifs spécifiques

a) Le contrôle de la qualité de l'eau doit être intensifié et systématisé sur l'ensemble du territoire.

En milieu urbain, le producteur-distributeur qu'est la RNET doit assurer les mesures physico-chimiques et bactériologiques classiques à une cadence d'un prélèvement par semaine au minimum. Pour les centres de distribution importants (par exemple LOME), le nombre de prélèvements par semaine sera fonction du nombre d'habitants desservis. De même, pour les unités de potabilisation à partir d'eaux de surface.

L'Institut National d'Hygiène, organe contrôleur, doit intensifier les analyses et décider des pénalisations en cas de défauts constatés. La compétence de l'Institut doit couvrir l'ensemble du territoire.

Les objectifs énoncés sont tous à considérer comme des objectifs à moyen terme vu l'importance des études préalables, des financements à prévoir et des travaux y afférents.

b) Objectifs en matière d'urbanisme et d'habitat

Les 21 chefs-lieux sont actuellement dotés de plan directeur d'urbanisme et d'assainissement. La mise en application de ces derniers constitue une tâche immédiate pour l'Administration. Un projet de couverture de toutes les agglomérations de plus de 5 000 habitants par des schémas directeurs est en cours d'étude et de définition.

c) Objectifs en matière d'évacuation des eaux pluviales.

Les problèmes engendrés par l'absence ou la mauvaise conception du drainage et de l'évacuation des eaux pluviales en milieu urbain sont à considérer dans un cadre prioritaire. Les dégradations des biens publics et privés engendrées par la mauvaise évacuation de ces eaux nécessitent des solutions immédiates.

- A Lomé, les objectifs fixés ont pour mission de drainer les eaux pluviales des quartiers inondables suivants :

- bande lagunaire comprise entre la lagune et le boulevard circulaire ;
- quartier TOKOIN TAME (route d'ATAKPAME) ;
- quartier AKOSSOMBO (route de KPALIME) ;
- quartier GBADAGO ;
- quartier TOKOIN dit ADEWUI.

L'évacuation de ces eaux comprendra à la fois le drainage local des eaux mais également la réalisation des infrastructures primaires d'évacuation des eaux ainsi collectées.

- Dans les centres de villes (chefs-lieux), il est prévu de réaménager les caniveaux d'évacuation existants et de structurer les rigoles naturelles de façon à constituer un réseau cohérent d'évacuation des eaux pluviales.

Les cours d'eaux traversant les villes d'ATAKPAME, AMLAME, BADOU, SOKODE, KARA et DAPAON constituant les exécutoires naturels sont à canaliser et à régulariser afin d'éviter les désordres liés à la saison des pluies (couverture estimée des besoins à 80 %).

d) Objectifs en matière de collecte des déchets solides.

Les déchets solides, non collectés, constituent un problème sanitaire important par la prolifération des rongeurs et insectes nuisibles, mais également une entrave permanente à l'évacuation des eaux pluviales.

- A Lomé, l'objectif prioritaire est constitué par l'extension du périmètre de ramassage et l'intensification de collecte des déchets solides. L'aménagement, en dehors de la ville, de décharges contrôlées est également prévu dans le cadre de cette opération (couverture des besoins 100 %).

- Dans les autres chefs-lieux, la création de service minimum de collecte et de décharges est également prévue (couverture des besoins 100 %).

- Dans les hôpitaux, la mise en service d'incinérateurs constitue un objectif immédiat.

e) Objectifs en matière d'évacuation des excreta et eaux usées.

L'évacuation généralisée des excreta et eaux usées, par réseau dit tout-à-l'égout, ne peut pas, en l'état actuel, constituer un objectif raisonnable.

La stratégie adoptée consiste donc à promouvoir l'évacuation des excreta et eaux usées par l'intermédiaire de fosses septiques et de puisards partout où il existe un réseau de distribution d'eau.

Néanmoins, en ce qui concerne LOME, des réaménagements sont à prévoir au niveau du réseau embryonnaire de collecte des eaux usées existant. Le taux de couverture a été fixé à 100 %.

Il est nécessaire de prévoir un parc de camions de vidange tant pour LOME que pour les chefs-lieux (couverture des besoins 100 % en 1990).

En milieu urbain dépourvu de réseau de distribution d'eau la promotion des latrines améliorées tant individuelles que publiques, constituera l'objectif d'assainissement du milieu (couverture des besoins 40 % en 1990).

f) Objectifs en matière d'éducation pour la Santé

La réussite de ce programme passe obligatoirement par la participation et l'éducation communautaire. La motivation des participants et la prise de conscience de la liaison étroite entre l'assainissement du milieu et la santé constituent des objectifs prioritaires et préalables à toute opération. Les projets identifiés devront prendre en compte un volet socio-sanitaire intégrant des actions à long terme pour l'intégration de l'équipement dans le milieu et sa valorisation optimum.

3.2. Les investissements nécessaires

Récapitulation des investissements dans le secteur EPA

(en millions de F.CFA valeur 1983)

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	TOTAL
A.E.P. RURAL	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100	2 100	2 037	16 737
A.E.P. URBAIN	332	2 424	16 114	1 235		17 239			37 344
					(4 309)	(4 309)	(4 309)	(4 309)	
Assainissement	-	3 000	5 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	48 000
TOTAL en millions F.CFA	2 432	7 524	23 214	11 335	14 409	14 409	14 409	14 349	102 081
en millions de dollars US	5,86	18,13	55,94	27,31	34,72	34,72	34,72	34,58	245,98

N.B. : Soit un investissement annuel moyen de 12.760 millions de F.CFA (30,75 millions de dollars US).

3.3. Les charges récurrentes assainissement

L'entretien et la maintenance des ouvrages ont été évalués en ce qui concerne les flux financiers nécessaires au maintien et à l'exploitation des systèmes à 5 % de l'investissement de base. Une étude plus complète par type d'investissement considéré permettra d'affiner les valeurs. Les chiffres indiqués ci-dessous représentent globalement les charges moyennes à supporter éventuellement par le budget national après l'investissement de base.

ANNEES	1985	1986	1987	1988	1989	1990	au delà 1990
En millions de F.CFA	150	400	800	1 200	1 600	2 000	2 400
En millions de dollars U.S.	0,36	0,96	1,93	2,89	3,86	4,82	5,78

Le problème de financement de ces charges reste entier, les solutions proposées (taxes d'assainissement, taxes eaux pluviales, ...) n'ayant pas fait, en l'état actuel, de choix de la part des autorités. Le préalable devra être levé dès que possible afin d'offrir toute garantie quant à la pérennité des ouvrages mis en place.

3.4. Ressources humaines et participation communautaire nécessaires.

Pour l'assainissement, les ressources humaines et matérielles ne sont pas en rapport avec l'ampleur des problèmes à traiter. Une réorganisation et une restructuration des différents services et une nouvelle dévolution des compétences sont à envisager d'urgence.

Actuellement, la participation communautaire existe dans les projets d'hydraulique villageoise. Une action parallèle et associée se développe déjà dans le cadre d'une politique d'assainissement de base dans l'exécution des récents projets.

Les actions menées au niveau de l'éducation pour la santé restent modestes et relativement dispersées. Leur impact est donc difficile à évaluer et il semble nécessaire de mettre l'accent sur un projet concret, c'est-à-dire l'introduction de l'éducation pour la santé dans le système scolaire. Ce dernier possède les infrastructures nécessaires à l'introduction dans le programme d'études des thèmes de sensibilisation. Le vecteur dynamique qu'est l'enfant permettra de prolonger cette action en famille. Cette dynamisation a été identifiée comme un projet urgent.

3.4.1. Participation communautaire

La participation communautaire est l'une des composantes fondamentales du succès d'opérations en hydraulique villageoise et en assainissement.

Elle conditionne tout à la fois l'acceptation de l'ouvrage par les utilisateurs potentiels, sa bonne utilisation par son intégration dans la cellule sociale et sa pérennité dans le temps par une maintenance efficace.

Les bénéficiaires doivent impérativement participer activement aux choix du site ou à la construction d'éléments de l'ouvrage prévu : ces actions, outre leur effet psychologique évident, sensibilisent et forment.

La valeur globale de l'investissement (tous paramètres confondus) se trouve largement augmentée quand les habitants découvrent par eux-mêmes l'intérêt d'user de l'équipement. La notion de responsabilité, donc de propriété, s'acquiert par une insertion complète des habitants dans le processus de réalisation et de gestion.

Il semble important de signaler que les charges matérielles et financières afférentes à la maintenance de 7 500 forages et de leur moyen d'exhaure, à plusieurs milliers de latrines ne peuvent pas être assumées actuellement par le budget national sur le plan financier. Concrètement, sur le terrain, les structures administratives et techniques centralisées de nature étatique ne donnent pas de bons résultats à partir du moment où la charge de travail dépasse la capacité réelle d'intervention et où les organisations mises en place ne sont pas adaptées aux réalités du terrain. De plus, cette formule démotive totalement les utilisateurs qui en général se désintéressent de la vie de l'équipement. Le fait d'avoir à gérer soi-même l'équipement est un élément contraignant mais fortement dynamisant, les responsables étant identifiables immédiatement.

La participation communautaire, lorsqu'elle a été pratiquée, révèle également une dimension financière non négligeable. On peut raisonnablement penser que le coût de construction en zone rurale peut être diminué de 10 à 15 % dans le cas de l'eau potable et de 30 % dans le cas de latrinisation (mise à disposition de main-d'oeuvre, de matériaux, participation en nature, ...).

Parallèlement à la notion de "participation initiale", il faut introduire le vecteur formation des utilisateurs qui est nécessaire pour donner à l'investissement la totalité de son efficacité et lui permettre de "vivre".

Cette formation technique génèrera des activités de service pour des artisans locaux et donnera à la communauté une autonomie de gestion.

Une infrastructure de compétence supérieure, chargée de la formation et des opérations techniques plus élaborées reste une nécessité pour un bon encadrement des artisants.

Les aspects sanitaires et sociaux des opérations d'AEPA sont à considérer comme des éléments primordiaux dans les programmes et non comme des annexes subalternes.

La participation communautaire est un élément qui protège les structures sociales existantes en stabilisant les populations auxquelles on offre de meilleures conditions de vie. Elle doit donc

s'adapter aux mentalités et coutumes locales et être en totale harmonie avec ces dernières.

En milieu urbain, la concentration des populations qui peut, dans une certaine mesure, faciliter le travail matériel, se trouve associée à un environnement plus contraignant, générateur d'individualisme. La modification profonde du tissu social nécessite des actions spécifiques, différentes de celles à mener en milieu rural.

3.4.2. Education pour la santé

L'éducation pour la santé se mesure au Togo à un niveau très modeste, son impact réel étant assez faible, faute de moyens humains et matériels et de programme d'action d'envergure.

Les autorités togolaises sont conscientes que seule une EPS bien structurée et organisée fortement implantée sur le terrain peut valoriser l'impact de programmes eau potable et assainissement, surtout en milieu rural.

Les actions engagées dans le cadre de l'EPS visent à changer les habitudes et les mentalités : les résultats attendus ne seront mesurables qu'à long terme.

L'EPS sera introduite prioritairement dans les structures du système éducatif, ce dernier devenant le support logistique de l'action entreprise.

Les enfants, les adolescents sont réceptifs aux idées nouvelles, aux innovations. Leur "capacité d'absorption" n'est pas limitée, ni entravée par les soucis quotidiens et les habitudes héritées.

Les élèves formés deviendront des formateurs pour leur entourage, pesant sur ce dernier de tout leur dynamisme et à plus long terme des adultes.

3.5. Capacité d'absorption du sous-secteur Assainissement urbain

La capacité d'absorption du sous-secteur peut se caractériser par les paramètres suivants :

- structures organisationnelles existantes permettant la réalisation de l'investissement (structures administratives et techniques) ;
- possibilités financières du pays assurant sa contrepartie ;
- structures existantes ou à créer, tant du point de vue administratif et financier, pour l'exploitation et la maintenance des équipements créés ;
- personnel qualifié.

Au niveau du sous-secteur, la capacité réelle d'absorption est difficile à évaluer de façon objective.

Compte tenu de la multiplicité des intervenants, une remise en ordre des attributions et compétences entre le Ministère de l'Equipement, des Mines et des Postes et Télécommunications et le Ministère de la Santé s'avère urgente et impérative.

4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Le Gouvernement de la République du Togo :
"Plan décennal de développement du secteur Eau Potable et Assainissement", Mai 1984.

2. Le Comité National de l'Eau (CNE) :
"Premier Atelier National"
Lomé, du 30 Mars au 4 Avril 1981.

3. Le Comité National de l'Eau (CNE) :
"Deuxième Atelier National sur la Planification du secteur Eau Potable et Assainissement".
Lomé, du 3 au 8 Octobre 1983.

Ministère des Travaux Publics
des Mines de l'Energie et des
Ressources Hydrauliques

Direction de l'Hydraulique
et de l'Energie

REPUBLIQUE TOGOLAISE
Union-Paix-Solidarité

TRAVAUX REALISES

1967 - 1981 ASSAINISSEMENT

DATE	OBJET DU CONTRAT	ENTREPRISE	MONTANT PREVU	TOTAL REALISE	OBSERVATIONS
25.3.68	Contrôle assainissement lagune Lomé 1ère tranche	BCEOM	11 000 000	11 000 000	
20.7.68	Assainissement de la lagune et des quartiers inondables de Lomé.	UDEC	300 000 000	300 000 000	
22.7.68	Assainissement de la lagune de Lomé 1ère tranche. Construction de canaux rectangulaires.	UDEC	96 800 000	96 800 000	
24.11.71	Etude relative aux travaux d'assainissement et d'aménagement de la zone lagunaire de la ville de Lomé.	NEDECO	390 000 Fl soit 39 000 000	39 000 000	1 Fl = 100 F.CFA
23.8.71	Assainissement eau pluviale Lomé.	SOCEA	129 488 316	129 488 316	
23.5.75	Etude et contrôle des travaux d'assainissement du lac de Bè	NEDECO	500 000 Fl soit 50 000 000	50 000 000	1 Fl = 100 F.CFA
16.6.75	Etude et contrôle des travaux d'assainissement de la lagune d'Aného.	NEDECO			
19.6.75	Assainissement de la lagune d'Aného.	BOKA	5 359 300,97 Fl 535 930 097	535 930 097	1 Fl = 100 F.CFA
	Assainissement de la lagune de Lomé 3ème tranche	BOKA	4 459 960,61 Fl 445 996 061	445 996 061	1 Fl = 100 F.CFA
				1 608 214 474 F.CFA	

ASSAINISSEMENT

Assainissement de la lagune de Lomé 2ème tranche.	BOKA	13 625 698,13Fl 1 362 569 813	1 362 569 813	1 Fl = 100 F.CFA
Etude et contrôle des travaux d'assainissement de la lagune de Lomé - Déversoir Est.	NEDECO	120 000 Fl 12 000 000	12 000 000	1 Fl = 100 F.CFA
Assainissement de la lagune de Bè	BOKA	533 796 522	533 796 522	
Assainissement de la lagune de Lomé - Déversoir Est.	BOKA	9 397 511,68 Fl 939 751 168	939 751 168	1 Fl = 100 F.CFA
Assainissement Hôtel 2 Février	SOBEA	260 552 684	260 552 684	
Assainissement Hôtel 2 Février et du CASEF. Contrôle et surveillance.	TECHNOSYNESIS	15 000 000	15 000 000	
			4 731 884 661 F.CFA	

ASPECTS TECHNIQUES

CONCEPTION GENERALE DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT URBAIN DANS LE CONTEXTE AFRICAIN - ASPECTS TECHNIQUES - (*)

par

le BCEOM (**)

-==o==-

Peu de zones urbaines de l'Afrique subsaharienne disposent aujourd'hui de systèmes efficaces d'assainissement urbain, soit que ces systèmes fassent totalement défaut, soit que les ouvrages réalisés s'avèrent déficients. Une part importante des échecs constatés est due à la faiblesse des analyses préalables, l'élaboration des projets consistant le plus souvent en une définition a priori des technologies (que l'on tente ensuite d'adapter aux contraintes locales) sans qu'il y ait eu auparavant de réflexion sur leurs objectifs et le contexte particulier de leur mise en oeuvre.

La présente étude, qui constitue le premier volet d'un programme général (***), a pour objectif essentiel de sensibiliser les maîtres d'ouvrage en leur présentant la diversité des solutions techniques et un cadre de réflexion leur permettant de s'orienter vers une solution adaptée aux objectifs fixés, aux contraintes et aux moyens disponibles.

Après un rapide diagnostic de la situation actuelle de l'assainissement urbain dans les Etats Membres, le rapport aborde les points suivants :

- objectifs et contraintes des opérations d'assainissement urbain ;
- orientations préliminaires : niveaux de satisfaction, différentes filières (individuel/collectif, séparatif/unitaire, réseau enterré/réseau à ciel ouvert) ;
- technologies et dispositifs d'élimination des eaux usées et d'évacuation des eaux pluviales ;
- conception des ouvrages : dimensionnement et dispositions constructives particulières.

Enfin l'expérience se révèlant parfois insuffisante pour fixer les critères de choix et les normes, le rapport propose un certain nombre de directions dans lesquelles des recherches ou des études complémentaires devraient être entreprises.

(*) Résumé de l'étude du CIEH présentée au cours du Séminaire par J.P. LAHAYE (CIEH).

(**) Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer (France).

(***) Autres volets du programme : aspects institutionnels, aspects économiques, aspects socio-culturels.

DRAINAGE URBAIN AU SAHEL

par

Raimund HERZ (*), Gerolf HEBERLING (**)
et Mamoudou MAIKIBI (***)

-=o=-

DRAINAGE URBAIN AU SAHEL

Les villes du Sahel à forte croissance se trouvent confrontées de plus en plus à des problèmes d'assainissement qu'elles n'ont jamais connus dans leur développement historique, et pour lesquels il faut trouver des solutions adaptées à leur situation spécifique, en ce qui concerne l'hydrologie, la topographie, la nature et l'occupation du sol, ainsi que les contraintes socio-économiques, institutionnelles et financières.

Les problèmes des eaux pluviales et des eaux usées sont directement liés à l'urbanisation. Jusqu'au début des années 60, la structure urbaine du Sahel était bien équilibrée. Après l'indépendance, c'étaient avant tout les énormes progrès de la médecine, du commerce et des transports qui ont provoqué une forte croissance urbaine. Cette croissance fut renforcée par l'immigration des populations rurales, à la recherche d'emploi ou de nourriture, surtout en période de sécheresse. Au Niger, par exemple, le taux d'accroissement annuel de la population urbaine s'éleva jusqu'à 4 à 6 %. Pour la capitale Niamey, il a atteint plus de 10 %. Sa population et la superficie urbanisée doublent ainsi tous les ans.

Les petites villes ne connaissent pas les problèmes de l'évacuation des eaux de pluies, lorsqu'elles sont situées sur des lieux protégés contre les crues, sur des sommets ou sur les hautes rives d'un fleuve ou d'un goulbi. Les chemins d'écoulement des pluies sont courts et causent donc peu de dégâts. La croissance des villes entraîne la construction sur des superficies moins convenables au ruissellement des eaux de pluie. Ceci concerne en particulier les dépressions où l'eau s'accumule, et les pentes menacées par l'érosion des pluies. Cette croissance a non seulement rallongé le temps d'écoulement des eaux, mais elle force également l'eau à écouler par des espaces réduits, essentiellement la voirie. C'est par là que doivent être évacuées les quantités d'eau qui ne peuvent pas être infiltrées ou évaporées. A cause de l'urbanisation, le sol devient de moins en moins perméable. Par conséquent, la quantité d'eau qui s'infiltre diminue et la quantité d'eau à évacuer augmente de 3 à 5 fois. Ces problèmes s'accentuent avec l'expansion et la densification du tissu urbain et provoquent des dommages considérables : les constructions en banco s'écroulent, l'érosion détruit les routes et les rend impraticables pour les véhicules.

(*) Professeur - Université de Karlsruhe (RFA)

(**) Professeur - Université de Karlsruhe (RFA)

(***) Etudiant - Université de Karlsruhe (RFA)

Au-delà de ces problèmes, les inondations causent également des risques d'hygiène (submersion des latrines et fosses septiques, contamination des puits).

Pour éviter ces dangers, des mesures préventives doivent être prises à temps.

*

* *

L'EVACUATION DES EAUX PLUVIALES PAR BASSINS DE RETENTION ET D'INFILTRATION (par Raimund Herz)

1. REDUCTION DE L'ECOULEMENT DES EAUX DE PLUIE

L'écoulement des eaux de pluie peut être réduit par des mesures prises sur les parcelles, dans le voisinage et en-dehors du quartier.

1.1. Sur la parcelle

L'évacuation de grandes quantités d'eau peut être réduite en retenant ou en infiltrant une partie des eaux de pluie directement sur les parcelles. Ce qui est fait à un certain degré par les toits plats de l'habitat traditionnel et par la clôture des parcelles. Des constructions non clôturées et des toits de tuiles ou en tôle réduiraient leur capacité de rétention et aggraveraient donc les problèmes de l'évacuation des eaux de pluie. Le développement des villes va malheureusement dans ce sens-là. On peut atténuer cela en aménageant de petits bassins d'infiltration ou de rétention, ou en collectant dans des citernes l'eau des toits de tuiles, que l'on pourra réutiliser pour le ménage ou pour l'arrosage des plantes.

Quantité de pluie estimée par parcelle

Au Sahel, les précipitations varient beaucoup selon les régions et d'une année à l'autre. Par ailleurs, les quelques stations de mesures ne possèdent pas encore assez de données pour faire des analyses précises. Une évaluation de ces quantités peut toutefois être faite d'après la formule de REINHOLD, si l'intensité de la pluie de 15 minutes dépassée en moyenne une fois par année est connue. L'application de cette formule au Sahel n'est cependant pas sans poser quelques problèmes.

C'est pourquoi on applique souvent la formule de MONTANA pour le dimensionnement des ouvrages d'assainissement, une formule qui prend en compte les paramètres spécifiques à la zone du Sahel et qui s'exprime par :

$$i = at^{-b}$$

avec i = intensité de la pluie (mm/h)
t = durée de la pluie (min)
a,b = paramètres correspondant aux conditions locales.

Pour les projets d'assainissement de Maradi (1974), Zinder (1979) et Niamey (1981), les valeurs des paramètres étaient :

$$7,0 < a < 7,8$$
$$b = 0,5$$

Il en résulte l'intensité d'une pluie décennale. Les canalisations sont pourtant dimensionnées pour des intensités plus faibles qui seront dépassées plus souvent. Les facteurs d'une réduction correspondante peuvent être déterminés par la relation de la formule de REINHOLD :

$$f(n) = n^{-0,25} - 0,369$$

avec n fréquence de la pluie par an.

La pluie décennale d'après MONTANA est ainsi réduite par le facteur 0,45 pour la pluie annuelle, et par le facteur 0,58 pour la pluie bisannuelle. On en déduit la formule approchée suivante, donnant la quantité d'eau tombée durant le temps t pour une fréquence de 2 ans, sur une parcelle d'une surface de 15 x 30 = 450 m2.

$$V = 2\sqrt{t} \quad (m3)$$

La figure 1 représente cette fonction pour différentes fréquences.

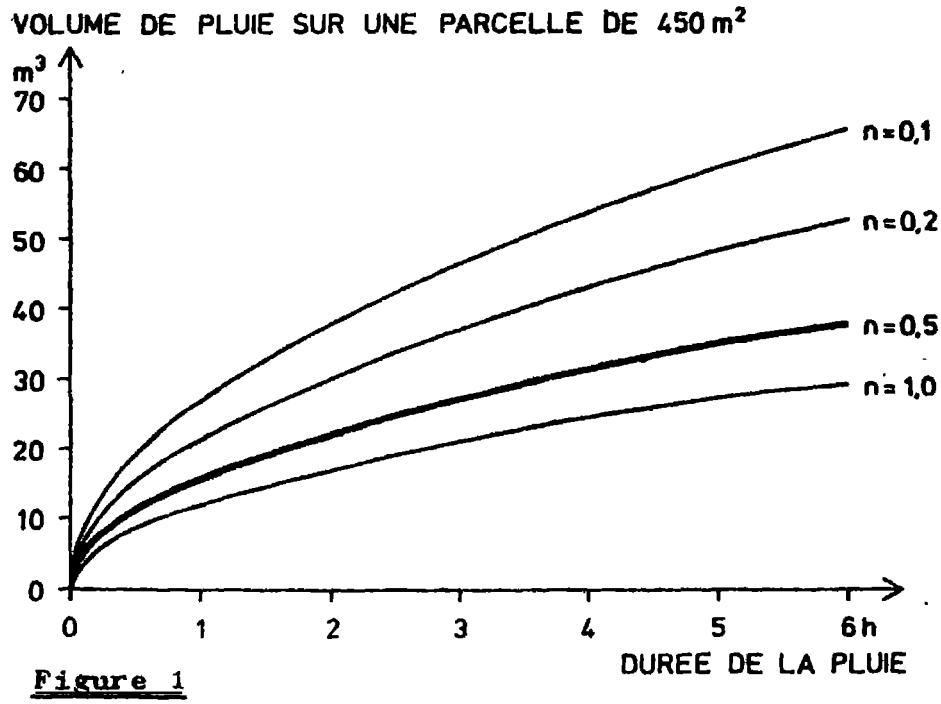


Figure 1

La quantité d'eau augmente dégressivement avec la durée de la pluie. Une durée définie correspond à une valeur qui peut être atteinte voire dépassée avec une certaine fréquence. Par exemple, pour une pluie de 6 heures, la quantité d'eau atteinte, voire dépassée, par année (n = 1) s'élève à environ 30 m3, tous les 2 ans (n = 0,5) elle s'élève à 38 m3 et tous les 10 ans (n = 0,1) à 66 m3.

Quantité d'eau à retenir

De telles quantités d'eau ne peuvent évidemment plus être retenues sur la parcelle sans gêne pour les habitants. Pour une parcelle plane avec une superficie bâtie de 60 %, il faudrait des seuils d'entrée hauts de 30 cm et protéger jusqu'à cette hauteur les murs en argile, ou alors creuser un grand bassin. Bien sûr, ces solutions ne sont pas acceptables.

Les dimensions d'un bassin de retenue diminuent dès que la vitesse d'infiltration de l'eau augmente. Pour cela, on peut aménager un puits d'infiltration. Sa capacité d'absorption dépend de la perméabilité du sous-sol, de son diamètre et de sa profondeur. Un puits qui infiltre environ 1 l/s réduirait déjà sensiblement les dimensions du bassin. Une pluie de 6 heures de 40 m3 environ pourrait alors être recueillie dans un bassin de 20 m3 seulement, par exemple, un bassin d'une profondeur de 0,5 m et de 7 m de diamètre autour d'un arbre.

Mais il n'est pas nécessaire de retenir l'eau d'une pluie aussi longue sur la parcelle. En effet, les routes et les canaux sont dimensionnés pour les pluies de pointe de 10 à 15 minutes. Pour des pluies plus longues et d'intensité plus faible, ils sont donc disponibles pour l'évacuation des eaux de la parcelle.

Le bassin d'infiltration peut ainsi être réduit à condition de prévoir un déversoir vers la route. Ce déversoir est indispensable d'une part, pour une pluie plus abondante d'une fréquence plus faible. D'autre part, dans le cas de 2 pluies successives, l'eau de la première pluie n'est peut-être pas encore infiltrée entièrement. Aujourd'hui, l'évacuation des eaux pluviales de la parcelle se fait déjà de cette manière, en général par la porte d'entrée.

Le bassin devrait au moins pouvoir recevoir la pluie de pointe de 15 minutes. Ce qui est possible dans un bassin assez plat autour d'un arbre, comme le montre la figure 2.

L'aménagement d'un tel bassin pourrait être entrepris par les propriétaires eux-mêmes, d'autant plus que ce bassin est bénéfique à la croissance de l'arbre qui rend la cour plus habitable. Il semble cependant plus délicat de vérifier si la capacité de rétention ne sera pas diminuée lors d'une utilisation plus intensive de la parcelle. Il faut éviter que le bassin ne se remplisse trop tôt et surcharge la route durant la pluie de pointe.

Sous réserve que ce système fonctionne bien, la superficie des parcelles peut être exclue de la détermination du débit de pointe et la voirie urbaine constituerait la seule superficie à drainer pendant la période décisive. Dans ce cas, le débit des eaux pluviales par les routes se réduirait de moitié à peu près. En conséquence, l'érosion serait supprimée et la construction coûteuse de canalisations évitée. Vu ces avantages économiques, il serait donc souhaitable de réfléchir

comment on pourrait contrôler la capacité de rétention des eaux pluviales sur la parcelle.

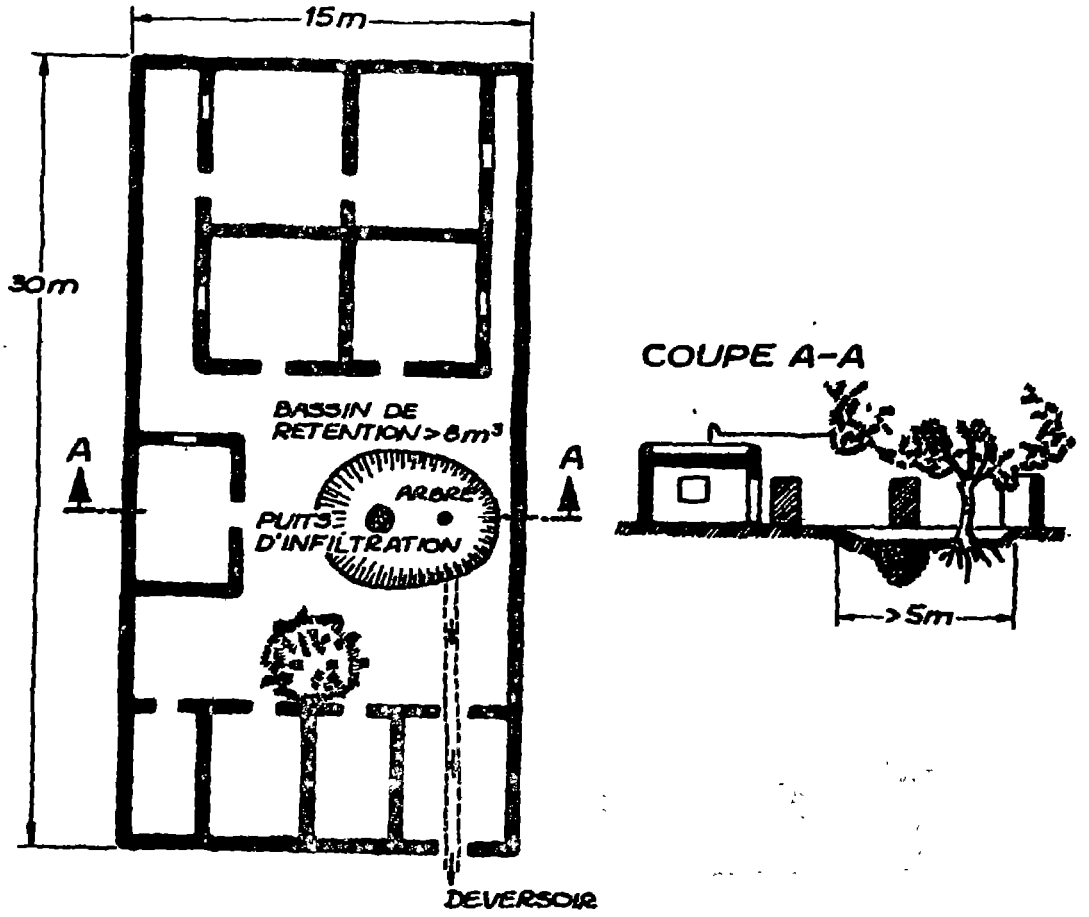


Figure 2

1.2. Dans le voisinage

Au cas où le contrôle des eaux pluviales sur la parcelle n'est pas possible, on peut recourir à d'autres possibilités qui consisteraient à réduire les quantités d'eau à évacuer dans le domaine public ou semi-public. La figure 3 représente un bassin de rétention pour un bloc de 48 parcelles d'une surface de 2,6 ha.

Pour une pluie bisannuelle de 15 minutes, il faut prévoir un bassin de rétention et d'infiltration d'un volume de 400 m3 au milieu de ce bloc, à une profondeur moyenne de 1 m. Dans le cas où les parcelles qui s'orientent vers les rues extérieures seront évacuées au-dehors du bloc, la profondeur du bassin est réduite de moitié. Le puits d'infiltration sera aménagé à l'endroit le plus profond de ce bassin. Lors d'une pluie durable, l'eau s'écoule par un trop-plein dans le réseau de collecteurs. L'eau infiltrée est également bénéfique aux arbres. Ces derniers font de la place centrale un endroit agréable pour les habitants et en font le terrain de jeux idéal pour les enfants.

C'est ainsi que la place peut jouer un rôle essentiel dans l'habitat, excepté les quelques jours où elle est inondée. Une borne-fontaine et un dépôt d'ordures près de l'entrée principale, peuvent être aménagés pour renforcer cette fonction : l'eau déversée par la borne-fontaine peut s'écouler dans le puits d'infiltration ; le dépôt d'ordures, qu'il faudra vider régulièrement à partir de la route, évitera l'accumulation de déchets sur la place-même.

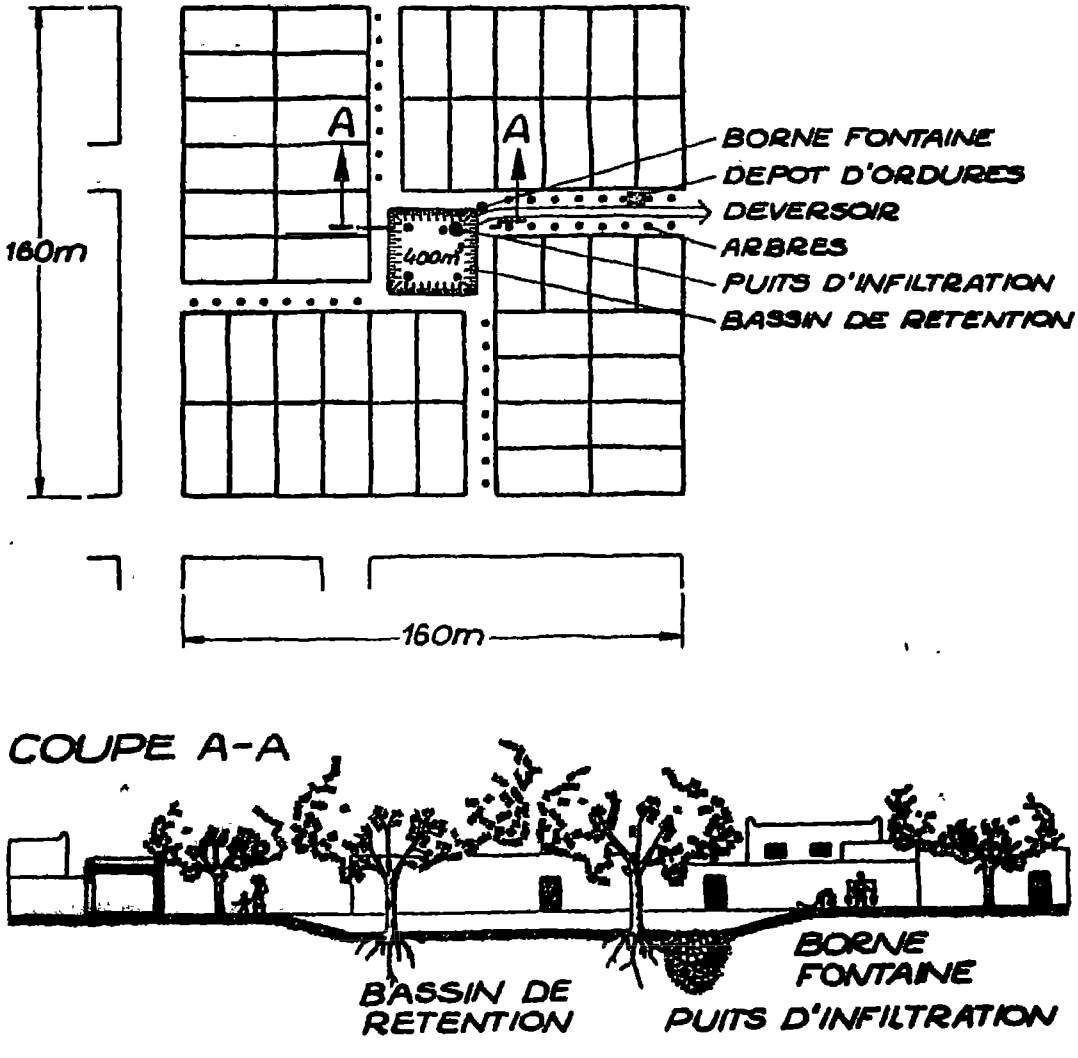


Figure 3

1.3. En-dehors du quartier

Si l'eau de pluie ne peut pas être retenue sur les parcelles, sur des places locales ou dans des déblais, par où elle s'infiltre et s'évapore, elle se transforme en flots puissants qui ne peuvent être évacués que dans de grands canaux en terre ou en béton.

Ces canaux sont très chers et présentent surtout des coupures gênantes dans la ville, ce qui demande la construction coûteuse d'ouvrages pour les traverser. Pour réduire la section des canaux, des petits bassins de rétention peuvent être aménagés à certains endroits. Ces bassins peuvent soit recevoir la totalité des eaux de pluie, soit freiner leur vitesse d'écoulement pour diminuer la section des ouvrages de sortie. Pour cela, on pourra utiliser au Sahel les carrières de banco et les espaces libres inondables avec puits d'infiltration et plantation d'arbres.

En-dehors de leur fonction de rétention et d'infiltration de l'eau de pluie, ces bassins doivent également avoir d'autres fonctions utiles. Par conséquent, il faudrait éviter de construire des bassins de retenue à caractère purement technique et monofonctionnel (par exemple cas de Dosso).

Dans tous les cas, il est préférable d'avoir un grand nombre de plus petits bassins de rétention qu'un nombre réduit de très grands bassins, parce que les grands bassins d'infiltration posent une série de problèmes :

- Les embouchures des canaux et les puits d'infiltration sont souvent en mauvais état.

- Les puits doivent être protégés contre la pollution et l'ensablement.

- Les bassins doivent être nettoyés après la saison des pluies pour pouvoir en refaire des terrains de jeux.

- Les jeunes arbres doivent être protégés.

- Le plus souvent, on ne peut empêcher le rejet d'eaux usées en-dehors de la saison des pluies. Ce qui fait que les bassins ne sont jamais entièrement secs et posent par là des problèmes d'hygiène.

- Parce que ces bassins sont situés en-dehors des zones d'habitat et que, de ce fait, personne ne se soucie de leur état, ils sont souvent utilisés à d'autres fins (défécation, dépôt d'ordures, parc à bétail).

- Pour pallier les problèmes hygiéniques, la commune se verrait alors obligée de les clôturer, bien que cela entraînerait une perte de superficie pour l'activité urbaine.

Une autre possibilité plus économique est d'utiliser des carrières de banco comme bassins de rétention. Ces carrières sont situées pour la plupart dans des dépressions et

le long des voies naturelles d'écoulement. Contrairement aux bassins artificiels, les carrières de banco sont créées spontanément et ne demandent pas d'investissements importants de la part de la commune. Le volume total d'exploitation est dans l'ensemble supérieur à la quantité tombée au cours d'une pluie de durée quelconque. En effet, pour la construction traditionnelle en argile, il faut prévoir environ 0,2 à 0,3 m3 de banco par m2 de parcelle, c'est-à-dire 200 à 300 m3. En plus, le besoin en argile pour l'entretien exige un volume additionnel considérable. Pour le bon fonctionnement comme bassins de rétention, la quantité de banco extraite doit donc être supérieure à la quantité d'eau de ruissellement du bassin versant correspondant.

Même si les carrières sont encore remplies par la dernière pluie, elles retardent le flot et amortissent le débit de pointe. Cet effet est d'autant plus marqué que la superficie inondable est grande et qu'elle peut s'élargir au fur et à mesure de l'augmentation de volume. C'est pour cela qu'il faudrait aggrandir les carrières de banco relativement petites par rapport à leur bassin versant, si leur situation est propice à la production de banco et à d'autres utilisations possibles.

Pour le calcul de la surface nécessaire pour des bassins de rétention plus grands, plusieurs paramètres entrent en ligne de compte selon la fonction du bassin :

- la pluie de base,
- la largeur du fond du bassin,
- la pente du talus,
- la hauteur du radier de l'ouvrage de sortie.

Selon la fonction, on peut différencier trois types de bassins.

a) Les bassins-tampons

Ils servent uniquement à amortir l'écoulement et, par là, à réduire la section des canaux. Ils devraient être dimensionnés pour une pluie correspondant au temps de concentration dans le bassin versant. De tels bassins sont particulièrement efficaces avec un fond large et un talus plat. La sortie ne devrait pas être située au-dessus du niveau du fond, afin que le bassin puisse être sec après la pluie. Sinon, il faut prévoir l'assèchement de la cuvette par un puits d'infiltration. On évitera l'inondation des abords plats du bassin en prenant en compte pour le calcul les pluies exceptionnelles, par exemple, la pluie décennale.

b) Les bassins régulateurs intermédiaires

Les carrières de banco peuvent être utilisées comme bassins régulateurs intermédiaires (jouant un rôle de régulation et de stockage). Ces bassins auront une pente plus forte en-dessous du déversoir. Pour le dimensionnement de la section

du canal d'écoulement, il faut partir du fait que le bassin est déjà rempli avant la pluie jusqu'au radier de l'ouvrage de sortie.

c) Les bassins de rétention sans déversoir

Ils doivent être dimensionnés en fonction de la quantité d'eau ruisselant toute l'année sur le bassin versant, avec une fréquence $n < 0,1$. Dans ce cas, on prendra également en compte l'infiltration et l'évaporation sur les parcelles, sur les routes et les places publiques. Mais on introduira des coefficients de ruissellement supérieurs à ceux utilisés pour le dimensionnement des collecteurs, dans la mesure où ces bassins stockent la totalité des eaux ruisselées sur le bassin versant. D'autre part, le volume à stocker diminue selon la vitesse d'évaporation (en fonction de l'humidité, de la vitesse du vent et de la surface d'eau) et la vitesse d'infiltration (en fonction de la perméabilité du sous-sol) dans le bassin-même. Dans les zones urbanisées et à forte densité, de tels bassins devraient avoir si possible une surface assez petite, c'est-à-dire être profonds et escarpés.

La surface d'un bassin de rétention ne se limite pas uniquement à la superficie prise en compte pour le dimensionnement de l'ouvrage. En effet, les carrières de banco nécessitent une surface plus grande pour le séchage et le stockage du banco. Dans le Schéma Directeur d'Urbanisme de la ville de Zinder, sont prévus, en liaison avec les bassins de rétention, des terrains de jeux et des surfaces pour le reboisement et les jardins.

Possibilités d'utilisation des bassins permanents

Dans le cas où le fond du bassin est assez imperméable, comme dans les carrières de banco, et l'eau ne s'évapore pas trop vite, il y a de l'eau disponible longtemps ou même toute l'année. Ceci permettrait plusieurs autres utilisations, hors de la production de banco. Mais d'autre part, cela entraîne également quelques inconvénients.

Le principal inconvénient des bassins de rétention permanents est bien sûr le danger hygiénique par le contact avec l'eau sale et par la transmission des maladies, en particulier la malaria, par les moustiques qui y pondent leurs larves. Cette situation n'est pas nouvelle pour la population sahélienne. De nombreuses villes du Sahel sont situées près d'eaux stagnantes, au Niger, par exemple, les villes de Madarounfa et Mirrhia ; de même, à Zinder, il y a des mares en pleine ville. En comparaison avec les dangers hygiéniques provoqués par la submersion des latrines et les caniveaux remplis d'eaux usées ou de cadavres d'animaux, un bassin de rétention bien aménagé en-dehors de la zone d'habitat apparait donc comme le moindre inconvénient.

Dans un bassin bien aménagé, des algues ou d'autres plantes aquatiques purifient l'eau sale à un degré tel qu'elle pourrait être utilisée pour la construction des bâtiments, l'arrosage des plantes, l'abreuvage et même le blanchissage.

Une plante aquatique particulièrement capable d'aérer et purifier les eaux usées est la jacinthe aquatique (voir figure 4). En Afrique, elle a acquis une renommée problématique par sa propagation énorme sur le Nil Soudanais et le Congo, où elle est devenue un véritable obstacle pour la navigation et la pêche. La jacinthe aquatique s'est également établie dans la zone sahélienne. On la trouve, par exemple, à Zinder dans la mare centrale près du Petit Marché et dans la grande mare de Garin Malam. Ici les gens font le linge et arrosent les jardins avoisinants. D'autres exemples de bassins permanents recouverts de jacinthes aquatiques se trouvent à Katsina, de l'autre côté de la frontière au Nigéria, dans le fossé le long de la vieille enceinte et dans une ancienne carrière de banco, entourée entretemps de constructions. Dans ce bassin, elle contribue au traitement des eaux usées d'une école publique (voir figure 5).

Dans ces eaux stagnantes, les jacinthes aquatiques sont en parfait équilibre écologique. Leur croissance est déterminée par l'apport de matières nutritives, leur extension est limitée par la superficie de la mare. En période sèche, les plantes doivent se retirer sur une surface d'eau plus petite. Au fur et à mesure qu'elles gagnent les bords du bassin et deviennent accessibles, elles servent de nourriture pour les chèvres.

Vu leur capacité de propagation et de purification des eaux usées, on doit donc réfléchir comment on pourrait utiliser cette plante aquatique dans le cadre de l'assainissement urbain dans la zone sahélienne.

Par une exploitation systématique, on pourrait en récolter jusqu'à 20 t à l'ha par jour, ce qui correspond à un poids sec de 1 t. Des feuilles fraîches pourraient être données aux chèvres ; séchées et briquetées, elles constitueront un très bon combustible remplaçant le bois ; broyées et mélangées à la terre, elles serviront d'engrais. Des études dans un projet-pilote de la GTZ au Soudan ont été prometteuses dans ce domaine.

Malgré toutes ces possibilités avantageuses, il faut donc noter les dangers hygiéniques qui résultent des bassins recouverts de jacinthes aquatiques : ils sont des foyers de moustiques et peut-être également l'habitat du limaçon qui propage la bilharziose. De toute façon, il faudrait mettre des poissons dans ces bassins pour lutter contre les deux, les larves des moustiques et les limaçons. Du fait que la jacinthe aquatique existe déjà dans des bassins permanents au Sahel, il serait donc souhaitable d'étudier ce système biologique assez complexe sur place et en détail.

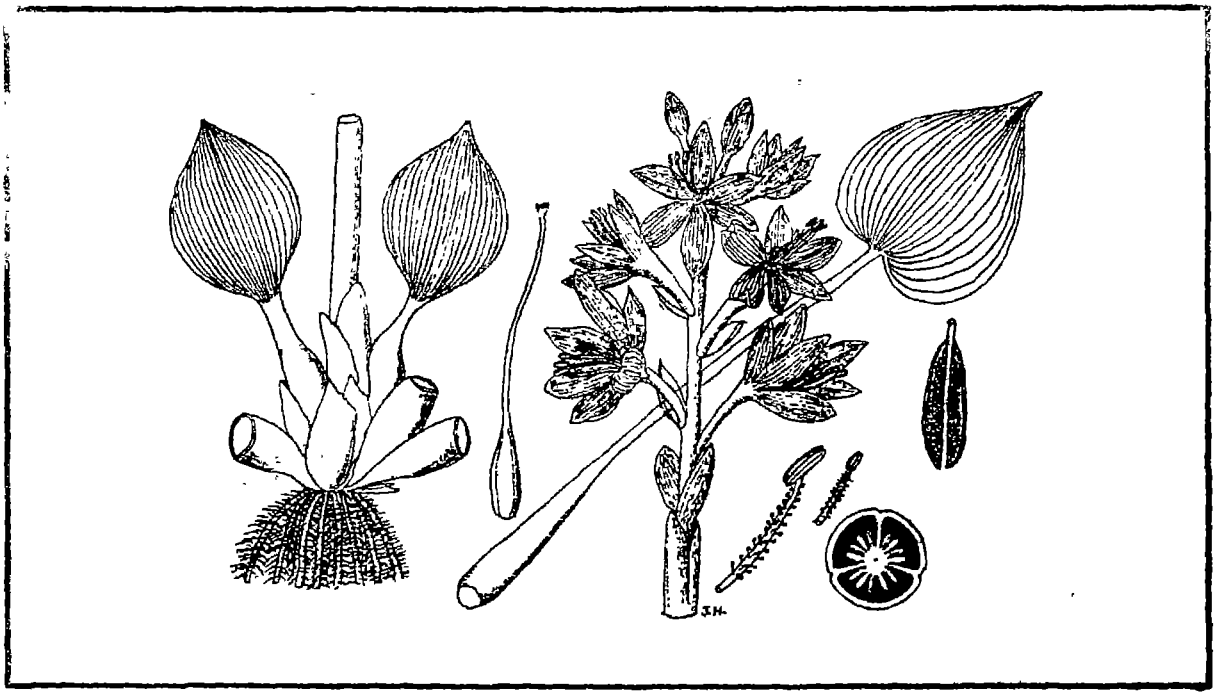


Figure 4 Jacinthe aquatique (Eichhornia crassipes)

Figure 5 Ancienne carrière de banco à Katsina recouverte de jacinthes aquatiques

2. UN SYSTEME DE BASSINS DE RETENTION POUR LA VILLE DE ZINDER

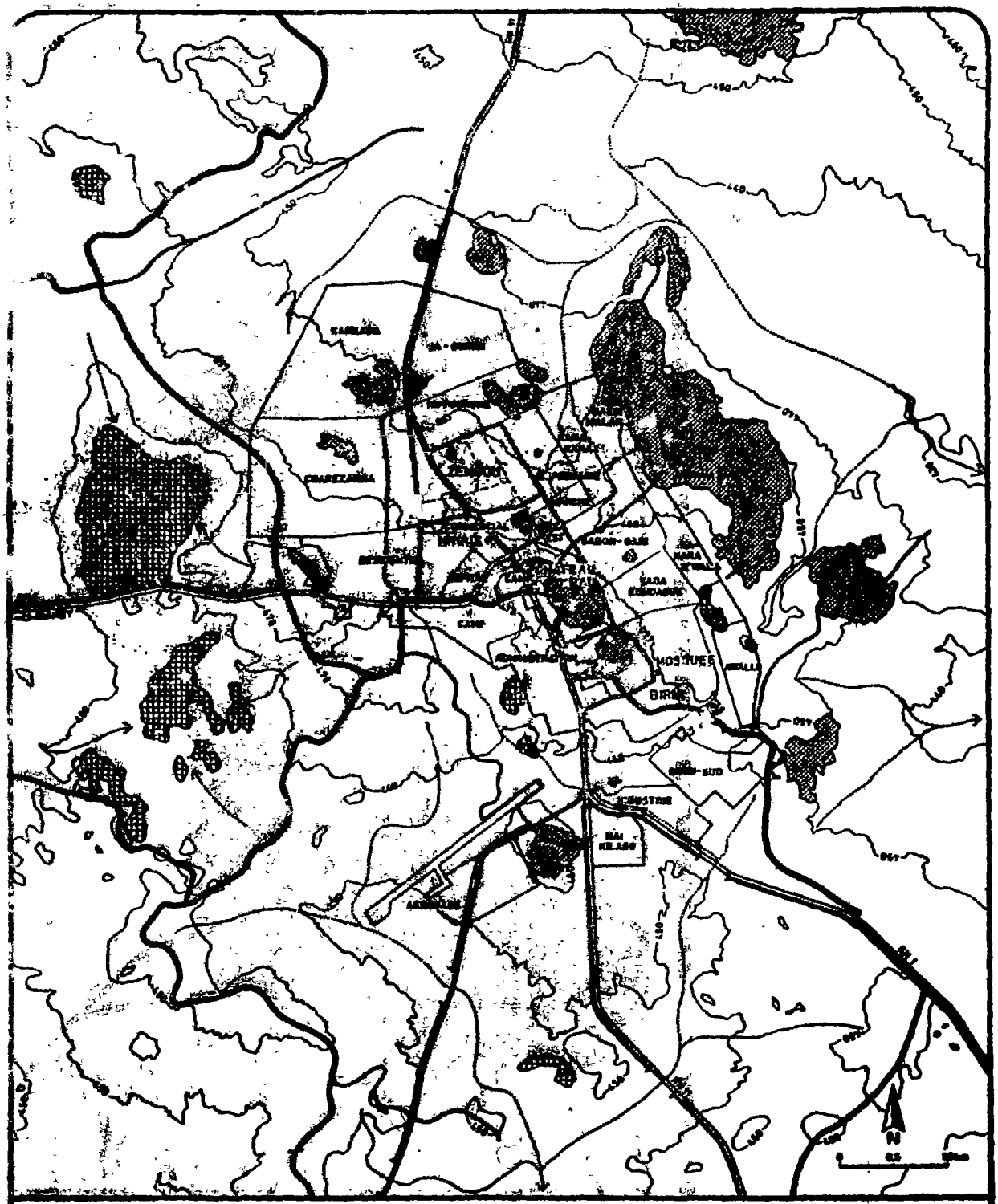
Dans le cadre du Schéma Directeur d'Urbanisme de la ville de Zinder, nous avons projeté et calculé approximativement un système de bassins de rétention. Au début des années 60, la ville de Zinder avait moins de 20.000 habitants. De nos jours, elle en compte environ 80.000 et, d'ici la fin du siècle, elle devrait atteindre 200.000 habitants. La ville est située sur un sommet (voir figure 6) et s'étend de façon plus ou moins concentrique, de telle manière que l'eau de pluie qui ruisselle des vieux quartiers vers les nouveaux, voit son temps d'écoulement s'allonger sensiblement. L'écoulement est particulièrement long dans les zones d'expansion vers le nord et le nord-ouest. L'écoulement naturel se fait derrière les collines à l'est en direction sud-est. A l'ouest, il y a des dépressions qui ne peuvent pas être urbanisées. Dans la zone urbaine actuelle et au bord de cette zone, se trouvent de nombreuses carrières de banco encore exploitées en partie. Elles sont remplies d'eau même en saison sèche, comme par exemple la mare centrale près du Petit Marché, au nord les mares de Garin Malam, Zengou et Ja-Guindi, au sud la mare située entre Birni et le cimétière, et d'autres carrières qui ont servi, au siècle dernier, à la construction de la fameuse enceinte de Birni dont il ne reste aujourd'hui que quelques ruines.

L'eau s'écoule à travers des canaux en béton à ciel ouvert dans ces carrières de banco. Dans les mares de Ja-Guindi et Garin Malam, le débit s'élève à 10 m3/s. La mare de Ja-Guindi est trop petite, ce qui a causé de gros dommages dans le nouveau quartier. Une extension de cette mare n'est presque pas possible, car elle est entourée de quartiers et par la RN 11 en direction de Tanout. On pourrait tout au plus envisager à l'approfondir.

Pour le futur assainissement, nous avons proposé un système de bassins de rétention (voir figure 7) pour freiner le long écoulement de l'eau autour des collines à l'est : le plus grand des bassins au nord est lié avec la principale carrière de banco, juste avant que l'eau traverse la RN 11. Un deuxième grand bassin, situé plus à l'est, à la limite de la zone d'expansion, freinera l'ensemble des courants venant du nord, des deux côtés de la RN 11.

Au sud également, les chemins d'écoulement sont longs. Entretemps il a été construit un canal de la taille d'un homme, à partir de la mare à l'est de Birni, pour évacuer cette dépression. Le ralentissement des eaux accumulées à l'est des collines demande d'autres bassins.

Malgré ces mesures, le débit d'écoulement s'élève à environ 40 m3/s à la sortie du canal en terre.



TOPOGRAPHIE ET VOIES D'ECOULEMENT A ZINDER

COLLINE
DEPRESSION
MARE
LIGNE DE PARTAGE DES EAUX
COURS NATUREL DES EAUX
COURBE DE NIVEAU
LIMITE DE SURFACE LOTIE EN 1980
LIMITE DE QUARTIER
ROUTE PRINCIPALE
ROUTE SECONDAIRE

figure 6

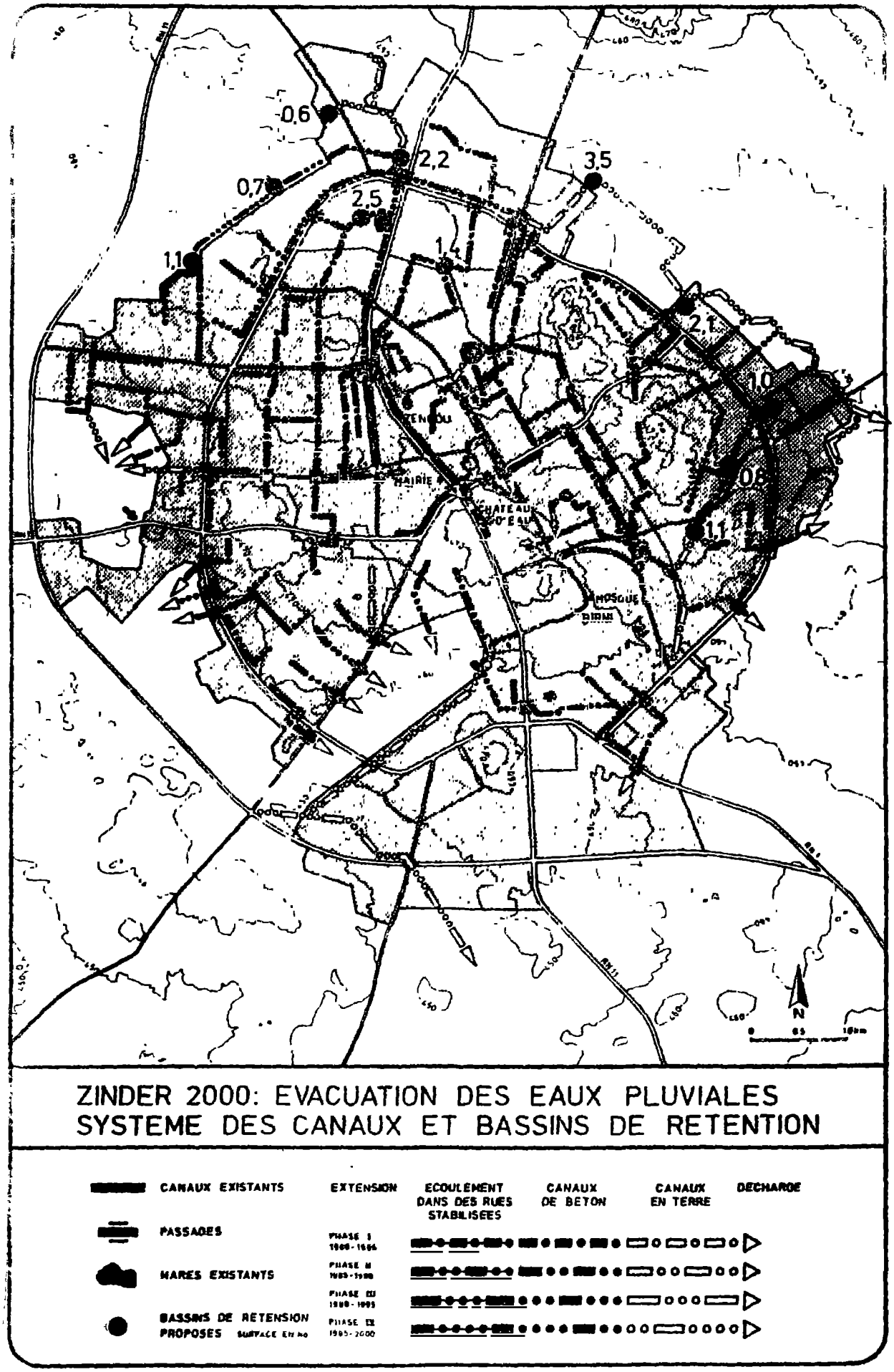

0,6
2,2
3,5
0,7
2,5
1,4
1,1
2,1
1,0
0,8
1,1
MAIRIE
CHATEAU D'EAU
MOSQUE
N
ZINDER 2000: EVACUATION DES EAUX PLUVIALES
SYSTEME DES CANAUX ET BASSINS DE RETENTION
CANAUX EXISTANTS
PASSAGES
MARES EXISTANTS
BASSINS DE RETENSION PROPOSES
EXTENSION
ECOULEMENT DANS DES RUES STABILISEES
CANAUX DE BETON
CANAUX EN TERRE
DECHARGE
PHASE I 1988-1994
PHASE II 1989-1990
PHASE III 1990-1995
PHASE IV 1995-2000

Figure 7

Ces estimations sont évidemment données à titre indicatif. En effet, l'essentiel est d'avoir un ordre de grandeur pour une planification aussi étendue. Les lieux des bassins de rétention et le tracé des principaux canaux doivent être déterminés assez tôt, en vue de les fixer sur le plan d'occupation des sols. Sinon les espaces nécessaires pour l'évacuation des eaux pluviales seront occupés par des bâtiments, et, plus tard, devraient être débarrassés ou même seraient démolis par l'écoulement et l'accumulation des eaux de pluie. Ceci est particulièrement significatif pour des villes à forte croissance.

* * *

URBANISME ET EVACUATION DES EAUX PLUVIALES
(par Gerolf Heberling)

L'aménagement de nouveaux quartiers a trois effets concernant l'écoulement des eaux pluviales :

1) La quantité d'eau totale à drainer est supérieur à celle écoulant sans aménagement, car les bâtiments et la compression du sol réduisent l'infiltration dans le sol.

2) L'eau n'écoule plus sur toute la largeur du terrain, formant de petits ruisselets, mais elle est concentrée dans les rues en pente. Donc, la quantité d'eau par endroit s'agrandit par rapport à avant.

3) La vitesse d'écoulement augmente par la réduction du coefficient de rugosité du sol et par l'aplanissement des rues. Ce troisième effet peut en plus également faire croître la quantité d'eau, surtout quand il s'agit de grands bassins versants.

Tous les trois effets agissent donc dans une même direction : ils donnent à l'eau pluviale plus de force déstructive qu'elle n'avait avant l'aménagement du terrain. Les fortes pluies en 1978 par exemple ont causé dans des nouveaux quartiers de Zinder des dégâts de plus de 40 millions de Francs CFA.

Il est évident que ces dégâts peuvent être au moins réduits ou même entièrement évités par un aménagement qui respecte dès la planification l'évacuation des eaux pluviales. A ce moment par exemple on peut encore prévoir une rétention des eaux dans les parcelles et dans des bassins ce qui serait difficile à organiser après la mise en valeur de tout le quartier.

L'urbanisme, c'est surtout la décision sur la répartition et sur la dimension des différentes occupations du sol et des infrastructures techniques, économiques et sociales. Un rapport entre urbanisme et évacuation des eaux pluviales existe d'abord pour la question où placer un nouveau quartier

et ensuite pour la détermination de la taille des parcelles, de la dimension des îlots et de la voirie urbaine qui fixe aussi l'orientation des îlots et des parcelles.

En ce qui concerne le positionnement global d'un nouveau quartier, il s'agit de trouver un endroit ni trop pentu (en dessous de 5 %), ni situé dans un bassin sans exutoire naturel. Vu que ces deux conditions ne sont pas difficiles à remplir, une concentration sur la présentation des possibilités que donne l'orientation des rues pour arriver à un lotissement raisonnable en respectant le plus possible l'évacuation des eaux pluviales, sans pour autant oublier les fonctions primaires du réseau de voirie, c'est-à-dire accès aux parcelles, communication entre habitants, liaison entre quartiers, et - plus général - chemins pour piétons, animaux, deux-roues, voitures de tourisme, camions et bus.

1. AMENAGEMENT D'UN QUARTIER PAR LE RESEAU DE LA VOIRIE

L'orientation des rues dans un quartier détermine la position des îlots et des parcelles. Il est donc nécessaire de se rendre compte avant la mise en valeur d'un terrain des conséquences de l'orientation, fixé dans le plan de lotissement. Elle a des effets sur l'exposition des parcelles au soleil, sur la possibilité de s'orienter dans le quartier et sur la possibilité d'atteindre le centre-ville ou autres points importants sans trop de détours. Néanmoins ces problèmes ne touchent guère l'évacuation des eaux pluviales.

C'est l'inclinaison des rues par rapport à la pente naturelle qui est le point important du sujet ici traité. Quand le tracé des rues est une fois fixé et le terrain loti, peut-être même déjà mis en valeur, un changement n'est plus possible sans causer de problèmes sociaux, financiers et éventuellement de construction.

En principe il y a trois différentes possibilités d'installer le réseau de voirie par rapport à la pente naturelle d'un terrain donné :

1) Les rues sont tracées parallèles et perpendiculaires aux courbes de niveau.

2) Les rues sont tracées en biais des courbes de niveau de telle façon que l'eau, coulant dans les rues, soit rassemblée dans un collecteur au centre du quartier.

3) Les rues sont également tracées en biais des courbes de niveau, mais de telle façon que l'eau se disperse et coule vers les côtés du quartier.

Les avantages et les inconvénients de ces trois solutions seront discutés sur le principe ci-dessous dans un quartier d'environ 15 ha, situé sur une faible pente. En plus un aménagement de ramification hiérarchique est présenté comme alternative à l'aménagement perpendiculaire habituel.

1.1. Tracé perpendiculaire

L'aménagement d'un quartier par des rues perpendiculaires et parallèles aux courbes de niveau (voir figure 1) se rencontre dans toutes les villes du Niger. Son grand avantage est la facilité de tous les travaux topographiques nécessaires. Il suffit d'un minimum de points de repère pour établir le système entier.

En plus cette manière de lotir produit des parcelles qui sont toutes de la même taille et de la même forme. Cela évite non seulement la discussion si une parcelle est préférable à une autre, mais aussi le problème de dévalorisation des parcelles au point de vue prix ou taxe. L'orientation vers les points cardinaux et par rapport à l'inclinaison du terrain est pareille, ce qui fait que toutes les parcelles peuvent être aménagées à l'intérieur de la même façon. La seule différence qui reste, est la position de la rue vis-à-vis des parcelles : en aval ou en amont.

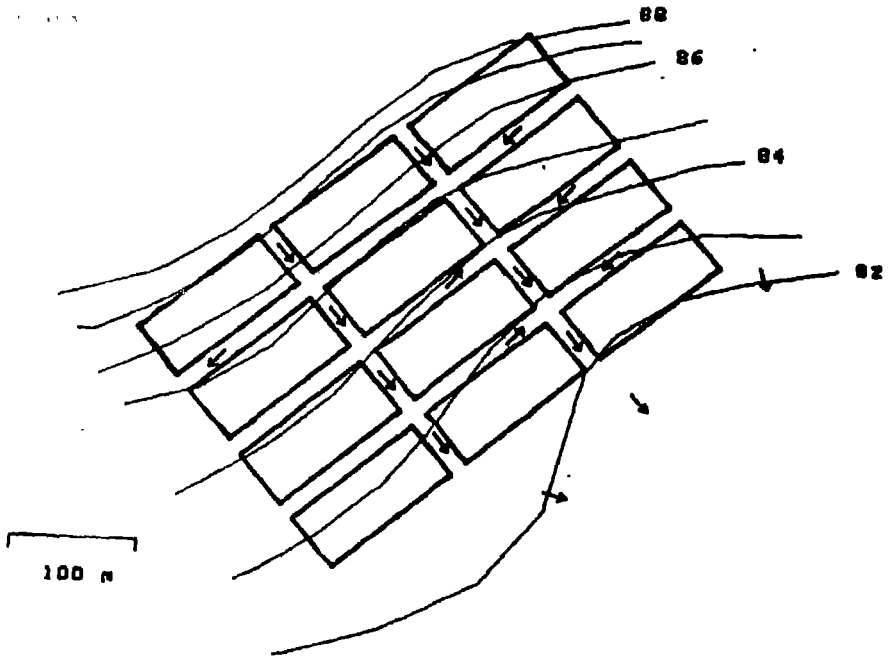


Figure 1 : Tracé perpendiculaire.

En ce qui concerne l'évacuation des eaux pluviales, ce système d'aménagement peut avoir les inconvénients déjà discutés ci-dessus. L'eau n'est pas dirigée, mais elle peut prendre le chemin le plus facile et le plus rapide dans les rues perpendiculaires aux courbes de niveau. Il est à peine possible de freiner sa course et si on souhaite prévoir un équipement public en aval sur une parcelle plus large, l'eau se heurterait contre cet obstacle avec toute sa force. Un tel système, une fois installé, détermine donc nettement l'occupation du sol en aval.

Par contre dans les rues parallèles aux courbes de niveau l'évacuation peut devenir difficile dès qu'il y a le moindre creux. L'eau commence a stagner en formant des flaques qui attaquent les constructions dès qu'elles les touchent. Un deuxième aspect des rues sans inclinaison doit être mentionné, bien qu'il n'ait pas encore d'importance. Le cas, où à un moment donné une évacuation des eaux usées se montre nécessaire, il sera difficile d'installer un système qui atteint toutes les parcelles avec l'inclinaison minimale nécessaire.

Vu les avantages et les inconvénients, on peut en conclure, que cet aménagement est sûrement adapté à certaines mises en valeur, surtout quand il s'agit d'un terrain pas trop à pic ou situé dans un petit bassin versant. Néanmoins on doit se rendre compte si les eaux de pluie accumulées ne posent pas de problèmes en aval du quartier prévu, éventuellement pour un ancien quartier ou pour un équipement public déjà existant.

1.2. Tracé vers le centre

Pour éviter des rues trop pentues d'un côté et des rues trop planes de l'autre côté il faut les tracer en biais des courbes de niveau. En général, on ne va pas garder le système habituel rectangulaire, mais plutôt prévoir des croisements de rues en angles aigus et obtus, pour donner à l'écoulement la direction souhaitée (voir figure 2).

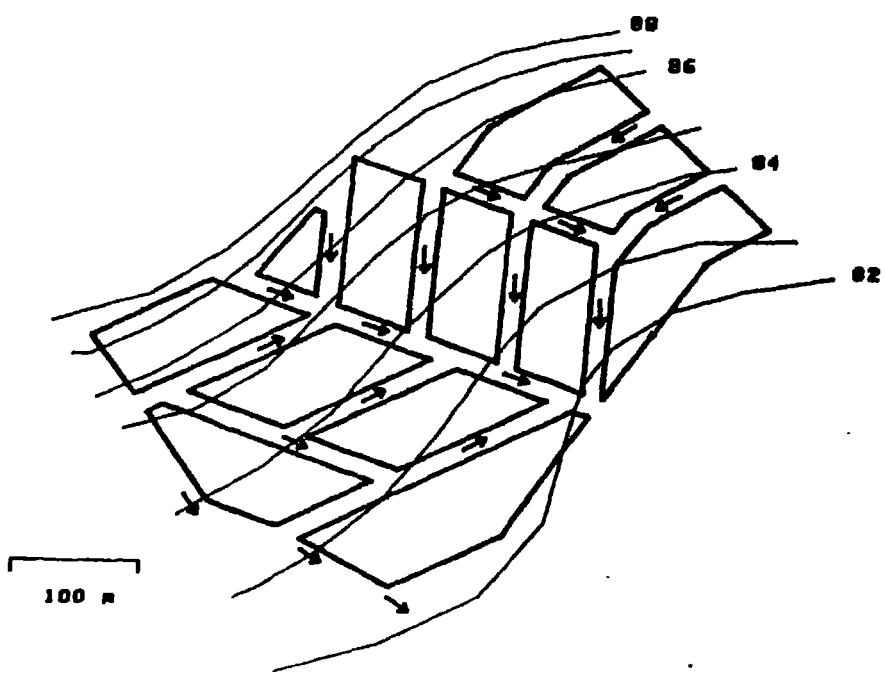


Figure 2 : Tracé vers le centre.

Dans ce cas, les îlots non plus ne peuvent rester rectangulaires, mais prennent la forme de parallélogrammes. Les parcelles par contre ne s'adaptent pas forcément toutes à cette forme. Elles peuvent être loties de façon rectangulaires, à part celles situées aux coins des îlots. De toute

manière il faut faire attention à ce que les angles choisies ne soient pas très supérieures ou inférieures à 90 degrés, pour que les parcelles ne deviennent pas trop longues par rapport à leurs largeurs.

Dans l'exemple présenté ci-dessus, le collecteur central, qu'il soit une rue drainante pavée ou un canal, coupe les courbes de niveau sous environ 70 degrés, les rues d'accès sous 20, respectivement 45 degrés. De cette façon l'écoulement s'effectue avec une vitesse diminuée, les voies d'écoulement ne se croisent pas et une desserte ultérieure d'eaux usées ne poserait pas de problème. Naturellement la voie considérée comme collecteur pour l'eau pluviale doit être confondue avec une rue principale.

Comme au tracé perpendiculaire, il est nécessaire d'observer le sens d'écoulement des eaux quittant le quartier. Un obstacle serait encore plus fortement attaqué, parce que l'eau pluviale ne sort plus qu'à un seul endroit, donc en plus grande quantité. Mais contrairement au tracé perpendiculaire, la quantité d'eau sortante est plus facile à estimer et le point de sortie à définir.

1.3. Tracé vers l'extérieur

Ce troisième exemple d'aménagement principal (voir figure 3) ne semble varier que peu par rapport au deuxième. En effet, le trafic s'organise probablement à peu près de la même façon et les flots se ressemblent également. Mais la différence essentielle se trouve dans la possibilité d'évacuation des eaux pluviales.

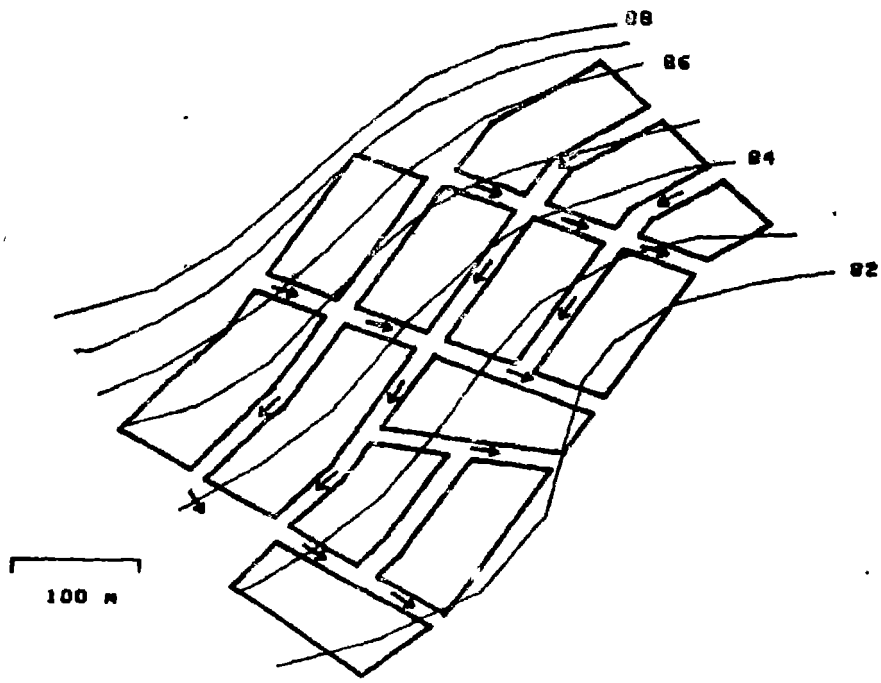


Figure 3 : Tracé vers l'extérieur.

Tandis que dans l'exemple précédent toute l'eau se concentre au milieu du quartier, ici une grande partie de l'eau est guidée vers l'extérieur du quartier, en supposant que là elle peut ou s'infiltrer dans le sol ou s'écouler sans difficultés.

L'avantage de cette solution est la diminution des eaux pluviales à la sortie du quartier. Si par exemple dans le quartier avoisinant en aval, il y a déjà des difficultés d'évacuation d'eau, un aménagement pareil pourrait être considéré.

Seulement, il ne faut pas aussi perdre de vue ses inconvénients. Car le croisement des rues, où deux voies d'écoulement se rencontrent pour continuer après dans deux directions différentes, ce noeud constitue un point critique pour le système. Si les quantités d'eau arrivant à ce noeud sont trop importantes, il faut craindre les turbulences qui présentent un danger pour toute construction située à cette bifurcation.

Il n'est pas possible d'éviter ce danger, mais on peut le réduire par le choix d'une direction principale d'évacuation. Dans cette direction les rues doivent être nettement plus en pente que dans l'autre. Dans l'exemple, l'angle entre les rues et les courbes de niveau est pour une direction de 50 à 70 degrés, mais seulement de 10 à 20 degrés pour l'autre direction.

Une solution plus efficace, mais aussi coûteuse est de prévoir pour une direction d'évacuation le drainage par rues pavées, pour l'autre le drainage par caniveaux. Aux croisements, les caniveaux nécessitent un passage souterrain et les deux voies d'écoulement se touchent à peine.

On peut résumer que les avantages de l'aménagement en biais des courbes de niveau sont surtout la diminution de la vitesse d'écoulement et la possibilité de canaliser l'eau vers l'endroit voulu du quartier. Un certain danger pour les parcelles au coin aval des bifurcations n'est pas impossible et doit être prévenu.

1.4. Tracé ramifié

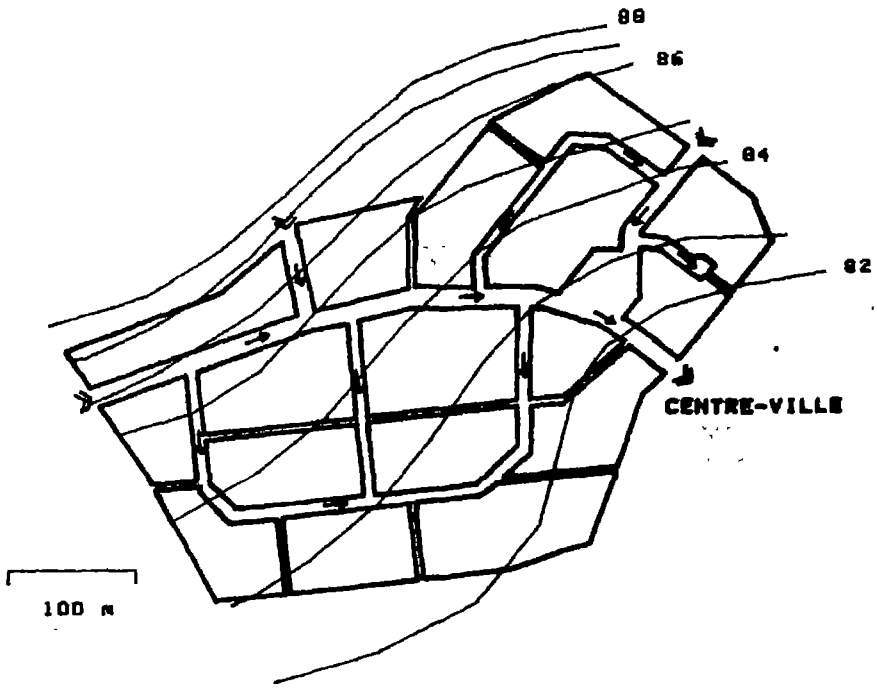


Figure 4 : Tracé ramifié.

Un dernier exemple montre le tracé en biais des courbes de niveau, mais de façon ramifiée (voir figure 4). Cela veut dire, que le réseau de voirie n'est plus maillé au même degré pour les voitures que pour les piétons et les deux-roues.

Voitures de tourisme, camions et bus trouvent dans le quartier une rue transversale principale avec deux bifurcations importantes, dont une combinée avec une place publique. L'emprise de ce réseau primaire pourrait être de 15 mètres.

Le réseau secondaire ne sert plus qu'à atteindre tous les îlots du quartier. Son emprise est d'environ 10 m. La troisième catégorie de rues garantit finalement l'accès à toutes les parcelles. Bien que cet accès soit possible aussi bien pour les véhicules que pour les piétons, les rues sont moins attrayantes pour le trafic motorisé, car elles n'ont qu'une emprise maximale de 8 m. Dans ces rues la sécurité des piétons est plus grande que dans les rues de première catégorie.

M'ême si les problèmes de trafic ne sont qu'à peine sensibles dans les villes du Niger, il faut s'attendre à ce qu'ils deviennent plus importants d'année en année, vu la croissance du nombre des véhicules. En plus les habitants profitent dès aujourd'hui d'un tel tracé ramifié, parce qu'il

soutient la constitution d'un centre dans le quartier. Le centre est une des conditions nécessaires pour une vie sociale et un sentiment d'identification avec le quartier.

2. CARREFOURS ET EMPRISES

Il y a deux conceptions dans la planification des quartiers au Niger :

1) Les carrefours par croisement de rues et

2) les emprises larges des rues.

Dans un système de voirie non-hiérarchique, les croisements sont les éléments adéquats pour s'orienter et pour atteindre chaque endroit dans le quartier sur un chemin relativement direct (le plus grand détour possible est dans l'ordre du facteur 1,4).

Mais dans un système de voirie hiérarchique il faut différencier les rues de grande, de moyenne et de petite importance pour le trafic. Cela s'exprime non seulement par les différentes emprises des rues, mais aussi par les différentes possibilités qu'offrent ces rues à la vie sociale urbaine.

Un tel aménagement n'est pas soutenu de façon efficace par des croisements de rues, mais bien plus par des embouchements où la rue subordonnée débouche dans la rue supérieure sans la croiser. De cette manière l'hiérarchie devient visible et compréhensible pour tous les passants.

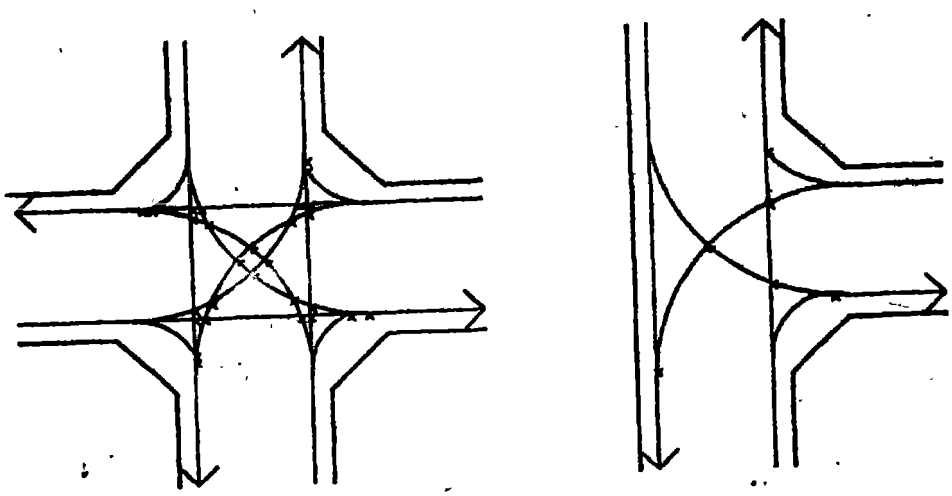


Figure 5 : Carrefour par croisement et par embouchement.

Un autre argument important en faveur des embouchements est la sécurité pour le trafic motorisé, parce que, comme on peut le voir dans la figure 5, il y a dans un tel croisement 28 endroits où les différents sens de trafic se rencontrent, alors qu'un embouchement n'en a que 6. Les endroits d'accidents possibles sont donc plus que quatre fois plus nombreux pour un croisement que pour un embouchement.

La figure 4 montre l'aménagement d'un quartier sans croisement de rues de la même catégorie, sans pour autant oublier les besoins de l'évacuation de l'eau pluviale.

L'autre conception d'aménagement à discuter concerne l'emprise large des rues. Il est évident qu'une telle emprise donne beaucoup de possibilités pour l'utilisation des rues. En plus elle prévoit des besoins éventuels futurs, pas encore connus. Mais ces arguments ne peuvent être réclamés pour toute la voirie urbaine.

Certes, on conçoit dans les quartiers aussi des rues moins larges. La question se pose, s'il ne serait pas possible et souhaitable d'aller encore plus loin dans cette conception et de réduire généralement les standards d'emprise, sans bien sûr perdre l'hiérarchie nécessaire.

La figure 6 montre le rapport entre les emprises des rues et le surplus en surface et en distances. La relation se décrit par deux formules simples :

$$SSN = \frac{(LI+PI).EL - (LI+PI).ES + EL^2 - ES^2}{LI.PI + (LI+PI).ES + ES^2} .100\ \%$$

$$DSN = \frac{EL - ES}{PI + ES} .100\ \%$$

avec SSN = surface supplémentaire nécessaire
DSN = distance supplémentaire nécessaire
ES = emprise standard (ici : 8 m)
EL = emprise large
LI = largeur des îlots (côté étroit, ici : 60m)
PI = profondeur des îlots (côté long)

a îlots de 90 sur 60m
12 parcelles 15/30m

b îlots de 120/60 m
16 parcelles

c îlots de 180/60 m
24 parcelles.

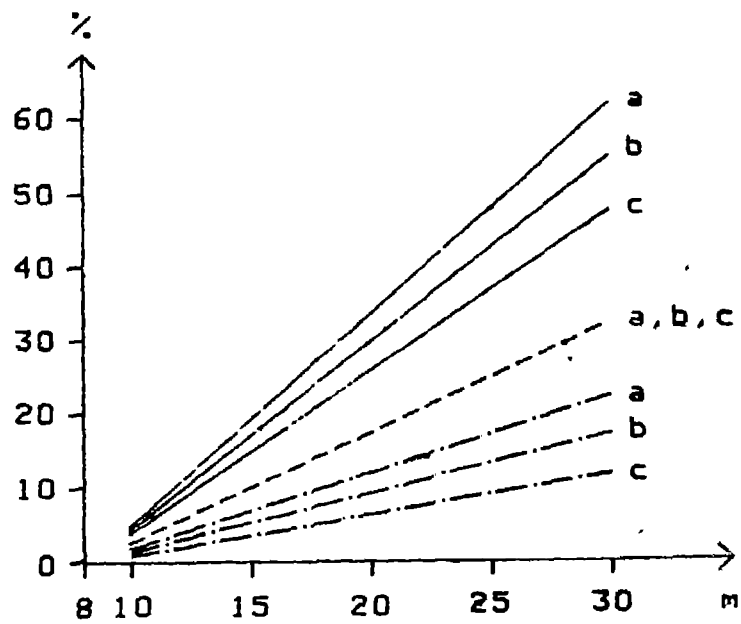


Figure 6 : Croissance de la surface d'un quartier et des distances dans un quartier par des différentes emprises de rues :
——— croissance de la surface ;
- - - croissance des distances vers le centre-ville, îlots perpendiculaires à la direction ;
-.-.- croissance des distances vers le centre-ville, îlots parallèles à la direction.

Beaucoup de surface est nécessaire, quand les îlots sont petits et les rues très larges. Un quartier avec des rues de 30 m d'emprise et des îlots de seulement 12 parcelles est de 62,1 % plus grand que quand on prévoit seulement une emprise de 8 m.

Les distances dans le quartier ne dépendent pas seulement de la largeur des rues, mais aussi du fait si le côté large ou le côté étroit est dirigé vers le centre-ville. Un aménagement par des rues de 30 m d'emprise peut augmenter les distances de 32,4 %.

Le besoin de surface ne pose généralement pas de problèmes dans un pays qui est tellement étendu comme le Niger. Seulement quand il y a des obstacles naturels (mares, rochers, goublis, fleuves, etc.), des occupations du sol importantes (jardins, plantations, reboisements) ou un périmètre urbain trop proche, la croissance d'une ville pourrait être difficile.

Les conséquences d'un surplus en distances sont beaucoup plus graves pour la population aussi bien que pour l'administration. La population ressent l'augmentation des distances dans des chemins plus longs pour arriver aux équipements publics, aux magasins, à un lieu de travail, ou chez des amis. Pour les véhicules motorisés elle signifie une plus grande consommation de carburant, donc plus de frais et plus de pollution de l'air.

L'administration est concernée par les différents réseaux infrastructurels techniques. Non seulement l'aménagement et l'entretien de la voirie, mais aussi les mesures pour évacuer l'eau pluviale, les installations d'approvisionnement en eau et en électricité et même le ramassage des ordures deviennent plus coûteux.

La discussion des standards reste alors à déterminer aussi sous cet aspect économique et non seulement sous l'aspect fonctionnel. Le but doit être d'arriver à des standards garantissant entièrement le fonctionnement de la voirie avec un coût réduit.

3. EXEMPLE D'UN QUARTIER DANS LA VILLE DE TAHOUA

Les conceptions d'aménagement, qui ont été exposées ci-dessus sont facilement à retrouver dans un quartier type de la ville de TAHOUA, avec environ 44 000 habitants quatrième ville du Niger après Niamey, Zinder et Maradi (voir figure 7).

3.1. Topographie de la zone du projet

La zone du projet a une pente irrégulière vers le sud avec des courbes de niveau entre 364 et 384 m. La pente du terrain naturel varie entre 0 et 12 % (voir figure 8).

La majeure partie des eaux de ruissellement se déverse d'abord dans une dépression peu profonde à la limite du centre-ville, puis plus loin dans une 2ème dépression avant de se rejeter dans le Kori qui se trouve au nord-est. Dans chacune des deux dépressions se forme une mare pouvant stagner d'un à deux mois après la saison des pluies.

A la limite est se trouvent quelques carrières de banco jouant le rôle de bassins de rétention. L'extrême nord-est déverse ses eaux directement dans la grande vallée qui reçoit la presque totalité des eaux de la ville. Les parties nord et ouest sont limitées par des zones parsemées de collines et de dépressions. Les courbes de niveau varient là entre 375 et 390 m. Il n'existe pas de crevasses ni de très fortes pentes dans toute la zone du projet.

3.2. Plan d'occupation du sol et mise en valeur

La superficie totale de la zone du projet est de 123,69 ha dont 116,65 ha lotis.

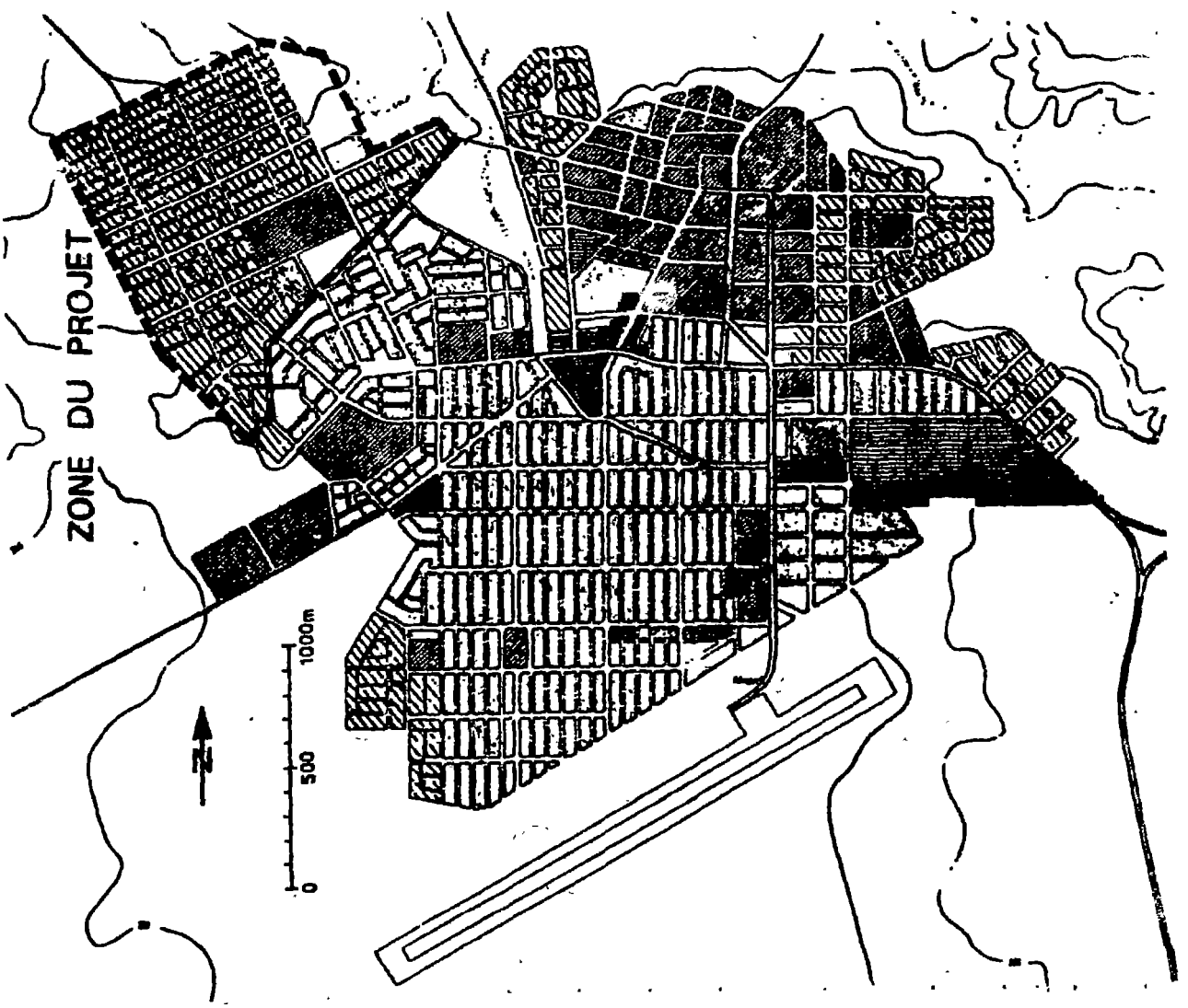


Figure 7 : La ville de TAHOUA et la position de la zone du projet.

Comme type d'habitat il a été essentiellement prévu :

1) L'habitat dit traditionnel avec divers équipements publics dont un lycée d'Etat, un terrain de sport et une arène de lutte déjà construits.

2) L'habitat moderne, constitué par 20 logements déjà construits pour les cadres de l'Etat.

La voirie, composée d'un réseau maillé dense de rues de 10 m, 15 m et 20 m occupe plus de 30 % de la superficie totale. Les surfaces réservées quant à elles ne représentent que 12 %.

La répartition globale est la suivante :

- habitat traditionnel	54,37 ha	46,6 %
- habitat moderne	1,78 ha	1,5 %
- équipements publics	9,76 ha	8,4 %
- voiries	36,58 ha	31,4 %
- surfaces réservées	14,17 ha	12,1 %
Total	116,65 ha	100,0 %

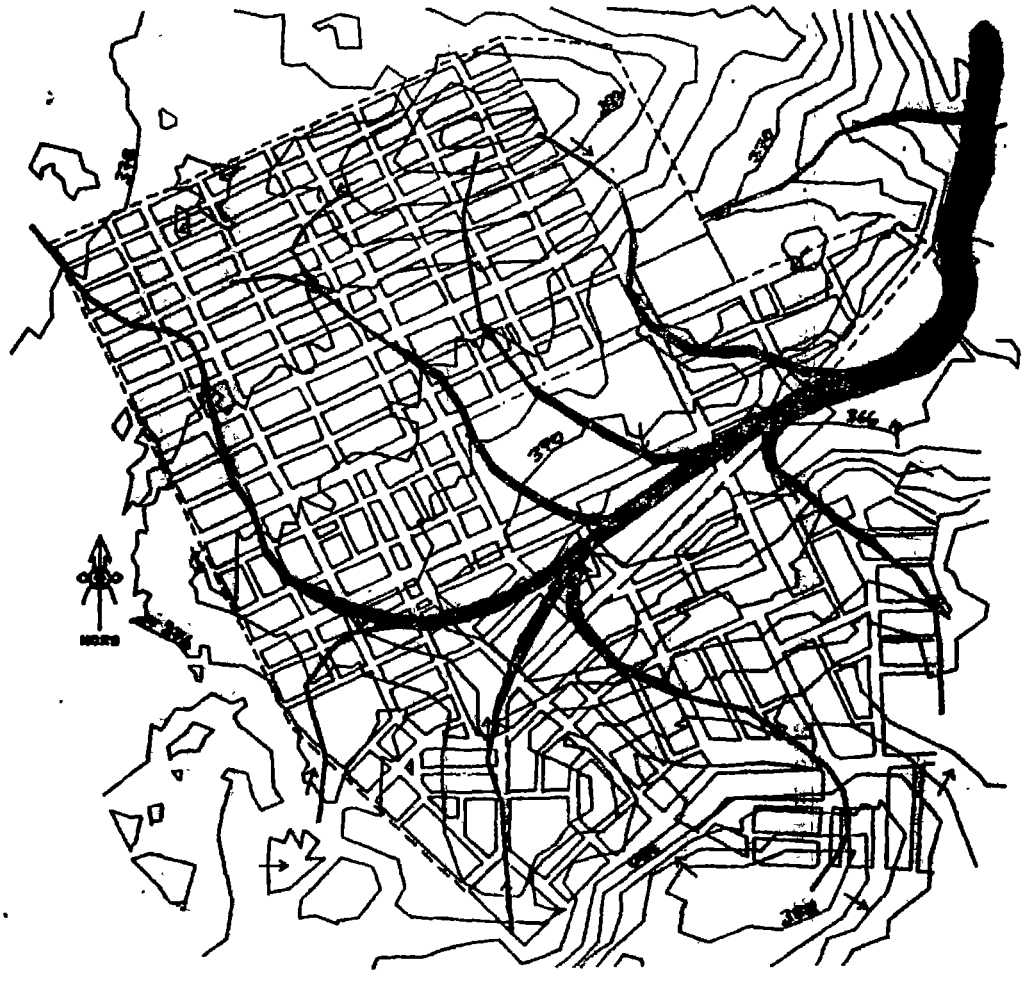


Figure 8 : Ruissellement naturel dans la zone du projet.

Le nombre total des parcelles est de 1156 dont 1136 pour l'habitat traditionnel et 20 pour l'habitat moderne. La superficie parcellaire moyenne est donc de 479 m2 pour l'habitat traditionnel et de 890 m2 pour l'habitat moderne. A l'heure actuelle on peut estimer à peu près à 30 % le nombre de parcelles mises en valeur.

En considérant une moyenne de 5,5 personnes par ménage, la population totale de la zone du projet s'élève à 6360 habitants ce qui représente une densité nette de 113 hab/ha, brutte de 55 hab/ha.

3.3. Evaluation de l'aménagement

La zone du projet est aménagée par un filet perpendiculaire de voirie. Une faible hiérarchie est constituée dans une direction par la largeur des rues 3, 6 et 8 et dans l'autre direction par les rues I, L et O. Par rapport aux courbes de niveau, les rues sont tracées ou parallèles, ou perpendiculaires.

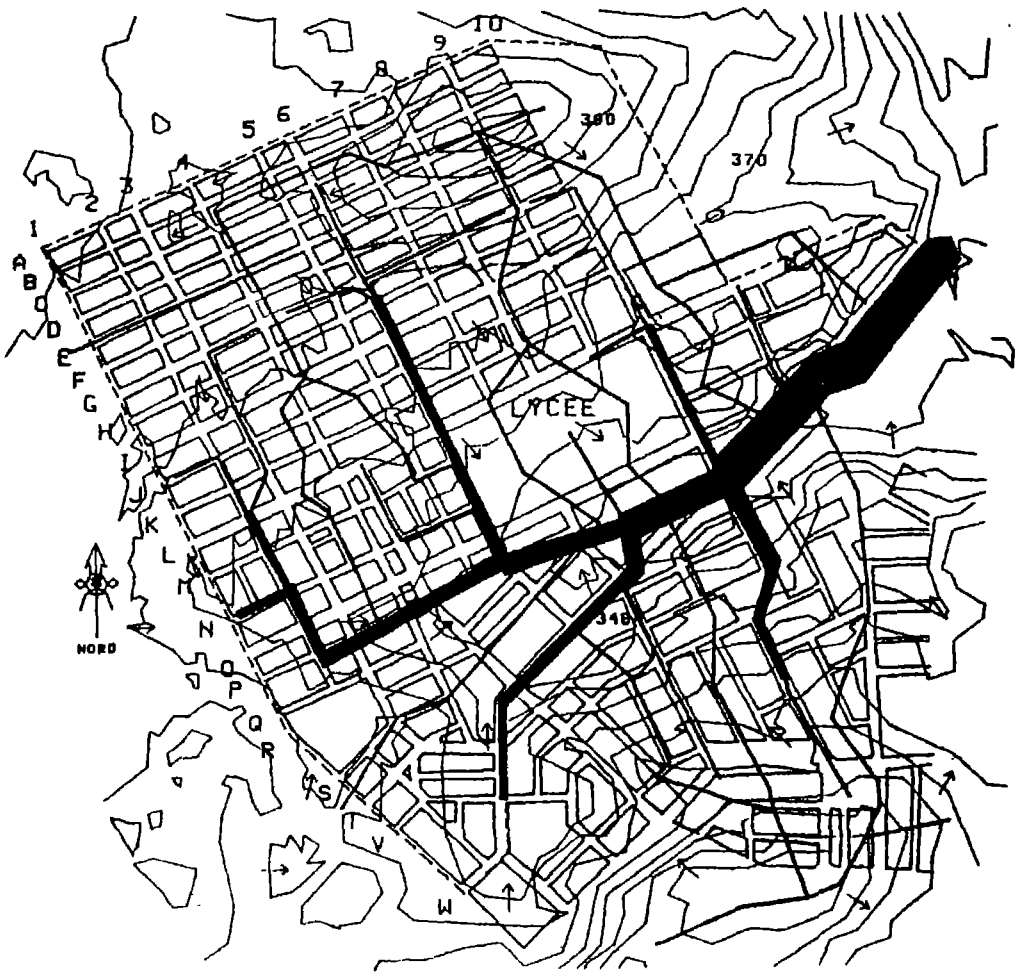


Figure 9 : La zone du projet et l'évacuation des eaux pluviales.

Mises à part quelques exceptions, les îlots sont tous rectangulaires, le côté large tourné vers le centre-ville. Ils ont des largeurs de 50 m et des longueurs de 50 à 250 m. Les petites dimensions de beaucoup d'îlots et l'emprise relativement large des rues sont la cause de la grande consommation de surface par la voirie (plus de 30 % du terrain).

Presque tout le lotissement ne représente qu'un bassin versant (voir figure 9). Seulement au nord, où se trouve une petite colline, l'eau coule aussi vers l'extérieur du quartier. Mais le réseau de la voirie n'en tient pas compte et garde exactement sa direction. Des petits bassins sans issue au nord-ouest du quartier n'influencent pas non plus la régularité du système de la voirie. Ce n'est qu'au sud de la zone du projet, que le tracé perpendiculaire est légèrement modifié, évidemment pour tenir compte du changement de direction des courbes de niveau.

Un point spécialement critique pour l'évacuation des eaux pluviales se trouve à l'endroit du lycée, où une rue principale (Nº 8) aboutit sans continuation dans une autre (rue L). Le chemin d'écoulement est bloqué ici par un grand mur, contournant les bâtiments du lycée. La protection de ce mur contre l'érosion des eaux pluviales sera sans doute difficile.

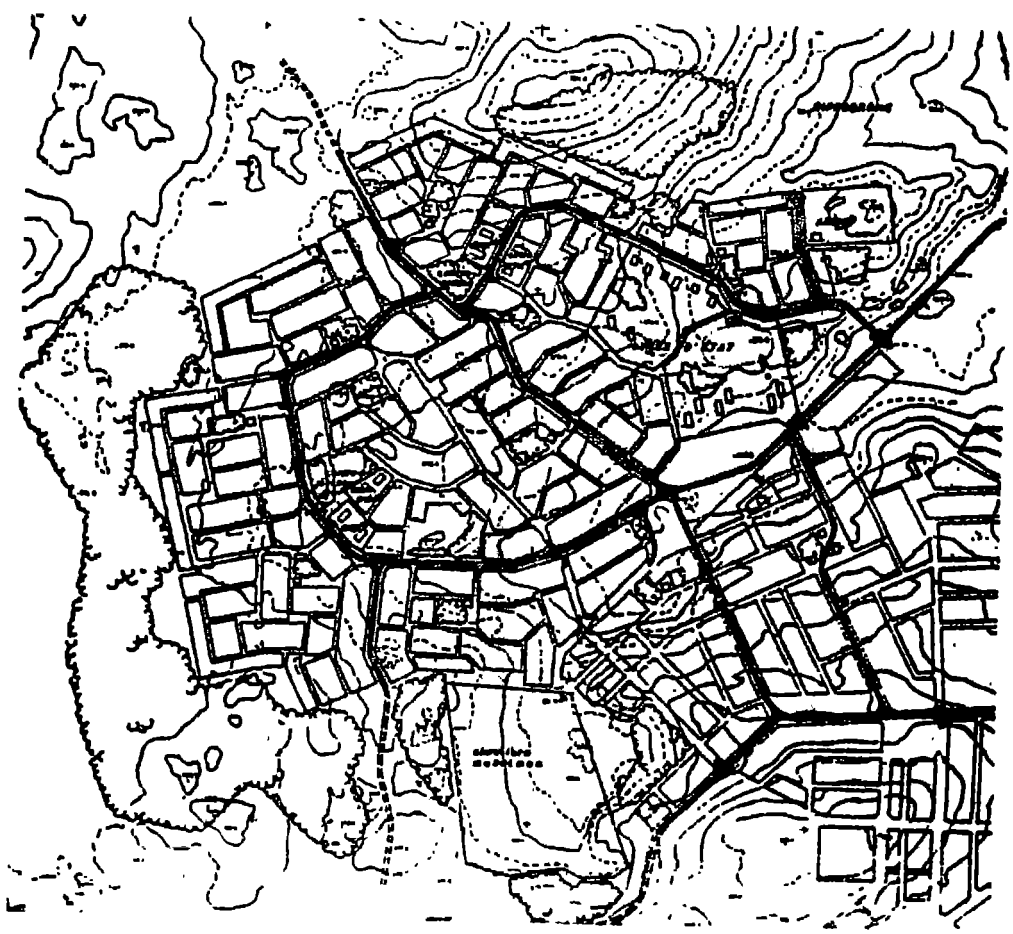


Figure 10 : Aménagement alternative d'un quartier (SCHULZ-EHLBECK 1985)

Des problèmes du fait, que les rues principales ne sont pas toujours des chemins favorables pour l'évacuation des eaux pluviales, se trouvent aussi autre part. Par exemple la rue O est tracée trop au nord pour pouvoir recevoir le collecteur central de la zone du projet. Il devrait plutôt être installé dans la rue P.

Pour donner finalement une idée d'une conception fictive, dans laquelle les besoins d'évacuation des eaux pluviales ont été plus strictement observés, le plan d'un aménagement alternatif est joint à ce document (voir figure 10). Il montre un genre de tracé ramifié, mais l'orientation des rues est restée généralement perpendiculaire aux courbes de niveau.

Cet exemple peut faire comprendre que pour l'aménagement d'un quartier, il n'existe jamais une seule solution acceptable, mais toujours plusieurs possibilités, dont chacune a ses avantages et ses inconvénients. C'est aux responsables de décider sur l'importance des avantages et des inconvénients, afin de fixer l'aménagement à réaliser définitivement.

*

* *

SYSTEMES ALTERNATIFS DE DRAINAGE DES EAUX DE RUISSELLEMENT
(par Mamoudou Maikibi)

1. BUT DE L'ETUDE

A Tahoua, dans le cadre de la coopération technique nigéro-allemande, un projet pilote de drainage des eaux de ruissellement a été exécuté entre 1979 et 1984.

Au cours de ce projet deux grands axes de la ville qui auparavant étaient les principales voies naturelles d'écoulement des eaux pluviales et par conséquent fortement érodées, ont été pavées. Le résultat escompté en appliquant cette technique de rues pavées avec bordures appelées rues drainantes, était le suivant :

- assurer un drainage satisfaisant des eaux pluviales
- lutter contre l'érosion des sols
- améliorer la voirie urbaine.

Ce rapport est un résumé d'une étude (*) élaborée à l'Institut d'Urbanisme de l'Université de Karlsruhe dont le but était de faire une comparaison de cette technique avec celle jusqu'alors appliquée, à savoir les collecteurs en béton, en les appliquant à un nouveau quartier de la ville où aucun système de drainage des eaux pluviales n'est encore prévu.

(*) L'étude complète voir G. SCHULZ-EHLBECK et M. MAIKIBI (1985) : Etude comparative de deux systèmes alternatifs de drainage des eaux pluviales appliqués à un nouveau quartier de la ville de Tahoua, République du Niger. Institut für Städtebau und Landesplanung, Universität Karlsruhe.

2. LA ZONE DU PROJET

La zone concernée par l'étude est un nouveau quartier de la ville de Tahoua, ville située à 500 km au nord de la capitale avec une population estimée à 44.000 habitants et une pluviométrie moyenne annuelle ne dépassant pas 400 mm.

2.1. Topographie de la zone du projet (voir rapport Nº 1)

2.2. Composition du sol

Dans la quasi totalité de la zone du projet le sol est constitué de couches d'argile et/ou de latérite, recouverte d'une épaisse couche rougeâtre de sable fin. A certains endroits effleurent des roches sédimentaires.

La vitesse d'infiltration du sol varie entre 0,0001 et 0,0004 m/s. L'érosion se remarque aux endroits où la pente est comprise entre 3 et 5 %. Aux endroits où la pente devient très faible ou nulle se forme une carapace à travers laquelle l'eau s'infiltre très difficilement provoquant ainsi une formation temporaire de flaques d'eau. La nappe phréatique se trouve à une profondeur moyenne de 15 m.

2.3. Plan d'occupation du sol et mise en valeur (voir rapport Nº 1)

2.4. Problèmes existants (voir rapport Nº 1)

Les problèmes existants dans la zone du projet sont en grande partie liés au manque d'aménagement préalable des parcelles avant distribution et au non respect de la configuration du terrain lors du tracé des rues. Les problèmes sont remarquables surtout au niveau du Lycée d'Etat, des 20 logements des cadres et de l'îlot 348 (voir figure 9 rapport Nº 1).

3. LES DIFFERENTES TECHNIQUES DE DRAINAGE DES EAUX PLUVIALES

Pour le drainage des eaux de ruissellement dans les zones urbanisées, on peut utiliser les techniques suivantes :

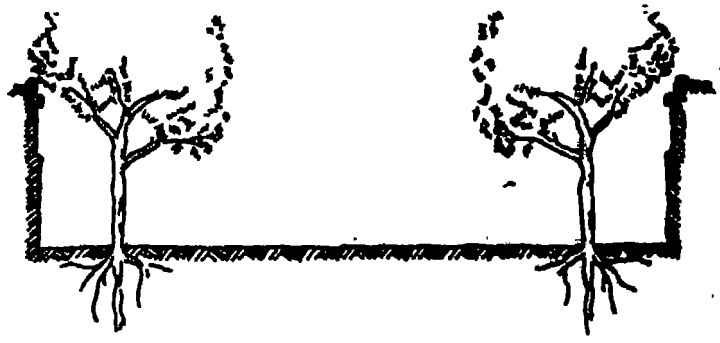
a) les rues non stabilisées
b) les rues stabilisées
c) les caniveaux à ciel ouvert ou recouverts de dalles ou de grilles
d) les canaux en terre.

a) Les rues non stabilisées

Dans les zones d'habitat dense dit traditionnel, où la pente du terrain est très faible (i = 0,03), les rues en terre bien profilées peuvent servir à évacuer les eaux de pluie jusqu'aux collecteurs secondaires ou même principaux, car après quelques années d'existence, elles se trouvent consolidées par le phénomène suivant : les matériaux de construction utilisés (ici de l'argile) attaqués par les pluies sont

entraînés et déposés sur la voirie et finissent par constituer une véritable carapace. Cette solution, si elle est envisageable, paraît intéressante, car elle éviterait la mise en place de collecteurs tertiaires, voire secondaires.

Situation fréquente

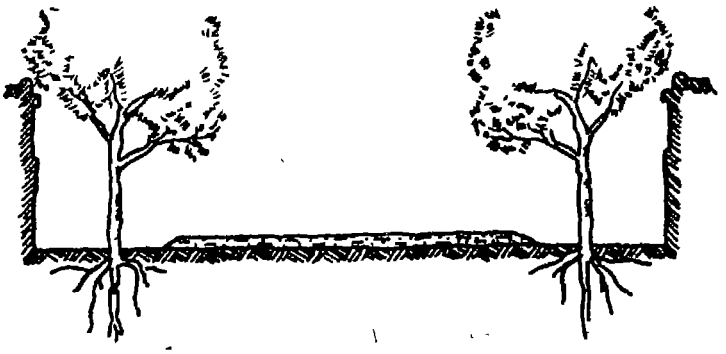


Solution proposée

b) Les rues stabilisées

Les rues en latérite doivent être conçues dans les mêmes conditions que les rues en terre dans les endroits où l'excès de sable peut au départ gêner le trafic.

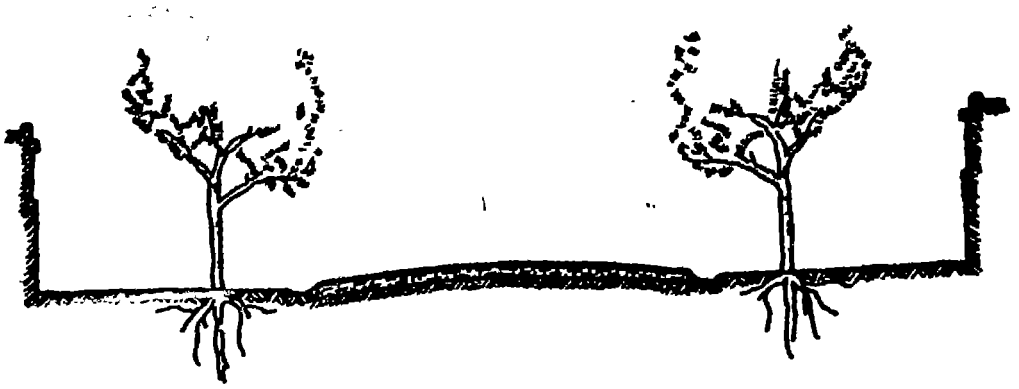
Situation fréquente



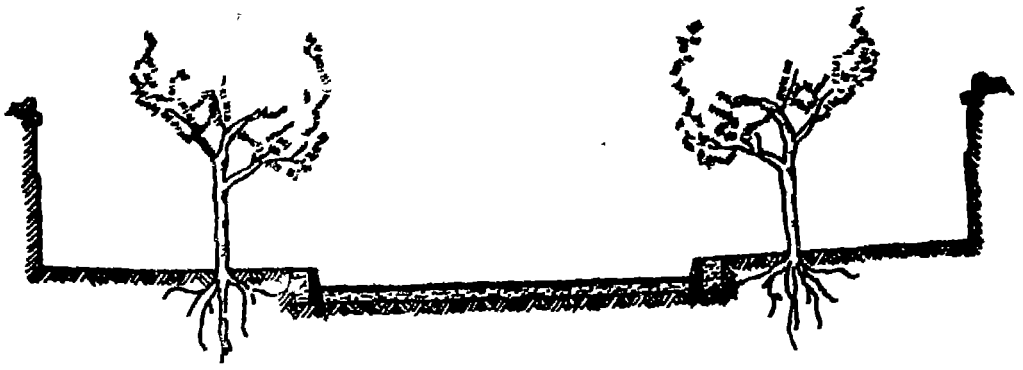
Solution proposée

4. LES RUES ASPHALTEES

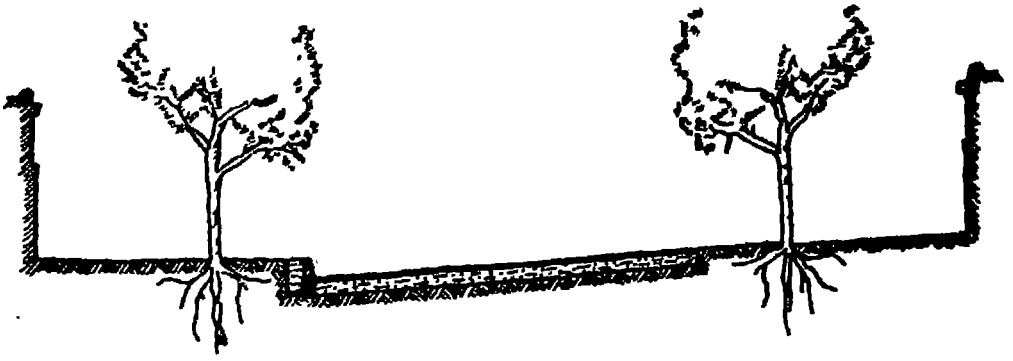
Les rues asphaltées, avec des bordures, peuvent servir de collecteurs d'eaux pluviales dans les zones où la pente du terrain est relativement élevée (entre 0,5 et 6 %) dans le cas où les grands axes de la voirie se confondent avec les voies d'écoulement naturel des eaux d'une quantité peu importante. Cette technique apporte une solution à l'érosion du sol tout en assurant un trafic beaucoup plus dense. Il est à noter que la lame d'eau qui se forme au-dessus de la chaussée ne doit à aucun moment entraver la circulation.



Situation frequente



Solution proposée

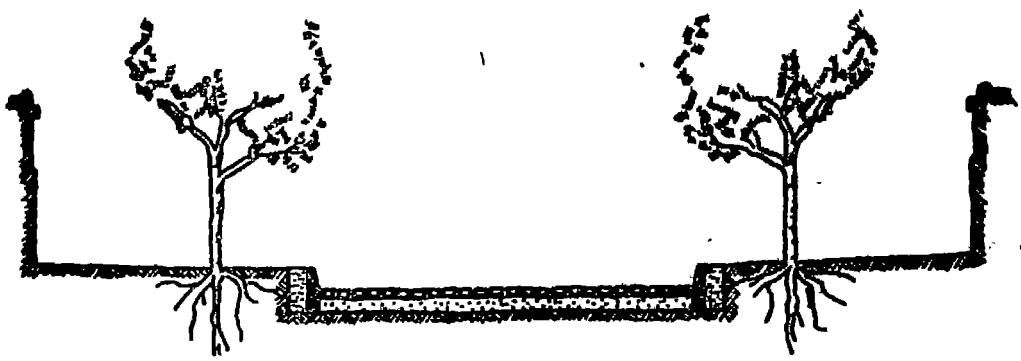


Solution proposée

5. LES RUES PAVEES

La technique des rues pavées avec bordures, appliquée tout récemment à Tahoua, semble très intéressante après 3 saisons de pluies. En effet, les rues, tout en gardant leur rôle de voirie urbaine permettent également un drainage satisfaisant des eaux de ruissellement sans pour autant provoquer une quelconque érosion de tout un bassin versant jusqu'à un exutoire naturel. Elles ont été conçues dans les axes de la voirie qui se confondent avec les voies d'écoulement naturel des eaux de pluies. Contrairement aux rues bitumées elles ont l'avantage de conserver en partie l'infiltration du sol (les joints sont constitués par du sable fin).

Exemple de rue pavée drainante



6. LES CANIVEAUX

Les caniveaux qui peuvent être en béton ou en maçonnerie servent généralement de collecteurs tertiaires ou secondaires. Cette technique est jusqu'alors la plus appliquée en Afrique pour des raisons pratiques. Les caniveaux sont le plus souvent à ciel-ouvert, mais peuvent être aussi recouverts de dalettes ou de grilles.

Exemple de caniveaux à grilles

Les canaux en terre

Les canaux en terre sont surtout utilisés comme exutoires ou comme collecteurs de ceinture d'une zone urbanisée afin de la protéger contre les eaux en provenance des bassins versants extérieurs. Ils peuvent remplacer parfois les exutoires très coûteux en béton, en maçonnerie ou en gabion.

7. LES ELEMENTS DE CALCUL

7.1. Estimation des pluies et détermination des débits de pointe.

Pour fixer la pluie qui provoquerait l'apport maximal de ruissellement en provenance d'un bassin versant donné, nous avons utilisé la formule de REINHOLD.

$$\frac{i(t,n)}{i(15,1)} = \frac{38}{t+9} \times \left(\frac{1}{\sqrt[4]{n}} - 0,369\right)$$

en prenant le temps t égal au temps de concentration du dit bassin.

Pour le calcul des débits de pointe nous avons utilisé la formule rationnelle :

$Qp(m^3/s) = c \times A \times i(tc,n)$ avec c : coefficient de ruissellement

i(tc,n) : intensité moyenne de la pluie d'une durée égale au temps de concentration tc du bassin versant considéré pour une fréquence n.

Pour déterminer les valeurs de c nous avons adopté les valeurs comprises entre 45 et 80 % sauf pour les parties très sablonneuses non pentues et qui ne seront pas construites pour lesquelles nous proposons une valeur de 0,05.

7.2. Dimensionnement des ouvrages de drainage

Pour le dimensionnement des ouvrages de drainage nous avons considéré la formule de GAUKLER-MANNING STRICKLER avec un coefficient de rugosité K_{St} égal à 70.

$Q(m3/s) = S \times K_{St} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

K_{St} = coefficient de rugosité

R = $\frac{S}{P}$: rayon hydraulique

S = section mouillée

P = pente hydraulique.

7.3. Domaine d'application

Chacun des deux systèmes doit non seulement assurer un drainage satisfaisant des eaux de ruissellement afin d'éviter des inondations susceptibles de causer des dégâts, mais aussi assurer une bonne protection de la voirie urbaine contre le phénomène d'érosion de sols. Pour cela ils doivent être conçus dans les rues où une forte érosion a été constatée (les rues dans lesquelles des trous de 0,5 à 1 m de large et 0,2 à 0,3 m de profondeur causés par l'érosion, ont une pente variant entre 3 et 5 %). Pour protéger les ouvrages contre le même phénomène d'érosion, la vitesse moyenne d'écoulement dans une section quelconque ne doit pas être supérieure à 4 m/s.

8. DESCRIPTION DES DEUX SYSTEMES

8.1. La variante 1

La variante 1 est un réseau maillé composé essentiellement de :

- 4900 m.l de rues pavées avec 11.342 m.l de bordures jouant le rôle de collecteurs secondaires et principaux.
- 1516 m.l de rues en latérite jouant le rôle de collecteurs tertiaires.
- Un canal en terre servant d'exutoire.

8.2. La variante 2

La variante 2 est un réseau maillé de 4866 m.l de canaux rectangulaires en béton armé de section moyenne de 0,532 m2 à ciel-ouvert (les traversées des rues et les entrées de concession seront recouvertes de dalettes), complétés par 2850 m.l de rues bitumées de 6 m de large et 2650 m.l de rues en latérite de 6,5 m de large.

8.3. Estimations des coûts

Variante 1

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire F.CFA	Prix partiel F.CFA
- déblais				
- terrain normal	m3	34 800	1 476	51 364 800
- terrain dur	m3	8 700	3 268	28 431 600
- bordures	m 1	11 910	3 672	43 733 520
- pavés	m2	35 250	3 925	138 356 250
- latérite	m3	9 610	5 087	48 886 010
Total : 310 772 180 F.CFA TTC				

Variante 2

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire F.CFA	Prix partiel F.CFA
- déblais	m3	1 720	1 476	2 538 720
- latérite	m3	3 705	2 300	8 521 500
- compactage et finition	m2	17 100	1 950	33 345 000
- collecteurs en B.A.	m3	2 740	241 234	660 981 160
- déblais en terrain dur	m3	2 000	3 268	6 536 000
Total :		711 922 380 F.CFA TTC		

9. COMPARAISON DES DEUX SYSTEMES

La comparaison des deux variantes, basée sur des critères économiques, techniques et sociaux doit être perçue dans un cadre spécifique et limité. En effet cette comparaison est seulement valable dans la mesure où la configuration du terrain de la zone du projet et le débit de pointe des eaux de ruissellement permettent la mise en application de deux variantes. Il est à noter que, dans un programme global d'assainissement des eaux pluviales, les deux variantes peuvent être combinées pour former un seul système de collecte et de drainage des eaux : les rues pavées recevant uniquement les eaux pluviales joueront le rôle de collecteurs tertiaires ou secondaires et les canaux en béton qui peuvent aussi recueillir certaines eaux usées, joueront le rôle de collecteurs principaux, leur raccordement se fera par l'intermédiaire de caniveaux à grilles ou d'autres ouvrages tampons.

9.1. La variante 1

A/ Les avantages

a) Le coût des travaux

Le coût global des travaux de la variante 1 s'élève à la somme de 314 450 000 F.CFA TTC soit un coût spécifique de 50 000 F.CFA par personne (6360 personnes au total) ou 2 500 F.CFA par hectare (123,59 ha au total). Ce montant, comparé au budget d'une commune nigérienne, représente un investissement considérable, mais dans le cadre d'un programme d'assainissement global qui, jusqu'alors, est toujours financé par l'Etat, ce coût d'investissement serait beaucoup moindre dans la mesure où la machine à pavés qui représente la plus grosse part, peut être utilisée dans un cadre régional ou même national (une machine à grande capacité

peut desservir à la fois plusieurs villes ou être transférée d'une ville à une autre), ce qui permet de minimiser son amortissement. Cette solution est envisageable dans la mesure où le domaine d'utilisation des pavés est large et varié (aménagement de certains lieux publics, tels que marchés, terrains de sport, places des bornes fontaines, devantures des édifices publics, etc...). A Tahoua par exemple, un terrain de basket-ball a été entièrement aménagé avec des pavés cassés. Cela montre que dans l'utilisation des pavés, rien ne se perd, tout se récupère.

b) Exécution des travaux

L'exécution des travaux de la variante 1 n'exige aucun personnel spécialisé, ni de gros engins, n'importe quelle commune est en mesure de les réaliser.

c) Travaux d'entretien

Les seuls travaux d'entretien sont le remplacement des pavés cassés ou des réajustements et le désensablement, s'il y a lieu, après chaque saison de pluies. Ces travaux qui ne demandent pas de personnel spécialisé, ni de machines ou de technologie appropriée, peuvent être assurés par toutes les communes nigériennes.

d) Création d'emplois

L'exécution des travaux de la variante 1 dans les meilleurs délais exige une main-d'oeuvre à haute intensité, par conséquent qu'elle soit faite en régie par la commune ou par travaux communautaires, elle entraîne la création de nouveaux emplois.

e) Utilisation des matériaux de construction

Tous les matériaux de constructions sont produits sur place, cela signifie que la variante 1 à grande échelle crée non seulement des emplois, mais augmente également la production nationale.

f) Amélioration de la voirie urbaine et intégration à l'urbanisme.

Les rues pavées entraînent une nette amélioration de la voirie urbaine tout en assurant un drainage suffisant qui satisfait les conditions d'hygiène et de sécurité. Contrairement aux caniveaux à ciel-ouvert, elles sont attrayantes et les populations hésitent d'y verser leurs ordures et eaux usées. Il faut signaler d'autre part que les rues pavées drainantes peuvent être associées aux canaux en terre ou en béton qui constitueraient alors les collecteurs principaux,

les trop-pleins ou les exutoires, par raccordement direct (par caniveaux à grilles, par exemple) ou en drainant les eaux dans des zones tampons (zones inondables, dépressions, mares, bassins de rétention, etc...) à partir desquelles partiraient des ouvrages beaucoup moins importants.

B/ Les inconvénients

Le grand inconvénient des rues pavées drainantes réside surtout dans le fait que leur application est très limitée et, est en fonction du relief du terrain (aucune adaptation verticale n'est possible) et du débit des eaux (un débit de pointe important demande une section très large ou une profondeur importante non tolérable pour la voirie urbaine). En plus il faut noter que ces rues ne supportent pas un trafic dense et permanent. D'autre part comme leur exécution ne nécessite pas de gros engins et se fait de façon artisanale, le délai est relativement long.

9.2. La variante 2

A/ Avantages

a) Adaptation verticale au relief du terrain

Les canaux en béton, du fait qu'ils peuvent être à ciel-ouvert ou enterrés (avec aménagement de chutes, et cascades, ...) s'adaptent mieux au relief du terrain.

b) Solution provisoire à une catégorie des eaux usées.

Les collecteurs en béton (surtout avec cuvette) peuvent servir à évacuer une partie des eaux usées domestiques des populations riveraines.

c) Evacuation de débits de pointe importants

Les collecteurs en béton accompagnés d'un bon aménagement de la voirie urbaine permettent d'évacuer très rapidement des débits très importants loin des zones d'habitat évitant ainsi les nuisances et les dégâts matériels.

d) Intégration à l'urbanisme

Les collecteurs en béton, au cas où ils sont enterrés, permettent d'économiser des superficies pouvant être utilisées à d'autres fins.

e) Création de nouveaux emplois

Les travaux de la variante 2 (collecteurs + rues stabilisées) demandent un investissement important qui pourrait

faire travailler les petites, moyennes et grandes entreprises nationales et internationales, d'où la création de nouveaux emplois.

f) Délai d'exécution des travaux

L'exécution de travaux de la variante 2, puisqu'elle nécessité un personnel qualifié et de gros engins, peut être bien planifiée et se réaliser dans un délai relativement plus court.

B/ Inconvénients

a) Coût des travaux

Le coût global des travaux de la variante 2 est estimé à 711.930.000 F.CFA TTC soit un coût spécifique de 110.000 F.CFA par habitant ou 5.800 F.CFA par hectare. Ce montant ne tient pas compte des coûts supplémentaires qu'entraînent très souvent la démolition de certaines infrastructures existantes (rues bitumées, réseaux d'eau et d'électricité) et les expropriations dans les zones où l'habitat n'est pas encore planifié.

b) Coût de fonctionnement et d'entretien

Pour assurer un bon fonctionnement d'un réseau de collecteurs il faut prévoir des travaux d'entretien tout le long de l'année sur l'ensemble du réseau afin d'éviter toute obstruction qui pourrait entraîner des inondations et des conséquences graves pour le dispositif lui-même. L'entretien d'un réseau de collecteurs surtout enterrés demande un personnel spécialisé et un matériel sophistiqué (camions cureurs par exemple) voire même toute une technologie. D'autre part le fait que les populations considèrent les collecteurs à ciel-ouvert comme des dépôtoirs et la longue période sèche entraînant un tassement des déchets, entraîne un entretien difficile et coûteux.

c) Incompréhension par les populations

Les collecteurs en béton à ciel-ouvert contrastent avec l'habitat dit traditionnel et, du fait que leur rôle de drainage des eaux pluviales n'est pas appréhendé par la population, celle-ci voit en eux un moyen facile pour se débarrasser des eaux usées et des ordures. Ainsi ces collecteurs se transforment en une véritable source de nuisance qui aggrave les conditions sanitaires en favorisant le développement des larves, insectes et rongeurs parasites. Enfin, il faut noter que les casses et expropriations qu'engendre souvent l'installation d'un réseau de collecteurs en béton, et le fait que ce réseau peut par la suite devenir un véritable danger public, s'il est à ciel ouvert, font que les populations deviennent réticentes à de tels investissements aussi importants.

d) Utilisation importante de matériaux importés

La mise en place d'un réseau de collecteurs en béton qui en plus pour être efficace, demande un aménagement parallèle de la voirie (stabilisation des rues), entraîne une utilisation importante des matériaux et matériel importés, aussi bien pendant l'exécution des travaux qu'au cours de leur fonctionnement (gros engins de terrassement, matériel d'entretien, tels que camions cureurs, carburant, acier, bitume, etc...). Ce qui ne ferait qu'accentuer le déficit de la balance commerciale.

10. CONCLUSION

Tableau récapitulatif

Rues pavées drainantes	Collecteurs en béton
+ coût d'investissement réduit	+ domaine d'application beaucoup plus large.
+ coût de fonctionnement et d'entretient réduit, voire nul.	+ solution provisoire au problème d'évacuation des eaux usées domestiques.
+ exécution très facile des travaux.	+ délai d'exécution des travaux court.
+ possibilité de diminuer le débit de pointe.	+ création d'emplois :
+ drainage sûr et suffisant.	- coût d'investissement élevé
+ intégration à l'urbanisme, amélioration de la voirie.	- conception non maîtrisée
+ acceptation totale par la population.	- exécution des travaux très difficile
+ aspect évolutif.	- non intégration à l'urbanisme et refus par la population
+ création d'emploi et augmentation de la production nationale.	- favorise le développement des maladies hydriques et de leurs vecteurs
- domaine d'application limité.	- forte utilisation de matériaux et matériel importés.
- délai d'exécution relativement long.	

+ avantage
- inconvénient

En se référant à ce tableau, on est tout de suite tenté d'affirmer que la variante 1 est de loin la plus avantageuse hormis son domaine d'application très limité, néanmoins force est de constater que la variante 1 (314.450.000 F.CFA TTC) comme la variante 2 (711.930.000 F.CFA TTC), demandent un investissement qui, à l'état actuel des choses, dépasse largement les moyens financiers d'une petite commune comme celle de Tahoua.

Mais nous pensons que dans un cadre d'assainissement global, où très souvent l'aspect financier apparaît comme l'élément essentiel de la décision, l'exécution de la variante 1, si elle est envisageable dans les zones périphériques, entraînerait une réduction sensible du coût d'investissement et d'exploitation du réseau, dans la mesure où cela permettrait d'éviter l'installation sur de longues distances des collecteurs tertiaires et secondaires accompagnée d'un aménagement parallèle obligatoire de la voirie urbaine.

*

* *

BIBLIOGRAPHIE

HERZ, R. et G. HEBERLING (1981) : Schéma Directeur d'Urbanisme pour la ville de Zinder.

PHILIPP, O., W. KOCH et H. KOSER (1983) : Utilization and Control of Water Hyacinth in Sudan. Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Nr. 122. Eschborn.

GKW-Ingenieurs-Conseils (1974) : Assainissement de la ville de Maradi. Etude de factibilité / Avant projet.

HYDROPLAN-Ingenieurs-Conseils (1979) : Etude préliminaire de l'évacuation des eaux de pluie pour la ville de Zinder.

GKW-Ingenieurs-Conseils (1981) : Assainissement de la ville de Niamey. Schéma Directeur.

SCHULZ-EHLBECK, G. (1985) : Konzeptionelle und bauliche Erschlie Bungsalternativen für einen neuen Stadtteil von Tahoua, Republik Niger. Diplomarbeit am Institut für Städtebau und Landesplanung, Universität Karlsruhe.

SCHULZ-EHLBECK, G. et M. MAIKIBI (1985) : Etude comparative de deux systèmes alternatifs de drainage des eaux pluviales appliqués à un nouveau quartier de la ville de Tahoua, République du Niger.

APPROCHE DE SOLUTION POUR LA DISPOSITION DES MATIERES FECALES DANS LES ZONES DEFAVORISEES DES VILLES AFRICAINES

par

Damien HOUETO (*)

-==o==-

1. RAPPEL DE LA SITUATION DES VILLES AFRICAINES EN MATIERE D'ASSAINISSEMENT.

1.1. Caractéristiques des villes africaines

Noyau européen (colonial) autour duquel s'édifient pêle-mêle les habitations des autochtones, sans lotissement, sans un S.D.A.U. Le désordre s'accentue, plus on s'éloigne de ce noyau : la densification de la population est plus importante, les habitants venant de tous les horizons ont des habitudes et des modes de vie différents. Cela se traduit par un désordre qui engendre une disposition anarchique des déchets (fécès et déchets solides).

1.2. Cas de Cotonou

Description de la ville

Cotonou est située sur un terrain plat sableux avec une nappe phréatique affleurante qui remonte à la première pluie en provoquant des inondations qui durent plus de la moitié de l'année. Les faibles pentes ne favorisent pas un écoulement vers les quelques dépressions naturelles. Les zones marécageuses qui ceinturent Cotonou sont impropres à la construction et encore plus à l'assainissement.

Situation de l'assainissement dans Cotonou

- Assainissement pluvial
- Evacuation des déchets solides
- Evacuation des eaux usées et excreta.

. Système de tout à l'égout n'existe pas au Bénin, ou n'existe que dans quelques rares cités.

. Système fosses septiques associées aux puisards d'infiltration par gens à revenus élevés (17 %).

. Latrines simples (fosses étanches) sont utilisées par les populations à moyens et faibles revenus (46 %).

. On n'a donc pas besoin d'être grand clerc pour comprendre que 37 % de la population urbaine se "débrouillent".

(*) Directeur du Génie Sanitaire et de l'Assainissement (République Populaire du Bénin).

C'est-à-dire défèquent dans les terrains vagues, les plages et dans les caniveaux et même à l'intérieur des concessions dans les trous faits à la sauvette dans le sable.

Ce spectacle est plus vivace dans les lieux publics (marchés, auto-gares), et parfois même aux abords des écoles et des centres de Santé.

2. SOLUTIONS A LA SITUATION

- Construire des latrines dans les habitations ?

C'est là une solution onéreuse qui ne peut être envisagée qu'à long terme dans le cadre d'un développement harmonieux de la ville.

- Construire des latrines publiques ?

C'est une solution possible si l'usage est hygiénique.

Les expériences passées ne plaident pas en faveur de cette solution.

L'insalubrité a été accrue dans les marchés et auto-gares par la construction de latrines publiques.

C'est pourquoi la conviction que les latrines publiques ne devraient pas être envisagées dans les villes s'est ancrée chez beaucoup de gens et surtout chez les décideurs que sont nos Autorités Politico-Administratives.

Pourtant aucune solution de rechange n'a été proposée, car il semble que jusqu'ici les latrines publiques demeurent les seuls dispositifs excrémentiels adaptés à ce niveau de développement.

3. CONDITIONS DE PROMOTION DE LATRINES PUBLIQUES

Pour intégrer les latrines publiques dans l'environnement urbain sans qu'elles soient des sources de nuisance, il conviendrait de prendre certaines précautions et d'observer une démarche.

. Recherche du meilleur site pour l'implantation des latrines en collaboration avec les utilisateurs.

. Estimation du nombre d'utilisateurs en précisant si possible le sexe, l'âge, la catégorie sociale et le revenu moyen.

. Opportunité d'associer les latrines avec d'autres infrastructures d'assainissement telles que : urinoirs, douches, aire de lavage, etc...

. Définition du système le plus approprié eu égard à la nature du sol, à la profondeur de la nappe phréatique, etc...

. Construction en matériaux et finition permettant un entretien facile.

. Mise en place d'une structure d'entretien et de surveillance des sites qui étaient les lieux préférés de défécation.

. Etude des tarifs d'utilisation si les revenus des bénéficiaires le permettent.

. Mise au point des mesures coercitives dans la lutte contre ceux qui continuent de polluer l'environnement.

. Mise sur pied d'une cellule de gestion des installations sanitaires en vue du financement de l'entretien, du renouvellement des infrastructures et de la prise en charge des travaux d'assainissement des environs.

Bien sûr cette démarche serait différente si ces latrines publiques étaient construites dans des écoles. Car dans ce milieu, il ne saurait être question de faire payer les élèves. Il conviendrait plutôt :

. De procéder à une éducation pour la santé en matière de disposition hygiénique des excreta.

. De former des brigades par rotation pour l'entretien de ces dispositifs.

En conclusion : Des latrines publiques dans les lieux de rassemblement (marchés, gares, écoles, centres de santé) demeurent la solution au problème d'insalubrité de ces lieux si une organisation est mise en place en vue de l'entretien et de la gestion.

EXPERIMENTATION DE SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT AUTONOMES EN COTE-D'IVOIRE

par

Gouganou KOPIEU (*)

-=o=-

J'ai l'honneur de vous présenter l'expérimentation en matière d'Assainissement Individuel en Côte-d'Ivoire, mais avant de parler de l'expérimentation proprement dite, permettez moi d'évoquer les raisons qui nous ont poussé à penser à l'Assainissement autonome.

1. CONSTAT

L'histoire de l'Assainissement dans les villes africaines et plus particulièrement en Côte-d'Ivoire, commence à partir des années 65, c'est-à-dire après l'indépendance. Avant cette époque, il existait des réseaux d'évacuation des eaux usées et pluviales construits par les colons.

La ville d'Abidjan en effet était un petit village Ebrié dans les années 1930. Pour les besoins de la construction du chemin de fer Abidjan - Niger, la capitale de la Côte-d'Ivoire fut transférée de Bingerville à Abidjan. Jusqu'à l'indépendance, la ville comptait moins de 300 000 habitants en 1960. En 25 ans cette population est passée de 300 000 à près de 2 millions d'habitants soit 7 fois plus.

Le pays entier comptait en 1960 environ 3 millions d'habitants ; aujourd'hui 8 millions. Le taux d'accroissement annuel d'Abidjan est de 10 % et 2,5 % pour toute la Côte-d'Ivoire. Ces chiffres nous permettent d'illustrer les problèmes réels de l'assainissement dans les pays en développement surtout d'extension rapide des villes.

Le développement de la ville a été tellement rapide que la construction des équipements n'a pas pu suivre. On s'était plutôt intéressé au problème d'eau potable d'abord, la route, laissant de côté le problème d'assainissement.

On sait cependant que toute action humaine engendre plus ou moins la pollution et notamment la pollution due au rejet d'eaux usées. C'est ainsi qu'en 1960, s'est déclarée une épidémie. Le plan directeur fut mis au point en 1975. Commencé depuis 1975, la mise en place du plan directeur connait actuellement quelques difficultés. Nous en parlerons demain avec le F.N.A.

Sur la partie construite on estime à 15 le pourcentage de la population branchée. A la fin du projet, compte tenu du développement de la ville, ce pourcentage atteindra peut-être 35 à 40 %. Les quartiers d'habitat traditionnel ou populaire représentent

---

(*) Ingénieur des T.P. - Direction de l'Eau (Côte-d'Ivoire).

près de 70 % de la population et 80 à 90 % de la population des villes de l'intérieur, sont dotés soit de l'assainissement individuel, fait généralement d'un puits, soit de la pratique du dépôt des matières fécales dans le milieu environnant.

2. PROBLEMES RENCONTRES DANS L'ASSAINISSEMENT DES QUARTIERS POPULAIRES.

Ils sont de deux ordres :

2.1. Quartiers desservis par un réseau de collecte d'eaux usées

La plupart des raccordements au réseau d'eaux usées sont réalisés dans de mauvaises conditions :

- les habitants ont pris l'habitude de déverser les eaux ménagères dans les avaloirs du réseau pluvial ;

- les WC ne sont jamais raccordés au réseau car en l'absence de chasse des matières fécales ont tendance à obstruer les canalisations de raccordement ;

- les eaux pluviales de la concession sont souvent raccordées sur les réseaux eaux usées ;

- seules les eaux des douches sont raccordées correctement au réseau.

2.2. Cas des quartiers non desservis par un réseau

- Les eaux ménagères et souvent les eaux de douche rejetées dans la rue, dans les caniveaux EP.

- Les WC, souvent situés à proximité de la cuisine et même du puits sont le siège des mauvaises odeurs : dans les zones où le sol est imperméable, l'infiltration dans le puits est insuffisante (vidanges fréquentes, débordement) ; dans les zones où la nappe phréatique est proche du sol, l'infiltration des affluents n'est pas possible en période humide ; les puits situés dans les cours sont pollués par les rejets d'eaux usées.

Afin de rechercher des solutions adaptées à ces situations, il a été décidé, avec l'aide des organismes internationaux d'expérimenter un certain nombre de réalisations pilotes.

3. LES OBJECTIFS DE L'EXPERIMENTATION

Les objectifs recherchés sont de proposer des systèmes simples, faciles à mettre en oeuvre et peu coûteux pour assainir ces quartiers.

Ces procédés devraient :

- Assurer un meilleur confort à l'usager (supprimer les mauvaises odeurs dans les WC) ;

- permettre un entretien plus réduit (recherche des systèmes permettant une meilleure infiltration dans le sol) ;

- assurer une meilleure protection de l'environnement (éviter des rejets d'eaux ménagères ou d'eaux de douche dans la rue) ;

- pouvoir être construits par des artisans locaux ou la population elle-même.

4. LES SYSTEMES RETENUS POUR L'EXPERIMENTATION

4.1. Le séparateur - épurateur

a) Pourquoi utiliser un séparateur urine - fècès

L'urine ne nécessitant pas de pré-traitement fastidieux, il apparaît donc dommage de mélanger les deux déjections. De plus la séparation urine fècès présenterait les avantages suivants :

- pas d'odeur
- pas de mouches
- activation de la décomposition
- augmentation du rapport C/N

Question santé, les observations effectuées en Asie ont montré après 2 mois de séjour dans la fosse, une diminution des oeufs de parasites de 85 % et une transformation de 95 % de l'azote organique en azote minéral assimilable.

Le mélange urine - eaux grises (douches - eaux ménagères) offrirait des avantages certains :

- neutralisation mutuelle des eaux ménagères alcalines et de l'urine acide ;

- mélange riche en nutrients ;

- inhibition des organismes pathogènes des eaux grises par l'urine.

L'additif de terre ou de cendres (sous produit de la cuisine) favorise une transformation plus rapide des fècès.

b) Principe

Le séparateur - épurateur consiste en deux cuves de 500 litres chacune (pour 20 personnes), non étanche au fond, en béton, briques, plastiques situées au dessus du niveau du sol et surélevées par rapport aux eaux de ruissellement, encastrées dans la terre de 50 cm pour bénéficier de l'activité minéralisatrice de la couche "arable".

Deux dalles (en béton ou plastique) couronnent le tout ; une est du type "à la turque", l'autre du type "bac douche".

Une goulotte conduit l'urine et les eaux de douche dans un puits perdu pour un traitement avec les eaux de cuisine.

Les deux compartiments recevant les fècès sont utilisés alternativement (tous les ans) ; ceci permet un compostage plus long dans un édifice fixe. Terre, cendres et papier hygiénique, sont ajoutés aux fècès.

c) Fonctionnement

Le fond des cuves est non étanche permettant d'absorber l'humidité des fècès et fournir des micro-organismes.

La première cuve est utilisée ; l'apport de cendres sur les fècès remplace la ventilation en absorbant l'humidité, l'attraction des mouches est réduite et les odeurs neutralisées. Le processus à l'intérieur de la cuve est anaérobie et très sec.

Le siège séparateur accroupi, dirige les urines vers une goulotte disposée à l'avant, sous la lunette du siège, recevant aussi les eaux de douche et conduisant ces effluents vers un puits perdu.

Les eaux de cuisines ou d'égouttage des ordures, peuvent après dégrillage être dirigées, aussi, vers le puits perdu.

Lorsque le premier compartiment est aux 3/4 plein (en 1 an pour 15-20 personnes), on permute les dalles, le deuxième compartiment est alors le seul à recevoir les déjections. Lorsque celui-ci est plein, le contenu du premier, prêt pour la fertilisation, est soutiré, laissant ainsi place aux nouvelles défécations.

d) Réalisations

Les éléments les plus difficiles à réaliser sont les bacs à douche et le siège séparateur accroupi qui devraient être en matière plastique moulée. Le programme d'expérimentation devrait comprendre diverses combinaisons d'ouvrage.

(10 SITES)	FECES	URINE	DOUCHE	E. CUISINE	O. M.
2 SITES	Fosse	Puits perdus			Poubelle
2 SITES	Fosse	Puits perdus		Rue	Poubelle
2 SITES	Fosse	Puits perdus			Fosse
2 SITES	Fosse septique*		Epandage souterrain		Poubelle
2 SITES	Fosse*	Puits perdus			Poubelle

* ouvrage préfabriqué entièrement en plastique.

4.2. Les fosses sèches

Comme pour le Séparateur-Epurateur, les fosses sèches seront composées de deux compartiments surmontés d'une cabine légère. Mais à l'inverse du Séparateur-Epurateur, il n'y aura pas de séparation des urines et des fècès.

Chaque compartiment sera utilisé alternativement selon une période dont la durée est fonction du volume et du nombre d'usagers. La cabine étant déplacée d'un compartiment à l'autre à chaque changement.

Comme pour les autres systèmes, les matériaux employés seront les parpaings de 0,20 m pour les parois, le béton armé pour la dalle de couverture munie d'un trou (voir schéma), ou bien dans certains cas, une dalle faite avec des rondins de bois avec également l'aménagement d'un trou pour le passage des fècès.

La cabine amovible, pourra être facilement déplacée, d'un compartiment à l'autre. La ventilation faite d'un tuyau de 200 mm en PVC sera également démontable (voir schéma). Les matériaux de la cabine seront constitués de bois, centre-plaqué, tôle de couverture ou bois traité, porte en bois.

Précisons cependant que dans le cas où la dalle de couverture sera en béton, celle-ci devra être également amovible pour être déplacée sans difficulté d'une cuve à l'autre, la cuve pleine étant remplie jusqu'au niveau du sol, par des cendres, de la terre et surmontée de cailloux.

Le schéma joint donne le volume courant pour une quinzaine de personnes, toutefois ce volume pourra être adapté selon les circonstances.

A noter que ce système, le plus rudimentaire, mais aussi le plus économique, est destiné à des usagers ne disposant pas d'eau courante, et comporte des risques d'odeurs et de prolifération de mouches. Il est donc important de l'implanter en conséquence, par rapport aux habitations et aux endroits où se fait la cuisine.

De plus le mélange des eaux ménagères avec les urines permet de neutraliser l'alcalinité des eaux ménagères par l'acidité des urines ; il permet également d'activer l'inhibition des organismes pathogènes contenus dans les eaux grises.

Le Séparateur - Epurateur est essentiellement composé de deux cuves sans fond en parpaings de 0,20 m (500 litres chacune pour une vingtaine d'usagers). Ces compartiments sont surmontés par des cabines pouvant abriter une douche ou un W.C., avec possibilité de les alterner. Les dalles de couverture sont en béton à 350 kg de ciment CPA légèrement ferraillé.

Une goulotte en PVC est disposée en travers des compartiments de telle sorte qu'elle puisse recueillir les eaux de douches et les urines. Cette goulotte évacue les eaux vers un puits perdu qui reçoit également les eaux grises en provenance

d'un regard pour eaux ménagères. Ce regard en parpaings dispose à sa partie supérieure d'un panier percé (métallique ou PVC), destiné à retenir les matières trop volumineuses en laissant passer les liquides essentiellement (voir schéma joint).

Les cabines seront réalisées aussi simplement que possible avec des matériaux légers, tels que bois pour supports, contre-plaqué pour les panneaux, tôle ou bois traité pour la toiture. Les portes seront également en bois. Ces cabines seront équipées de tuyaux (PVC Ø 200) pour aération avec fixation démontable et chapeau au sommet.

Les dimensions sont celles indiquées sur le schéma, les distances séparant les divers ouvrages seront adaptées à chaque cas.

4.3. La fosse septique

Il s'agit d'une fosse classique avec deux compartiments, suivi d'un préfiltre et d'un puits perdu. Cette fosse d'une contenance de 1 200 litres, est destinée à des habitations de 25 personnes environ. Elle sera réalisée en parpaings de 0,20 m pour les parois et en béton à 250 kg de ciment CPA pour le radier. La couverture sera constituée de dallettes en B A à 350 kilogrammes de ciment CPA avec des armatures appropriées. Un enduit étanche de ciment sera appliqué sur les parois et le fond de la fosse. Le regard pour préfiltre exécuté avec les mêmes matériaux que la fosse septique proprement dite, disposera de cailloux dans le fond pour la filtration des eaux avant le puits perdu. Ce puits perdu sera entièrement enterré et rempli de gros cailloux (voir schéma).

La cabine surmontant la fosse septique bénéficiera d'une construction allégée, constituée par des supports en bois, des panneaux en contre-plaqué et une toiture en bois ou tôle. L'aération se fera à l'aide d'un tuyau en PVC de 200 mm de diamètre fixé sur la paroi de la cabine et surmontée par un chapeau de protection.

5. AUTRES EXPERIMENTATIONS

5.1. En marge de cette expérimentation il est bon de porter à la connaissance des séminaristes la technique mise au point par la SETU-DDA pour résoudre le problème des concessions bénéficiant d'un réseau d'évacuation d'eaux usées et non branchées à l'eau potable.

Dans ces concessions 20 à 80 personnes partagent deux WC et 2 douches ou un WC, deux douches. La population préfère acheter de l'eau chez le revendeur au lieu d'effectuer le branchement à l'eau potable. L'eau achetée est destinée à la consommation. Un appoint est généralement fait à partir d'un puits creusé dans la cour.

Un aménagement WC - douche a été fait de telle sorte que l'eau de douche soit réutilisée pour chasser la matière fécale.

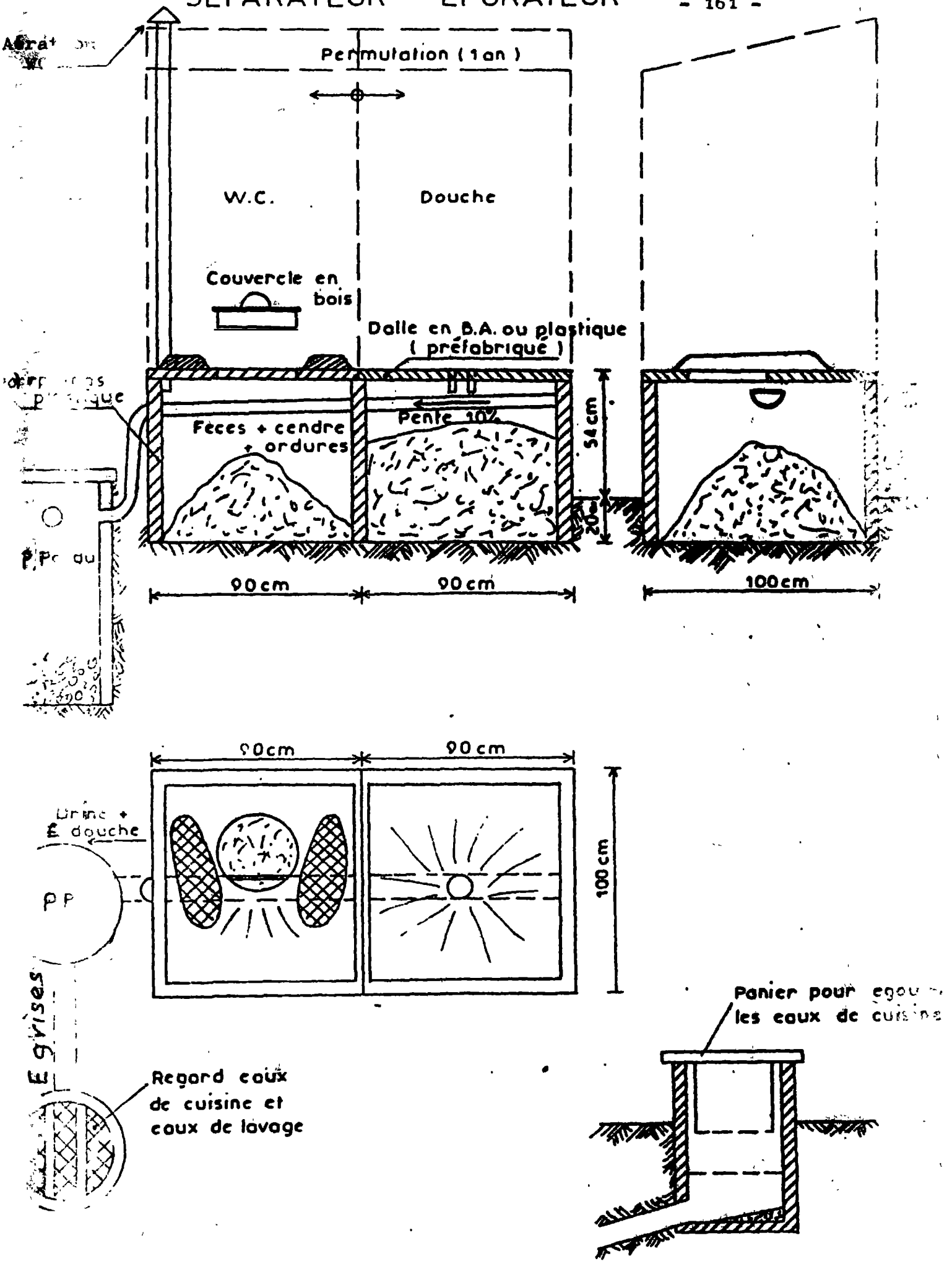
Sous la douche il a été construit un bac de récupération de l'eau usagée. Ce bac de 70 litres est équipé d'une tirette qui peut être manoeuvrée à volonté lorsque le bac est rempli. Cette manoeuvre libère les eaux ainsi stockées et va chasser la matière fécale déposée auparavant dans le WC à la turque équipé d'un coude spécial. Un réceptage des eaux de ménages ou de toilettes des enfants complète le dispositif (voir croquis).

Ce système de réutilisation très simple qui a fait l'objet de 1 500 branchements des populations démunies d'Abidjan pour rentabiliser le réseau d'assainissement, pourra être utilisé dans les campagnes pour plusieurs concessions. Il pourra alors être proposé une technique d'épuration notamment une fosse septique avec l'épandage souterrain ou un lagunage pour les grands ensembles de constructions traditionnelles.

5.2. A propos du lagunage, une expérience sera entreprise par la Côte-d'Ivoire où nous essayerons de nous intéresser non seulement à l'aspect dimensionnement, mais aussi à l'aspect bactériologique.

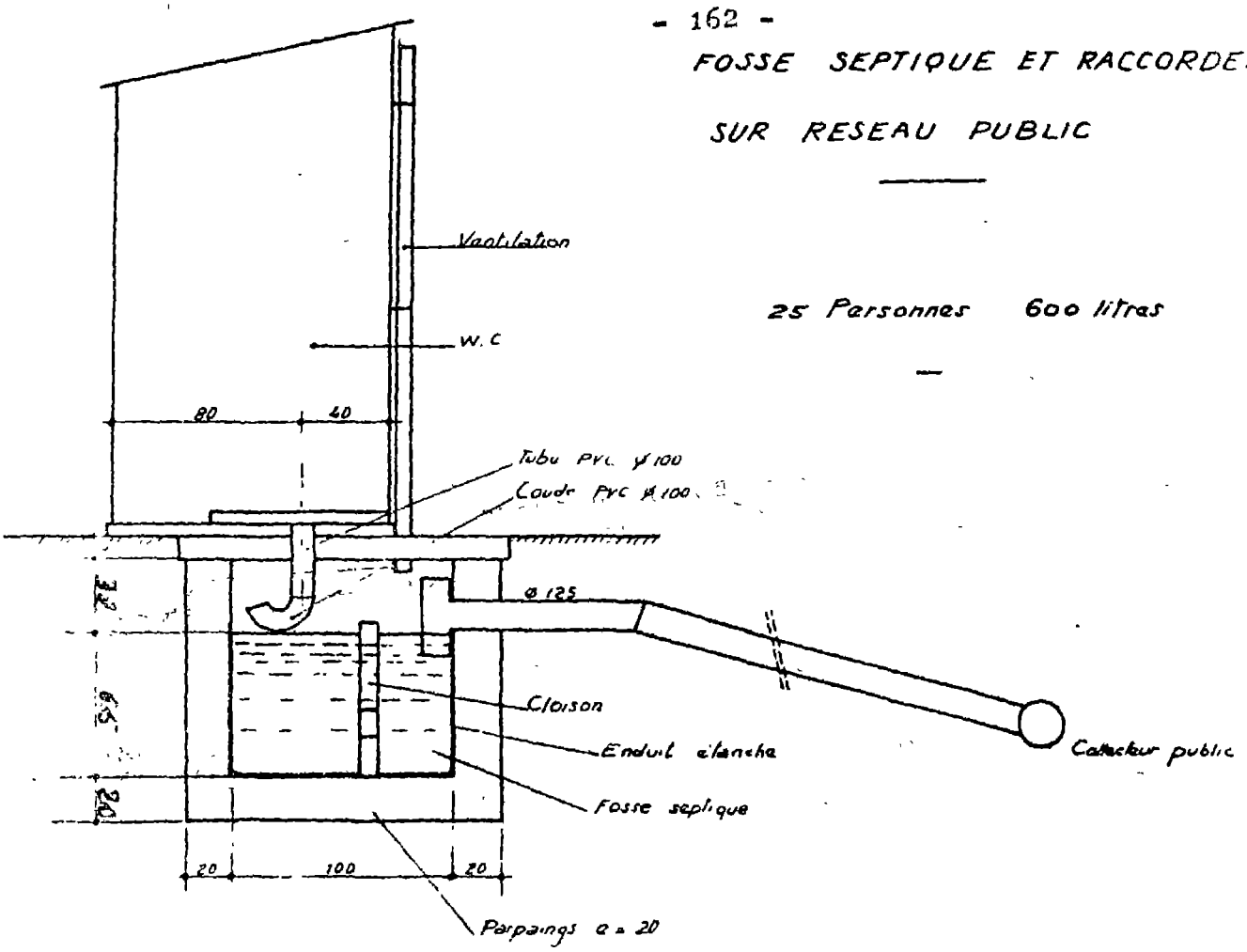
Les applications de ce système sont nombreuses et chaque participant est invité à y réfléchir.

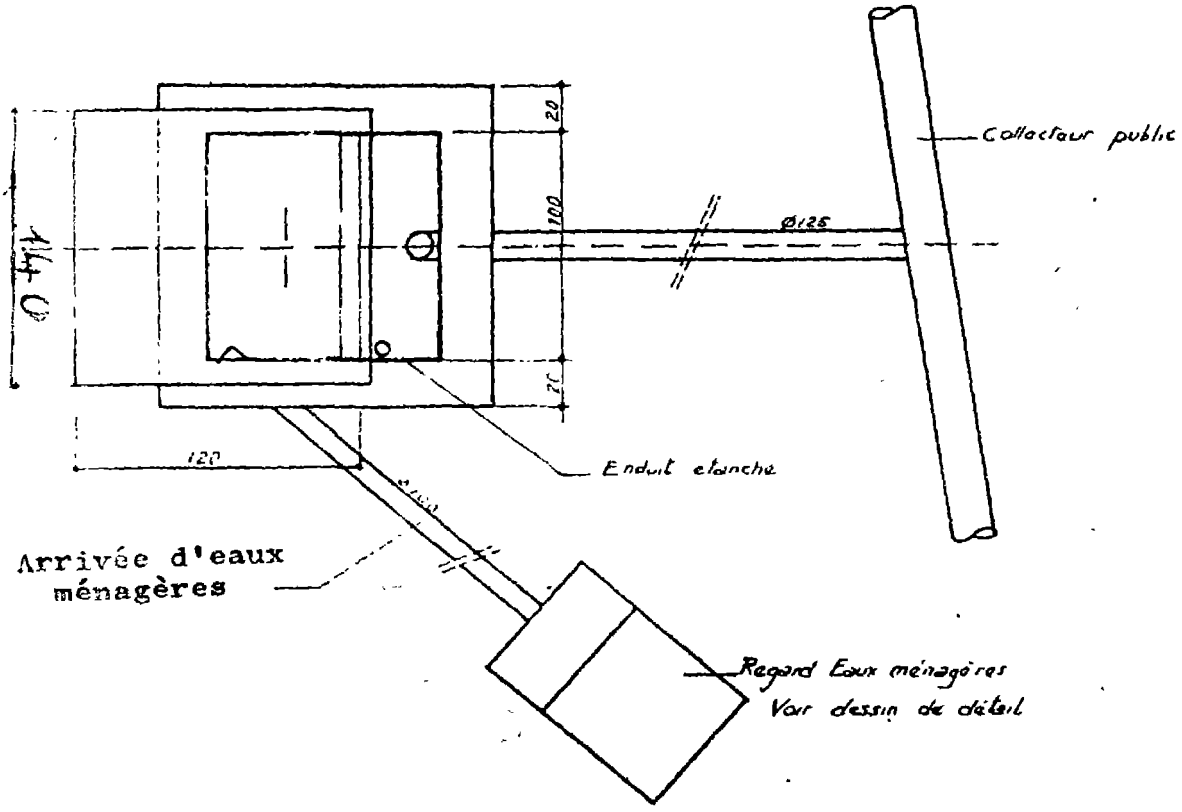
SEPARATEUR - EPURATEUR



FOSSE SEPTIQUE ET RACCORDEMENT SUR RESEAU PUBLIC

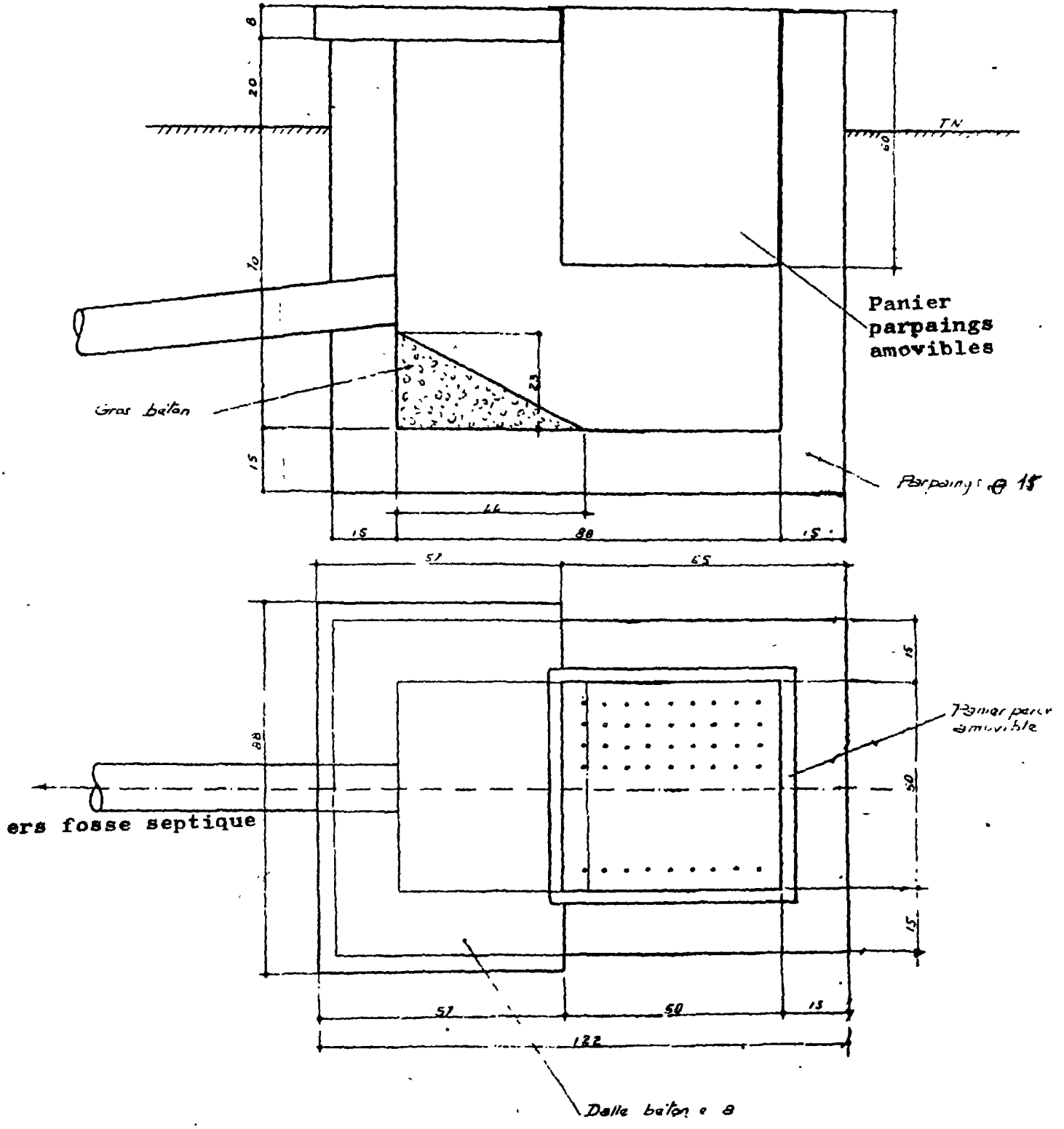
25 Personnes 600 litres





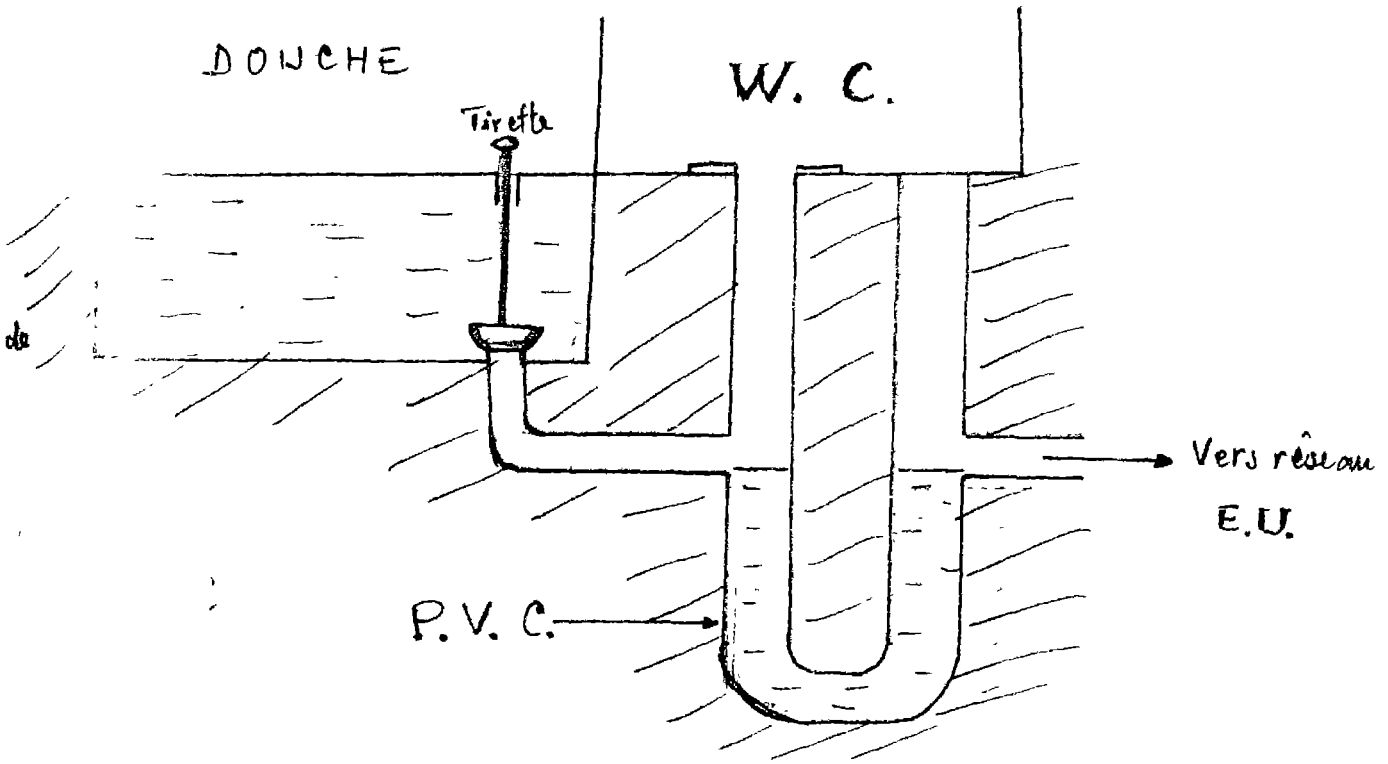
Ech. 1/25

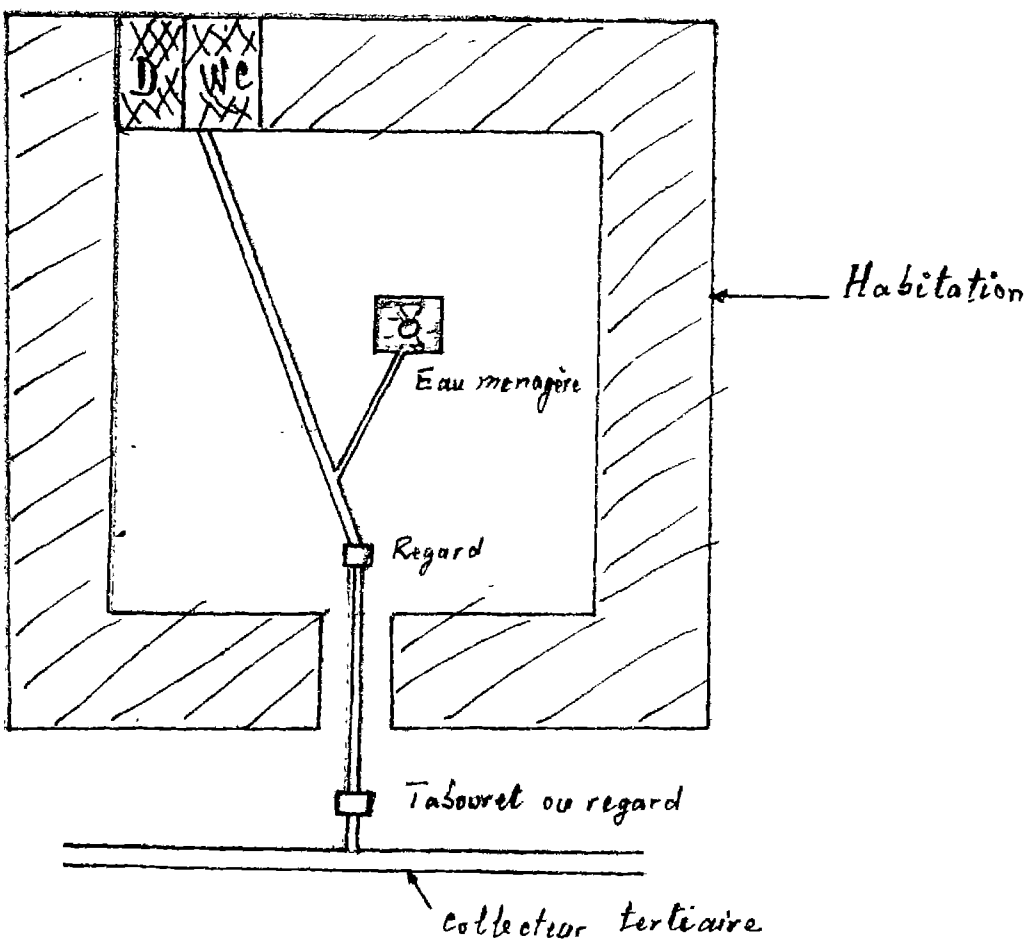
REGARD POUR EVACUATION DES EAUX MENAGERES



Ech 1/10

SYSTEME SETU





EPURATION PAR LE SOL
UNE NOUVELLE APPROCHE DE L'ASSAINISSEMENT

par

Jean-Claude ANDREINI (*)

-=o=-

L'INADAPTATION DU SCHEMA CLASSIQUE D'ASSAINISSEMENT

Ce schéma a été conçu pour les grandes villes des pays tempérés qui, ce n'est pas un hasard, sont généralement situées près d'un cours d'eau important.

La station d'épuration élimine seulement une fraction des MES et de la DBO. On compte sur l'auto-épuration par la rivière de la pollution résiduelle rejetée. Cette pollution résiduelle, si elle est rejetée sans précaution particulière dans le sol, constitue une "agression" pour les eaux souterraines.

Dans tous les cas, la station d'épuration laisse entier le problème des germes pathogènes.

La configuration du réseau d'égout (avec des postes de relèvement qui permettent de jouer avec la topographie) est déterminée absolument par la présence du cours d'eau (ou de la mer).

Les rigidités du schéma classique sont apparues en France lorsque l'assainissement s'est étendu :

- aux petites et moyennes agglomérations, qui ne sont pas toujours situées près d'un cours d'eau ; cas aggravant, 1/3 du territoire français est constitué de roches carbonatées (craie, calcaire) sans réseau hydrographique permanent où le réceptacle inévitable des eaux usées est les eaux souterraines.

Dans ces régions, on construit le réseau de collecte puis la station et on rejette où on peut. Au mieux on "élimine" les eaux usées (gouffre, talweg) mais en polluant.

De plus, il y a inadaptation des coûts (investissements) et des modes de gestion, respectivement aux faibles moyens financiers et humains de ces collectivités.

- aux villes du littoral. Dans les secteurs sensibles (baignade, conchyliculture) il y a nécessité impérative d'éliminer la pollution pathogène.

Dans les pays arides et semi-arides :

- l'absence de cours d'eau,
- la nécessité de valoriser la ressource "eaux usées" dans des conditions d'hygiène améliorée,

---

(*) Responsable Section Afrique - (BURGEAP).

- la recherche du moindre coût et d'une simplification des procédures

ne conduisent-elles pas à formuler le problème de l'assainissement de la même manière que pour une partie du territoire français ?

Sur le plan de l'élimination de la pollution pathogène, les techniques classiques ont fait la preuve de leur inefficacité, au mieux, obtient-on une désinfection temporaire avec reprolifération des germes.

Des solutions existent toutefois, mais avec du matériel complexe et une gestion perlée et coûteuse.

Le lagunage est une solution intéressante pour la désinfection, mais en pays chauds elle est en contradiction avec l'objectif de réutilisation des eaux usées (environ 55 % de perte par évaporation de la ressource "eaux usées").

Cette analyse rapide amène les questions suivantes :

- Comment justifier l'application d'un schéma d'assainissement à des conditions de site pour lesquelles il n'est pas fait (par exemple absence de cours d'eau) ?

- Comment expliquer la discrétion de la communauté scientifique internationale face à l'inadaptation des schémas traditionnels dont la réputation d'universalité continue de ce fait à être entretenue ?

UNE NOUVELLE APPROCHE DE L'ASSAINISSEMENT

Face à l'inadaptation des schémas classiques, il y a nécessité d'introduire plus de souplesse dans un domaine jusqu'alors caractérisé par la rigidité de ses conceptions.

La prise en considération du sol ou mieux du site permet d'élargir la gamme des solutions envisageables.

Des techniques nouvelles d'épuration et d'élimination des eaux usées, faisant appel au pouvoir épurateur du sol, complètent les procédés technologiques d'épuration.

Il s'agit de :

- l'infiltration dans le sol qui conduit à la recharge de nappe et à la réutilisation indirecte des eaux usées,

- l'irrigation de cultures (réutilisation directe),

- l'assainissement autonome.

Cette nouvelle approche entraîne de nouveaux schémas d'assainissement.

Au niveau de la collecte, les bases pour le choix de la configuration du réseau d'égouts sont radicalement changées en s'affranchissant de la contrainte du rejet dans un cours d'eau.

Le tissu urbain n'est plus seulement perçu dans son rapport au contexte hydrographique mais dans son rapport au contexte hydrogéologique et agricole peri-urbain.

Passant d'un système rigide à un système souple il est possible :

. D'éclater "les infrastructures d'assainissement en sous-unités autonomes d'assainissement" (par exemple, par bassin versant urbain) ce qui permet de réaliser de substantielles économies sur le réseau, les postes de relèvement et l'énergie, surtout dans les zones où la topographie est tourmentée.

. De fractionner les investissements (d'autant mieux que le "sol système-épurateur" autorise des dispositifs modulables).

. De diversifier les modes d'assainissement, le sol système-épurateur étant un point commun à l'assainissement collectif, l'assainissement individuel et (terme intermédiaire) l'assainissement "groupé" (cas par exemple des lotissements).

Au niveau de l'épuration si le sol fait mieux (désinfection) que les procédés technologiques, pourquoi refuser un complément d'épuration assurant une meilleure protection du milieu récepteur et des populations.

Les dispositifs d'épuration par le sol conduisent à :

- des procédures simplifiées,
- une gestion facilitée (élargissement du marché de l'emploi de la main-d'oeuvre peu qualifiée),
- un moindre coût,
- une limitation du matériel importé.

En réutilisation des eaux usées, le sol est :

. Un incomparable système de désinfection - Les eaux repompées peuvent être utilisées en irrigation - y compris en maraîchage - dans les meilleures conditions d'hygiène tant pour l'exploitant agricole que pour le consommateur.

. Un moyen de stockage, régularisation du régime des eaux usées par rapport aux besoins d'irrigation.

. Un diffuseur de la ressource vers les puits agricoles.

*

* *

CETTE NOUVELLE APPROCHE DE L'ASSAINISSEMENT : ...
... D'ABORD UNE METHODE

Au point de départ : moins la proposition de techniques nouvelles que l'adoption d'une méthode.

- Part de l'idée que le "SITE COMMANDE" et CONTIENT SA SOLUTION.

- En conséquence, A L'APPLICATION D'UN DEVIS-PROGRAMME, ELLE SUBSTITUE L'EXAMEN PRELIMINAIRE SANS A PRIORI DE LA ZONE A ASSAINIR ET DE SON POURTOUR.

La phase "terrain" prend donc ici toute son importance,

Elle doit s'inscrire en préliminaire indispensable à l'élaboration du schéma-directeur.

POUR CETTE METHODE ...

... UNE DEMARCHE ...

La démarche d'analyse doit être une démarche d'"AVAL EN AMONT".

L'Assainissement comportant trois termes : le rejet, l'épuration et la collecte, il faut, en premier lieu, définir le ou les emplacements et le système de rejet qui tirent le meilleur parti des aptitudes du site et tiennent compte des besoins (agriculture, protection du milieu), puis, et de manière conséquente, remonter vers le maillon "prétraitement" (à ordonner strictement aux exigences du rejet : infiltrabilité), enfin le système de collecte.

... ET UN CONTENU

Avant les phases de faisabilité (sondages sur les sites d'infiltration présélectionnés), d'A.P.S., etc... LA PHASE D'ETUDE DU SITE ET D'ORIENTATION DU SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT consiste en un examen (terrain, interprétation des données existantes) des points spécifiques suivants :

- forme urbaine,
- configuration topographique des lieux,
- contexte hydrographique, régime des eaux, climat,
- contexte hydrogéologique,
- contexte agricole,
- protection : captage A.E.P., zones sensibles,
- contexte foncier.

*

* *

EXEMPLES DE DISPOSITIFS D'EPURATION PAR LE SOL REALISES EN FRANCE
(par BURGEAP et la SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE)

1. STATION D'EPURATION DE PORT-LEUCATE : Département de l'Aude

Contexte : littoral méditerranéen

Objectif : protection des cultures de coquillages de l'étang de Leucate contre la pollution bactérienne issue du rejet de la station d'épuration.

Principe : désinfection des effluents de la station d'épuration par infiltration contrôlée dans les dunes.

Dispositif : 6 bassins d'infiltration

Surface utile : 4 500 m2

Capacité : 30 000 équivalents/habitants

Débit journalier traité : 5 000 m3

Date de mise en service : 1980

Maître d'Ouvrage : S.E.M.E.A.A.

Conception : BURGEAP

Réalisation : Cabinet COUMELONGUE

Mise en route : BURGEAP

Suivi : BURGEAP - AGENCE DE BASSIN RHONE-MEDITERRANEE-CORSE.

2. STATION D'EPURATION DE FLESSELLES : Département de la Somme

Contexte : plateau crayeux, absence de cours d'eau, réseau unitaire.

Objectif : suppression de la stagnation des rejets d'eaux usées de la station d'épuration.
Protection de la nappe de la craie contre la pollution bactérienne.

Principe : infiltration par bassins dans la craie des effluents de la station d'épuration après épuration terminale au travers d'une couche de sable calibré.

Dispositif :

- eaux pluviales — décantation = 1 bassin de 4200 m3
  infiltration = 2 bassins de 1000 m2
- eaux usées — prétraitement en station d'épuration biologique
  infiltration par 2 bassins de 1600 m2
- capacité — 2500 équivalents/habitants

Date de mise en service : 1981

Maître d'Ouvrage : DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT.

Conception : BURGEAP

Réalisation : Entreprise LECAT

Mise en route : BURGEAP - D.D.E.

Suivi : BURGEAP - D.D.E.

3. STATION D'EPURATION DE CREANCES : Département de la Manche

Contexte : littoral de la Manche

Objectif : protection des cultures de coquillages en mer, réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation de cultures maraîchères.

Principe : prétraitement simplifié des effluents, puis infiltration contrôlée dans les dunes.

Dispositif : prétraitement : dégrillage, deshuilage, dessablage.

épuration : 4 bassins d'infiltration

Surface utile : 2 400 m2

Capacité : 4 000 équivalents/-habitants

Débit journalier traité : 600 m3

Date de mise en service : 1985

Maître d'Ouvrage : VILLE DE CREANCES

Conception : BURGEAP

Réalisation : DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT.

Mise en route : BURGEAP

Suivi : BURGEAP - AGENCE DE BASSIN SEINE NORMANDIE.

4. STATION D'EPURATION DE COGOLIN : Département du Var

Contexte : littoral méditerranéen

Objectif : protection du littoral

création de pare-feu irrigué

Principe : expérimentation d'irrigation de la forêt méditerranéenne.

Dispositif : reprise d'une partie des effluents de la station d'épuration biologique après filtration.

irrigation localisée sur 2 ha

irrigation par aspersion sur 0,5 ha

Date de mise en service	:	1981
Maître d'Ouvra	:	COMMUNE DE COGOLIN
Conception	:	SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE - CEMAGREF.
Suivi	:	SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE - CEMAGREF.

5. <u>ILE DE PORQUEROLLES</u> : <u>Département du Var</u>

<u>Contexte</u> : île à ressource en eau limitée

<u>Objectif</u> : réutilisation des effluents par l'irrigation agricole
protection du littoral

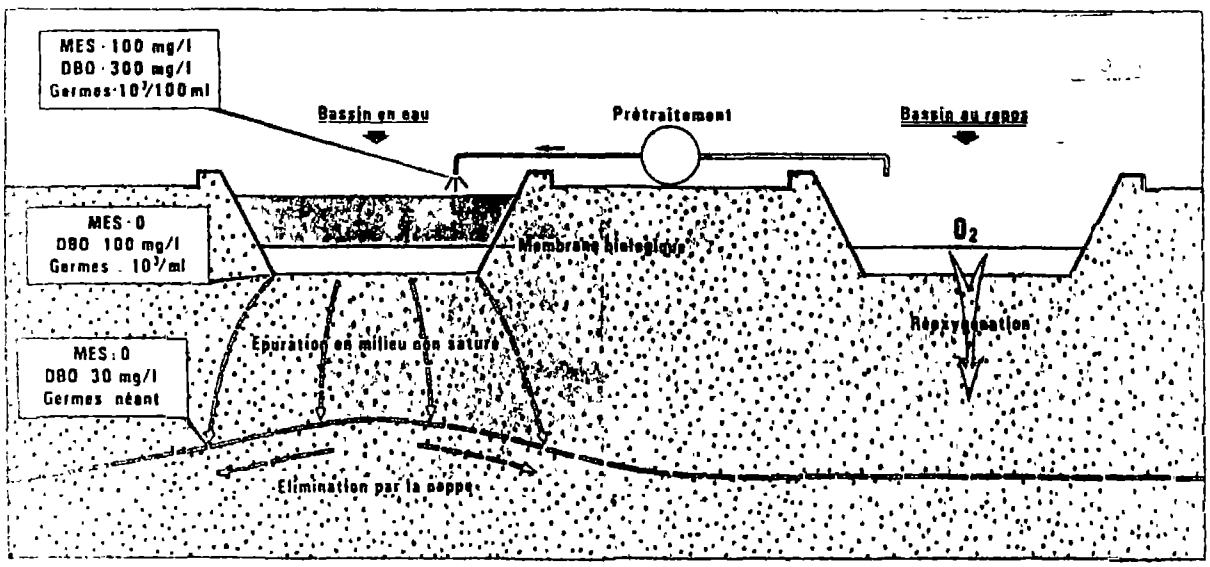
<u>Dispositif</u> : station d'épuration biologique
lagunage de fi[illegible]on (superficie 1 ha)
irrigat[illegible] [illegible]alisée)
j[illegible] [illegible]on à la raie) sur 10 ha
irrigation par aspersion)
Capacité : 3000 à 4000 habitants
Débit journalier traité : 600 m3/j

Date de mise en service	:	1980
Maître d'Ouvrage	:	PARC NATIONAL DE PORT CROS
Conception	:	SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE - CEMAGREF.
Réalisation	:	SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE
Suivi	:	SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE.

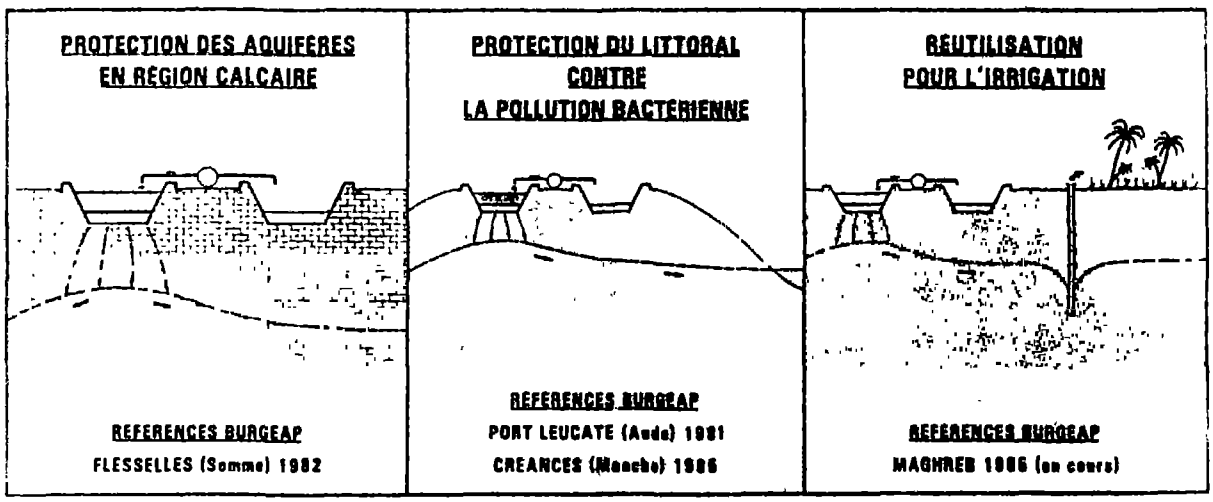
EPURATION PAR LE SOL

Une technique développée par BURGEAP *

Elimination
Désinfection — **des eaux usées**
Réutilisation



* Faisabilité, Etude de site, Conception, Plot d'essai, Suivi et Formation du personnel



BURGEAP

78, rue Mademoiselle - 75015 - PARIS / Tél. 734.06.65 / Telex. 203.622 F
Agence d'Avignon. 7, Bd Alphonse Daudet - 84000 - AVIGNON / Tél. (90) 86 49.14

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

par

Kodjo Luc ATIVON (**) et Bernard TEYSSIER (***)

-==o==-

Ce document, rapport de synthèse d'études effectuées par le B.C.E.T. (Abidjan) et la TECHNOSYNESIS (Lomé), apporte des éléments de réponse au difficile problème posé aux concepteurs quant au choix de réseaux d'évacuation des eaux de pluie. Après une première partie consacrée à une étude de la situation existante dans deux villes ivoiriennes, la comparaison entre les deux systèmes : enterré et à ciel ouvert avec l'alternative des canaux recouverts de dalles, est menée tant sur les plans sanitaire, technique qu'économique. Si une solution s'impose pour le premier point, les deux autres ne permettent pas de donner une conclusion nette et définitive. Néanmoins, des arguments pour ou contre chaque réseau sont avancés qui permettront de mieux juger de l'opportunité de chacun.

25 pages ; 6 tableaux ; 4 annexes.

(*) Résumé de l'étude du CIEH présentée au cours du Séminaire.

(**) Chef du Département Hydraulique Urbaine et Assainissement (CIEH).

(***) Ingénieur TPE. Département Hydraulique Urbaine et Assainissement (CIEH).

ASPECTS INSTITUTIONNELS ET FINANCIERS

ETUDE DES ASPECTS INSTITUTIONNELS REGLEMENTAIRES ET FINANCIERS

par

le BETURE (*)

-==o==-

Les méthodes utilisées dans les pays occidentaux ne permettent pas d'atteindre, dans le contexte africain, les objectifs fondamentaux de l'assainissement : les techniques à utiliser doivent être redéfinies en fonction des conditions locales.

Les objectifs restent :

- protection de la santé publique,
- protection de l'environnement,
- protection physique des personnes et des biens.

Les techniques à utiliser feront appel beaucoup plus souvent à des équipements individuels ou à une combinaison d'équipements individuels et collectifs : les grands travaux n'interviendront que comme complément des solutions à l'échelle individuelle. C'est pourquoi les aspects institutionnels, réglementaires et financiers prendront une importance particulière car il s'agira encore plus souvent pour l'Administration de faire faire que de faire.

Nous examinerons successivement :

- les étapes de la démarche à entreprendre,
- la méthode de définition de la structure administrative appropriée,
- le cadre juridique à mettre en place,
- les solutions financières.

1. LES ETAPES DE LA DEMARCHE A ENTREPRENDRE

Il s'agit d'étapes logiques et non chronologiques, les tâches correspondantes ayant souvent un caractère répétitif ou permanent :

1.1. 1ère étape : Définition d'une politique nationale

- Fixer des objectifs réalistes
- Evaluer l'enveloppe financière globale
- Fixer des priorités
- Prévoir la coordination nécessaire avec les secteurs connexes.

(*) Communication élaborée à partir de l'étude réalisée pour le CIEH "Conception générale des systèmes d'assainissement dans le contexte africain - Aspects institutionnels et financiers" et présentée par Patrick CANEL, Socio-économiste, BETURE.

Les décisions prises ne pourront pas avoir un caractère rigido et il sera nécessaire de les remettre en cause périodiquement lorsque l'importance des informations nouvelles recueillies nécessitera leur réactualisation.

1.2. 2ème étape : Schémas directeurs par agglomération

- Diagnostic de la situation
- Etude des contraintes socio-économiques, institutionnelles et financières
- Définition des besoins (ce qui est souhaitable)
- Définition des objectifs (ce qu'on décide de faire)
- Grandes lignes des solutions
- Evaluation des investissements nécessaires
- Modalités de financement
- Mesures institutionnelles et réglementaires
- Phasage de la réalisation.

1.3. 3ème étape : Avant-projets

Vérifier la factibilité économique et financière des projets et rassembler les informations nécessaires à l'évaluation du projet par les bailleurs de fonds éventuels.

1.4. 4ème étape : Programmation des investissements et recherche des financements.

Définition d'un ordre de réalisation et d'un plan d'investissement englobant l'ensemble des projets envisagés.

1.5. 5ème étape : Réalisation des études d'exécution

1.6. 6ème étape : Exécution des travaux

1.7. 7ème étape : Exploitation et gestion des équipements

Aspect technique : entretien et réparation des équipements collectifs ;
entretien et exploitation des installations individuelles.

Aspect commercial : facturation de redevances et recouvrement.

1.8. 8ème étape : Réglementation

Moyens d'obtenir du public le comportement attendu : information et éventuellement base juridique permettant d'exercer une contrainte.

1.9. 9ème étape : Contrôle du respect de la réglementation

1.10. 10ème étape : Evaluation des résultats

Recueil d'informations permettant l'ajustement de la politique sectorielle et des objectifs.

2. LA STRUCTURE INSTITUTIONNELLE

Les conditions varient trop d'un Etat à l'autre pour qu'on puisse préconiser une structure institutionnelle uniforme :

Il n'y a pas de structure idéale, il n'y a que des structures adaptées aux circonstances.

Comment définir une structure adaptée ?

- Repérer les difficultés concrètes à résoudre par des mesures institutionnelles.

- Définir les conditions à remplir pour une meilleure organisation :

. respecter les principes généraux d'organisation
. tenir compte des nécessités communes à la plupart des états de la région
. tenir compte des particularités nationales.

- Elaborer les grandes lignes de la solution recherchée et pour cela faire un choix sur chacune des grandes options d'organisation en fonction des avantages à attendre et des inconvénients à accepter : centralisation-décentralisation, unité ou séparation eaux usées - eaux vannes - eaux pluviales, unité ou séparation Travaux - Exploitation, institutions propres ou à vocation générale, administration classique ou organismes autonomes, forme juridique.

- Affiner la solution recherchée en s'inspirant de solutions-types :

. Société Nationale Eau et Assainissement
. Société Nationale Eau et Assainissement sous-traitant l'exploitation
. Société Nationale d'Assainissement
. Administration Centrale et Municipalités, etc...

3. LA REGLEMENTATION

- Les objectifs sont :

. organiser l'action de l'administration,
. définir le comportement attendu du public,
. disposer de bases juridiques permettant l'exercice éventuel d'une contrainte.

- Suivant leur nature, on aura donc :

. des textes organiques créant et définissant les attributions des différents organismes intervenants,
. des textes généraux destinés au public,
. des textes techniques édictant des normes de construction, des normes de rejets, etc...

- Suivant leur niveau on aura :

. des textes permanents définissant des règles générales et donnant l'autorisation aux autorités compétentes d'édicter des règles circonstancielles,
. des textes circonstanciels adaptant les règles générales aux nécessités locales ou temporelles.

- L'architecture-type de la réglementation comportera des textes concernant :

. le domaine public,
. les constructions : interdictions de construire et contraintes imposées à la construction,
. les rejets,
. le drainage.

- Articulation de la réglementation avec la législation générale et les législations particulières connexes :

Un texte particulier ne pourra jamais être interprété isolément : ses effets spécifiques dépendront presque toujours de textes plus généraux qu'il viendra préciser ou auquel il apportera des dérogations. Ils dépendront aussi des textes applicables dans des domaines voisins : eau, urbanisme, santé publique, etc...

- Codification des textes :

C'est un moyen de renforcer la cohérence des textes applicables dans des secteurs connexes. Il n'est cependant pas possible de réunir tout dans un même code. On doit donc choisir de rassembler les textes des secteurs ayant les imbrications les plus développées. La solution la plus intéressante semble être la réunion dans un même code les textes concernant l'urbanisme et l'assainissement.

4. LE FINANCEMENT DE L'ASSAINISSEMENT

- Les besoins financiers concernant :

. les investissements publics,
. les investissements privés,
. les coûts d'entretien des installations publiques,
. les coûts d'entretien des installations privées.

- Les ressources financières peuvent être définitives ou transitoires :

. ressources définitives à caractère commercial :
  + redevances perçues sur les bénéficiaires d'un branchement eau usée
  + vente de sous-produits de traitement
  + paiement des opérations de vidange
  + perception sur blocs sanitaires et WC publics
  + vente d'eau d'origine pluviale pour irrigation
  + opérations foncières liées à l'assainissement pluvial

. ressources définitives à caractère fiscal :
  + recettes fiscales affectées à l'assainissement : taxe sur ventes d'eau (perçues même en l'absence de branchement égout), taxes sur la vente de produits divers (bière, essence, bétail), taxes foncières, redevance de pollution
  + contributions du budget de l'Etat
  + subventions et dons d'origine extérieure

. recettes transitoires : emprunts pour investissements publics

. recettes transitoires : emprunts destinés aux investissements privés

- Les mécanismes financiers et l'autonomie financière :

Le problème est de sauvegarder l'essentiel en cas d'insuffisance des ressources par rapport aux prévisions faites à l'occasion de la réalisation des investissements.

Une priorité doit être affectée dans l'ordre :

1. à la couverture des frais d'entretien et d'exploitation ;

2. à la couverture du Service de la dette (ou de l'amortissement technique en cas de subvention) ;

3. à l'autofinancement des extensions et des phases ultérieures d'investissements.

Pour cette raison, il semble préférable de destiner à ces différents besoins dans le même ordre :

1. les recettes commerciales
2. les recettes fiscales affectées
3. les subventions provenant du budget de l'Etat.

Cette affectation des ressources ne peut être assurée que dans le cadre d'une <u>autonomie financière</u> aussi développée que possible. Comme il est peu probable que l'assainissement puisse disposer pour son fonctionnement et son développement de ressources générées par son activité en quantités suffisantes, cette autonomie financière restera dans la plupart des cas limités :

- autonomie financière limitée à l'exploitation

- autonomie financière limitée à certains aspects de l'exploitation (achats, rémunération de spécialistes)

- autonomie financière conjointe eau et assainissement

- autonomie financière des communes.

Cette autonomie financière suppose un pilotage financier :

- pour limiter les besoins : effort de productivité dans le domaine de l'exploitation et de l'entretien, éventuellement retard dans la réalisation de nouvelles installations qui ne pourraient être entretenues,

- pour augmenter les ressources : augmentation des tarifs et des taxes pour couvrir les besoins.

Les Institutions financières

La mise en place de structures financières propres au secteur ne se justifie que comme moyen d'exercer l'autonomie financière de celui-ci.

1er exemple : Fonds National

C'est un compte auprès d'un organisme financier public (banque, caisse d'amortissement, etc...) placé sous la responsabilité d'un Comité de gestion agissant dans le cadre d'un réglement de Fonds.

L'avantage du Fonds National est de permettre l'autonomie financière dans le cadre de l'Administration traditionnelle qui garde l'initiative des demandes de paiement sur le Fonds. Le Comité de gestion nomme un directeur qui veille au respect du réglement des fonds, négocie les emprunts, veille à l'encaissement des recettes, assure la comptabilité et veille à l'équilibre des ressources et des emplois.

2ème exemple : Autorité Nationale

L'idée de base est de confier la gestion technique et financière autonome à un organisme d'Etat soumis aux règles de la comptabilité commerciale et devant équilibrer son compte d'exploitation.

L'orientation de l'action de l'Autorité Nationale dans le sens de la politique nationale du secteur, se réalise dans le cadre du Conseil d'Administration de l'Autorité Nationale constitué de représentants des Ministères intéressés.

CONCLUSIONS SUR LE FINANCEMENT DE L'ASSAINISSEMENT

Il apparaît donc que le difficile problème du financement de l'assainissement ne saurait être résolu par le simple fait de créer une structure institutionnelle ad hoc. Il s'agit beaucoup plus de s'assurer des ressources stables, proportionnées aux ambitions du secteur et de les utiliser judicieusement.

La stabilité des ressources et leur progression conformément aux prévisions ne sauraient être garanties de façon absolue par aucun dispositif.

L'expérience semble montrer cependant que l'autonomie financière du secteur est le principe qui permet de s'approcher le plus de cette nécessaire stabilité dans la mesure où elle permet d'éviter de faire dépendre une action qui, par sa nature doit être continue, de décisions budgétaires annuelles toujours hasardeuses dans un contexte où l'insuffisance des ressources de l'Etat et des collectivités locales est chronique.

Il est à noter d'ailleurs que mieux vaut une autonomie effective appliquée à un domaine de responsabilité limitée (tel que l'entretien des ouvrages ou même simplement certaines tâches d'entretien) qu'une autonomie applicable nominalement à un domaine plus vaste mais qui resterait dans la dépendance de l'obtention de subventions annuelles incertaines.

La délimitation du domaine autonome de responsabilité suppose en premier lieu une analyse préalable des besoins et des ressources financières.

Elle suppose ensuite que l'on recherche la meilleure application permanente possible des ressources sur lesquelles on pense pouvoir compter. Ce faisant, on aura en tête la possibilité de faire jouer au domaine autonome un rôle de catalyseur pouvant servir à structurer et à motiver la participation des institutions locales, de groupements socio-professionnels, de groupes bénévoles ... à la réalisation des objectifs de l'assainissement.

Le domaine autonome ayant été défini, le choix du type d'institution destiné à la gérer se fera en tenant compte de la nature prépondérante des ressources prévues (ressources commerciales ou, au contraire, ressources fiscales sans lien avec le secteur) mais il sera aussi largement influencé par les choix faits sur le plan institutionnel du secteur en général.

LE FONDS NATIONAL D'ASSAINISSEMENT EN COTE-D'IVOIRE

par

Gouganou KOPIEU (*)

-=o=-

1. LE FONDS NATIONAL D'ASSAINISSEMENT

La nécessité de l'assainissement de la ville d'Abidjan s'est fait sentir vers les années 70 des suites de graves épidémies déclarées dans la capitale. Le Ministère des Travaux Publics et celui de la Santé Publique présentent une requête auprès de l'ONU, dans le cadre du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD). Ce dernier demanda à l'OMS de faire les études. En 1975, le schéma directeur de l'assainissement d'Abidjan fut mis au point.

Cette année 75 devait être remarquée par la mise en place de différentes institutions et par le démarrage des travaux d'assainissement et de drainage. L'importance du projet d'assainissement couvrant le Grand Abidjan et surtout les caractéristiques financières dudit projet à savoir la diversité des provenances des ressources devant concourir à son financement y compris la gestion d'un important prêt de la BIRD, ont conduit à créer un fonds et à l'ériger en un établissement public à caractère administratif doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. C'est en fait la loi nº 76 01 du 2 Janvier 1976 qui a créé le FONDS NATIONAL D'ASSAINISSEMENT. Cette loi a été accompagnée du décret nº 76 03 du 2 Janvier 1976 qui fixe les modalités d'application, entre autres dispositions de ce décret, il est à relever celles des articles 1, 4, 5, 6.

L'article premier stipule que le Fonds National d'Assainissement est administré par un Comité Directeur de six membres nommés par arrêté et comprenant un Président qui est le représentant du Ministre de l'Economie et des Finances.

L'article 4 énumère les ressources du Fonds à savoir :

- les surtaxes spécifiques sur la consommation d'eau
- la taxe de drainage lié
- les subventions de l'Etat ou des collectivités locales
- les emprunts contractés
- le produit du placement de ses disponibilités
- toutes autres ressources qui pourraient être affectées au Fonds.

(*) Ingénieur des TP. Direction de l'Eau (Côte-d'Ivoire).

L'article 5 fait état des dépenses du Fonds :

- les dépenses liées à l'étude, à la réalisation, à l'entretien et au renouvellement des infrastructures d'assainissement et du drainage ;
- les services des emprunts contractés ;
- les frais de fonctionnement de la Direction du Drainage et de l'Assainissement ;
- les frais de fonctionnement du Fonds.

L'article 6 confie la gestion du Fonds à la Caisse Autonome d'Amortissement.

Le FNA ainsi organisé a permis la réalisation d'importants ouvrages d'assainissement, notamment à Abidjan. Le Plan Directeur prévoit la collecte de toutes les eaux usées de la ville pour les réunir dans le sud, à Port Bouet où est prévue une station de prétraitement. L'émissaire en mer acheminera les eaux usées dessablées et dégrillées dans l'océan.

La construction du réseau de base depuis le nord jusqu'au sud en est à sa troisième phase. Pour les deux premières phases environ 12 000 millions de F.CFA ont été investis grâce aux prêts de la BIRD.

Il existe d'autres sources de financement des projets d'assainissement que nous résumons sur le tableau 1 :

Tableau 1 : FINANCEMENT DES PROJETS D'ASSAINISSEMENT

SOURCES DE FINANCEMENT	MONTANT EN 10^6 F.CFA	Pourcentage
FONDS NATIONAL D'ASSAINISSEMENT	12 905	20
EMPRUNT BIRD	12 000	18
SUBVENTION BSIE et BUDGET T.P.	22 250	32
SETU et $S^{tés}$ IMMOBILIERES	22 000	30
TOTAL	69 155	100

Ce tableau montre que le FNA intervient pour 20 % des investissements. Il est cependant chargé du service de la dette et prendrait en totalité le remboursement des emprunts BIRD ce qui complète sa participation à 20 + 18 = 38 %. Les subventions de l'Etat sous forme de Budget Spécial d'Investissement et d'Equipement aussi bien que les dépenses engagées sur le Budget T.P. servent exclusivement soit aux grands aménagements, soit au drainage des routes. La Société d'Equipement des Terrains Urbains (SETU) et les Sociétés Immobilières dans leurs opérations de viabilisation des terrains ou de promotion immobilière, participent pour 30 % à la construction des réseaux de drainage en

l'occurence les réseaux tertiaires. Les bénéficiaires des terrains ou des logements contribuent donc au financement des équipements et notamment de l'assainissement.

2. LES RESSOURCES DU FNA

Deux principales recettes alimentent le FNA: La taxe de drainage et la surtaxe d'assainissement.

2.1. La taxe de drainage

Elle s'élève à 10 % de l'impôt foncier.

Le dossier foncier est instruit par le Service du Domaine du Ministère des Travaux Publics, de la Construction, des Postes et Télécommunications, plus particulièrement le Service du Cadastre. Le Trésor Public se charge du quittancement et du recouvrement des fonds avant de verser la quote part du FNA.

2.2. Surtaxe d'assainissement (voir tableaux 2 et 3)

Chaque consommateur d'eau potable urbaine paie par le biais de la facturation une taxe d'assainissement. Cette taxe est recouvrée par la société d'exploitation, SODECI. En 1982, elle représentait près de 20 % du prix de l'eau potable. Depuis 1982, elle est passée de 46 F à 4,16 F et sera stabilisée à 13,76 F en 1985.

Cette mesure prise par les autorités pour rétablir la situation du Fonds National d'Hydraulique a certainement un impact fortement négatif sur la situation du FNA. Cette prise de position a été guidée par la situation financière très positive du FNA en 1983, on y comptait près de 3 014 millions de F.CFA. Mais cette solidarité avec son pair de l'hydraulique aura pour conséquence la diminution de la réserve à fin 85. Si le Fonds était alimenté uniquement par la taxe d'assainissement, on ne saurait investir dans le domaine.

La taxe foncière a fait une entrée remarquable ces dernières années grâce à l'effort considérable entrepris par le Service du Cadastre conduisant à un accroissement des quittances. Le résultat devrait être plus intéressant si le recouvrement suivait.

Le graphique suivant montre l'évolution du FNA de 1975 à 1984.

On remarque une certaine stagnation de la taxe assainissement de 1981 à 1983 pendant que la taxe de drainage suit son évolution. En 1984, il y a eu une baisse de la taxe d'assainissement due à son passage de 26,60 à 4,16 F entre 83 et 84. Nous avons cependant de bonnes raisons d'espérer vu le résultat global.

Tableau 2 : TARIFICATION DE L EAU EN COTE-D'IVOIRE EN 1982 (F.CFA)

CATEGORIE	TRANCHE CONSOM. m3/mois	EXPLOI-TANT	F N H		F N A		PRIX DE VENTE	
			Abidjan	Int.	Abidjan	Int.	Abidjan	Int.
Appareils publics	∞	92	0	0	0	0	92	92
Tranche sociale	0 - 10	93	35	35	0	0	128	128
Tarif plein	0 - 1500	93	85	126,7	46	4,3	224	224
Tranche Industrielle I	1500 41665	93	85	126,7	46	4,3	224	224
Tranche Industrielle II	41665 100 000	90	78	100,5	24	1,5	192	192
Tranche Industrielle III	> 100 000	88	84	84	0	0	172	172
Nappe profonde	> 100 000	1,8	41,2	41,2	11	11	54	54
Nappe hors d'Abidjan	> 100 000	1,8	25,2	25,2	11	11	38	38
Nappe superficielle	∞	1,8	14,2	14,2	10	10	26	26

Tableau 3 : EVOLUTION DU PRIX DE L'EAU ET DE LA SURTAXE D'ASSAINISSEMENT (F.CFA)

Année	Prix de l'eau	Surtaxe d'assainissement
1982	224	46
1983	261	26,6
1984	300	4,16
1985	330	13,76

3. LES CHARGES DU FNA

En plus des dépenses d'investissement, le FNA a en charge les dépenses de fonctionnement de la SETU-DDA et celles de la CAA qui le gère. Il assure les frais d'entretien et d'exploitation des équipements existants.

Ce graphique ci-joint résume le fonctionnement du FNA.

4. LES POINTS FAIBLES DU FNA

Nous résumons en quelques points ci-dessous les points faibles du FNA.

. Difficultés d'encaissement de la taxe foncière. Non seulement les quittances émises par la Direction des Impôts sont recouvrées à moitié par le Trésor Public, mais le fonds encaissé rentre 1 an plus tard au FNA.

. Les dépenses du FNA sont importantes :

+ Investissement
+ Service de la dette
+ Fonctionnement Caisse Autonome d'Amortissement
+ Exploitation et entretien des installations
+ Etc...

. Solidarité entre FNA et Fonds National de l'Hydraulique.

. Tout consommateur urbain branché ou non, bénéficiaire de fosse septique ou non, paie la taxe d'assainissement.

. L'inexistence de l'incitation à l'élimination de la pollution industrielle.

. L'inexistence de taxe de branchement.

. Etc...

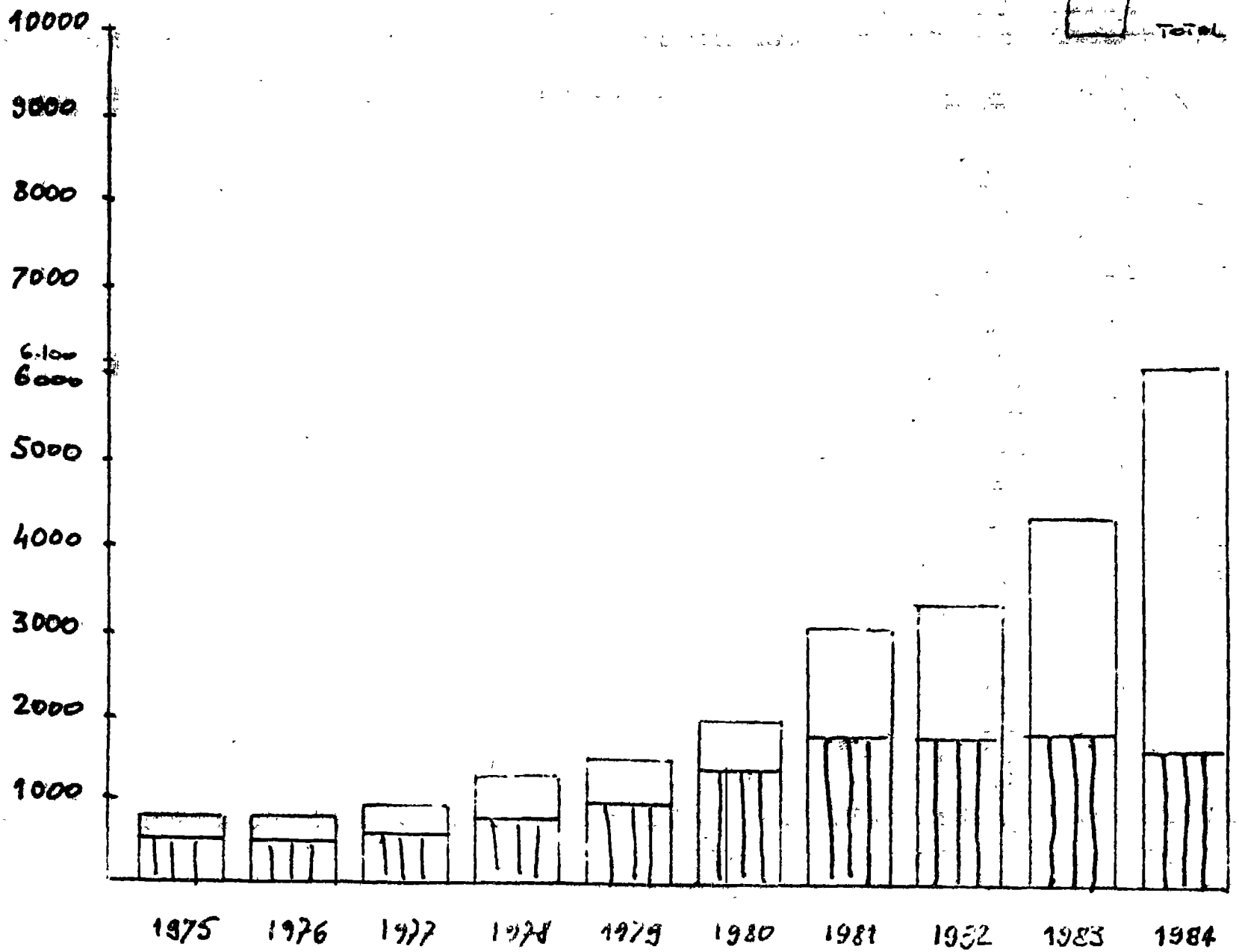
5. L'ORIENTATION FUTURE

- Prise en charge par l'Etat des gros investissements
- Institution de la taxe de branchement
- Institution de la taxe sur la pollution industrielle
- Faire supporter par le FNA les frais d'entretien et d'exploitation des réseaux.
- Etc...

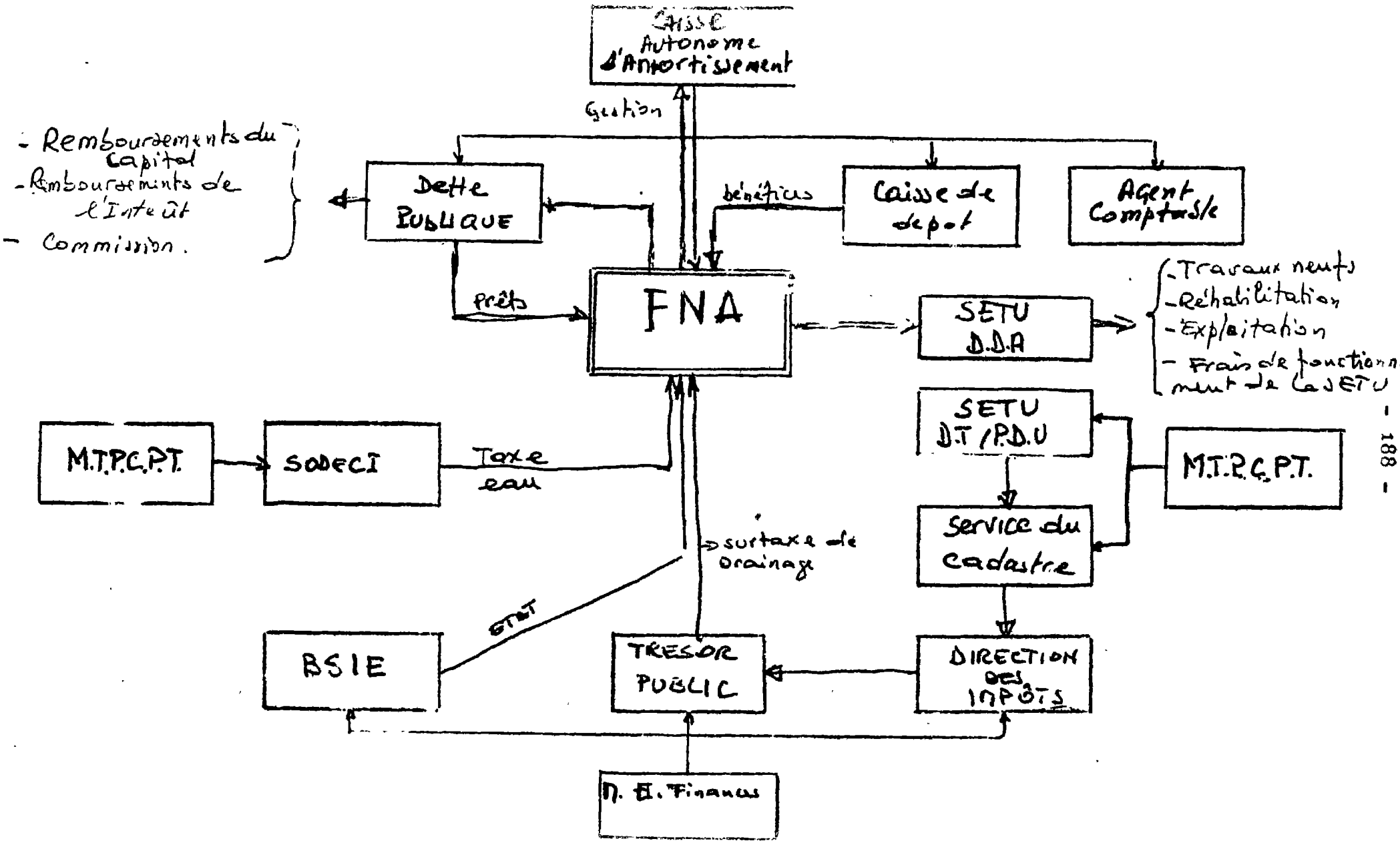
Voilà succintement présenté le F.N.A.. Nous restons cependant à la disposition des séminaristes pour leur apporter des informations supplémentaires s'ils le désirent.

EVOLUTION DE FNA

en 10^3 FCFA



ORGANISATION FINANCIERE DU SECTEUR ASSAINISSEMENT



LE FONDS DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT AU BURKINA FASO

par

Djimé FOFANA (*)

--=o=-

Les deux principales villes du Burkina Faso, Ouagadougou et Bobo-Dioulasso, se voient confrontées à des problèmes d'assainissement complexes et multiples. En règle générale, l'élimination des eaux usées est effectuée par des fosses septiques suivies de puits perdus et des fosses étanches qui requièrent des vidanges périodiques. Dans la plupart des quartiers, ces systèmes individuels fonctionnent mal ou sont tout simplement inexistants ; l'évacuation des eaux usées est alors assurée par les caniveaux eaux pluviales. Bien souvent, ces eaux émergent dans les voies publiques pour s'infiltrer ou s'évaporer. Par manque d'entretien, les caniveaux et rigoles à ciel ouvert sont généralement remplis d'immondices ou de dépôts dus au ruissellement. En 1978, une multitude d'organismes étatiques étaient concernés par l'assainissement. La Direction de l'Hydraulique du Ministère du Développement Rural, les Directions des Travaux Publics et de l'Urbanisme du Ministère des Travaux Publics, la Direction de l'Assainissement du Ministère de la Santé, les Municipalités.

Pour mettre fin au manque de coordination, par conséquent à l'inefficacité de ces interventions multiples, il a été créé un Fonds National d'Assainissement et d'entretien (FONASEN) ayant la charge de financer les opérations d'entretien des grands collecteurs de la ville, d'autant plus qu'un financement était acquis pour l'aménagement du marigot principal de la ville de Ouagadougou. La gestion du Fonds fut confiée à un Comité Directeur d'assainissement, composé des représentants de tous les Ministères ci-dessus cités et présidé par le Ministère du Développement Rural.

Une structure d'intervention dénommée "Cellule Nationale d'Assainissement" fut mise en place et sa tutelle technique fut confiée à la Direction de l'Hydraulique. Elle fut chargée de l'entretien du réseau d'assainissement existant, de l'étude et de la création d'ouvrages neufs.

De 1978 à 1981 le financement du FONASEN a été assuré par deux subventions respectivement de 10 millions de F.CFA et de 18 millions de F.CFA dans le cadre de la réalisation du collecteur du MORHO NABA à Ouagadougou (Financement FED). Depuis lors les activités de la Cellule d'Assainissement ont pris fin par manque de financement.

(*) Directeur de l'Exploitation et des Travaux - O.N.E.A. (Burkina Faso).

En septembre 1981, le CIEH a été sollicité par le Ministère du Développement Rural pour la réalisation d'une étude de factibilité pour la création d'un fonds de l'Eau et de l'Assainissement.

L'étude fut réalisée conjointement par le Service Technique du CIEH et la Direction de l'Hydraulique au cours du 1er semestre 1982.

Les conclusions et recommandations de cette étude ont largement contribué à la mise en place du Fonds de l'Eau et de l'Assainissement.

1. NECESSITE D'UN FONDS DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT AU BURKINA.

Durant plus de 15 ans consécutifs le Burkina Faso, comme tous les pays sahéliens de la sous-région de l'Afrique de l'Ouest est soumis à une rude sécheresse avec pour conséquences immédiates :

- la chute importante des niveaux de productions agricoles et pastorales due à une insuffisance pluviométrique chronique favorisant par voie de conséquence ainsi l'installation d'une famine endémique dans la sous-région ;

- l'abaissement des nappes phréatiques avec pour corollaires les difficultés d'alimentation en eau des populations et du bétail en milieu rural et urbain ;

- la dégradation continue de l'environnement et des éco-systèmes entraînant une désertification rapide des terres.

Durant cette période, la sécheresse, qualifiée de "calamité naturelle" est devenue une donnée permanente de l'existence du Burkina. Elle demeure ainsi un facteur forcément limitant pour le développement de toute activité de promotion sociale et économique.

C'est, conscient de cette situation défavorable que le Conseil National de la Révolution a fait de la résolution du problème de l'eau un préalable et un tremplin pour atteindre l'un de ses objectifs fondamentaux : l'autosuffisance alimentaire et l'amélioration des conditions de vie des populations burkinabè.

Pour réaliser les objectifs de l'ensemble des programmes devant permettre d'apporter des solutions adéquates aux problèmes de l'eau, des investissements considérables sont requis, de même que la mise en place de structures adaptées s'avère une nécessité impérieuse.

C'est pourquoi il a été créé un Ministère de l'Eau et décidé la mise en place d'un Fonds de l'Eau et de l'Assainissement dont :

- les principales missions,
- les fonctions essentielles,
- les ressources nécessaires,
- le cadre institutionnel et le mode de gestion

sont successivement décrits dans les chapitres suivants.

2. PRINCIPALES MISSIONS DU FONDS

Les missions principales du Fonds se définissent ainsi qu'il suit :

- mobiliser les fonds nécessaires pour toutes actions touchant à l'eau ;

- coordonner et gérer les fonds destinés à la promotion d'actions destinées à l'approvisionnement en eau des populations villageoises, urbaines et du bétail ;

- établir et contrôler un équilibre financier entre les divers programmes financés ;

- le Fonds devra également être une structure de décision : opérer des choix dans le financement des projets.

Deux types de visions peuvent apparaître pour les missions du Fonds de l'Eau et de l'Assainissement :

Une vision large des missions du Fonds

Consistant à mobiliser à la fois les ressources extérieures et intérieures pour tout programme d'Hydraulique y compris les grands travaux d'investissement en matière d'Hydraulique.

Une vision restreinte des missions confinant le Fonds à la seule mobilisation des ressources internes (taxes, redevances diverses).

Ce document traitera de la vision restreinte des missions du Fonds et analysera dans ce cadre tout à tour les fonctions, les ressources, le cadre institutionnel et le mode de gestion du Fonds de l'Eau et de l'Assainissement.

3. FONCTIONS ESSENTIELLES DU FONDS DANS LE CADRE DE LA VISION RESTREINTE.

Les fonctions essentielles assignées au Fonds seraient de financer :

- une partie de la maintenance des points d'eau villageois et pastoraux en milieu rural ;

- les travaux des infrastructures d'approvisionnement en eau en milieu urbain ;

- les travaux des infrastructures d'approvisionnement en eau en milieu rural pour lesquels les financements extérieurs sont difficiles à obtenir ;

- les travaux des infrastructures d'assainissement des eaux pluviales : caniveaux, canaux ... ;

- l'entretien des ouvrages hydrauliques ;

- les contre-parties nationales dans la réalisation des projets d'hydraulique ;

- la participation du Fonds à l'amortissement de la dette publique contractée dans le cadre des programmes d'hydraulique ;

- les études de certains projets d'infrastructures hydrauliques ;

- les interventions spéciales dans le secteur de l'eau.

4. LES RESSOURCES DU FONDS

Les ressources du Fonds seront des ressources d'origine nationale. Ces ressources d'origine nationale ont l'avantage de revêtir un caractère sûr à condition qu'un service efficace de recouvrement soit mis en place.

Elles proviendront soit d'une surtaxe du prix du mètre cube d'eau vendu, soit de l'application d'une redevance d'eau, soit de taxes prélevées sur diverses activités économiques.

1°) Recettes au titre de la surtaxe du prix du mètre cube d'eau vendu.

- Surtaxe du prix du m3 pour les eaux de distribution publique.

Cela intéresse :

+ les consommations des particuliers
+ les consommations de l'Administration
+ les consommations des Hôtels sans étoiles
+ les consommations des industries et grandes maisons de la place.

L'estimation des recettes escomptées dans ce cadre figure dans le tableau suivant :

Tranche de consommation	Prix actuel du m3 en F.CFA	Prix proposé du m3 en F.CFA	Augmentation du prix du m3 en F.CFA	Volume consommé par tranche par an en millions de m3	Ressources attendues en millions de F.CFA
0 à 10m3	90	95	5	0.217	1.085
11 à 25m3	95	100	5	1.517	7.585
26 à 50m3	200	230	30	2.059	61.770
51 à100m3	255	295	40	1.516	60.640
> 100 m3	280	330	50	5.100	255.000
Bornes fontaines	90	95	5	1.408	7.040
Eau brute	150	200	50	-	-
Faso Fani	-	-	-	0.300	15.000
	-	-	-	0.876	40.800
					448 920

- Surtaxe sur les Brasseries : 350 F/m3

SOVOBRA : 500.000 m3 x 350 = 175.000.000 F.CFA

BRAVOLTA : 200.000 m3 x 350 = 70.000.000 F.CFA

245.000.000 F.CFA

2°) Recettes au titre des redevances d'eau

2.1. Redevance d'eau provenant de l'exploitation des eaux domaniales à usage commercial : 50 F/m3.

+ Cas de la Bravolta : 200.000 m3 x 50 F.CFA = 10.000.000 F.CFA

+ Cas de Ricardo : 730 m3 x 50 F.CFA = 36.000 F.CFA

2.2. Redevances d'eau sur périmètres aménagés

2.2.1. Redevance sur périmètres irrigués industriels

redevance perçue : 10 F.CFA/m3 d'eau consommé.

SOSUCO : 33.580.000 m3 x 10 F.CFA = 335.800.000 F.CFA

2.2.2. Redevance sur périmètres irrigués à exploitation familiale.

+ Cas avec maîtrise totale d'eau

	Revenu brut d'exploitation (RBE)	Redevance d'eau globale 15 % RBE	Part du Fonds de l'Eau et de l'Assainissement 75 %
Agriculture	3000kg/haX65 - 25000 = 170.000	25.500	19.000 F/ha
Maraîchage	6000kg/haX90 - 80000= 460.000	69 000	51.750 F/ha
Agriculture en bas fonds	1000kg/haX65 - 25.000= 40.000	6.000	4.500 F/ha

Périmètres rizicoles

Superficies exploitées : 3.600 ha

Recettes attendues : 3.600 ha x 19.000 F = 68.400.000 F.CFA.

Périmètres maraîchers

Superficies exploitées : 800 ha

Recettes attendues : 800 x 51.000 F = 40.800.000 F.CFA.

- Cas avec maîtrise partielle d'eau (bas-fonds)

Superficies aménagées : 4.300 ha

Recettes attendues : 4.300 x 4.500 F = 19.350.000 F.CFA.

3°) Recettes au titre des taxes

3.1. Taxe de 5 F.CFA/kg à l'exportation du coton fibre

Fibre	1981 - 82 en kg	1982 - 83 en kg	1983 - 84 en kg	Moyenne des 3 années en kg	Ressources attendues 5 F/kg exporté
Production totale	21.627.572	28.812.213	30.074.072	26.837.952	-
VOLTEX	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	-
Production exportée	20.627.572	27.812.213	29.074.072	25.837.952	129.189.76

3.2. Taxes sur les prix des chambres des Hôtels avec étoiles

Hôtels	Taxes ou relèvements proposés (F.CFA)	Chambres nombre	Occupation annuelle théorique	Occupation escomptée 60 %	Ressources attendues (F.CFA)
2 étoiles	200	160	58.400	35.040	7.080.000
3 étoiles	500	169	61.685	37.011	18.505.500
4 étoiles	1 000	357	130.305	78.183	78.183.000
					103.696.500

Tableau récapitulatif des recettes escomptées

Nature des recettes	Montants en F.CFA
- Surtaxe sur le prix du m3 d'eau vendu	
. distribution publique	448.980.000
. distribution industrielle(brasserie)	245.000.000
- Redevances d'eau	
. eaux domaniales	10.036.000
. périmètres aménagés	464.350.000
- Taxes diverses	
. coton fibre	129.189.760
- Chambres d'Hôtels	103.696.500
	1.401.252.260

5. CADRE INSTITUTIONNEL ET MODALITES DE GESTION DU FONDS

5.1. Cadre institutionnel

L'inventaire des domaines d'intervention du Fonds, de ses principales missions et de ses ressources potentielles fait ressortir les conclusions suivantes :

- le niveau d'intervention du Fonds dans les divers domaines de l'hydraulique et l'importance des besoins en matière d'investissement sont élevés ;

- le Fonds devrait constituer une source de financement efficace pour la réalisation des projets.

L'efficacité de ses actions et de sa gestion conduiront à une crédibilité qui incitera les autorités et l'aide extérieure à participer au Fonds.

Il convient par conséquent de mettre en place une structure et des modalités de gestion très souple, rapide d'intervention permettant de réviser aisément les objectifs et de les adapter aux moyens disponibles.

Le Fonds de l'Eau et de l'Equipement Rural jouissant déjà de l'autonomie de gestion, bénéficiant d'une expérience solide en matière de mobilisation de fonds destinés au financement de projets exécutés par d'autres structures et disposant par surcroit des moyens de suivi et d'évaluation périodique des actions, présente un cadre institutionnel adapté.

Des aménagements internes restent à opérer pour mieux répondre à sa vocation, il s'agit de mettre en place les instances suivantes :

- Un Conseil d'Administration qui sera constitué en séance ordinaire, des représentants des différents services concernés et qui se réunira une fois par an pour se prononcer sur les résultats du Fonds et sur son budget programme de l'année à venir.

- Un Comité Technique du Fonds qui assurera les fonctions de décisions et de contrôle :

  - examen des projets soumis au Fonds par les différents services ;
  - proposition de décision d'attribution des financements ;
  - élaboration de rapports d'évaluation de l'action du Fonds à soumettre au Conseil d'Administration.

Le Comité Technique est indépendant vis-à-vis des structures bénéficiant de ses financements.

5.2. Modalités de gestion

Le Fonds devra être géré par une structure financière.

Les recettes ou ressources du Fonds seront placées dans un compte ouvert auprès d'une banque de la place.

Les besoins exprimés par les différents services utilisateurs devront se traduire par la présentation de projets ayant un objectif précis et soumis à l'appréciation des instances du Fonds.

Les interventions du Fonds se feront périodiquement après analyse et sur justification pour chaque projet.

CONCLUSION

Le Fonds de l'Eau et de l'Assainissement est un instrument qui se veut efficace pour le développement de l'ensemble du secteur Eau.

Les ressources potentielles existent pour l'alimentation du Fonds.

LE FONDS NATIONAL DE L'EAU AU MALI

par

Oumar TRAORE (*)

-==o==-

Le Gouvernement de la République du Mali a placé l'eau au premier rang des objectifs prioritaires permettant de poursuivre et d'améliorer le développement de base des populations. Cette priorité se manifeste par l'importance des problèmes actuels visant à assurer et à sécuriser l'alimentation en eau potable des agglomérations et l'abreuvement du cheptel. A cet effet, nous avons élaboré un projet de création d'un Fonds National actuellement soumis à l'examen de notre Gouvernement.

Rappelons que notre politique nationale en matière d'approvisionnement en eau consiste à :

- assurer les besoins essentiels des populations urbaines (60 l/hab/j), des populations rurales (40 litres) dont 20 litres pour les populations et 20 litres pour l'abreuvement du cheptel domestique inséparable de la population ;

- créer un point d'eau équipé pour chaque 200 habitants ;

- les populations doivent prendre financièrement et techniquement en charge l'entretien et la réparation des ouvrages mis à leur disposition ;

- les surplus d'eau doivent être utilisés pour valoriser les investissements grâce à la création d'activités de développement (jardinage, reboisement, etc...).

Jusqu'à un passé très récent, à l'exclusion des zones riveraines de nos principaux cours d'eau et de leurs affluents, où la desserte en eau de nos populations et de nos bétails était assurée par les eaux de surface, l'approvisionnement en eau était exclusivement basé sur un système traditionnel (puits, puisards et mares temporaires) dont les années de sécheresse ont démontré la précarité.

Sur l'ensemble du territoire national, seuls quelques centres urbains commençaient à se doter d'une usine d'eau complexe comprenant : puisage d'eau brute, épuration, stockage et enfin distribution dans un réseau de distribution.

La croissance démographique rapide, le développement du secteur de l'élevage et la mise en place d'une politique d'industrialisation du pays ont conduit à un accroissement impressionnant des besoins en eau. Parallèlement à cet accroissement des besoins, la sécheresse des années 1968 à ce jour

---

(*) Chef de la Division Adduction d'Eau et Assainissement.
Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (Mali).

caractérisée par une dégradation générale des conditions climatiques a imprimé à cette demande un cachet dramatique.

L'ampleur des tâches (environ 25 000 points d'eau à créer), la nécessité et l'urgence d'y trouver des solutions durables appropriées exigent la mobilisation d'une masse financière que les modestes moyens financiers de notre Pays ne peuvent couvrir : près de 100 000 000 000 de Francs CFA.

C'est pourquoi, conscient des difficultés liées à la mobilisation d'une telle masse financière, que notre Gouvernement s'est tourné vers les sources de financement extérieures (bilatérale, multilatérale et les Organisations non Gouvernementales) qui au cours du Plan Quinquennal 1981-1985 ont apporté une aide très appréciable de l'ordre de : 43 700 000 000 de Francs CFA. Comme on peut le constater, quelle que soit l'ampleur de cette aide beaucoup reste encore à faire tant sur le plan de l'intensification des interventions au niveau des zones non encore touchées par nos travaux, que sur le plan de la gestion correcte et de la maintenance des ouvrages réalisés.

S'il est impensable, du moins pour le moment, qu'on puisse trouver une solution d'ensemble à ces deux séries de problèmes eu égard à l'ampleur de la masse monétaire qu'elles drainent, il est cependant permis et même indispensable que d'ores et déjà nous faisions nôtres les questions relatives à la gestion correcte et à la maintenance des ouvrages réalisés et de ceux qui le seront dans un avenir proche. Les réponses à ces questions dans une large mesure contribueront à nous donner une solide assise auprès des aides extérieures qui de plus en plus considèrent comme condition de base à l'acceptation d'un projet, l'engagement financier de l'Etat à supporter les charges récurrentes de maintenance et de fonctionnement. Le Fonds National de l'Eau dont la création est demandée répond à ce souci. Il doit nous permettre :

- d'une part :

. de programmer à partir de ressources sûres même symboliques de l'Etat, l'extension de nos activités à d'autres zones ne faisant pas l'objet d'un programme de création de points d'eau nouveaux ;

- d'autre part :

. de maintenir en bon état de marche les ouvrages hydrauliques créés :

1°) puits et forages au niveau villageois

2°) adduction d'eau au niveau de centres urbains secondaires.

- en fin :

. d'honorer les engagements du Gouvernement du Mali quant aux contre-parties de programmes qui nécessitent une prise en charge financière.

1. LES BESOINS

Au Mali comme nous l'avons précédemment dit, en dehors des agglomérations riveraines des fleuves Niger, Sénégal, Bani et de leurs principaux affluents et des mares d'hivernage, l'essentiel de l'approvisionnement en eau des populations et du cheptel est assuré par les eaux souterraines. Des années consécutives de sécheresse de 1968 à nos jours ont montré la vulnérabilité des ouvrages traditionnels (puits et puisards) qui en général ne captent que les franges superficielles des nappes exploitables. Pour sécuriser donc les conditions d'approvisionnement en eau au niveau de ces zones, une nouvelle approche technologique d'intervention était indispensable :

- Forages profonds ;
- Puits implantés sur la base de travaux de reconnaissance préliminaires ;
- Dans certains cas la réalisation de forage/puits.

Ainsi donc depuis 1968 des structures d'intervention ont été mises en place pour appliquer systématiquement cette nouvelle approche d'intervention. La création du Fonds National de l'Eau est une nécessité absolue. Il se définit comme la pièce maîtresse indispensable à tout ce que nous envisageons de faire pour :

1°) Apporter un secours rapide et efficace à nos populations rurales.

2°) Assurer une exploitation correcte des ouvrages réalisés.

3°) Garantir les investissements extérieurs, la relève financière de l'Etat étant assurée.

2. LES RESSOURCES DU FONDS NATIONAL DE L'EAU

Avant toute chose il faut se dire que la multiplicité des fonds au niveau de l'Etat (cf. fonds forestier, fonds routier, fonds minier, Cafoba) obéit toujours à une nécessité. Il s'agit dans chaque cas considéré de domaines où des possibilités réelles existent pour parvenir à des résultats concrets. Pour ce qui concerne le Fonds National de l'Eau, il ne peut en être autrement. Nous l'avons dit plus haut, pays sahélien par excellence, le développement économique et social du Mali passe indiscutablement à travers une maîtrise de l'eau pour le bétail et pour les hommes. Actuellement nous sommes aidés en cela par les organisations internationales seulement si pour encore longtemps ces organisations nous assistent, il faut que l'Etat dès maintenant dégage les voies et moyens nécessaires pour sa participation active et financière :

- d'abord à la maintenance des ouvrages réalisés et à l'extension des programmes actuels, et

- ensuite pour assurer la relève de nos donateurs traditionnels.

ENTRETIEN DES OUVRAGES

Ces deux conditions d'ailleurs et de plus en plus sont considérées par les donateurs comme des conditions de base à leur participation à un projet d'eau, seules elles garantissent la bonne utilisation des ouvrages réalisés et de fonctionnement durable des équipements acquis.

Bien entendu il n'est pas question pour l'Etat de prendre entièrement à sa charge les frais de fonctionnement et de maintenance des ouvrages réalisés et mis gracieusement à la disposition de nos populations. Il s'agira plutôt de faire participer les populations mieux servies (cf. les populations urbaines et semi-urbaines) bénéficiant d'un apport d'investissement important de la part de l'Etat pour leur assurer des conditions d'approvisionnement en eau correctes à l'extension des mêmes conditions dans les zones rurales.

Il s'agira également de prélever des ristournes aux industries utilisant dans la fabrication de leurs produits finis l'eau qu'elles prélèvent sur les nappes d'eau sans payer une contrepartie à l'Etat des municipalités des centres urbains secondaires qui gèrent des installations mises en place par l'Etat. Il s'agira enfin des sommes perçues par la DNHE et la DNOP sur les travaux qu'elles exécuteront en régie, des sommes provenant du remboursement des ressources extérieures affectées au préfinancement des branchements particuliers et des dons, subventions, prêts et concours financiers de toute nature.

- Impôt sur les affaires et services

Il s'agit ici des impôts que perçoit l'Etat sur la vente de l'eau et de l'électricité à travers la Société Mixte Energie du Mali. Nous proposons comme ristourne à prélever sur ces impôts 50 % des sommes perçues.

- Redevance sur le captage des eaux souterraines ou la dérivation des cours d'eau aux fins d'objectifs industriels

Cette ressource ne peut se chiffrer qu'une fois le principe admis. Dès lors nous nous emploierons à mener les études nécessaires afin d'évaluer les quantités d'eau consommées et d'y affecter un coefficient de prix.

- Remboursement des investissements réalisés par l'Etat dans le cadre des projets d'adduction d'eau

Ces remboursements concernent les installations d'adduction d'eau gérées par l'Energie du Mali et celles gérées par les municipalités. Il s'agira de récupérer intégralement le montant des subventions accordées à l'Etat et qui ont jusqu'ici été grâcieusement mises à la disposition de la Société Mixte Energie du Mali et des municipalités. Afin que l'exploitation de ces unités mises à leur disposition puissent desservir correctement les populations pour lesquelles ces travaux ont été entrepris.

Nous pensons donc que la seule politique réaliste et possible est celle visant à récupérer les investissements faits sur 10 ans par exemple pour les grosses unités gérées par E.D.M.

et 20 ans pour les petites unités gérées par les municipalités pour refinancer les équipements en temps opportun, et pour étendre les adductions d'eau à d'autres centres urbains secondaires.

- Les montants perçus par la DNHE et la DNOP sur les travaux de puits et de forages en régie.

Une évaluation grossière des travaux que pourront réaliser les Directions de l'Hydraulique et de l'Opération Puits nous montre que même dans le cas d'une hypothèse pessimiste, ces ressources ne sont pas négligeables. Donc nous insistons beaucoup sur cet aspect des ressources possibles du Fonds National de l'Eau car des besoins de plus en plus nombreux sont formulés par les Opérations de Développement intégré et des particuliers.

- Ristourne de 10 % sur les ventes d'eau dans les centres urbains secondaires.

Le schéma classique adopté jusqu'à maintenant faisait qu'une fois les travaux d'adduction d'eau terminés, l'exploitation des installations était laissée aux populations bénéficiaires. Cette solution bien sûr avait un avantage immédiat à savoir l'appropriation des installations par ces populations locales. Mais à la pratique il s'est avéré à cause de tous les problèmes auxquels nous avons à faire face pour l'entretien, la maintenance et le fonctionnement de ces installations que la solution envisagée n'était pas sans doute la meilleure.

- Les sommes provenant du remboursement des ressources extérieures affectées au pré-financement des branchements particuliers.

Ce fonds destiné à avancer aux consommateurs d'eau potable, les dépenses d'installation de branchements. Les ressources de ce fonds alimentées par une dotation initiale prévue par le financement et ensuite par les sommes dégagées chaque année par suite des paiements d'annuité par les usagers.
Ces dernières sommes seront utilisées au financement de nouveaux branchements.

- Les sommes provenant des subventions, dons, prêts et concours financiers de toute nature.

Le montant prévisionnel des financements qui pourra être mobilisé au fil des années pour faire face aux dépenses du fonds est estimé à 3 625 000 000 F.CFA pour les prochaines 5 années à venir.

Aussi nous sommes convaincus que pour atteindre les objectifs dans le domaine de la maîtrise de l'eau fixés par notre Gouvernement, il sera nécessaire d'appuyer notre politique nationale de l'eau ambitieuse par une politique économique et sociale réaliste.

ETUDE DE L'ENTRETIEN DES OUVRAGES

par

le BETURE (*)

-=o=-

Les premières communications et les débats de ce séminaire ont déjà recentré le problème de l'assainissement urbain dans le cadre général de l'amélioration de la qualité de la vie, des conditions de vie que tout être humain est en droit de réclamer.

Partant de cet objectif fondamental, tous les moyens, toutes les techniques pouvant contribuer à l'atteindre doivent être examinés, sans privilégier les uns aux dépens des autres : l'essentiel est d'adapter les moyens aux spécificités et contraintes locales de façon à ne pas être coupé de la réalité. Toute action qui n'adopte pas cette démarche est vouée à l'échec, nous en sommes tous conscients pour l'avoir peu ou prou expérimenté.

Nous proposons d'analyser ici rapidement les contraintes qui contribuent à rendre difficile le fonctionnement des ouvrages d'assainissement, qu'il s'agisse de réseaux et ouvrages de drainage ou d'eaux usées, de systèmes collectifs ou individuels. Ce dernier mode d'assainissement ne doit pas être tenu pour secondaire : étant donné les contraintes socio-économiques et financières des Etats Membres, il y a lieu de considérer au contraire l'assainissement individuel comme fondamental car devant concerner la majeure partie des populations.

Les problèmes d'entretien des réseaux et ouvrages sont fonction de multiples facteurs, à la fois techniques (qu'ils se situent au niveau de la conception ou de l'exécution), institutionnels, financiers et socio-économiques. Les aspects institutionnels et financiers ayant été traités précédemment, nous n'examinerons ici que leur incidence sur l'entretien des systèmes. Les aspects techniques sont multiples et il n'est pas question de les examiner de façon détaillée ici : on voudra bien se référer à l'étude spécifique concernant "l'entretien des ouvrages" effectuée récemment par BETURE-SETAME pour le CIEH. Nous envisageons seulement de montrer la multiplicité des paramètres interférant sur l'entretien des ouvrages et la complexité qu'il y a de les prendre tous en considération.

Précisons que, par entretien, on entend ici :

- d'une part, le curage et le nettoyage des réseaux et ouvrages,
- d'autre part, la réfection des réseaux et ouvrages de diverses natures (terre, béton, métal ...) affectés par un usage normal ou anormal,

de façon à obtenir en permanence des systèmes fiables et en bon état.

(*) Communication présentée par Alain LAFROGNE, Ingénieur Hydraulicien (BETURE).

Les analyses et commentaires que nous allons faire s'appuient sur les missions effectuées dans les Etats Membres et sur l'expérience de BETURE-SETAME qui s'est trouvé confronté depuis de nombreuses années à ces problèmes dont les caractéristiques sont, suivant les pays, à la fois très voisines (aspects socio-économiques, institutionnels, financiers) et relativement différentes eu égard à la variété des climats concernés (désertique, aride, tropical, équatorial).

1. PROBLEMES DE FONCTIONNEMENT DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT ET CAUSES.

Les réseaux eaux usées et eaux pluviales ont, par nature, des objectifs distincts. De ce fait, il existe de très nombreuses différences quant à la conception des ouvrages afférents et à leur fonctionnement. Il est donc nécessaire de les aborder séparément même si, parfois, des problèmes communs existent.

Par ailleurs, il y a lieu de distinguer les aspects relatifs aux structures primaires (canaux, grands collecteurs, stations de pompage) qui requièrent obligatoirement l'intervention de services spécialisés et ceux concernant les réseaux secondaires et tertiaires qui peuvent impliquer l'intervention de la population.

1.1. Réseaux de drainage des eaux pluviales

Dans les conditions normales de fonctionnement, les sujétions sont dues aux facteurs physiques caractéristiques principalement du climat (érodabilité des sols et donc transport solide, intensité élevée des averses) et à l'extension de l'urbanisation qui modifie les conditions de ruissellement.

Si la pluie est le principal facteur de l'érosion, son action n'est possible qu'en fonction de la résistance du milieu. Celle-ci dépend de la nature du sol, de la pente, du couvert végétal, des pratiques culturales et anti-érosives à l'amont des bassins versants urbains ou même à l'intérieur de ceux-ci (conception de la structure de la voirie). L'érosion hydraulique se manifeste par l'action directe de la pluie sur le sol, mais aussi par le ruissellement qui provoque une érosion mécanique, par éboulement, par solufluxion et interne.

L'eau de ruissellement ne transite pas seulement (par charriage ou suspension) les particules détachées du sol par la pluie ou son action directe. Elle sert également au transport des matériaux arrachés et déposés par voie éolienne au cours de la saison sèche qui, selon la latitude, peut varier de plusieurs mois à la quasi totalité de l'année. Cette érosion éolienne est parfois extrêmement importante et conduit à un apport qui intéresse la totalité des agglomérations des pays désertiques et sahéliens.

Au niveau des ouvrages de drainage, on distingue les effets de l'érosion de ceux du transport solide.

L'érosion affecte les fossés et canaux non revêtus, les digues, les fossés et canaux revêtus. Quant au transport solide il se manifeste par une attaque des ouvrages revêtus (conduites, dalots, canaux et fossés bétonnés) et des atterrissements partout où des perturbations créent des pertes de charge singulières.

L'extension de l'urbanisation conduit à une augmentation de l'impluvium urbain susceptible d'être drainé et à un accroissement des surfaces imperméabilisées, d'où résulte une aggravation des écoulements tant en volume qu'en débit de pointe. Ceci engendre une insuffisance de capacité des réseaux existants (naturels ou artificiels) qui provoque une submersion des zones riveraines préjudiciable à la population et à l'économie.

Les sujétions peuvent être aussi la conséquence d'une utilisation anormale des ouvrages de drainage au sens large, c'est-à-dire aussi bien les oueds, bas-fonds ou marigots naturels (ou aménagés) que les canaux, et ouvrages enterrés (conduites, dalots, ovoïdes, ouvrages spéciaux).

L'urbanisation anarchique se développe dans toutes les régions où les écoulements ne sont pas pérennes. On y observe une évolution de la structure des lits naturels, dans la mesure où les berges ne sont pas abruptes, due à une pression de l'habitat. Cette évolution qui se fait par étapes, conduit à une occupation plus ou moins complète du lit des cours d'eaux. Selon le degré d'occupation du lit, les conséquences de cette urbanisation incontrôlée sont le rehaussement de la ligne et la destruction plus ou moins partielle des constructions. Cette situation a d'autant plus tendance à exister que le climat est plus aride, c'est-à-dire que les pluies sont plus rares et que les crues sont plus violentes.

Par ailleurs, cet habitat spontané devenant rapidement très dense, les possibilités d'accès aux lits des cours d'eau deviennent de plus en plus difficiles pour finalement être impossibles, rendant difficile non seulement l'entretien mais également la simple observation. Cette situation est souvent liée à l'absence initiale de réservation d'emprise latérale. L'accès aux réseaux enterrés est également rendu difficile ou impossible par le recouvrement des tampons par la chaussée, qu'elle soit revêtue ou non (cas d'émissaire de transit dans ce dernier cas).

Les dépôts d'ordures ménagères et de déchets solides constituant un facteur préoccupant, les citoyens se débarrassent de leurs ordures ménagères en les déposant couramment à proximité immédiate de leur habitation. Si un fossé, un canal ou un cours d'eau naturel (à sec ou pérenne) passe non loin, le dépôt d'ordures s'y fait quasi-automatiquement. Le ruissellement superficiel provoque également l'entraînement des déchets solides dans les canaux et fossés. Il en est parfois de même dans les réseaux enterrés, par le biais des tampons de regard qui sont ouverts pour la circonstance. Cette pratique est due à la carence des services d'enlèvement d'ordures, à l'absence de prise de conscience des habitants et à leur pauvreté.

On observe aussi des rejets d'eaux usées parasites qui ont pour conséquence une stagnation d'eau polluée fermentant très rapidement, une prolifération des moustiques et germes pathogènes, une formation d'H_2S attaquant le béton des ouvrages enterrés.

L'entretien et le fonctionnement des ouvrages sont certes tributaires des facteurs passés en revue précédemment sur lesquels il est possible d'avoir une action pour en minimiser les effets. Mais ils seront grandement facilités si des dispositions adéquates sont adoptées dans la conception même des ouvrages. En ce qui concerne les canaux, les erreurs de conception concernent l'absence de pistes d'accès aux ouvrages, de rampes d'accès au fond, d'ouvrages de franchissement adéquats et de clôture.

La dégradation des digues a pour origine la circulation des habitants et animaux et l'action dynamique du courant et de la pluie.

1.2. Réseaux d'assainissement eaux usées et installations connexes.

Dans les conditions normales de fonctionnement, les éléments fins arrachés au sol par les pluies et le vent sont introduits par les trous d'aération des regards. Cet apport solide provoque des sédimentations. La faiblesse des débits rejetés due à la faible consommation spécifique et à un taux de raccordement réduit ne permet pas d'atteindre l'autocurage, ceci étant aggravé par la présence des déchets solides.

Ces facteurs pénalisants conduisent à une concentration élevée des matières organiques fermentescibles qui, la forte chaleur ambiante aidant, provoque une attaque des ouvrages.

L'utilisation abusive des ouvrages complique bien évidemment l'entretien. L'introduction de déchets solides constitue le principal problème qui conditionne tout le fonctionnement du système d'assainissement collectif. Ces déchets solides proviennent des logements raccordés au réseau (et ce par l'intermédiaire des conduites de branchement) et aussi de l'introduction directe dans les réseaux par le biais des tampons. Les rejets provenant des restaurants, gargotes, cantines, garages et stations services sont également très chargés en graisses, huiles et hydrocarbures qui se déposent sur les parois des collecteurs. Notons également le recouvrement fréquent des tampons par le revêtement de chaussée, ce qui empêche toute aération et tout entretien.

Il est possible de réduire ces contraintes de fonctionnement en adoptant des dispositions au niveau de la conception conduisant notamment à minimiser, sinon à supprimer, les risques d'introduction de déchets solides.

En ce qui concerne les ouvrages d'assainissement individuels (ou autonomes), notons que les latrines sèches ne posent en général pas de problème particulier. Par contre, il n'en est pas de même des systèmes nécessitant un apport d'eau plus ou

moins important que l'on peut classer en fosses étanches et procédés requiérant l'élimination par le sol.

Les problèmes posés par les fosses étanches ont trait notamment à leur constitution poreuse, à leur dimensionnement insuffisant, à leur éloignement des voies d'accès. Les ouvrages exigeant l'infiltration des eaux usées se heurtent très souvent au colmatage du sol, question qu'il est possible de résoudre par les moyens adéquats que nous passerons en revue par la suite.

2. DISPOSITIONS TECHNIQUES A ADOPTER

Les critères de choix relatifs au type de réseau (séparatif ou unitaire), au mode d'assainissement (individuel ou collectif) et au type de collecteurs (enterrés ou à ciel ouvert) ont été passés systématiquement en revue dans le Rapport "Aspects Techniques" (*). Il est donc inutile d'y revenir dans le détail, mais il apparaît souhaitable de rappeler et de confirmer, en se basant sur l'exposé des sujétions et contraintes donné précédemment, les principes à retenir pour minimiser les opérations d'entretien.

Ces principes ont pour base la prise en considération des deux principaux paramètres constituant une entrave à un fonctionnement hydraulique correct :

- faiblesse des débits d'eaux usées,
- importance des rejets solides,

ainsi que des moyens financiers limités, tant des organismes nationaux ou locaux que des particuliers.

Eu égard à ces contraintes, les choix sont les suivants :

- assainissement de type séparatif,

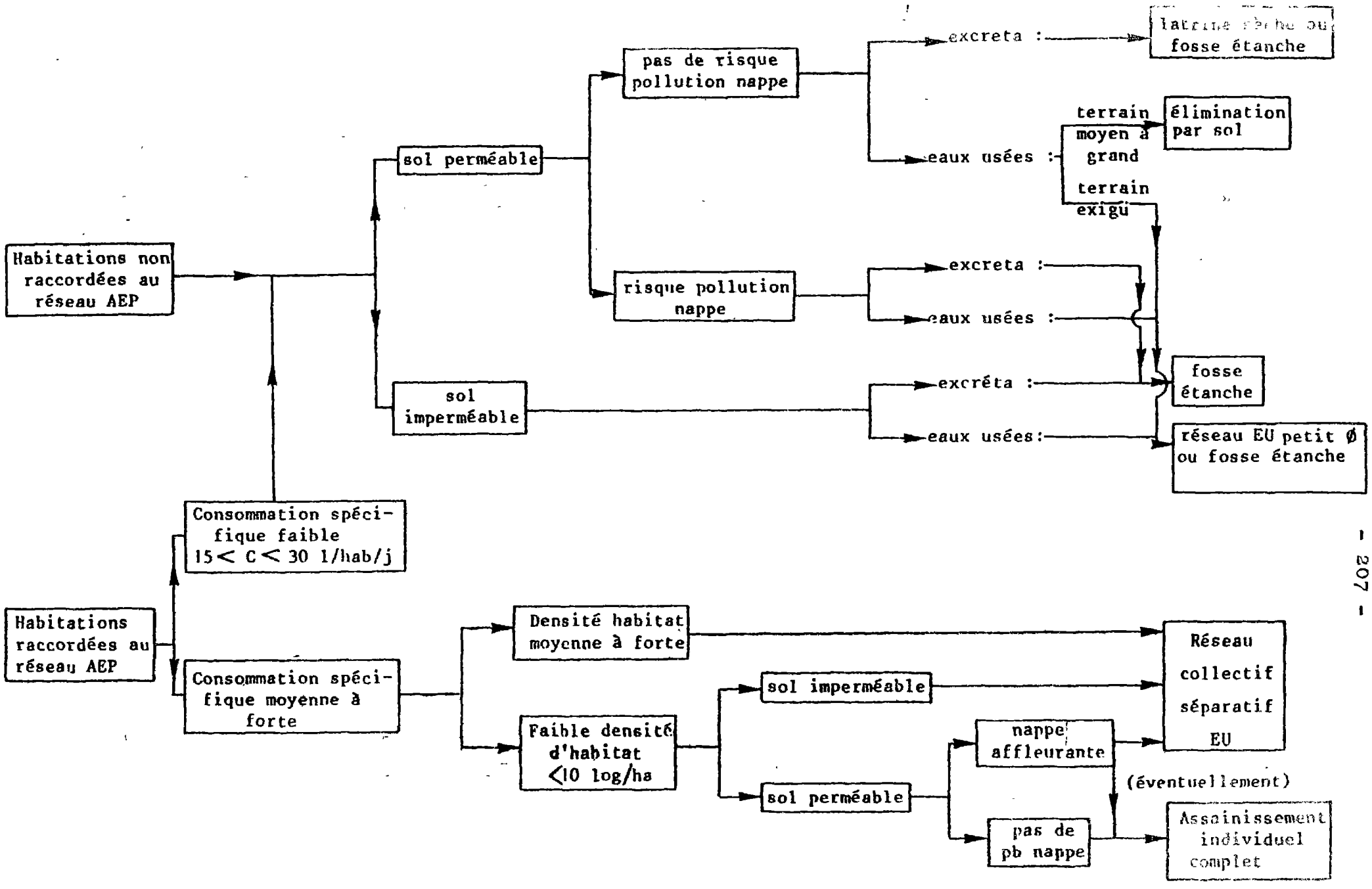
- mode d'assainissement individuel ou collectif tributaire du type de logement, du mode d'alimentation en eau et des caractéristiques du sol : on pourra s'appuyer sur le schéma ci-joint qui explicite la démarche qui pouvait être systématiquement employée,

- type de collecteurs : l'entretien des réseaux superficiels est sans contexte plus facile à réaliser que celui des réseaux enterrés. Toutefois ces derniers sont moins sujets à devenir le réceptacle des ordures et déchets divers. Il semble donc souhaitable de s'orienter vers le choix suivant pour les réseaux de drainage, les réseaux eaux usées étant obligatoirement enterrés :

  - zones où la voirie n'est pas ou n'est que partiellement revêtue : ouvrages à ciel ouvert,
  - zones de centre ville où la voirie est revêtue : réseaux enterrés.

(*) Elaboré par le BCEOM dans le cadre de l'Etude Conception Générale des systèmes d'assainissement urbain.

CHOIX D'UN SYSTEME D'ASSAINISSEMENT EAUX USEES/EAUX VANNES



Ces orientations peuvent être modulées en fonction des contraintes locales. En particulier on pourra prévoir en phase intermédiaire la réalisation de caniveaux latéraux correctement conçus.

Ces types de réseaux nécessitent des structures d'entretien différentes.

Les dispositions techniques à envisager pour réduire ou faciliter l'entretien des réseaux et ouvrages sont extrêmement nombreuses. Il n'est évidemment pas question ici d'entrer dans les détails et une énumération risque fort d'être rebutante et de ressembler à un catalogue à utiliser en fonction des particularités locales. Cependant, ainsi que nous l'avons dit en préambule, l'un des buts de cette communication étant d'attirer l'attention sur la multiplicité des facteurs et techniques en cause, il paraît difficile d'en faire l'économie.

2.1. Réseaux de drainage

Il importe d'adopter tout d'abord des dispositifs de protection amont des ouvrages. Les techniques anti-érosives en zone péri-urbaine peuvent, suivant les climats et les reliefs, être les suivantes :

- restructuration des sols par cultures en terrasses, aménagement de banquettes et seuils, travail du sol suivant les courbes de niveau,
- forestation ou plantation d'arbustes ou plantes,
- renforcement de l'infiltration par création de cuvette et retenues collinaires,
- correction de ravines par seuils et "barrages" rustiques.

En zone urbaine, les techniques ont été examinées dans le rapport sur les "Aspects Techniques" précédemment cité. Elles concernent le stockage sur place (toiture, parkings, jardins, citernes), l'infiltration sur place (tranchée filtrante, puits d'infiltration), la modification du parcours du ruissellement (implantation de la voirie), l'infiltration après concentration du ruissellement et le stockage après concentration (bassins de retenue).

Il est possible de limiter l'usage abusif des ouvrages dû à un environnement socio-économique défavorable. Ces contraintes sont relatives, non seulement aux réseaux et ouvrages pour lesquels les mesures à prévoir sont examinées ci-après, mais aussi au phénomène d'urbanisation anarchique et à l'élimination des ordures ménagères et déchets solides. Il est donc essentiel d'aborder ici les solutions à préconiser pour tenter de résoudre ces derniers points bien que l'on sorte du cadre strict de l'assainissement.

En ce qui concerne la maintenance des ouvrages, la maîtrise de l'urbanisation requiert de préserver l'emprise du domaine public hydraulique et de réserver les emprises nécessaires aux voies d'accès des ouvrages pour permettre leur

contrôle et leur entretien : ceci doit se faire concrètement par des actions de bornage sur le terrain. L'intervention d'un spécialiste en drainage urbain est donc nécessaire lors de l'élaboration du plan d'urbanisme.

L'enlèvement des déchets solides et leur éventuelle valorisation peuvent être faits, soit par un système centralisé moderne, faisant appel à des moyens matériels et humains importants, soit par un système informel laissant la population s'organiser, mais en la motivant et en l'encadrant.

Afin d'éviter que les canaux ne servent de dépotoirs aux ordures ménagères et déchets de toutes natures, il est nécessaire, outre les dispositifs de collecte à prévoir, de les isoler par des clôtures. Il est nécessaire de laisser une risberme entre le muret et le canal pour éviter que les déchets qui seraient déversés par dessus la clôture ne tombent dans le canal. Cette risberme doit permettre le passage des engins chargés de l'entretien.

Les dispositions évoquées précédemment qui permettent le contrôle à l'entrée des ouvrages, doivent être complétées par des mesures appropriées évitant autant que faire se peut toute introduction dans le corps du réseau par le biais des ouvrages divers (regards, dessableurs, chutes, jonction...).

Pour cela il est nécessaire que les organes d'accès (tampons, trappes) ne puissent être manipulés aisément sans un outil approprié et que les trous d'aération ne soient prévus seulement que là où des risques de formation d'H_2S existent : c'est le cas des tronçons où l'on observe des piquages parasites d'eaux usées et également des tronçons à faible pente où se produisent en fin d'écoulement des sédimentations de matériaux plus ou moins fermentescibles.

Les <u>techniques réduisant l'entretien des réseaux</u> sont bien connues. En ce qui concerne les canaux, notons la nécessité de prévoir des ouvrages de franchissement largement dimensionnés et correctement calés pour éviter la sédimentation. Pour des digues, on effectue un calage de crête correspondant à une période de retour de 100 ans en général. Les canalisations et dalots doivent, entre autres, être calés et dimensionnés de façon à éviter des vitesses trop faibles (sédimentation) ou trop fortes (abrasion), et être munis d'ouvrages de captage comportant des dessableurs faciles à entretenir.

Les <u>dispositions facilitant l'entretien des ouvrages</u> ont trait aux voies d'accès, aux rampes d'accès aux canaux et digues, ainsi qu'aux ouvrages permettant une inspection et un entretien aisé des ouvrages enterrés, notamment aux points singuliers.

2.2. Systèmes d'assainissement eaux usées et installations connexes.

Il est essentiel de réduire l'usage abusif des réseaux en évitant l'introduction des déchets solides qui, rappelons le, constitue le problème n° 1. Aucun réseau si bien conçu soit-il, ne peut fonctionner correctement si des corps solides de diverses natures et tailles sont introduits.

Les ouvrages à prévoir doivent se situer chez les particuliers (grilles, siphons), au niveau de l'interface terrain privé-voie publique (boite de branchement) et à chaque point de communication réseau-sol, c'est-à-dire aux tampons et trappes des ouvrages. Par ailleurs, tout établissement susceptible de rejets des graisses, huiles ou hydrocarbures doit être équipé de dispositifs de rétention adéquats.

On peut réduire l'entretien des ouvrages en raccordant les branchements directement dans les regards, en adoptant des pentes minimales en choisissant des types de canalisations réduisant les rugosités et minimisant les joints, etc...

En ce qui concerne les ouvrages d'assainissement individuels ou autonomes, il est nécessaire que les fosses étanches le soient réellement et soient suffisamment dimensionnées. Les systèmes éliminant les effluents sur le sol doivent être munis impérativement de décanteur, dégraisseur et si possible de décolloïdeur avant infiltration.

Les dispositifs facilitant l'entretien des ouvrages ont trait essentiellement aux organes d'accès dont les caractéristiques et dimensions doivent garantir des manoeuvres aisées et une pérennité certaine : ceci est vrai pour les réseaux et également pour les stations de pompage qui doivent en outre être équipées de tous les organes de manutention, dégrillage, lavage et éclairage nécessaires.

La maintenance des systèmes d'assainissement individuels est également facilitée par des organes de visite et curage, d'accès aisé, ainsi que par une implantation suffisamment proche de la voirie.

3. DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES

L'exposé sur les "Aspects Institutionnels et Financiers" a fait le point sur la question sous l'angle juridique, tout en abordant quelques problèmes techniques. Il n'est pas dans notre propos de reprendre ce qui a été dit dans ce domaine. Toutefois, les diverses dispositions exposées précédemment, destinées à réduire ou faciliter l'entretien des ouvrages, devant s'appuyer sur un ensemble cohérent et précis de dispositions réglementaires, nous passerons rapidement en revue celles qui nous semblent les plus importantes.

Les règlements d'urbanisme doivent envisager la maîtrise du ruissellement et adopter les principes qui permettront la collecte et l'évacuation des eaux dans les meilleures conditions techniques et financières. Cette action première doit être

confortée par des réglements incitant à réduire les ruissellements et exigeant, par exemple, la construction de clôture pleine continue, la rétention plus ou moins totale de l'eau dans les jardins ou citernes, etc...

En ce qui concerne l'assainissement des eaux usées, le Réglement d'Urbanisme doit imposer aux constructeurs d'obtenir l'avis du service chargé de l'assainissement de la localité concernée quant au choix du mode d'assainissement eaux usées et eaux vannes à adopter. Ce choix, guidé par la démarche explicitée précédemment, devra obligatoirement être pris en compte dans les documents et plans à produire pour obtention du permis de construire. Dans les quartiers populaires où l'habitat est érigé de façon spontanée par les citoyens eux-mêmes ou par des tâcherons, l'action du service d'assainissement sera renforcée par sensibilisation des chefs de quartier et organisations de masse (Parti, femmes, jeunesse ...) au mode d'assainissement à adopter pour garantir une salubrité minimale des logements.

Ces actions seront renforcées par une réglementation définissant les normes d'équipement des logements avant rejet et par des normes de conception, de dimensionnement et d'implantation des ouvrages d'assainissement individuels. Bien évidemment, pour que cette réglementation soit crédible et efficace, il doit être prévu le contrôle des installations par les services techniques concernés.

La réglementation des eaux doit aborder les problèmes de lutte contre les inondations en définissant de façon précise le domaine public hydraulique et l'emprise des réseaux et ouvrages enterrés, y compris leur accès. Elle doit également s'intéresser à la lutte contre la pollution hydrique afin de préserver ou de restaurer la qualité des eaux superficielles et souterraines : les usagers (particuliers, artisans ou industriels) doivent pouvoir recevoir des conseils gratuits de façon à pouvoir rendre leurs installations conformes aux types d'assainissement et normes d'ouvrages.

Les eaux résiduaires urbaines et industrielles doivent répondre à certains critères avant rejet dans les réseaux ou le milieu naturel. Ces critères sont étroitement fonction de la capacité et des caractéristiques des ouvrages et du milieu récepteur. Il est donc pratiquement impossible d'édicter des normes strictes applicables dans tous les cas. Il est de préférence conseillé une approche globale qui permettra d'appréhender l'ensemble des conditions d'environnement. Cette approche sera différente suivant qu'il s'agit de rejets en réseau ou dans le milieu naturel. La réglementation doit également concerner les déchets solides susceptibles d'engendrer, directement ou non (cas de lessivage par les eaux de pluie) la contamination de l'environnement.

La réglementation doit également faire obligation aux citoyens de prendre en charge directement la propreté des abords immédiats de leurs logements.

4. ORGANISATION ET FONCTIONNEMENT D'UN SERVICE ENTRETIEN

L'appréciation des moyens à mettre en oeuvre (qu'ils soient humains, matériels ou financiers) et des structures à prévoir pour faire face aux tâches de contrôle et d'entretien des réseaux et ouvrages résulte directement des opérations à réaliser : nature, importance, nombre et fréquence. Elle doit donc être précédée dans chaque cas par l'analyse des problèmes concrets d'entretien. On retrouve ici la distinction entre réseaux eaux pluviales et réseaux eaux usées d'une part, entre ouvrages à ciel ouvert et ouvrages enterrés d'autre part, le type et la nature des ouvrages étant bien évidemment déterminants en regard des opérations d'entretien.

Etant donné la multiplicité des paramètres en cause et surtout leur grande variabilité en fonction des conditions locales d'environnement climatique, géographique et humain, il serait vain de proposer des normes chiffrées pour définir les opérations d'entretien et les rendements à escompter.

Rappelons que, comme préalable à toute action d'entretien, il est indispensable que le service entretien dispose de la totalité des plans de récolement des réseaux et ouvrages ainsi que des fiches, des caractéristiques et des notices d'entretien des équipements électro-mécaniques, hydromécaniques et électriques.

En ce qui concerne les réseaux et ouvrages de drainage, d'une façon générale, il est indispensable qu'un contrôle et un nettoyage (si nécessaire, mais c'est le plus souvent le cas) soient effectués avant le début de la saison des pluies, après chaque précipitation importante et d'une façon régulière pendant la saison pluvieuse.

En ce qui concerne la réfection des ouvrages, en général une visite annuelle est suffisante. Pour ce qui est des ouvrages soumis à l'érosion et/ou risquant d'être affouillés, il est indispensable d'effectuer un contrôle après chaque crue importante.

L'entretien des réseaux d'eaux usées et des ouvrages afférents n'est pas lié à la pluviométrie. Un contrôle est nécessaire tous les 3 à 6 mois et l'on préconise un nettoyage complet tous les ans.

Les réseaux de type unitaire existants (de nouveaux ouvrages de ce type sont à proscrire) doivent être soumis à un contrôle qui prenne en considération les contraintes relatives aux réseaux séparatifs eaux usées et eaux pluviales. Ce sont ceux qui présentent le plus de problèmes.

L'élimination des ordures ménagères pourra être effectuée par un système informel ou par un système centralisé ainsi qu'on l'a envisagé précédemment. Quant aux gravois de toute nature, ils doivent être extraits périodiquement de la voirie et des ouvrages de drainage et être évacués immédiatement.

MOYENS HUMAINS, LOGISTIQUES ET FINANCIERS

Il est clair que les économies nationales ne seront pas, pour la plupart, en mesure d'ici longtemps d'assurer les charges d'entretien des systèmes d'assainissement urbain et d'enlèvement de déchets solides. De ce fait, la participation active de la population pour certaines tâches est une nécessité, le partage des tâches d'entretien pouvant s'effectuer de la façon suivante :

- pour les caniveaux, fossés et surfaces de voirie attenantes aux constructions, intervention directe des citoyens qui auront pour obligation d'entretenir en bon état de propreté l'espace compris entre la limite de parcelle et l'axe de voirie ;

- les autres ouvrages de drainage (canaux, digues) et la totalité des réseaux et ouvrages d'assainissement doivent être entretenus par le service technique compétent qui aura également pour mission d'assurer le contrôle des ouvrages d'assainissement individuels et éventuellement l'entretien de ceux-ci. Tout ou partie de ces tâches pourra être sous-traité à un ou plusieurs concessionnaires ou prestataires de services.

C'est un lieu commun que de rappeler que le service technique chargé de l'entretien doit disposer de matériel spécialisé pour le curage et le nettoyage des ouvrages à ciel ouvert et enterrés, de matériel de réfection des ouvrages, d'engins de transport et liaison. Chaque localité doit être équipée d'un parc de matériel dont la taille et l'équipement sont fonction de la nature et de l'importance des ouvrages à entretenir.

Il est indispensable que dans chaque localité équipée ou non d'un réseau soient mises en place une ou plusieurs équipes d'entretien dont l'importance, la composition et les moyens sont fonction de la nature des tâches à assumer. De toutes façons, même en cas d'absence totale de réseau d'assainissement, la prise en charge des problèmes d'élimination des eaux usées, excreta et ordures ménagères est essentielle pour améliorer les conditions sanitaires et le cadre de vie des habitants.

*

* *

Le bref exposé que nous venons de faire a mis en relief la complexité de l'entretien des systèmes d'assainissement dans le contexte africain due à la multiplicité des facteurs entrant en jeu.

Les problèmes à résoudre sont nombreux, les moyens sont limités : tel est le constat. Il ne doit pas conduire au découragement ni au statuquo. La demande des citoyens est forte dans ce domaine, les besoins sont importants, les bonnes volontés existent. Il n'y a pas d'autres solutions, pour offrir une qualité d'environnement minimale à tous, que de compter sur la participation effective des citoyens en les encadrant, en les guidant et les motivant par des actions appropriées à tous les échelons (quartier, ville, région, pays) et par tous les moyens de sensibilisation audio-visuels ou sociaux.

Il est certain que la situation économique difficile de nombreux pays (la famine devient de nouveau préoccupante dans le Sahel) pousse ceux-ci à faire des choix drastiques qui écartent d'emblée des investissements dans le domaine de l'assainissement tenu comme non prioritaire. Il est donc essentiel de privilégier l'assainissement individuel et de le considérer au même titre que l'assainissement collectif comme relevant de la compétence des services publics, seuls susceptibles d'améliorer les conditions sanitaires à grande échelle.

Si l'on ne veut pas que ce séminaire reste sans lendemain, il est essentiel de décider maintenant quelles sont les actions à entreprendre en commençant par des expérimentations et des projets pilotes.

Nous proposons à la réflexion des participants les thèmes suivants que nous souhaitons voir préciser, tant dans leur contenu, que dans leurs applications pratiques :

1) Assainissement individuel

Si les systèmes sont bien connus, il y a lieu d'adapter les types aux particularités de rejet des populations, suivant leur mode de vie. Le type d'élimination des eaux usées et excreta doit être défini en fonction des contraintes géotechniques et d'urbanisme. Il est souhaitable de former, au sein des services techniques publics des agents techniques compétents en assainissement individuel et de réaliser des opérations pilotes avec l'aide des citoyens.

2) Elimination des ordures ménagères

Il convient d'expérimenter les deux types mentionnés précédemment : système moderne centralisé et système utilisant les potentialités de la population avec encadrement et incitation financière de la part des pouvoirs publics.

3) Assainissement collectif eaux usées

On envisage de comparer l'impact de la mise en place de systèmes complets de protection anti-solides, sur le fonctionnement d'un réseau séparatif. Afin de satisfaire l'autocurage, il paraît intéressant d'expérimenter un réseau séparatif eaux usées de petit diamètre (100 mm), toutes précautions étant prises pour interdire les déchets solides.

4) Aménagement des bassins versants

Recherche de l'influence du stockage temporaire de l'eau sur des parcelles encloses en fonction de la typologie de l'habitat, des caractéristiques du sol et du climat. Cette expérimentation est à conduire avec les citoyens. L'incidence du freinage du ruissellement par laminage de l'écoulement sur les toitures en terrasse est aussi à examiner.

5) Réseaux de drainage

Il s'agit de tester des ouvrages susceptibles de réduire les apports solides naturels (sables, graviers, pierres) et artificiels (ordures) dans les ouvrages enterrés et à ciel ouvert.

PROBLEMES D'ENTRETIEN EN ASSAINISSEMENT URBAIN

par

Mame Demba CAMARA (*)

---o---

1. GENERALITES

Les problèmes de l'entretien en général se posent avec de plus en plus d'accuité dans nos jeunes Etats, où avec retard, on se rend compte qu'aucun ouvrage, fut-il le mieux conçu, le mieux réalisé, ne saurait défier les affres du temps sans entretien.

Avec la rareté de l'argent pour financer nos programmes de développement, il est devenu impérieux de mettre un accent particulier sur l'entretien préventif, qui seul permet d'assurer la pérennité des réalisations économiques, de nos investissements.

Le secteur Assainissement n'a pas échappé à cette règle, c'est dire tout l'intérêt de notre communication "Les Problèmes de l'Entretien en Assainissement Urbain".

Ce thème polarise de plus en plus l'attention à cause de l'urbanisation galopante de nos cités, lesquelles, commencent à se doter de système d'assainissement.

Au Sénégal, mon pays, seule la ville de Dakar est dotée d'un système d'assainissement complet, bien structuré, celui-ci est géré par un service autonome rattaché à la Direction Technique (voir note de présentation du service).

Les autres villes, Kaolack, Saint-Louis, Louga, disposent de réseaux embryonnaires, gérés par des sections intégrées aux services de l'eau.

Le sujet à débattre est très vaste et très complexe, aussi vais-je seulement me contenter d'axer mes propos sur les aspects techniques d'un système séparatif ; tout en survolant brièvement les autres points qui ont une incidence particulière et directe sur les problèmes de l'exploitation.

(*) Responsable de l'Assainissement à la SONEES - Dakar, Sénégal.

2. TECHNIQUES D'ENTRETIEN D'UN SYSTEME D'ASSAINISSEMENT

2.1. Description d'un système d'assainissement

2.1.1. Réseaux

- Grands collecteurs : On entend par grands collecteurs, des tuyaux cylindriques ou ovoïdes dont les sections sont supérieures à 100 mm, atteignant quelquefois plusieurs mètres. En général ils sont en béton armé.

- Petits et moyens collecteurs : Il s'agit de tuyaux cylindriques dont les diamètres varient entre 160 mm et 400 mm. Ils sont en général, soit en grès vernissé, en amiante ciment ou en PVC.

- Branchement : Il s'agit d'un dispositif de raccordement qui relie les réseaux intérieurs d'un immeuble ou d'une villa à un collecteur. En général, il se compose d'un tuyau et d'un regard appelé regard de branchement ou de sortie.

- Regard de sortie : C'est un ouvrage maçonné préfabriqué, ou en plastique sur lequel est raccordé le tuyau provenant de l'intérieur de l'immeuble reliant celui-ci au collecteur.

- Regard de visite : Ouvrage maçonné placé à intervalles réguliers sur le collecteur permettant l'inspection et l'entretien de celui-ci.

- Chasses d'eau : Lorsque les pentes du collecteur ne permettent pas l'autocurage, on installera en tête de réseau des cuves avec siphon qui, à intervalles réguliers vont envoyer une certaine quantité d'eau dans le réseau afin de chasser les dépôts solides.

2.1.2. Usines

- Stations d'épuration : Elles ont pour rôle de dégrader les matières organiques contenues par les eaux usées, permettant ainsi d'éliminer la pollution.

- Stations de relèvement / refoulement : Elles ont pour rôle d'évacuer, sous pression, les eaux usées lorsque cela n'est pas possible gravitairement.

2.2. Matériel pour l'entretien d'un système d'assainissement

HYDROCUREUR COMBINE : Une cuve d'une capacité de 1 à 20 m3 séparée en deux compartiments eau/boues est montée sur un chassis de camion. Une pompe à pression (80 à 250 bars) permet d'envoyer à l'intérieur des collecteurs de l'eau sous pression ; une pompe à vide permet d'aspirer eau et matières solides contenues dans les collecteurs et regards.

TREUIL MOTORISE : Un cable en acier est enroulé autour d'un tambour actionné par un moteur. A l'extrémité du cable est fixé un outil ayant la forme de demi-lune . Pour avoir un effet de va et vient, on travaille avec deux treuils reliés par un même cable avec au milieu, l'outil de curage.

TREUIL MANUEL : Le principe de fonctionnement de celui-ci est le même que celui décrit plus haut. Dans ce système, le tambour est mû par une manivelle actionnée manuellement.

TRINGLES : Elles sont en tubes d'acier, en plastique ou en joncs ayant des longueurs de 1 à 4 mètres, elles sont emboîtables les unes dans les autres ; à leur extrémité on fixe des outils pointus, ronds, etc...

FILS D'ACIER : Il s'agit de 4 à 5 fils d'acier souples, tressés. L'une de leurs extrémités sera dressée pour faire office de manivelle.

"RIOR" "RIOR" : Une pompe à haute pression de 100 bars est montée sur une citerne en plastique de 500 à 1000 litres, remorquable grâce à un chariot.

2.3. Méthodes et techniques d'entretien d'un réseau d'assainissement.

- CURAGES HYDRAULIQUES :

A l'aide d'une pompe haute pression, de l'eau est envoyée à 80-150 bars, dans le collecteur afin de le détarter, de le désensabler ; les matières solides entraînées jusqu'au regard, sont aspirées à l'aide d'une pompe à vide. Les boues et sables contenus dans la cuve à boues, seront évacués par dépotage à la décharge, tandis que la phase liquide sera reversée dans le réseau. L'équipage d'une unité de curage hydraulique est composé d'un conducteur d'engin assisté de deux aides.

Ce système donne d'excellents résultats pour les collecteurs ayant des sections comprises entre 100 et 300 mm le rendement journalier peut dépasser 1200 m/jour.

MOTORISE : Deux treuils reliés par un cable en acier sur lequel est monté un outil de curage, font un travail de va et vient, à l'intérieur du collecteur. A chaque course aller de l'outil, les matières solides contenues par le collecteur sont entraînées jusqu'au niveau du regard de visite où elles sont piégées par un arrêtoir. Ces sables et boues seront ensuite extraits par aspiration ou à l'aide de godets ou seaux fixés au bras d'un des treuils. Un tel système nécessite l'utilisation de 4 agents, et le rendement journalier est fonction de la section du collecteur à curer, par exemple pour un Ø 300 mm on peut l'estimer à 200 m/jour.

Il faut noter que ce système convient surtout pour le curage des grands collecteurs qui ne peuvent pas être curés hydrauliquement.

MANUEL : Le système fonctionne suivant le même principe que celui décrit plus haut, à la seule différence que dans celui-ci, on utilise des hommes pour faire tourner les tambours.

Le rendement moyen de ce système pour un collecteur Ø 300 est de 40 m/jour. Il faut signaler qu'il est nécessaire d'utiliser plusieurs "gradés" de diamètres différents pour curer un collecteur. Ainsi pour curer un collecteur Ø 300, on fera un 1er passage avec un gradé de 150 mm puis un second de 200 mm avant d'introduire en dernier celui de 300 mm.

- Lorsque le collecteur est visitable, il est possible de le curer en y faisant descendre comme dans une mine, des ouvriers. Ce système nécessite des moyens de sécurité assez importants : masques autonomes, ventilateur, tenues spéciales, etc..., le rendement journalier est de quelques dizaines de mètres.

2.4. Débouchages

- HYDRAULIQUE : Il se fait à l'aide d'une pompe sous pression montée sur un camion (hydrocureur) ou sur chariot (RIOR). Un outil en tête d'ogive est monté sur le flexible. Cette méthode très pratique donne d'excellents résultats, et nécessite très peu de temps. Il est réalisable pour le débouchage des collecteurs comme des branchements.

MANUEL : On utilise des fils d'acier tressés ou des baguettes en acier, en plastique ou en jonc. Pour les baguettes, il suffit de deux hommes pour les manipuler aisément, tandis qu'il en faudra quatre pour les fils tressés.

Le rendement est moyen pour le débouchage des branchements et médiocre pour les collecteurs.

MOTORISE : Dans ce système, la baguette en acier est actionnée par un moteur, le rendement n'est pas des meilleurs, d'ailleurs ce système est surtout utilisé pour déboucher des réseaux intérieurs, donc privés.

2.5. Méthodes et techniques d'entretien des stations

2.5.1. Relèvement / Refoulement

Celles-ci étant en général automatiques, leur entretien reposera sur la surveillance et le contrôle des témoins de fonctionnement.

Un soin particulier sera apporté à l'entretien des pompes et vis d'archimède. On vérifiera régulièrement le niveau d'huile dans le carter et contrôlera le degré d'usure des joints mécaniques.

Si la station est équipée d'un dégrilleur et d'un dessableur, on veillera à leur fonctionnement quotidien, car les objets solides charriés par les eaux pourraient bloquer les roues de la pompe ou de la vis.

Un entretien permanent sera effectué sur les coffrets électriques qui, de préférence, seront placés en dehors des puisards. En cas d'impossibilité, on mettra un accent particulier sur l'aération de la cabine.

2.5.2. Epuration

Les méthodes d'entretien des stations d'épuration seront fonction de leurs tailles et systèmes d'épuration.

- LAGUNAGE : Le lagunage nécessitera très peu de moyens humains et techniques, pour son entretien, surtout lorsque le système n'est pas équipé d'engins électromécaniques de relèvement. Dans ce cas l'entretien consistera à l'élimination des éléments flottants à l'aide de racleurs ou râteaux. On veillera aussi à l'entretien des digues en procédant à l'élimination de la végétation qui pourrait les envahir. Le curage des boues en excès dans les bassins ne sera fait qu'en cas de nécessité, pratiquement tous les 10 ans.

- LE LIT BACTERIEN nécessitera l'utilisation d'une main-d'oeuvre qualifiée et un entretien plus conséquent. Le lavage du lit bactérien sera effectué en fonction de sa charge, donc de son seuil de saturation. Le système de recirculation sera quotidiennement graissé, de même que le dégrilleur, dessableur et deshuileur. En ce qui concerne les lits de séchage, le problème de l'évacuation des boues ne se posera qu'au moment de leur transfert vers la décharge.

- LES BOUES ACTIVEES : C'est le système qui nécessite le plus de savoir faire pour son entretien, qui est très complexe, de même que son réglage. Des problèmes d'entretien se poseront à tous les niveaux de la chaîne épuration : dessableur, deshuileur, dégrilleur, aérateur et décanteur. Pour les éviter, le personnel sera tenu de suivre scrupuleusement les consignes d'exploitation avancées par le constructeur. De même ce personnel veillera particulièrement au bon fonctionnement des systèmes de prétraitement qui conditionnent l'épuration biologique. Les turbines seront régulièrement vidangées et graissées ceci afin d'éviter leur grippage.

3. CAUSES DU MAUVAIS FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME

3.1. Réseaux eaux usées

3.1.1. Conception

La conception d'un réseau d'assainissement est fondamentale pour son bon fonctionnement. Aussi est-il impérieux qu'elle soit faite en respectant les normes d'assainissement : sections, pentes, espacement des regards de visite et nature des tuyaux.

Les sections de branchements devront être supérieures ou égales à 150 mm, ceci pour faciliter l'entretien du branchement et éviter son engorgement. La section du collecteur ne saurait être inférieure à 200 mm pour les mêmes raisons que celles invoquées plus haut. En ce qui concerne les pentes,

vu la nature des eaux rejetées dans nos pays, toujours très chargées de matières solides de toutes dimensions, et natures, qui ne favorisent pas l'autocurage, elles ne sauraient être inférieures à 5/6 millimètres par mètre. Si en matière de curage hydraulique l'espacement des regards pourrait dépasser 70 mètres, en manuel, celui-ci ne saurait dépasser 35 mètres. Au delà de cette distance, l'effort humain à déployer serait trop important pour un rendement médiocre. Les regards de visite comme les regards de sortie devront être fermés par des couvercles en fonte et non par des dalles en béton, difficiles à manoeuvrer et souvent fragiles.

3.1.2. Réalisation

Les réseaux devront être posés avec le maximum de soins en veillant au respect millimétrique de pentes. Le contrôle de la pose sera effectué avec des appareils de mesure ; ceci pendant les travaux. Avant leur réception, des essais d'écoulement seront effectués sur tous les tronçons, et si possible une caméra sera utilisée pour vérifier la qualité de la pose.

3.1.3. Utilisation

Une mauvaise utilisation du système d'assainissement par les usagers peut être une cause de son mauvais fonctionnement. En effet très souvent on pense que "TOUT A L'EGOUT" est synonyme de "TOUT A L'ORDURE". Aussi pour éviter le passage des matières solides volumineux dans le réseau et pour protéger celui-ci, on posera une grille ronde sur la sortie des branchements.

3.1.4. Branchements clandestins irréguliers

Il est fréquent de constater que certains particuliers sans aucune autorisation, font eux-mêmes le raccordement de leurs réseaux intérieurs sur les réseaux eaux pluviales, évidemment sans respecter les normes techniques. Cela se traduit souvent par des regards sans cuvette, des eaux de ruissellement raccordées sur un réseau d'eaux usées, des bouts de tuyau qui dépassent dans le regard, etc..., des anomalies qui gêneront le bon fonctionnement du réseau public. Seule une police des branchements peut arrêter une telle pratique.

3.1.5. Sable

Cet élément est un vrai fléau dans nos pays où les villes ne sont pas totalement urbanisées, avec partout des routes bitumées et des trottoirs stabilisés. Ce sable provient de partout, même l'eau potable en contient ... c'est dire la gravité du problème.

Des pièges à sable pourraient être confectionnés sur les collecteurs mais cela risquerait d'être onéreux : il en faudrait plusieurs dizaines sur un même réseau. C'est au niveau

des branchements, principale voie de passage du sable qu'il faudrait agir en piègeant le maximum de cet élément. D'ailleurs il est plus facile d'intervenir sur un regard de sortie que sur un regard de visite.

3.1.6. Nappe phréatique

Lorsque celle-ci est agressive, elle peut attaquer les tuyaux, surtout ceux en amiante ciment. Par expérience nous avons vu des tuyaux en amiante ciment "bouffes" en moins de vingt ans.

3.1.7. Racines d'arbres

Des racines d'arbre, en se développant à l'intérieur d'un tuyau, peuvent complètement boucher celui-ci empêchant tout écoulement des eaux, aussi faudra-t-il interdire l'implantation d'arbre sur l'axe des collecteurs.

3.1.8. Ventilation

Un manque de ventilation, surtout dans nos pays chauds, favorisera des dégagements gazeux à l'intérieur du collecteur. A la longue ces gaz surtout du méthane, l'hydrogène sulfuré, vont attaquer et le tuyau et le tampon en fonte, sans parler des échelons des regards de visite. Pour éviter cela on a tout intérêt à prévoir des trous de "champignon" sur les plaques.

3.1.9. Chasses

L'absence de chasses d'eau, malgré des pentes supérieures à 4 mm par mètre, dans les quartiers populeux à faibles revenus, peut être la cause du mauvais écoulement d'un collecteur bien dimensionné et bien posé. La chasse permettra de suppléer les chasses domestiques que les usagers par économie d'eau n'actionnent pas après chaque usage de leurs toilettes.

3.1.10. Surdimensionnement ou sous-dimensionnement

Des sections mal calées seront des causes de perturbation dans le fonctionnement du réseau. Dans le premier cas, sans autocurage, on aura des dépôts dans le collecteur, entraînant la décomposition des matières organiques, avec des dégagements malodorants ; dans le deuxième cas, avec la surcharge, les eaux vont déborder au niveau des tampons des regards de visite.

3.1.11. Défaut d'entretien

Un manque d'entretien du système se traduira évidemment par son mauvais fonctionnement.

3.2. Réseaux eaux pluviales

Leur bon fonctionnement sera gêné par les populations qui les transforment en dépotoirs d'ordures, en vidoirs à eaux grasses ou à eaux usées.

3.3. Stations de Relèvement / Refoulement

Les causes de leur mauvais fonctionnement sont le plus souvent d'origine mécanique (la pompe), électrique (l'armoire). Le sable comme les matières solides charriés par le réseau peuvent être aussi des sources de panne. Il est indiqué de prévoir un dessableur en amont des stations lorsque le réseau n'est pas équipé de pièges à sable.

3.4. Stations d'épuration

Les causes d'un mauvais fonctionnement du système d'épuration sont très diverses et complexes, car elles peuvent avoir plusieurs origines : variations de débits, pollution exceptionnelle, surcharge exceptionnelle, etc... Il faut signaler que le système à Boues Activées est celui où on trouve le plus de problèmes et celui à LAGUNAGE, le moins "à problèmes".

4. PROBLEMES D'ENTRETIEN D'UN SYSTEME D'ASSAINISSEMENT

4.1. Législatifs et institutionnels

Souvent dans nos pays, il existe peu de textes réglementant l'assainissement ou alors ils sont incomplets. L'absence de textes réglementant les rapports entre exploitants, promoteurs, usagers, industriels, etc... est une source de complications pour l'entretien des systèmes d'assainissement, ceux-ci ayant été conçus suivant des besoins ponctuels. Sans planification il arrive qu'un concessionnaire voit en quelques années son patrimoine, doubler, donc ses charges, ceci, sans aucune contrepartie financière.

4.2. Financiers

Les investissements pour la réalisation d'un système d'assainissement sont toujours très élevés, de même que leur entretien.

Les principaux outils d'entretien coûtent en hors taxes :

Hydrocureur combiné de 14 m3 ..... 60 Millions F.CFA

2 treuils motorisés ..... 22 Millions F.CFA

1 RIOR ..... 3 Millions F.CFA

1 jeu de baguettes ..... 0,1 Million F.CFA

Ainsi le prix de revient d'une heure d'intervention d'un hydrocureur est estimé à 14.000 F.CFA. Pour équilibrer les charges de l'assainissement et lui permettre d'atteindre une certaine autonomie, nous pensons qu'il serait très indiqué de créer une "redevance assainissement" payable par les riverains branchés sur les réseaux. D'ailleurs cette pratique est couramment appliquée dans les pays développés.

4.3. Fonctionnels et structurels

Pour des raisons de commodité, on a très souvent tendance à faire "chapeauter" les services de l'assainissement par

les services d'eau potable. Cette tutelle, si elle est commode pour les décideurs, est très mauvaise pour le devenir et l'essor de l'assainissement, qui, relégué comme sous-produit, n'arrive pas à remplir pleinement sa mission de service public. Aussi, dans une société ayant pour vocation de gérer l'eau et l'assainissement, ce dernier devra être rattaché au niveau des structures de décision.

La structure interne du système quant à elle devra reposer sur deux départements fondamentaux.

USINES - RESEAUX, avec des cellules, inspection. Secrétariat technique - travaux - curage - etc. (voir schéma organigramme).

4.4. Urbanistiques

Une urbanisation non planifiée ou anarchique peut compromettre totalement l'entretien d'un système d'assainissement (rues d'accès difficiles, collecteurs situés dans des zones non carrossables, etc...).

4.5. Logistiques

L'assainissement couvrant des secteurs assez vastes, le déplacement et le transport du personnel et des matériaux seront déterminants pour la qualité du service. Les eaux usées étant corrosives, la protection des véhicules devra être très soignée et systématique. Ceci est surtout valable pour les engins hydrocureurs qui ne devraient souffrir d'aucun temps-mort.

Le choix des marques et modèles qui composeront le parc sera aussi très déterminant pour l'entretien du système, aussi est-il recommandé de l'uniformiser tout en disposant du maximum de pièces de rechange pour les accessoires de consommation usuelle.

4.6. Information et communication

Il est courant de voir des usagers ignorant "tout" de l'assainissement, cette ignorance se traduit par une mauvaise utilisation des réseaux dont la conséquence directe est leur surcharge en matières solides qui occasionnent un accroissement du volume de travail pour leur entretien. Ce manque d'information peut aller jusqu'à compromettre tout planning d'entretien d'un réseau.

4.7. Techniques

Essayer de répertorier tous les problèmes techniques rencontrés dans le cadre de l'entretien d'un réseau urbain, est très difficile, aussi allons-nous essayer de décrire les cas qui nous paraîssent les plus fréquents ou les plus caractéristiques.

4.7.1. Ruptures de collecteurs

Celles-ci peuvent avoir diverses causes, accidentelles ou liées à une mauvaise pose, à la mauvaise qualité du tuyau, à la nappe phréatique, à la vieillesse, etc... La réparation d'un

collecteur en charge est toujours difficile à réaliser, très pénible pour le personnel, oblige de travailler dans des conditions épouvantables. Ces interventions nécessitent souvent des engins de levage, blindage ou de pompage très importants.

Pour minimiser les risques de casse, en plus du respect des conditions normales de pose, il est indiqué d'inspecter régulièrement, systématiquement, les collecteurs et regards de visite. Ce contrôle sera fait au moins une fois tous les deux ans, si possible, il sera fait à l'aide d'une caméra. Ces réparations se faisant toujours à la hâte, il faudra veiller à ce que les matériaux d'intervention ne soient pas "oubliés" dans le collecteur.

4.7.2. Bouchages de collecteur

Ces incidents proviennent d'un mauvais entretien du réseau, d'une mauvaise conception ou réalisation de celui-ci, ou alors de sa mauvaise utilisation par les usagers. Il faudra noter que ces bouchages seront plus fréquents sur les parties du réseau où sont raccordés des ouvrages collectifs, édicules publics, vidoirs à eaux usées, vasques de bornes fontaines, etc...

Le débouchage sera fait à l'aide d'un "RIOR" ou d'un hydrocureur ; en général à l'aide de ces moyens hydrauliques, l'intervention ne dure pas plus de 10 minutes et les résultats obtenus sont excellents et durables.

Les débouchages par baguettes en acier, jonc ou aux fils d'acier sont réalisables mais ne sont pas toujours très positifs. En général, ces instruments ne font que des trous qui laisseront passer les eaux, lesquels se colmateront au bout de quelques temps. Il arrive, lorsque le bouchon se trouve à plusieurs dizaines de mètres du regard de visite, que la baguette ou le fil de fer se coince. Dans ces cas il devient très difficile de les extraire sans les casser. Pour éviter les bouchages de collecteur, on installera un système de dessableur-piège à sable dans le regard de sortie.

4.7.3. Bouchages de branchement

Ceux-ci, quelque soit le degré de propreté du collecteur, peuvent être fréquents, surtout dans les secteurs où les populations sont de niveau social assez bas. Il est remarqué que, plus le volume d'eau rejeté est important moins les risques de bouchages sont fréquents, et inversement on trouve plus de bouchages dans les quartiers où les populations économisent l'eau. D'ailleurs c'est dans ces quartiers que l'on recense le plus, la présence de corps solides dans les branchements.

Les débouchages de branchement seront aisément faits avec le "RIOR", les baguettes en acier ou fils de fer donnent aussi d'assez bons résultats, surtout lorsque leur utilisation est accompagnée de celle d'une pelle crochue.

Dans les quartiers à niveau social faible, il serait indiqué, pour réduire la fréquence des bouchages, l'entretien, au moins une fois l'an, des regards de sortie.

Cette opération peut être réalisée par deux agents pour une durée d'intervention de 5 à 10 minutes, celle-ci sera d'autant plus facile à réaliser que le regard de sortie sera muni d'un système de décantation dessableur.

4.7.4. Curage hydraulique

Cette méthode performante, pratique est aussi malheureusement très coûteuse.

Les engins utilisés étant très délicats, leur manipulation exigera des agents compétents et adroits. De même, leur entretien sera confié à des spécialistes, ce qui permet d'assurer leur pérennité et de réduire au minimum leurs temps d'immobilisation. D'ailleurs ces engins devront travailler uniquement sur des plannings préétablis qui seront scrupuleusement respectés.

Au moment des interventions de curage on fera attention sur les pressions de service, on risquerait de casser les vieux collecteurs ou ceux dont les joints n'avaient pas été bien confectionnés au moment de leur pose.

Dans les villes ne possédant pas de rues assez larges il est recommandé d'utiliser des unités de 10 m3 à la place des 14 m3 difficiles à manoeuvrer.

Le ravitaillement en eau des camions hydrocureurs, principale source du problème de ce système, sera fait à l'aide de camions citernes, lorsque le nombre d'unités le justifie, dans le cas contraire, celui-ci sera fait à partir des bouches d'incendie du réseau d'eau potable.

4.7.5. Curages motorisés

Ce système est surtout indiqué pour l'entretien des grands collecteurs où il permet d'obtenir d'excellents résultats, mais ceux-ci pourraient être compromis par des cuvettes en mauvais état, mal confectionnées, ou lorsque les regards de visite sont désaxés. Pour solutionner l'évacuation des déblais il est utile d'avoir des conteners sur les lieux de curage.

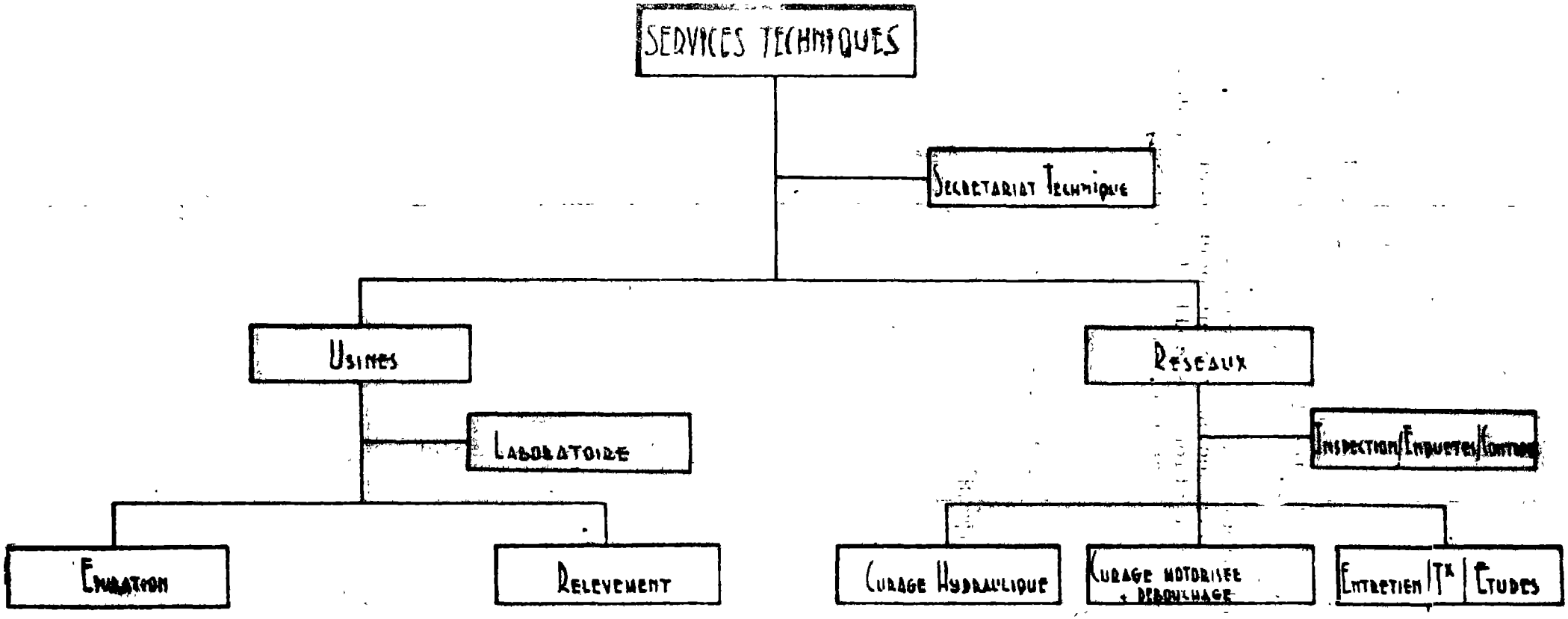
4.7.6. Curages manuels

Il convient seulement pour de petits réseaux où il peut donner des performances assez satisfaisantes. Le personnel travaillant dans ce système sera particulièrement mis dans les conditions d'hygiène et de sécurité assez renforcées, permettant de préserver sa santé.

CONCLUSIONS

Les réseaux d'eau potable, dans tous les systèmes s'entretiennent de la même façon, ce qui rend leur entretien facile, à l'opposé, les réseaux d'assainissement présentent des caractéristiques tellement différentes, qu'il est impossible de transposer les moyens et méthodes d'entretien d'un système à un autre. Par exemple dans une même ville, on peut avoir des réseaux nécessitant un curage préventif tous les semestres alors, que d'autres limitrophes, ne nécessiteront qu'un curage quinquennal ; c'est dire la complexité des problèmes d'entretien d'un système d'assainissement.

Ceux-ci ayant plusieurs causes : socio-économiques, financières, techniques, etc..., nécessiteront pour leurs solutions heureuses, la participation des collectivités et des populations en plus, de celle permanente, de l'exploitant.


SERVICES TECHNIQUES
SECRETARIAT TECHNIQUE
USINES
RESEAUX
LABORATOIRE
INSPECTION/ENQUETES/CONTROLE
ENURATION
RELEVEMENT
CURAGE HYDRAULIQUE
CURAGE MOTORISEE + DEBOUCHAGE
ENTRETIEN/TX/ETUDES

FORMATION - PROGRAMMES REGIONAUX

ACTIVITES DU CEFIGRE DANS LE SECTEUR DE L'ASSAINISSEMENT

par

François PELISSIER (*)

-=o=-

Au démarrage des activités du CEFIGRE, l'assainissement était traité dans le cadre des sessions sur l'alimentation en eau potable. Ce n'est qu'à partir de 1982 que des activités spécifiques ont démarré dans le secteur de l'assainissement.

Elles consistent principalement en :

+ Session internationale "Assainissement en zones urbaines"

Cette session de quatre à cinq semaines s'adresse à des ingénieurs (ou assimilés) ayant déjà une expérience professionnelle dans ce domaine, et traite de tous les aspects de l'assainissement urbain : collecte et traitement des eaux usées domestiques et industrielles, évacuation des eaux pluviales, collecte et traitement des ordures ménagères, évacuation des excreta ...

Ces différents aspects sont abordés sous l'angle :

- de la comparaison des avantages, inconvénients et coûts des différentes techniques et des critères de dimensionnement adaptés au contexte local ;

- de l'organisation d'une structure de gestion et des conditions d'exploitation et d'entretien des ouvrages ;

- de la mise en évidence des contraintes financières, institutionnelles et socio-culturelles du secteur, en particulier pour les zones péri-urbaines à moyens et faibles revenus.

D'un point de vue pédagogique, le programme est articulé principalement autour :

- de conférences suivies de débats, animées le plus souvent par des professionnels du domaine considéré, ayant une bonne connaissance des contraintes du secteur dans les pays des participants. Une grande importance est donnée à la diffusion des études et réflexions menées pour concevoir des systèmes adaptés à ces contraintes locales ;

- de nombreuses visites au cours desquelles sont tout particulièrement soulignés les aspects d'exploitation et d'entretien des ouvrages, ainsi que l'organisation des services. Dans la mesure du possible, la dernière semaine de la session est organisée dans un pays Africain et est consacrée à l'étude de la politique et des réalisations de ce pays dans le secteur de l'assainissement (par exemple, la Côte-d'Ivoire et le Kénya pour les sessions de 1984) ;

(*) Vice Président du CEFIGRE.

- de la présentation de cas par les participants qui sont invités à préparer un document faisant le point sur les problèmes et les expériences de leur pays concernant un des thèmes de la session.

Jusqu'à présent, deux sessions en français et deux sessions en anglais ont été réalisées.

+ Session internationale "Contrôle et maîtrise de la pollution"

Cette session de trois semaines s'adresse aux responsables de la planification et de la mise en oeuvre d'une politique de lutte contre la pollution des eaux.

Elle aborde les thèmes suivants :

Impact des rejets polluants, définition d'objectifs rationnels pour la qualité du milieu, critères de choix et conditions d'exploitation des techniques d'épuration des eaux usées, organisation d'un système de contrôle des rejets et de suivi de la qualité des eaux, mise au point, coût et sélection d'une stratégie de lutte contre la pollution ...

Une seule session a été réalisée jusqu'à maintenant, en français.

+ Atelier national "Assainissement à faible coût"

Ce type d'atelier d'une semaine est en préparation avec le TAG de la Banque Mondiale ; le premier est programmé pour 1985 au Bénin.

Il a pour objectif de réunir les responsables nationaux concernés par les différents aspects de l'assainissement pour une réflexion concertée sur le développement de l'assainissement à faible coût au niveau du pays.

Cette réflexion sera basée sur une synthèse des connaissances actuelles sur le sujet et sur l'étude comparée d'expériences réalisées dans différents pays. Elle permettra d'identifier les techniques applicables dans le pays considéré et les conditions de leur mise en oeuvre, en tenant compte des aspects socio-culturels et des structures institutionnelles propres à ce pays.

DEVELOPPEMENT FUTUR DES ACTIVITES ASSAINISSEMENT

Conformément aux recommandations du dernier Conseil Scientifique International (16 - 19 avril 1985), les sessions ci-dessus seront organisées avec une fréquence annuelle ou moindre selon l'importance de la demande.

Les programmes en seront constamment améliorés en tenant compte des évaluations des participants et de l'évolution du secteur dans les pays concernés.

Par ailleurs, le CEFIGRE pourrait s'orienter à la demande vers l'organisation de sessions nationales en accompagnement de projets (à l'occasion de la mise en place ou de l'extension d'un projet d'assainissement, par exemple).

Le montage de ces sessions serait à étudier au cas par cas, pour établir un programme adapté :

- au niveau des différentes catégories de personnel à perfectionner ;

- aux fonctions prévues pour chaque catégorie dans le cadre du projet ;

- à l'objectif de donner aux participants les moyens de mettre en place ultérieurement une formation destinée à d'autres catégories de personnel.

Ces sessions nationales seraient organisées en faisant appel à des experts étrangers, mais aussi et autant que possible à des compétences locales, et en particulier aux centres de formation nationaux ou régionaux existants.

LE PROJET INTERREGIONAL DU PNUD SUR L'ASSAINISSEMENT A BON MARCHE

par

Beyene WOLDE GABRIEL (*)

-==o==-

1) L'alimentation en eau potable et l'évacuation des eaux usées sont des éléments critiques dans la lutte actuelle contre la pauvreté et la maladie. En 1975 plus d'un milliard de personnes n'avaient ni l'une ni l'autre tant dans les zones rurales que dans les villes des pays en voie de développement.

2) Ces pays ont pris conscience de cette insuffisance désastreuse et ont exprimé leur inquiétude en 1977 lors de la Conférence ONU sur l'eau, tenue à Mar del Plata en Argentine. Suite à leur appel, l'Assemblée générale de l'ONU a déclaré que la décennie commençant en 1981 serait la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement, décennie dont le double objectif serait de fournir de l'eau potable et un assainissement suffisant au plus grand nombre possible.

3) Dans le cadre de cette décennie d'efforts, la Banque Mondiale avait initié des recherches dès 1976, visant à déterminer des techniques d'assainissement adaptées au Tiers Monde où une partie importante des maladies sérieuses (surtout celles contribuant à la mortalité infantile) est liée à un assainissement médiocre, voire inexistant.

4) Les conclusions de ces recherches ont montré que bien des projets d'assainissement alors en cours dans les pays en développement avaient - à tort - adopté les méthodes coûteuses utilisées dans le monde industrialisé. Dans ces techniques classiques, basées sur le "tout-à-l'égout", l'écoulement des eaux usées provenant de chaque maison se fait à travers un réseau d'égouts centralisé et largement dimensionné. Dans les pays en développement cette approche conceptuelle passe d'un niveau rudimentaire d'assainissement à un niveau très complexe et ignore les étapes intermédiaires. Les coûts de tels systèmes classiques se sont vite montrés exorbitants car leur planification n'avait pris en compte ni les contraintes techniques, économiques et sociales des pays ni le coût de l'expertise technique externe que le "tout-à-l'égout" exigeait.

5) L'ampleur du problème et la rareté des ressources financières ont rapidement souligné le besoin de développer une nouvelle approche conceptuelle. Cette nouvelle approche devait prendre en compte les budgets restraints des pays-cibles, vu la limitation de leurs finances et de leur main-d'oeuvre, mais devait tout de même aboutir à des solutions techniques appropriées, capables de pourvoir les mêmes services que les systèmes coûteux des pays développés.

(*) Responsable des Opérations en Afrique francophone Technical Advisory Group (Banque Mondiale).

6) De plus, les recherches ont indiqué que les projets devaient être plus adaptés à la communauté desservie et, donc inclure les aspects sociaux impliqués afin de "viser plus juste". Les questions importantes à poser étaient : Quel type de projet d'assainissement ? Quelle taille ? Le projet répondrait-il aux besoins exprimés par la communauté ? Serait-il bon marché ? Pourrait-on motiver les usagers qu'ils aident à la construction et à la fourniture des matériaux ?

7) Cherchant des réponses à ces questions, les ingénieurs et leurs nouveaux collaborateurs, les sociologues et les experts en santé publique, ont découvert que des techniques d'assainissement plus modestes étaient capables de fournir les mêmes services que l'égout classique, mais à des coûts de construction et de soutien très inférieurs, sacrifiant seulement un minimum de confort. De plus, ces nouvelles techniques économiseraient des matériaux importés et donc chers, de l'expertise technique étrangère, et des ressources d'eau rare. Elles utiliseraient des matériaux de construction locaux et la main-d'oeuvre locale puisque les bénéficiaires eux-mêmes feraient les travaux.

Les Projets Globaux et Interrégionaux du PNUD

8) Toujours dans le cadre de la Décennie, le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) a lancé en 1978 le Projet global d'assainissement dont l'agence d'exécution était la Banque Mondiale et dont l'objectif était de concrétiser les conclusions des recherches. Une équipe pluridisciplinaire composée d'ingénieurs, de sociologues et d'experts sanitaires a été créée et intitulée "Groupe Consultatif pour la Technologie" (TAG). Inauguré avec un budget modeste, le TAG a réussi à se procurer rapidement l'appui des gouvernements des pays en développement et à mobiliser des ressources des organismes donateurs. La mission du Projet global a été élargie par le projet suivant, le Projet Interrégional (INT/81/047 : Elaboration et exécution de projets d'assainissement à bon marché) qui se poursuit aujourd'hui dans 14 pays.

9) Les objectifs du TAG sont de fournir l'assistance technique à la conception et à la réalisation des projets d'assainissement à faible coût, d'identifier des sources de financement pour ceux-ci, de stimuler les recherches et les investigations appliquées aux questions techniques-clé, à former un personnel local par la diffusion de renseignements, et d'établir des services de gestion et d'exploitation capables d'assurer l'entretien et l'expansion des services d'assainissement.

10) Cette nouvelle conception des projets qui encourage les gouvernements à adopter des solutions techniques à bas prix mais efficaces se retrouve aujourd'hui dans de nombreux projets d'assainissement en cours de réalisation dans le monde avec ou sans la participation du TAG. S'écartant du "tout-à-l'égout" classique et cher, ces nouveaux projets fournissent les mêmes bénéfices dans les communautés qu'ils desservent. Les techniques utilisées ont principalement deux variantes : le cabinet d'aisances amélioré à double fosse ventilée, utilisé à grande échelle en Afrique, et le cabinet d'aisances à chasse par versement d'eau, utilisé en Asie. Ces deux latrines ne sont pas installées

à titre temporaire mais sont de nature permanente et de haute qualité. Elles répondent efficacement aux besoins préconisés par les recherches, car elles utilisent des matériaux de construction bon marché ou traditionnels. Elles sont simples à construire de sorte que les usagers eux-mêmes peuvent faire les travaux et leur coût est tel que l'on peut les construire immédiatement.

11) Ce changement d'approche conceptuelle de la part des planificateurs dans le domaine de l'assainissement est de grande importance. Que les buts quantitatifs de la Décennie soient atteints ou pas, l'acceptation de solutions techniques moins compliquées et plus adaptées aux bénéficiaires restera. Ceci sera la contribution durable des projets du PNUD.

12) Pour tout renseignement supplémentaire, veuillez vous adresser à :

M. Richard Middleton
Directeur de projet PNUD INT/81/047
Département de l'alimentation en eau et de l'aménagement urbain
La Banque Mondiale
1818 H Street, N.W.
Washington, D.C. 20433
Etats-Unis d'Amérique
Tél. (202) 477.12.34

Afrique de l'Ouest

L'Afrique de l'Ouest représente pour le TAG une nouvelle région géographique où on a prêté systématiquement très peu d'attention aux techniques d'assainissement individuel. Les activités du TAG seront donc analogues à celles qu'il avait déployées avec succès dans le passé pour introduire les techniques d'assainissement individuel dans d'autres régions du monde, et se concentreront sur la faisabilité, la démonstration et la promotion.

Le TAG détachera bientôt des conseillers qui seront en poste au Bénin et au Nigéria. Des discussions sont en cours avec les Gouvernements de la Côte-d'Ivoire, du Togo et du Congo et ces pays ou certains d'entre eux devraient recevoir l'assistance technique du TAG au cours de la période couverte par le projet.

Groupe consultatif pour la Technologie (TAG). Projet Interrégional PNUD N° INT/81/047. Notes Techniques.

TN/01 Méthodologie d'enquête socio-culturelle pour les projets d'alimentation en eau et d'assainissement, par Mayling Simpson-Hébert.

L'ouvrage intitulé "Méthodologie d'enquête socio-culturelle pour les projets d'alimentation en eau et d'assainissement", par Mayling Simpson-Hébert, a pour but principal d'aider les ingénieurs qui ont besoin d'obtenir des données socio-culturelles au cours de la planification et de la conception de projets

d'approvisionnement en eau et d'assainissement peu coûteux. On y trouvera des questions à demander, les techniques à suivre pour recueillir les données essentielles (participation de l'observateur ; interview de l'informateur clé ; questionnaires improvisés ; enquêtes), et comment ces techniques peuvent être modifiées pour s'adapter à des circonstances particulières.

TN/02 Planification du soutien de la communication (information, motivation et éducation) dans les projets et programmes d'assainissement, par Heli Perrett.

Ce document de Heli Perrett concerne les activités de "Soutien de la Communication" qui ont pour but d'encourager la participation des bénéficiaires à un projet et de faire en sorte que son exécution se déroule comme prévu et que ses objectifs de développement soient atteints. Il décrit les types de problèmes que présentent les projets d'assainissement et que le soutien de la communication peut aider à résoudre ou à éviter ainsi que les divers types de techniques d'information, de motivation ou d'éducation qui peuvent être appliqués.

TN/03 Le cabinet d'aisances amélioré à double fosse ventilée : manuel de construction pour le Botswana, par John van Nostrand et James Wilson.

Cet ouvrage doit servir de manuel pratique aux Assistants Techniques (AT) de l'agence pour la construction des logis par l'habitat (ACLH), chargés d'inspecter et d'aider à construire les latrines qui au Botswana sont connues sous le nom de "WC en terre modifié type II" (WCTMII). Ce sont des latrines améliorées à double fosse et à tuyau d'aération, qui conviennent particulièrement bien aux zones urbaines. Cet ouvrage illustre les procédés et les directives de supervision actuellement recommandés pour la construction de ces latrines ainsi que des dessins techniques complets et d'autres détails.

TN/04 Ventilation des latrines à fosse : méthodologie d'enquête sur le terrain, par Beverly A. Ryan et D. Duncan Mara.

Le rapport intitulé "Ventilation des latrines à fosse : méthodologie d'enquête sur le terrain", par Beverly A. Ryan et D. Duncan Mara, décrit une proposition de méthodologie permettant d'étudier sur le terrain l'efficacité de la ventilation des cabinets d'aisances améliorés à fosse ventilée, à partir des travaux effectués sur le terrain au Botswana et au Zimbabwe.

TN/05 L'analyse de faisabilité sociale dans les projets d'assainissement à faible coût, par Heli Perrett.

Cette note technique d'Heli Perrett, intitulé "L'analyse de faisabilité sociale dans les projets d'assainissement à faible coût", a pour but d'améliorer les relations de travail des sociologues ou des anthropologues avec les ingénieurs ou les financiers et les gestionnaires et de faire en sorte que les résultats des travaux sociologiques ou anthropologiques deviennent partie intégrante du plan du projet.

Elle examine les huit questions clefs auxquelles il devrait être répondu afin que la technologie et les activités d'assainissement soient adaptées aux hommes, aux femmes et aux enfants de la zone du projet et se traduisent pour eux par des avantages.

Comme le souligne cette note, l'analyse de faisabilité sociale doit porter une attention particulière aux femmes ; il se peut que leurs perceptions de ce qui constitue un assainissement acceptable diffèrent de celles des hommes et ce sont, bien sûr, les femmes qui ont, de loin, l'influence la plus forte dans la détermination des pratiques hygiéniques du ménage et dans la formation des habitudes de leurs enfants.

TN/06 Le cabinet d'aisances amélioré à fosse ventilée : les principes techniques des tuyaux d'aération, par Beverly A. Ryan et D. Duncan Mara.

La présente note technique élaborée par Beverly A. Ryan et Duncan Mara, contient des directives préliminaires sur la conception des tuyaux d'aération des cabinets d'aisances améliorés à fosse ventilée (VIP). Celles-ci s'appuient sur un vaste travail de terrain effectué au Botswana et au Zimbabwe en 1981/82 montrant que la vitesse et la direction du vent à l'emplacement de la VIP sont les principaux moyens de créer un appel d'air dans le tuyau d'aération, le tirage résultant de l'effet thermique n'ayant qu'une importance mineure.

TN/07 Ateliers à base communautaire pour l'évaluation et la planification des programmes d'assainissement : étude de cas sur l'assainissement dans les écoles primaires du Lesotho, par Pier Cross.

Le projet d'assainissement au niveau des écoles primaires du Lesotho, exécuté au cours de la période 1976-79, a remporté un succès limité. Lorsqu'il a été proposé de la faire suivre par un projet complémentaire, il a été décidé d'organiser des ateliers dans deux régions caractéristiques afin de prendre l'avis de la communauté sur la façon dont ce projet complémentaire devrait être conçu. Le présent document intitulé "Ateliers à base communautaire pour l'évaluation et la planification des programmes d'assainissement : étude de cas sur l'assainissement au niveau des écoles primaires du Lesotho" dont l'auteur est Pier Cross, expose les conclusions de ces ateliers qui se sont tenus en mars 1981 ainsi que les modifications assez radicales qui ont été apportées à la lumière de ces conclusions au projet initial.

LE PLAN URBAIN ET LA RECHERCHE URBAINE DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT

par

Jean Marie TETART (*)

-==o==-

En janvier 1983, le Ministre de l'Industrie et de la Recherche et le Ministre de l'Urbanisme, du Logement et Transports annonçaient le projet de création d'un Plan Urbain qui serait chargé, dans le cadre du programme prioritaire de recherche et d'innovation "Urbanisme et Technologie de l'Habitat", de développer la politique de recherche en urbanisme. La création du Secrétariat permanent du Plan Urbain et la nomination de son responsable, M. Bernard ARCHER, sont intervenues en avril 1984.

Objectifs généraux du Plan Urbain.

La mise en oeuvre du Plan Urbain devrait marquer de façon nette la volonté de relance de l'effort de recherche et d'innovation dans plusieurs directions :

- mieux apprécier et mettre en perspective les transformations socio-économiques, culturelles et technologiques qui affectent une société française aujourd'hui fortement urbanisée,
- dans un contexte de crise économique, dans celui de la décentralisation, aider les acteurs locaux à dégager des solutions novatrices et efficaces en matière d'aménagement, des services urbains, de développement économique et social,
- soutenir le développement des filières industrielles du génie et des services urbains, par notamment une meilleure exploitation des possibilités offertes par les technologies nouvelles,
- accroître la coopération avec les pays en développement, où rapidité de la croissance urbaine, et la faiblesse des moyens se conjuguent pour rendre problématiques l'organisation même et le financement des services urbains les plus élémentaires.

Autour de ces objectifs sont élaborées de façon progressive et concertée un certain nombre de démarches se fertilisant mutuellement :

- recherches thématiques,
- expérimentations,
- évaluations,
- diffusion et valorisation.

(*) Ingénieur des Ponts et Chaussées. Communication présentée par Christian CURE, Ingénieur des TPE. Plan Urbain (France).

LA RECHERCHE URBAINE SUR LES PED : UNE CERTAINE COORDINATION

L'action du Plan Urbain en matière de recherche et d'expérimentation dans les villes du Tiers-Monde a recours à ces différentes démarches et s'inscrit dans le cadre du programme finalisé REXCOOP (Recherches et Expérimentations en Coopération). Chargé avec le Plan Construction du Secrétariat Technique de ce programme dont le Comité d'Orientation est présenté par M. André BUSSERY, le Plan Urbain assure l'animation et le pilotage des actions touchant à l'aménagement urbain. La charte du programme REXCOOP a été élargie en 1983 aux thèmes touchant à l'aménagement urbain, étant auparavant plus ciblée sur le thème de l'habitat.

Il faut cependant rappeler que si le programme REXCOOP est bien interministériel, il ne regroupe cependant que le Ministère de l'Urbanisme, Logement et Transports, le Ministère de la Recherche et Technologie, le Ministère des Relations Extérieures et que les actions urbaines du Ministère de l'Environnement, par exemple ne sont pas associées à ce programme.

Par ailleurs, il faut noter l'apport très important en matière de recherche urbaine produit par la Commission de la Recherche Urbaine du Programme Mobilisateur Tiers-Monde créé en 1979 et développé depuis 1981 dans le cadre du Ministère de la Recherche. Cette commission présidée par M. Michel ROCHEFORT a influé de manière essentielle sur la recherche urbaine PED à caractère socio-économique durant ces dernières années. L'encadré ci-joint donne les principaux thèmes abordés depuis sa création. Une concertation suivie est maintenant développée entre la Commission ROCHEFORT et le Comité REXCOOP.

La production "Recherches Urbaines PED" de ces dernières années est aussi le fait des actions lancées par le D.A.E.I., puis par la M.R.U. (Mission de la Recherche Urbaine) dans le cadre du groupe GERARD. Ces recherches à finalité d'ordre technique (transferts technologiques notamment) ont été concentrées sur l'amélioration du recensement de données urbaines tant morphologiques qu'économiques, croisant les techniques de photointerprétation et les indicateurs obtenus par enquête. La gestion et le suivi de ces recherches du groupe GERARD sont maintenant assurés par le Plan Urbain.

Ces actions ont permis d'accroître de manière non négligeable les crédits consacrés à la Recherche Urbaine PED et de créer de nouveaux réseaux.

En 1984 enfin, le Plan Urbain a ouvert sa contribution au programme REXCOOP avec une série de recherches sur l'eau, l'assainissement, la gestion foncière et les petits équipements, avec comme ambition d'articuler les approches techniques et socio-économiques.

L'ensemble de ces programmes incitatifs ont aussi permis de soutenir les travaux des équipes des organismes institutionnels de recherche tels l'ORSTOM, le CNRS qui développe une action thématique programmée "Politiques et stratégies de développement dans le Tiers-Monde", l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées et certaines universités.

Le programme 1985 du PLAN URBAIN

L'orientation des programmes de recherche pour les années qui viennent devrait s'appuyer sur plusieurs démarches :

- les acquis des programmes ROCHEFORT ou GERARD,
- les propositions du groupe de travail sur certains thèmes : c'est le cas actuellement du groupe Gestion Foncière animé par l'ACA (*) et le CEGET (**), le groupe Services Urbains animé par l'ACA et le groupe de travail Energie animé par l'ENSMP (***) + Comité assainissement (ACA),
- l'analyse des demandes présentées par les praticiens de terrain (coopérants ou locaux),
- les évaluations des expérimentations.

Sur un plan méthodologique général, il est apparu que cette notion d'expérimentation qui occupe une place importante dans le dispositif REXCOOP méritait pour l'aménagement urbain, une réflexion spécifique notamment en raison de la composante sociale importante qui la marquera souvent : notion d'innovation, mode d'implication des acteurs locaux, durée de l'expérimentation, notion de replicabilité, mode d'évaluation ... sont autant de points à préciser.

Le Plan Urbain animera cette réflexion qui permettra la tenue de journées de travail en fin 1985 susceptibles d'infléchir les cheminements de montage et conduite des projets.

Définir le champ des connaissances à explorer, analyser la demande des PED, approfondir les notions d'expérimentation et d'évaluation des projets apparaissent donc comme des préalables importants. Ils ne dispensent cependant pas de l'engagement d'actions thématiques qui apparaissent à l'évidence répondre à la demande exprimée par les responsables des PED.

Ainsi en 1985, on continue d'aborder des thèmes comme la gestion foncière, la gestion des services d'eau et d'assainissement déjà explorés en 1984.

Une consultation de recherche sur les Déchets Ménagers dans les villes des PED a ainsi été lancée en début d'année. Elle associe au Plan Urbain le Ministère des Relations Extérieures, l'ANRED (****), l'AFME (*****). A partir du thème déchet, elle permettra aussi d'aborder la ville en général

---

(*) ACA : Agence Coopération et Aménagement.

(**) CEGET : Centre d'Etude de Géographie Tropicale.

(***) ENSMP : Ecole Supérieure des Mines de Paris.

(****) ANRED : Agence Nationale pour la Récupération et l'Elimination des Déchets.

(*****) AFME : Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie.

à partir des approches telles que techniques urbaines et pratiques sociales, rôle du secteur informel dans l'économie et les services urbains. D'une manière générale, tout programme de recherche quel que soit le thème abordé doit permettre d'étudier les rapports entre les pratiques des habitants des villes et les politiques qui leur sont proposées. De cette approche pourront être définies des stratégies alternatives pour l'aménagement et la gestion des villes des PED, qui soient mieux adaptées aux situations et pratiques de leurs habitants, qui s'inspirent de celles-ci. C'est l'objectif général poursuivi par le Plan Urbain, et ses partenaires, à travers le programme REXCOOP.

L'expérimentation tient aussi une place essentielle dans ce dispositif. Elle prolonge la recherche, la diffuse et la valorise. Elle permet surtout en associant les acteurs locaux, les praticiens, les habitants de vérifier la pertinence des stratégies alternatives nées de la recherche et d'en amorcer l'appropriation locale et le développement.

Cette démarche générale, le Plan Urbain a l'ambition de ne pas la mener de manière cloisonnée et étanche, de ne pas isoler la recherche PED, de la recherche urbaine en France. Il est au contraire nécessaire de rechercher des liens, des confrontations de problématiques et de démarches, faire en sorte que les équipes de recherche puissent sur un thème donné travailler sur des situations françaises et étrangères. Même si l'on ne peut nier les énormes différences qui caractérisent ces contextes, de leur confrontation doivent sortir des enseignements utiles dans les deux cas.

PROGRAMME MOBILISATEUR TIERS MONDE - MINISTERE DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE - COMMISSION ROCHEFORT Principaux thèmes abordés depuis sa création	
. Alternatives techniques dans les PED en matière d'assainissement. . Ajustement entre pratiques et usages concrets de l'espace habité, . Choix d'investissement des transports urbains, . Evolution des systèmes de promotion foncière et immobilière dans les villes des PED, . Articulation entre les formes de production dans l'économie urbaine, . Migrations internationales et effets du retour des migrants sur la croissance urbaine au MAGHREB.	. Croissance urbaine et conséquences - au plan démographique, - au plan migrations internationales, - intérêt des villes moyennes. . Techniques urbaines et pratiques sociales - techniques urbaines et pratiques sociales traditionnelles, - assainissement, - ville et santé, . Transports urbains - énergie, - rôle des transports informels. . Fonctionnement socio-économique de la ville : - emploi, mobilité de la main-d'oeuvre ... . Modalités, gestion et planification des villes.

Quelques recherches actuellement achevées ou en cours au PLAN URBAIN

* Connaissance des Agglomérations

  - Recherche méthodologique sur des observatoires urbains adaptés aux agglomérations des PED - IAURIF -

  - Recherche d'indicateurs économiques urbains pour les PED - ROC International -

  - Recherche méthodologique sur l'utilisation de la télédétection en aménagement urbain - IGN -

  - Méthode d'analyse économique d'une ville du Tiers-Monde : recherche d'indicateurs pertinents - BIPE -

* Gestion des Services Urbains

  - Eau

    - Gestion des services d'eau potable dans les agglomérations des PED - CERTES -

    - Conception dynamique des réseaux de distribution d'eau potable - CERGRENE -

  - Assainissement

    - Collecte et élimination des matières de vidange à Douala - CERU -

  - Ordures Ménagères

    - Les ordures ménagères dans le Tiers-Monde - Bilan documentaire et questions - CERTES -

  - Aménagement des sols

    - Procédures de gestion foncière adaptées aux PED - ACA -

    - Production foncière et immobilière spontanée - ADRET -

Quelques expérimentations auxquelles participe le PLAN URBAIN

- Développement communautaire à Port Bouët (Côte-d'Ivoire) soutenu par le Ministère de l'Environnement - Opérateur ACA -

- Assainissement approprié à Douala (Cameroun) soutenu par le Ministère des Relations Extérieures - Opérateur ACA -

- Animation d'une démarche franco-indonésienne pour la création de villes nouvelles en Indonésie.

- Assainissement autonome en Algérie et au Togo - Opérateur CSTB -

- Système d'acquisition de données urbaines soutenu par le Ministère des Relations Extérieures - Opérateur IAURIF -

2EME PARTIE

DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE DRAINAGE

Méthodes de Dimensionnement

MODELISATION DU RUISSELLEMENT PLUVIAL URBAIN

par

Michel DESBORDES (*)

-==o==-

Durant les 15 dernières années, la majorité des pays industrialisés ont élaboré des programmes de recherche et de développement en Hydrologie Urbaine, et plus particulièrement en assainissement des agglomérations.

Initialement, ces actions ont été dictées par la nécessité de faire face aux diverses nuisances résultant :

- de la croissance rapide des agglomérations au sortir de la Seconde Guerre Mondiale,

- d'un certain retard dans les équipements d'infrastructure, et en particulier dans les équipements d'assainissement,

- d'un certain manque d'intérêt pour les techniques de l'assainissement, restées longtemps entre les mains des seuls spécialistes du Génie Civil et de l'Hygiène Publique,

- de l'absence d'une vision globale des conséquences de l'urbanisation sur l'assainissement en général, et sur l'assainissement des eaux pluviales en particulier, ayant conduit à la réalisation de systèmes juxtaposés, manquant souvent de souplesse d'adaptation, sans analyse réelle de leurs interactions.

Ces recherches ont abouti à de nombreuses applications parmi lesquelles on peut noter :

- la révision ou la refonte des documents et guides techniques de conception et de calcul des ouvrages d'assainissement,

- la création de nouveaux dispositifs et ouvrages,

- la révision des concepts généraux en matière d'assainissement. Fondés jusqu'alors sur une évacuation rapide des effluents des lieux de leur production (aspect hygiéniste), ces concepts visent aujourd'hui à une gestion de ces effluents plus conforme à la réalité des phénomènes qui sont à leur origine, et à leur devenir au-delà des points de rejet.

Tandis que dans la majorité des pays industrialisés se mettaient en place des groupes de travail, associant des techniciens et des chercheurs de diverses disciplines, appartenant à des organismes publics ou privés variés, en vue d'une réflexion sur le devenir de l'assainissement des agglomérations,

---

(*) Maître de Conférences. Université des Sciences et Techniques du Languedoc (France).

de nombreuses rencontres internationales ont permis d'intéressantes confrontations des programmes de recherche et des résultats acquis. Ces confrontations ont notamment montré une certaine unité dans les problèmes rencontrés et dans les méthodologies développées pour les résoudre, avec cependant des différences sensibles, dues aux modes d'urbanisation ou à certaines pratiques locales.

Vers la fin des années soixante dix, des programmes comparables bien que de moindre ampleur, ont vu le jour dans certains pays moins industrialisés, tandis que la croissance des grandes cités de ces pays s'accélérait. Ils n'ont par contre connu que très rarement une diffusion internationale, et résultent souvent de tentatives de transposition de programmes élaborés dans d'autres pays.

Aujourd'hui, la situation des agglomérations des pays en développement, au regard du cycle urbain de l'eau, devrait être, nous semble-t-il, un axe prioritaire d'étude et de réflexion. En effet, les prévisions de croissance de ces agglomérations laissent imaginer des risques majeurs de nuisances diverses, plus graves, toutes proportions gardées, que celles connues par les pays industrialisés et qui peuvent être plus facilement combattues en raison d'une croissance démographique urbaine beaucoup plus faible dans ces derniers pays. Cette réflexion, si elle doit naturellement s'appuyer sur les connaissances acquises à ce jour, ne devrait pas, à notre avis, se résumer à une transposition des études et techniques développées dans les pays industrialisés. Elle devrait surtout être orientée vers l'identification des problèmes existants, l'estimation de leur évolution, compte tenu d'un ensemble de caractères spécifiques, non nécessairement transposables, concernant par exemple :

- les particularités physiques du cycle urbain de l'eau, climatologie, nature des sols et de la végétation, ...
- les modes de développement des agglomérations,
- les particularités socio-économiques, culturelles,...

Le présent document résume les principales recherches françaises sur la modélisation du ruissellement pluvial urbain, leurs applications. Ces recherches peuvent constituer une référence pour la mise en oeuvre de nouveaux programmes, mais les résultats acquis ne sauraient être transposés sans analyse préalable de leur validité dans le contexte particulier d'une urbanisation différente par de nombreux points de celle ayant présidé à leur acquisition.

Le document est composé de deux parties :

- A/ "Les orientations françaises" : on décrit rapidement les origines et la situation actuelle de l'assainissement, de même que les principales actions entreprises au cours des dix dernières années. On expose également un modèle simplifié de calcul des apports pluviaux, en usage depuis la fin des années quarante.

- B/ "La modélisation en Hydrologie Urbaine, recherches et applications" : on présente la structure générale des modèles de simulation du ruissellement pluvial, leurs composantes, etc... Le programme RERAM établi à la demande de l'Administration française est également résumé.

*

* *

A/ LES ORIENTATIONS FRANCAISES

1. INTRODUCTION

Au cours des vingt dernières années, le développement des agglomérations s'est considérablement accéléré, posant de sérieux problèmes aux responsables de l'aménagement. L'urbanisation croissante, mal contrôlée, a fait naître toutes sortes de nuisances que les équipements traditionnels ne peuvent pas toujours combattre efficacement, quand ils ne sont pas à l'origine de leur aggravation.

Parmi tous les équipements urbains, certains ont fait l'objet d'études théoriques et techniques isolées, sans réelle analyse des liaisons multiples existant entre les divers types d'équipements, les modes d'urbanisme auxquels ils sont associés, leurs aspects structurants, leurs conséquences sur les développements futurs, etc... En particulier, les problèmes rencontrés aujourd'hui en assainissement urbain, illustrent bien l'absence, dans le passé, d'une étude globale du développement. Longtemps considéré comme une banale conséquence de l'urbanisation, traité par le biais de techniques manquant de souplesse, l'assainissement est à l'origine de nuisances nombreuses : participation notable au niveau de pollution élevé de la quasi-totalité du réseau hydrographique national ; désordres de plus en plus fréquents dans les points bas des agglomérations à l'occasion d'averses qui ne sont pas nécessairement de nature exceptionnelle ; coûteux travaux de renforcement dans des sous-sols encombrés, engendrant des gênes constantes pour le trafic urbain, les riverains, etc...

Or les méthodes d'analyse de ce problème et de calcul des ouvrages n'ont conduit jusqu'à ce jour qu'à une vision très partielle des problèmes consistant généralement à enterrer des collecteurs... Devant l'importance que revêt aujourd'hui l'assainissement, les responsables français de l'aménagement en liaison avec les chercheurs et les techniciens publics ou privés, ont engagé de vastes programmes d'étude visant à une meilleure prise en compte de l'assainissement dans le développement urbain et à la mise en oeuvre d'outils modernes d'analyse permettant d'assurer cette prise en compte. A l'heure actuelle, une voie d'étude semble se dégager. Il s'agit de la simulation généralisée de l'assainissement à l'aide d'outils mathématiques informatisés, représentation plus ou moins précise de la réalité des phénomènes mis en jeu et de leur évolution dans le temps et l'espace. Les domaines d'emploi de ces outils recouvrent plus ou moins partiellement l'ensemble des problèmes rencontrés en assainissement : planification, projet, vérification,

gestion... Par la variété et la rapidité des réponses qu'ils peuvent fournir et que leur confère leur structure informatisée, ce sont avant tout des auxiliaires précieux d'aide à la décision.

2. L'ASSAINISSEMENT : UN PROBLEME URBAIN DELICAT

2.1. L'héritage du passé

Pendant longtemps, l'assainissement n'a donné lieu qu'à des analyses très simplifiées. Les équipements mis en place, à grande durée de vie, n'ont que rarement pu faire face à l'évolution très rapide des agglomérations.

Au début du siècle, l'industrialisation entraîne un peuplement dense d'un habitat préexistant. Ceci conduit au "tout-à-l'égout", mais l'évacuation des eaux pluviales est traitée de façon empirique. Après la seconde guerre mondiale, s'instaure un mode de développement urbain contrôlé par les pouvoirs publics, qui normalisent les méthodes de calcul des ouvrages. Le problème de l'évacuation des eaux pluviales est abordé de façon plus scientifique grâce aux travaux de A. CAQUOT (1)*. A la fin des années soixante prennent place des formes urbaines nouvelles assez hétérogènes, marquées par la place de l'automobile : occupation massive de la périphérie des villes, imperméabilisation très importante des sols, etc...

A l'exception de quelques villes nouvelles, le technicien doit aujourd'hui faire face à une situation très marquée par l'histoire du développement urbain : centres villes à forte densité de population et de biens, munis de réseaux anciens surchargés vers lesquels convergent les réseaux de la périphérie fortement imperméabilisée. Les coeurs des villes sont en effet très souvent localisés dans des points bas, à proximité des cours d'eau et constituent un point de passage obligé pour les ouvrages gravitaires des banlieues. Les emplacements disponibles sont très réduits et souvent mal localisés pour recevoir les ouvrages ou les installations de traitement des effluents.

2.2. Importance actuelle de l'assainissement

L'impact sur l'environnement extra-muros est très important. En 1982 on estime que la pollution urbaine d'origine industrielle ou domestique est de l'ordre de 90 à 100 10^6 équivalents-habitant, qu'environ 60 % de cette pollution est admise dans des installations de traitement dont l'efficacité générale n'excède pas 40 % ! Cette situation n'est d'ailleurs pas le seul "privilège" de la France et se retrouve dans la majorité des pays industrialisés.

D'autres anomalies contribuent à accroître le niveau de pollution des milieux récepteurs : fonctionnement quasi-parmanent de déversoirs d'orage sur des réseaux unitaires anciens

---

* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie en fin de communication.

aujourd'hui surchargés ; raccordements accidentels ou clandestins d'eaux usées sur des égouts pluviaux ; entrées d'eau parasite sur les réseaux d'eau usée ; pollution du ruissellement pluvial par lessivage des sols urbains. Ce dernier point a été récemment étudié (2) et semble être une cause notable des pollutions des milieux récepteurs dans le voisinage des villes.

Les nuisances intra-muros se traduisent par des débordements de plus en plus fréquents, engendrant des dégâts et, depuis peu, pouvant même mettre en péril la vie des citadins. La notion de risque optimal de défaillance des ouvrages n'a donc plus la signification, d'ailleurs généralement subjective, qu'on lui attribuait jusqu'ici.

L'impact sur les investissements consacrés par les collectivités aux équipements d'assainissement, est aujourd'hui considérable et peut être résumé par le tableau 1 ci-après. Il montre la prépondérance des investissements en matières d'assainissement sur les autres équipements urbains. A l'heure actuelle on considère qu'ils sont pratiquement équivalents à ceux consacrés à la voirie urbaine. Le second enseignement du tableau est que les parts consacrées aux seuls réseaux sont énormes (60 à 75 %) ; il est donc fondamental de pouvoir disposer de méthodes élaborées pour l'étude et le calcul de ces ouvrages. Cependant la situation de "rattrapage" dans laquelle se trouve la quasi-totalité des communes françaises, conduit à penser que les investissements en assainissement devraient être portés à plus de 5 milliards de francs CFA par an (ils ont été de 3.5 à 4 10^9 F. en 1981).

Les coûts d'exploitation des ouvrages sont également très élevés : ils sont de l'ordre de 19 à 25 % des investissements initiaux pour les stations d'épuration et de 5 à 15 % pour les réseaux. Ces coûts devraient croître à l'avenir en raison des nouvelles techniques mises en oeuvre, de l'augmentation des coûts énergétiques et de la nécessité de renforcer en personnel et matériel les services concernés.

L'importance actuelle de l'assainissement conduit à penser que les études en ce domaine doivent être désormais menées de front avec les autres études d'urbanisme. Les techniciens doivent être intégrés au sein d'équipes pluridisciplinaires traitant globalement du développement urbain. Ils doivent pouvoir y jouer un rôle actif, mettant éventuellement en évidence ses incohérences à moyen ou long terme au regard de l'assainissement. Ils doivent aussi, pour pouvoir jouer ce rôle, disposer d'une panoplie d'outils nouveaux : les modèles d'assainissement. La diffusion de ces derniers est encore assez lente, mais la croissance des nuisances associées à l'assainissement est sans doute la garantie qu'elle s'accélère.

Tableau 1 : EQUIPEMENTS URBAINS : INVESTISSEMENTS EN 10^6 F.

Années	1966	1969	1972	1975	1976	1977	1978
ASSAINISSEMENT	749	971	1 588	2 599	3 071	3 517	3 831
Urbain	697	752	1 036	1 252	1 609	2 047	2 320
Réseaux	669	625	860	817	1 083	1 420	1 530
Epuration	28	127	176	435	526	627	790
Rural	52	219	552	1 347	1 465	1 470	1 511
Réseaux	41	175	440	1 068	1 143	1 148	1 180
Epuration	11	44	112	279	322	322	331
DECHETS	116	131	320	503	695	781	923
EAU (urbaine)	453	629	694	1 018	1 049	1 186	1 320

2.3. Complexité actuelle des études d'assainissement

Elle est tout d'abord le résultat de très nombreuses contraintes. Ces dernières sont par exemple d'ordre physique et concernent le choix d'un mode d'évacuation gravitaire pour des raisons d'ordre économique. Ce mode d'évacuation manque de souplesse et s adapte mal aux évolutions ultérieures sans travaux coûteux. Ceci explique également que les situations existantes, héritées des développements précédents constituent généralement des contraintes majeures. De même la qualité des milieux récepteurs, la limitation des sites pouvant recevoir des installations de traitement, les possibilités d'exploitation ou de gestion des ouvrages, peuvent être autant de contraintes auxquelles viendront s'ajouter celles résultant d'aspects économiques, voire politiques.

La complexité des études d'assainissement est aussi le reflet de celle du cycle naturel ou influencé de l'eau dans les bassins versants urbanisés. La transformation des pluies en débit en tout point de ces bassins met en jeu des processus complexes de nature aléatoire : pluie brute distribuée aléatoirement dans l'espace et le temps ; pertes diverses suivant l'occupation des sols ; ruissellement superficiel sur des surfaces naturelles ou artificielles variées ; écoulements transitoires à surface libre ou en charge, dans des réseaux de collecteurs pour lesquels les phénomènes échappent aux théories classiques de l'hydraulique. etc... De même les mécanismes de production de la pollution et de son entraînement par le ruissellement superficiel sont-ils tout aussi complexes, et aujourd'hui encore très mal connus, alors qu'ils sont à l'origine de nuisances importantes.

Dès la fin des années 1960 de nombreuses études expérimentales ont visé à mettre en évidence les conséquences de l'urbanisation sur l'assainissement. Ainsi a-t-on pu constater

que cette dernière se traduisait par un accroissement important des volumes ruisselés en raison de l'imperméabilisation des sols, mais surtout par un accroissement des débits de pointe en raison de l'amélioration des vitesses de drainage. Pour des fréquences assez rares, des débits spécifiques de 20 à 35 m3/s/km2 sont possibles après une urbanisation totale là où ils ne dépassaient pas 2 à 4 m3/s/km2 avant... Cependant si l'impact sur l'urbanisation peut être évalué a posteriori, les efforts pour le relier aux paramètres d'urbanisme actuellement en usage n'ont que rarement été couronnés de succès. Cet échec relatif tire ses origines dans un certain cloisonnement des études d'urbanisme ayant conduit des spécialistes à retenir des indicateurs spécifiques de leur propre discipline, mais sans liaisons apparentes avec l'assainissement. La recherche de ces liaisons ou de nouveaux indicateurs mieux adaptés devrait être un objectif visant à réduire la complexité des études d'assainissement et à favoriser leur intégration dans les programmes de planification du développement urbain.

3. ORIENTATION DES ETUDES ET RECHERCHES EN FRANCE

3.1. Résumé des principales actions entreprises

Dès la fin des années soixante, à la demande du Ministère de l'Equipement, deux campagnes de mesures furent menées : l'une entre 1968 et 1969 sur 6 petits bassins urbains ($<$6 ha) dans la région de Grenoble ; l'autre sur 4 bassins ($<$30 ha) à Montpellier (3). Cette première initiative devait aboutir au début des années 1970 à la création d'une Commission Interministérielle, présidée par l'Ingénieur Général Loriferne, dont les objectifs étaient de réviser les instructions techniques anciennes en matière d'assainissement (1) et de doter les techniciens d'outils mieux adaptés à la nature des problèmes qui leur étaient posés.

Les travaux de cette commission constituée par des techniciens des cinq ministères concernés (Equipement, Environnement, Intérieur, Santé et Agriculture) et d'autres ministères (Universités, Transports,...) ainsi que des techniciens d'organismes privés ou para-publics, aboutirent à la publication en 1977 d'une nouvelle Instruction Technique (4). Les modifications essentielles portaient sur le calcul des apports pluviaux et sur la création de nouveaux dispositifs de contrôle de ces apports : les bassins de retenue.

La Commission présida également à l'élaboration d'importants programmes de recherches expérimentales destinés à améliorer la connaissance des phénomènes hydrologiques, et à mettre au point des outils de simulation de ces phénomènes. Des campagnes de mesure se déroulèrent de 1976 à 1978 sur une dizaine de sites répartis sur l'ensemble du territoire national. Parallèlement de nombreux organismes publics et privés, financés généralement par les Ministères de l'Intérieur et de l'Equipement, développèrent dès 1970 des études et recherches dans le domaine de l'assainissement pluvial. Au cours des dix dernières années, ces études et recherches ont abouti à la mise au point de modèles assez complets d'assainissement, aujourd'hui opérationnels.

Outre le souhait de mieux connaître les phénomènes et de disposer rapidement d'outils adaptés à leur analyse, se manifesta tout aussi rapidement la nécessité d'un transfert des connaissances acquises, pour une utilisation rationnelle de ces nouveaux outils. Dès 1975 se mirent en place de nombreux cycles de formation continue, principalement sous l'égide des Ministères de l'Intérieur et de l'Equipement. Ces diverses actions furent accompagnées de la publication de nombreux ouvrages de synthèse ou de documents pédagogiques assurant une diffusion rapide des connaissances (5) (6). Cette diffusion fut également amplifiée au travers de manifestations nationales, ouvertes à un large public. Citons par exemple :

- les Journées Nationales de l'Eau du Ministère de l'Equipement, à Paris en mai 1977,

- le 58ème Congrès de l'Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux, à Bordeaux en septembre 1978,

- les XVIIèmes Journées de l'Hydraulique de la Société Hydrotechnique de France, à Nantes en septembre 1982, etc...

Alors que la principale motivation des études et recherches avait été jusqu'en 1977 l'évaluation des apports pluviaux de bassins versants urbanisés, on commença à cette date à se préoccuper de plus en plus de la qualité du ruissellement pluvial urbain, afin de juger de son impact sur les milieux récepteurs. Le Service Technique de l'Urbanisme du Ministère de l'Equipement créa alors des groupes de travail pour l'étude de ces nouveaux problèmes. Une campagne de mesure débutée en 1980 est actuellement en cours. Cette approche nouvelle a mis en évidence qu'il était très souvent bénéfique de ne pas dissocier les aspects quantitatifs et qualitatifs de l'évacuation des eaux pluviales, en particulier lorsque l'on est amené à concevoir des dispositifs nouveaux de contrôle. Les recherches se poursuivent dans ce sens : elles visent à définir des modes d'urbanisation moins dommageables pour l'environnement aquatique, des modes d'assainissement nouveaux fondés sur un contrôle plus diffus des écoulements. Elles visent également à permettre une utilisation optimale des ouvrages existants (gestion en temps réel).

3.2. Le calcul simplifié des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales.

L'un des premiers objectifs de la Commission Loriferne fut donc de réviser la méthode de calcul des apports pluviaux, connue en France sous le nom de modèle de Caquot, et initialement élaborée en 1940. Il s'agissait de vérifier l'adéquation de ce modèle aux conditions modernes d'urbanisation.

a) Formulation du modèle

Pour un bassin versant d'urbanisation homogène, de surface A, de coefficient volumétrique de ruissellement C,

l'écriture du bilan d'écoulement à l'exutoire à l'instant tp d'apparition du débit de pointe Qp, donne :

$$1/6\ \alpha H\ A\ C = [\beta(t_1 + t_2) + \gamma tp]\ Qp \qquad (1)$$

H est la hauteur d'eau en mm tombée au cours du temps (0 ; tp), à l'épicentre de l'averse, α est un coefficient de distribution spatiale de la pluie, γ Qp tp est le volume écoulé à l'exutoire, β (t1 + t2) Qp est le volume stocké sur le bassin et dans le réseau pour la mise en mouvement du débit Qp. Le coefficient 1/6 résulte des unités choisies (hectares, millimètres, minutes et m3/s). Les temps t1 et t2 représentent les plus longs temps de parcours de l'eau sur le sol et dans le réseau ; t1 + t2 représente donc le classique temps de concentration. On constate en général que tp $>$ tc ; aussi aura-t-on une majoration de Qp en écrivant tc = tp. Par suite (1) devient :

$$[1/6\ (\beta + \gamma)]\ \times\ \ \times C \times A \times [H/tc] = Qp. \qquad (2)$$

Soit encore, en remarquant que H/tc est l'intensité moyenne $\bar{i}$ (tc), sur la durée tc :

$$Qp = k \times C \times \bar{i}\ (tc) \times A \qquad (3)$$

Le modèle de Caquot n'est donc qu'une variante de la célèbre méthode rationnelle qui aurait vu le jour en Europe vers 1850. Sachant que l'on peut traduire empiriquement l'évolution de l'intensité moyenne maximale de fréquence F par :

$$\bar{i}_M\ (t,F) = a\ (F) \times t^{b(F)} \qquad (4)$$

et la distribution spatiale de la pluie par :

$$\alpha = A^{-\varepsilon} \qquad (5)$$

La relation 2 devient une fonction explicite du temps tc. A. Caquot a proposé une formulation du temps de concentration sous la forme :

$$tc = \mu(E) \times\ I^c \times A^d \times Q_p^f \qquad (6)$$

dans laquelle I est la pente moyenne du réseau d'écoulement, le long du cheminement L correspondant au temps de concentration et E un facteur de forme des bassins défini par :

$$E = L/\sqrt{A} \qquad (7)$$

Finalement la combinaison des équations 2, 4, 5 et 6 conduit à :

$$Q_p(F) = [(a \times \mu^b)\ /\ 6\ (\beta + \gamma)]^{1/(1 - bf)} \times I^{bc/\ (1 - bf)}$$
$$\times\ C^{1/(1 - bf)} \times A^{(bd + 1 - \varepsilon)/(1 - bf)} \qquad (8)$$

Pour un jeu donné de valeurs des divers paramètres, le modèle peut donc se mettre sous une forme monome très simple :

$$Q_p(F) = K\ (F,E) \times I^{u(F)} \times C^{v(F)} \times A^{w(F)} \qquad (9)$$

La simplicité de cette relation doit être analysée au travers du contexte de l'époque de sa création. Il s'agit en effet d'une formulation explicite de la formule rationnelle, facilement représentable par un abaque à points alignés. Cependant sa simplicité apparente masque ses conditions d'élaboration et favorise les utilisations abusives ou erronées.

b) Evaluation des hypothèses et des ajustements numériques (3)

Il est clair que les hypothèses sont celles de la méthode rationnelle qui suppose la linéarité de la transformation de la pluie en débit. Quelques améliorations sont cependant proposées :

- effet d'amortissement traduit globalement par $\beta + \delta$
- inégale distribution de la pluie : α
- non-linéarité de la transformation d'une averse à l'autre puisque d'après l'équation 6, tc est fonction de Qp. Le modèle est donc pseudo-linéaire.

En outre, la méthode **repose** sur une hypothèse probabiliste transférant au débit Qp la fréquence F de l'intensité moyenne $\bar{i}_M(tc,F)$ qui le provoque. Ceci suppose que la transformation pluie-débit soit déterministe et que le coefficient C ne soit pas une variable aléatoire. La méthode ne peut donc être utilisée que dans les cas de bassins typiquement urbains pour lesquels la contribution des surfaces naturelles (ou perméables) au ruissellement est négligeable.

On peut penser que pour un domaine assez réduit de variation des variables A, I, C, E, F, il soit possible de trouver un jeu unique des 9 paramètres (a, b, u, c, d, f, ε, β, δ) permettant le calcul de Qp avec une précision satisfaisante. Le modèle est cependant trop global pour représenter les phénomènes à l'intérieur d'un large domaine d'évolution des variables. A partir de considérations théoriques et de vérifications expérimentales on a pu établir le jeu suivant :

$\mu(E = 2) = 0.5$ $\quad c = -0.41$ $\quad d = 0.51$ $\quad f = -0.29$

$\beta + \delta = 1.1$ $\quad \varepsilon = 0.05.$

Ce jeu est en outre valable à l'intérieur du domaine :

$A \leq 200$ ha $\quad 0.002 \leq I \leq 0.05 \quad 0.2 \leq C \leq 1.$

c) Problèmes posés par l'évaluation des paramètres

- La pluviométrie : a, b, : Le calcul des paramètres a et b de la relation 4, représentation analytique des classiques courbes "intensité-durée-fréquence" est lié à de nombreux problèmes de mesure et d'interprétation statistique des enregistrements. Une confrontation récente a permis de faire le point des expériences acquises (9). La rareté des longues séries d'observation a incité les services de la Météorologie Nationale

à regrouper les données des postes climatiquement semblables, allongeant ainsi artificiellement les séries. La France est donc ainsi découpée en 3 régions pluviométriques pour lesquelles ont été calculés les paramètres a et b pour des fréquences annuelles à décennales. Cependant les valeurs calculées ne sont valables que pour des intervalles de temps assez courts (5 à 120 minutes). Les relations du type 4 sont en effet généralement mal adaptées aux observations pour une large gamme de temps. Des lois à 3 paramètres comme :

$$\bar{i}_M (t,F) = a/ (t + b)^n \qquad (10)$$

sont plus précises, mais ne conduisent pas à une formulation explicite du modèle de Caquot.

Quant au paramètre ξ , la trop faible densité des réseaux de pluviographes n'a pas encore permis d'en faire une évaluation très précise, ou de tester l'adéquation du modèle d'abattement. Une étude récente sur un réseau de 9 pluviographes couvrant 300 à 400 hectares nous a permis de confirmer que ξ était bien fonction de la surface concernée, mais aussi de la base de temps retenue. On notera en outre que les séries de référence enregistrées en certaines stations correspondent à une pluie d'ores et déjà "abattue" et que par suite la valeur de ξ devrait être très faible.

- Temps de concentration : μ, c, d, f : une évaluation expérimentale de ces coefficients doit être menée sur des bassins parfaitement connus et ne disposant pas d'ouvrages de régulation (bassins de retenue, stations de refoulement, etc...). Nous avons constaté que l'hydraulicité globale d'un réseau ne pourrait être déterminée à partir d'essais en laboratoire sur des tronçons rectilignes de conduites en bon état. Ainsi est-il possible d'admettre des coefficients de rugosité de Strickler deux fois plus faibles pour des réseaux en service (40 à 60) que pour un élément de collecteur neuf (90 à 100).

- Effet de stockage : β , δ : de même la valeur de ces paramètres ne peut-elle être définie que sur des bassins expérimentaux bien connus sans ouvrages de régulation et à l'occasion d'averses isolées. Exception faite de débordements importants, l'effet d'amortissement dû au réseau et au bassin, doit être modeste lors des phénomènes retenus pour le calcul des ouvrages, les capacités de stockage étant généralement réduites au regard des volumes de ruissellement mis en jeu.

d) Définition des variables : cas des bassins homogènes

- La surface : A. Il s'agit de la surface drainée par le réseau. Dans les cas de projets dans des zones à relief peu marqué, des erreurs importantes peuvent être commises.

- La pente moyenne : I. Il lui a été donné une signification hydraulique. Ainsi le long du trajet L de plus grand temps d'écoulement, constitué de tronçons Lj, de pente uniforme Ij, on a :

$$I = [L / (\Sigma Lj / \sqrt{Ij})]^2 \qquad (11)$$

- Le coefficient de ruissellement : C. C'est sans doute la variable d'évaluation la plus délicate. Il est défini comme le rapport à la surface totale des surfaces imperméabilisées en liaison directe avec le réseau d'écoulement. Les surfaces naturelles ou cultivées, sauf cas très particuliers, ne contribuent pas à la formation des débits de pointe des bassins urbains.

- L'allongement : E. Il intervient implicitement dans le coefficient K(F,E) de la relation 9. Les paramètres du temps de concentration ayant été déterminés pour des bassins correspondant à E = 2, un coefficient de correction ν(E,F) est appliqué tel que :

$$Q_p\ (F,E) = Q_p\ (F,2) \times \nu(E,F) \qquad (12)$$

Le coefficient est donné par des abaques. Une récente étude (9) a conduit à proposer :

$$\nu(E,F) = \left(\frac{E}{2}\right)^{0.7\ b} \qquad (13)$$

- La fréquence de défaillance : F. Il ne s'agit pas d'une variable "naturelle". Traditionnellement on considérait en France que F devait être décennale. A l'heure actuelle, on propose de revenir sur ce concept de nature juridique en incitant à retenir une valeur de F modulée par les risques encourus. Ainsi dans les zones amont des réseaux à urbanisation récente peu dense, propose-t-on de retenir une période de retour de 2 à 5 ans, et de l'augmenter progressivement vers l'aval dans les zones à risques économiques ou civils élevés jusqu'à largement excéder 10 ans.

e) Définition des variables : bassins hétérogènes

Dès que l'hypothèse d'homogénéité n'est plus vérifiée, on procède alors au découpage de la zone drainée en sous-bassins homogènes. Le calcul des débits pluviaux s'effectue alors de l'amont vers l'aval en considérant des assemblages de sous-bassins en série et en parallèle (10).

Pour chaque type d'assemblage, nous avons été amenés à définir des variables équivalentes. Dans les cas de bassins en parallèle, cette définition est délicate, les sous-bassins constituant jusqu'à leur point de jonction des unités hydrauliquement indépendantes. Le tableau 2 ci-après résume ces diverses variables, l'indice j ayant trait aux sous-bassins (ou groupements de sous-bassins) à l'amont du point de calcul du débit. Les formules proposées sont d'autant plus approximatives que les hétérogénéités sont très marquées. Pour les bassins en parallèle, la formule du tableau privilégie le parcours du plus fort débit et semble trop majorante ; nous lui avons récemment substitué une relation plus conforme à la réalité des phénomènes :

$$E_{eq//} = L\ (\mathrm{Max}\ \ tc_j)\ /\ \sqrt{E} \qquad (14)$$

Tableau 2 : VARIABLES EQUIVALENTES

Variables	A	C	I	E
Bassins en série	$\sum A_j$	$\frac{\sum c_j A_j}{\sum A_j}$	$\left(\frac{\sum L_j}{\sum L_j / \sqrt{I_j}}\right)^2$	$\frac{\sum L_j}{\sqrt{\sum A_j}}$
Bassins en parallèle	$\sum A_j$	$\frac{\sum c_j A_j}{\sum A_j}$	$\frac{\sum I_j Q_{pj}}{\sum Q_{p\,j}}$	$\frac{L\ (\text{Max}\ Qp\ j)}{\sqrt{\sum A_j}}$

En outre un certain nombre de contraintes sont introduites dans les calculs pour limiter les effets des hétérogénéités et respecter la réalité des processus.

3.3. Les méthodes simplifiées en usage dans le monde

Une étude récente (11) nous a conduits à une comparaison de méthodes simplifiées de calcul des apports pluviaux dans 10 pays industrialisés (8 pays européens, U.S.A., U.R.S.S.). Les conclusions de cette étude sont les suivantes :

- L'importance des apports pluviaux est unanimement reconnue comme le facteur économique majeur de l'assainissement urbain. Cette importance implique la nécessité d'une évacuation gravitaire des eaux pluviales et la recherche de solutions techniques limitant les pointes de ruissellement : bassins de retenue, réduction de l'imperméabilisation, etc...

- La méthode rationnelle et ses dérivées apparaît comme un outil éprouvé très simple, mais de portée limitée à des réseaux de faible extension sans ouvrages spéciaux. Les modalités d'emploi ou l'évaluation des variables sont cependant assez diverses d'un pays à l'autre. Nous retiendrons les éléments principaux suivants :

. extension maximale : 100 à 600 hectares (4000 en URSS),

. pluviométrie ponctuelle traitée par le biais des courbes I.D.F. souvent régionalisée,

. évaluation très variable des temps de concentration,

. coefficients de ruissellement généralement forfaitaires ou empiriques. Certaines techniques d'évaluation sont cependant très élaborées (R.F.A., URSS),

. les périodes de retour de défaillance des réseaux sont généralement comprises entre 5 et 10 ans,

. les références d'autres méthodes plus récentes sont constantes (modèles d'assainissement). Cependant les associations professionnelles ou les administrations n'entendent pas classer qualitativement des outils mal connus dans le détail (modèles d'organismes privés) ou d'expérience encore trop réduite,

. le calcul des réseaux est réalisé à partir des formules de l'hydraulique des régimes permanents et plus généralement uniformes.

4. REFERENCES

1. Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme
"Instruction technique relative à l'assainissement des agglomérations". C.G. 1333, Imprimerie Nationale, Paris (1949).

2. DESBORDES M., RIBSTEIN P.
"Etude de la qualité du ruissellement urbain". Rap. L.H.M. n° 45/78, 55 p. (octobre 1978).

3. DESBORDES M.
"Réflexions sur les méthodes de calcul des réseaux urbains d'assainissement pluvial". Thèse. Université de Montpellier, 224 p. (février 1974).

4. Ministère de l'Intérieur
"Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations". Circulaire n° 77-284-INT, Imprimerie Nationale, Paris (juin 1977).

5. FOUQUET F. et all.
"Evacuation des eaux pluviales urbaines". Editeur : Ecole Nationale des Ponts & Chaussées, 166 p., Paris (novembre 1978).

6. COSTE C., LOUDET M.
"Guide de l'assainissement". Ed. du Moniteur, 17 rue d'Uzès 75002 Paris, 415 p. (mai 1980).

7. Société Météorologique de France
"Précipitations en Hydrologie". Numéro Spécial, La Météorologie n° 20-21, 334 p. (juin 1980).

8. DESBORDES M., RAOUS P., TREVISIOL Y.
"L'abattement spatial des averses". Ministère de l'Intérieur, Direction Générale des Collectivités Locales, Rap. L.H.M. n° 37/81, 50 p., (avril 1982).

9. DESBORDES M.
"Modèle de Caquot. Révision de la correction de débit pour variation d'allongement des bassins". Ministère de l'Equipement, S.T.U., Rap. L.H.M. n° 20/80, 39 p., (décembre 1980).

10. DESBORDES M.
"Extension du modèle de Caquot aux bassins versants hétérogènes". Techniques et Sciences Municipales. L'Eau, n° 5, pp. 223-229 (mai 1976).

11. DESBORDES M.
"Analyse de réglements nationaux de calcul de réseaux urbains d'assainissement". Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis. Rap. C.D.E. 1, 72 p., (juin 1980).

*

* *

B/ LA MODELISATION EN HYDROLOGIE URBAINE - RECHERCHES ET APPLICATIONS.

1. INTRODUCTION

Nous avons, dans un exposé précédent (Hydrologie Urbaine : les orientations françaises), évoqué les caractéristiques essentielles de l'assainissement pluvial et montré l'insuffisance des outils classiques (dérivant, pour la majorité, de la méthode rationnelle) pour la résolution de problème devenus fort complexes.

Les phénomènes hydrologiques (ou hydrauliques) en milieu urbanisé sont en effet caractérisés par une très grande variabilité dans l'espace et le temps. La nécessité d'une analyse spatio-temporelle a conduit à la simulation mathématique de ces phénomènes, en s'appuyant sur le développement rapide des calculateurs électroniques. Si cette analyse repose généralement sur des concepts théoriques, elle doit être étayée par un support expérimental très élaboré. Elle a conduit, au cours des dix dernières années, à la mise au point de modèles d'assainissement constitués par l'assemblage de modules spécialisés opérant la simulation d'une composante donnée du cycle de l'eau urbain.

Les applications de ces modèles sont fort nombreuses, allant de la programmation à plus ou moins long terme des équipements d'assainissement, à l'entretien ou la gestion des ouvrages existants. Les bases de temps et d'espace retenues dans ces diverses applications étant très variables, il existe donc une gamme assez étendue de modèles d'assainissement correspondant à des niveaux divers d'approximation de la réalité. Tout l'art du technicien réside donc dans le choix de l'assemblage le plus simple assurant, dans la résolution du problème posé, un niveau de précision acceptable. On reconnait actuellement trois grandes catégories de modèles d'assainissement : les modèles de planification, les modèles de projet (et vérification), les modèles de gestion (ou modèles opérationnels).

Ces divers modèles ne sont pas seulement des outils spécialisés dans la résolution d'un problème donné, ce sont également des outils d'analyse pouvant engendrer d'autres conséquences, comme la promotion de nouvelles conceptions en matière d'assainissement, de nouvelles techniques, de nouveaux ouvrages, et d'une façon plus générale, comme la stimulation de l'imagination et de la créativité des techniciens.

2. LES MODELES D'ASSAINISSEMENT : DEFINITIONS GENERALES

2.1. Organisation générale des modèles d'assainissement

Un modèle très complet devrait donc s'attacher à simuler l'évolution de tous les phénomènes hydrologiques urbains à des échelles fines de temps et d'espace. Cependant, la diversité des phénomènes, des niveaux de connaissance que nous en avons aujourd'hui, des techniques de modélisation envisageable, font qu'un tel modèle ne saurait exister. Il s'agira plutôt d'un ensemble de modules, chacun réalisant une simulation de tout ou partie d'un phénomène à l'aide d'une technique de modélisation générale ou spécifique. Ces différents modules informatisés seront connectés pour constituer un modèle d'assainissement.

On peut grossièrement classer les divers modules (ou cellules ou unités de modélisation) en trois grandes catégories : les modules pluviométriques, les modules de ruissellement, les modules d'écoulement en réseau. Les deux premières ont trait à des phénomènes à distribution spatiale hétérogène et relèvent plus particulièrement de l'Hydrologie. La dernière concerne des phénomènes localisés dont l'étude relève de l'Hydraulique. La distinction entre les deux dernières catégories n'est d'ailleurs pas très nette et dépend du sens donné au terme de réseau, de la méthode employée pour la modélisation du ruissellement, de l'échelle d'espace retenue, etc...

Chacune des cellules de modélisation décrites ci-dessus comprendra un ou plusieurs modules simulant, dans l'espace et le temps, l'évolution de phénomènes ou parties de phénomènes propres à chaque cellule. Ainsi, pourra-t-on avoir :

- modules pluviométriques : pluie ponctuelle unique, chronologie de pluies, pluies de projet, distribution spatiale, influence de l'altitude, déplacement des averses, etc...

- modules de ruissellement : pertes au ruissellement sur sols artificiels, sur sols naturels, ruissellement sur bassins urbains, sur bassins semi-urbains, sur bassins naturels, etc...

- modules d'écoulement : réseaux ramifiés, réseaux maillés, écoulements transitoires à surface libre, en charge, singularités, ouvrages spéciaux, etc...

A ces divers modules hydrologiques pourront en être adjoints d'autres de caractères techniques ou économiques : calcul automatique des sections et des ouvrages, profils en long, terrassements, coûts divers, optimisation des coûts, etc... Finalement, un modèle d'assainissement est un système d'organisation et de commande des opérations de simulation réalisées par des modèles séparés. Il assure des liaisons séquentielles logiques entre ces différents modèles à partir d'une vision particulière du déroulement des phénomènes et d'un ensemble de données nécessaires au fonctionnement de chaque modèle.

2.2. Essai de classification des modèles en Hydrologie Urbaine.

A une échelle assez fine de modélisation (modèles), il est possible d'envisager diverses classifications répondant à des critères variés. L'un des plus fréquents (1) (2) repose sur le mode d'élaboration. D'une manière très générale, un modèle mathématique est constitué par une ou plusieurs relations entre des variables explicantes et expliquées d'un phénomène donné. Ces relations comprennent également un certain nombre de paramètres liés à la nature du phénomène, son domaine d'observation, la technique de modélisation retenue, etc... La nature d'un modèle est liée à la perception que son auteur a de la réalité du phénomène physique étudié, à l'intérêt qu'il attache plus particulièrement à certaines de ses variables, à son "éducation scientifique" ou son "école de recherche", etc... La classification que nous proposons n'échappe pas à ces diverses influences ... Nous distinguons deux grandes catégories : les modèles déterministes et les modèles probabilistes.

2.2.1. Modèles déterministes :

a) Modèles déterministes rationnels : ils découlent d'une analyse physique et théorique plus ou moins simplifiée des phénomènes. Procédant généralement d'une analyse mécaniste (mouvements des fluides), ils relèvent d'une conception "classique" reposant sur une certaine homogénéité (ou "harmonie") autorisant la connaissance du "plus grand" par celle du "plus petit". Cette démarche conduit à l'élaboration de modèles comportant des équations différentielles associées aux variations infinitésimales, dans le temps et (ou) l'espace des phénomènes étudiés. En règle générale, des techniques numériques d'intégration des équations permettront de connaître des valeurs particulières des variables expliquées pour certains points du domaine des variables explicantes. Ces modèles nécessitent un support expérimental pour l'évaluation de certains paramètres physiques, ou pour tester certaines approximations.

b) Modèles déterministes empiriques : ils sont totalement issus de l'observation des phénomènes et de la mesure de leurs variables. Les relations entre variables sont établies par des techniques d'identification dont certaines peuvent néanmoins reposer sur des hypothèses liées à la nature des relations cherchées (linéarité par exemple). L'essor des calculateurs électroniques a permis la mise en oeuvre de très nombreuses techniques d'analyse multivariable fondées sur le traitement statistique de l'information. Intéressantes d'un point de vue qualitatif elles doivent cependant être manipulées avec précaution pour l'établissement de modèles car elles supposent des structures particulières d'information qui ne peuvent être généralement vérifiées sur les observations hydrologiques. Les modèles découlant de ces techniques d'identification comprendront des relations présentant des composantes de nature aléatoire, traduisant les incertitudes liées à la mesure ou à l'adéquation des relations établies.

c) Modèles déterministes conceptuels : ils constituent une alternative aux deux types précédents. Ils correspondent en général à une démarche d'analyse beaucoup plus globale que celles utilisées pour les modèles déterministes rationnels, répondant à une conception des phénomènes propre à un chercheur ou une école de recherche. Ils sont souvent fondés sur une schématisation des phénomènes, les identifiant à des processus de transformation de flux entrants en flux sortants à la traversée d'une unité hydrologique. Cette schématisation peut être élaborée par deux voies principales : la première, très fréquente en Hydrologie classique, consiste à définir a priori la nature des transformations opérées par l'unité hydrologique à partir d'une analyse plus ou moins subjective des phénomènes, tout en respectant certains principes généraux ou certaines contraintes (conservation de la masse, des volumes, vitesses limites, etc...). C'est la voie conceptuelle proprement dite. La seconde voie repose sur la notion qu'une unité hydrologique constitue un système de transformation de flux, mais ne préjuge pas de la structure des transformations internes au système (modèles dits "boites noires"). L'identification des opérateurs de transformation s'appuie sur les théories de l'analyse des systèmes. C'est la voie holistique ou systémique. Les modèles qui en sont issus, sont intéressants car ils s'apparentent à tous les autres : ils sont conceptuels car ils reposent sur le concept principal qu'une unité hydrologique constitue un système de transformation de flux ; ils sont rationnels car ils s'appuient sur la théorie des systèmes ; ils sont empiriques car l'identification des transformateurs suppose un important support expérimental. La limitation actuelle des techniques d'identification au domaine des systèmes linéaires font cependant que cette voie n'a pas donné lieu à des développements importants.

Pour conclure, nous dirons que la distinction entre les trois types de modèles déterministes n'est que rarement aussi nette. Certains modèles conceptuels ou empiriques présenteront des aspects rationnels par exemple. Plus encore, la réalité de l'utilisation d'un modèle donné peut ne pas correspondre à la dénomination que lui confère sa structure apparente. Ainsi, un modèle apparemment rationnel pourra-t-il être utilisé de façon purement conceptuelle dans la mesure où les phénomènes qu'il est censé représenter échappent plus ou moins aux théories dont il est issu. Cette dégradation est hélas très fréquente, et repose généralement sur des considérations d'ordre culturel visant à "valoriser" un modèle par sa seule origine apparente, l'origine rationnelle étant culturellement plus satisfaisante pour l'esprit ...

2.2.2. Modèles probabilistes

Ils supposent que les phénomènes étudiés sont essentiellement aléatoires. Ils sont donc constitués de relations entre les variables des phénomènes et leur probabilité d'atteindre ou non certaines valeurs. Leur développement en Hydrologie est lié à la nature des phénomènes pluviométriques dont la distribution spatio-temporelle est souvent considérée comme aléatoire.

Comme les modèles déterministes, ils pourront être d'origine rationnelle lorsque leur élaboration s'appuiera sur les théories des probabilités, des processus stochastiques, des séries chronologiques, etc... (3). Cependant, l'application de ces théories aux observations hydrologiques résulte rarement d'une analyse rationnelle mais bien plus d'une démarche conceptuelle préjugeant de la structure aléatoire de ces observations, puisée dans un "arsenal théorique". Ils seront d'origine totalement empirique lorsque leur élaboration se fondera uniquement sur l'interprétation empirique des fréquences empiriques des variables étudiées.

L'essai de classification ci-dessus fait apparaître une profusion apparente de modèles. Elle résulte de l'essor des calculateurs électroniques. Après une certaine période euphorique au début des années soixante-dix, force est de constater que les assertions intellectuelles ont aujourd'hui largement dépassé le champ des possibilités de leurs vérifications expérimentales. Ce sont surtout les voies empiriques et conceptuelles qui prédominent dans les applications. La variété des approches, associée à la diversité des phénomènes étudiés permet de comprendre qu'un modèle d'assainissement ne saurait être un assemblage de modules du même type.

3. PRINCIPALES COMPOSANTES DES MODELES D'ASSAINISSEMENT

Elles découlent des généralités précédentes. Il s'agit donc de modèles pluviométriques, de modèles de ruissellement et de modèles d'écoulement en réseau. Nous allons sommairement présenter ceux que nous avons élaborés ou étudiés et qui sont d'un emploi fréquent en France.

3.1. Modèles pluviométriques

La quasi-totalité des modèles pluviométriques sont de type probabiliste. Nous en distinguerons deux types principaux : les modèles ponctuels et les modèles de répartition spatiale.

3.1.1. Les modèles ponctuels

Ils décrivent la réalité statistique ponctuelle des observations en une station isolée ou en plusieurs stations climatiquement homogènes (régionalisation). Nous distinguerons les modèles d'évènements isolés (auxquels se rattachent les pluies de projet) et les modèles de chronologie d'évènements.

a) Modèles d'évènement et pluies de projet. Les plus simples sont constitués par les classiques courbes "intensité - durée - fréquence", Il s'agit de modèles empiriques donnant l'intensité moyenne maximale $\bar{i}_M$ (t,F) sur une durée t et de fréquence F. Certaines formulations analytiques sont désormais classiques comme :

$$\bar{i}_M (t,F) = a(F) \times t^{b(F)} \qquad (1)$$

connue sous le nom de loi de Montana ou encore avec 3 paramètres :

$$\bar{i}_M (t,F) = a(F) / (t + b(F))^{n(F)} \qquad (2)$$

la valeur des divers paramètres (a, b, n) dépend bien sûr de la longueur [illegible] mais aussi du mode de dépouillement retenu.

A côté de ces modèles empiriques, il est possible d'ajuster aux fréquences empiriques des lois théoriques de probabilité. La majorité des lois utilisées présentent un comportement asymptotique exponentiel : lois lognormales à 3 paramètres, lois exponentielles dont la forme générale est :

$$F(\bar{i}_{M,t}) = 1 - e^{-\alpha(t)\left[\bar{i}_{M,t} - i_o(t)\right]^{n(t)}} \qquad (3)$$

Pour n(t) = 1 (loi exponentielle simple), l'équation 3 peut être réduite à :

$$\bar{i}_M\ (t,T) = \beta\ (t) + \gamma(t)\ \mathrm{Lg}\ T \qquad (4)$$

dans laquelle T est la période de retour (inverse de la probabilité de dépassement) exprimée en unités de temps séparant en moyenne deux observations successives. Des lois de valeurs extrêmes (Gumbel, Weibull, etc...) peuvent également être utilisées avec succès. L'utilisation de toutes les lois théoriques de probabilité reste conceptuelle dans la mesure où les séries d'observation sont trop courtes ne serait-ce que pour tester la validité d'une hypothèse de distribution particulière.

Les modèles ci-dessus ne donnent cependant qu'un élément du hyétogramme et conviennent à l'emploi de méthodes globales ponctuelles de calcul des apports pluviaux (méthode rationnelle par exemple). Aussi a-t-on cherché à définir des éléments plus complets destinés à assurer la simulation d'hydrogrammes d'écoulement. Il s'agit généralement d'évènements synthétiques portant le nom de "pluie de projet" (4). Les plus simples (KEIFER, 1959) sont fondés sur une transformation particulière des courbes "I.D.F." en hyétogrammes. Ils sont généralement majorants quant aux volumes écoulés. D'autres chercheurs, (HUFF, 1967 (5)) ont tenté de traduire statistiquement la forme moyenne des averses orageuses dans des diagrammes sans dimension. La dispersion des résultats limite cette approche du point de vue pratique. Une méthode originale a été développée par D. NORMAND en 1971 (4). Elle s'appuie sur les corrélations existant entre les hauteurs moyennes de pluie tombées au sein d'une averse sur diverses durées allant de 5 minutes à 6 heures. Il s'agit cependant de fausses corrélations (contenu et contenant) et les liaisons ne sont pas significatives lorsque les durées sont très différentes. Nous avons, quant à nous, établi des pluies synthétiques en nous appuyant sur l'analyse de sensibilité des modèles de ruissellement utilisés (6) (7). Cette démarche repose sur l'intérêt des caractéristiques des averses au regard de leurs effets (écoulement) et sur le fait que les bassins versants agissent à la manière de filtres, éliminant les hautes fréquences ou les courbes longueur d'ondes des signaux de pluie qui constituent une part importante de la variabilité apparente de ces derniers. Cette analyse nous a permis de déterminer les caractéristiques essentielles des averses au regard du ruissellement urbain :

- une durée maximale de 4 à 6 heures et la hauteur H(t) sur cette durée ;

- une période de pluie intense de durée tM variant de 15 minutes à 1 heure selon les bassins et la hauteur associée $H_M(t_M)$;

- la position θ_M de cette période de pluie intense sur t ;

- une forme simple doublement triangulaire (figure 1) ;

- une discrétisation à un pas de temps inférieur à 5 minutes.

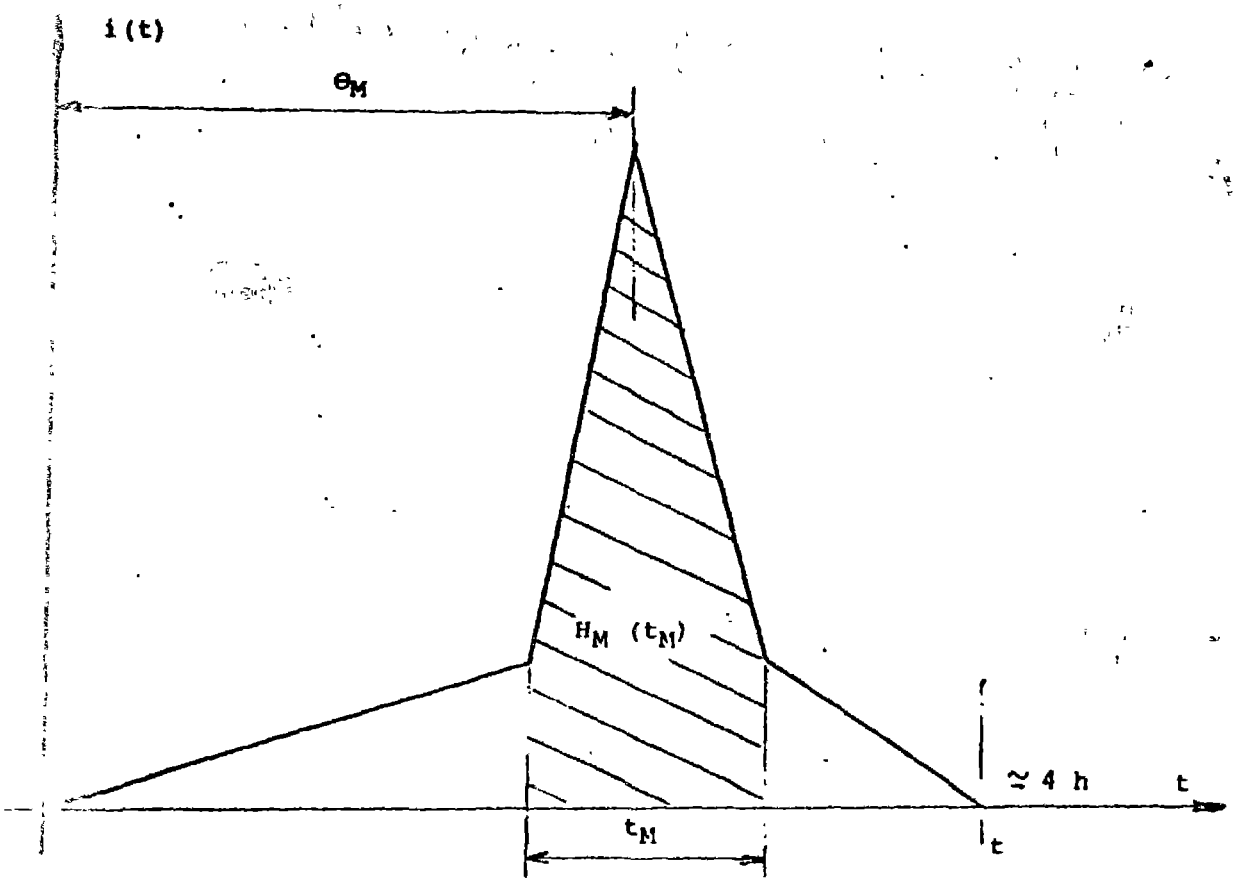


Figure 1 : Pluie de projet urbaine.

b) Modèles de chronologie d'évènements. Seuls, les modèles assez simples fondés sur la théorie du renouvellement ont connu quelques développements. Ils opèrent cependant sur des bases de temps importantes (journalière au minimum) et présentent donc un intérêt en Hydrologie Urbaine pour l'étude de la qualité du ruissellement, ou pour des problèmes très particuliers mettant en jeu des éléments à temps de réponse élevé (très grands réseaux comportant des ouvrages de retenue par exemple). Ils supposent qu'une série est con-

d'épisodes secs et pluvieux. La durée des épisodes secs, celle des épisodes pluvieux, la hauteur de pluie de ces épisodes sont régies par des lois exponentielles. Ces variables sont indépendantes et l'on peut simuler par tirage au hasard de longues séries qui servent ensuite d'entrées à des modèles d'écoulement.

A une échelle plus fine de temps, la dépendance stochastique entre variables n'est plus assurée et la modélisation devient complexe et peu précise faute d'observations en nombre suffisant. Aussi certains auteurs proposent-ils d'utiliser d'éventuelles longues séries observées servant de référence.

3.1.2. Les modèles de distribution spatiale

Ils peuvent être regroupés au sein de deux catégories : les modèles de coefficient d'abattement spatial et les modèles complets.

a) Coefficients d'abattement. Ils supposent qu'il existe une relation déterministe entre la pluie maximale ponctuelle au cours de l'intervalle de temps Δt, $Hp_M(\Delta t)$ tombant sur une surface A et la lame d'eau moyenne sur cette surface $\bar{L}_A(\Delta t)$. La forme générale du coefficient d'abattement est donc :

$$\alpha(A, \Delta t) = Hp_M(\Delta t) / \bar{L}_A(\Delta t) \qquad (5)$$

Dans certains cas, faute de pouvoir évaluer la lame, l'abattement est traduit entre la pluie ponctuelle maximale et la pluie ponctuelle $Hp_d(\Delta t)$ à une distance d de l'épicentre :

$$\alpha_1(d, \Delta t) = Hp_M(\Delta t) / Hp_d(\Delta t) \qquad (6)$$

Ces modèles simples reposent sur le concept de l'existence d'un épicentre au sein d'une averse touchant une surface donnée. De nombreuses formulations empiriques ont été données (1) à partir de supports expérimentaux généralement très réduits. La plus courante est du type :

$$(A) = A^{-\xi} \qquad (7)$$

De récentes recherches nous ont conduit à montrer que ξ était fonction de la surface A et de la base de temps Δt (8). Ainsi, pour des surfaces de 100 à 400 hectares et des bases de temps de 5' à 4 heures, ξ varierait-il de 0,1 à 0,03. Cette constatation a d'ailleurs été confirmée dans l'étude de l'abattement avec la distance.

b) Modèles complets : leur établissement est très délicat faute de pouvoir disposer de réseaux assez denses de pluviographes. Certaines méthodes d'interpolation très élaborées comme le krigeage universel, les fonctions "spline", l'analyse en composantes principales, etc. reposent sur des hypothèses a priori de structure spatiale qu'aucune vérification expérimentale n'est venue confirmer ou infirmer. Ces hypothèses supposent en particulier une homogénéité ou une continuité des phénomènes pluvieux dans le temps et l'espace.

Face à ces méthodes fondées sur l'analyse d'une information spatialement distribuée et sur une conceptualisation des liaisons structurelles existantes, d'autres chercheurs ont suivi des voies plus déterministes mais tout aussi conceptuelles. Ils supposent l'existence de structures géométriques simples (isohyètes circulaires concentriques, ou elliptiques, etc...). Cette structure, associée à un coefficient $\alpha 1$ (d, Δt) qui peut être atteint expérimentalement, conduit finalement à un coefficient α(A, Δt) utilisé pour calculer une lame moyenne sur une surface donnée.

Il est probable que le développement des radars météorologiques, couplé à celui de réseaux plus denses de pluviographes, conduira à d'autres concepts, ou tout du moins à l'évaluation de l'adéquation des techniques d'interpolation et des modèles proposés à ce jour.

3.2. Modèles de pertes au ruissellement

Divers types de modélisation ont été envisagés à ce jour suivant la nature de l'occupation des sols ou les objectifs poursuivis par les recherches. Le type le plus fréquent consiste à englober l'ensemble des pertes dans un coefficient, dit coefficient de ruissellement C ou coefficient d'apport Ca. Les modèles plus complets s'inspirent des recherches en Hydrologie classique.

3.2.1. Description sommaire des pertes (1)

Elles sont très diverses ; nous distinguons les pertes initiales qui se produisent avant l'apparition du ruissellement et les pertes continues qui se déroulent tout au long de l'averse. Les premières comprennent : l'interception par la végétation de l'ordre de 0.5 à 1.5 mm suivant la nature des végétaux ; le stockage dans les petites dépressions du sol variant de 0.2 à 3 mm pour les surfaces artificielles et de 3 à 15 mm pour les surfaces naturelles. Les pertes continues sont constituées par l'infiltration dans les terrains naturels (très variable), le stockage dans des grandes dépressions de surface, non drainées, le ruissellement de surfaces artificielles imperméables vers des surfaces naturelles, l'évaporation (faible), etc...

Les pertes sur les surfaces artificielles sont généralement très faibles et peuvent être souvent négligées dans les applications pratiques lorsque l'on s'intéresse en particulier à des phénomènes de fréquence assez rare. Elles peuvent être en outre considérées comme approximativement stationnaires et représentées par des relations déterministes. Les pertes sur les surfaces naturelles sont au contraire fortement aléatoires dans leur majorité. A un instant donné, elles dépendent de l'historique des précipitations précédentes, des conditions de développement de la végétation, des conditions de température (sol gelé ou non), etc...

3.2.2. Coefficients de ruissellement et d'apport

Pour les surfaces artificielles, il est donc assez fréquent de traduire l'ensemble des pertes par un coefficient de ruissellement C. Il s'agit généralement d'un coefficient volumétrique exprimant à un instant t donné la liaison entre la lame moyenne de pluie brute $\bar{L}A$ (t) sur une surface A et la lame moyenne de pluie nette $\bar{L}An$ (t) donnant lieu à un ruissellement sur cette surface :

$$\bar{L}A_n (t) = C(t) \bar{L}A (t) \qquad (8)$$

L'évaluation expérimentale de C(t) est généralement faite à partir d'une estimation de la lame moyenne de pluie nette, soit :

$$\bar{L}An (t) = \frac{1}{A} \int^{t} Q(t) \, dt \qquad (9)$$

Q(t) étant le débit à l'exutoire de la surface A. En réalité, la connaissance de C(t) est délicate car outre les incertitudes sur $\bar{L}A$ (t) liées à la mesure de la distribution spatiale de la pluie, le calcul de C(t) à l'aide des relations 8 et 9 englobe implicitement sous forme de pertes, le stockage temporaire (ou stock "moteur") sur le bassin et dans le réseau.

3.2.3. Modèles de pertes

Pour les surfaces artificielles des schématisations très simples ont été données (1). Nous en citerons deux. La première comprend une perte initiale forfaitaire (faible) ou évaluée expérimentalement comme la quantité de pluie tombée avant l'apparition du ruissellement et une perte continue constante déterminée à partir du bilan volumétrique général. La seconde comprend la même perte initiale et une perte continue proportionnelle à la pluie brute. Ce dernier schéma présenté conserve la distribution temporelle de la pluie.

Pour les surfaces naturelles, la majorité des schémas de perte, appelés encore fonction de production correspondent à des modélisations conceptuelles plus ou moins complexes et d'usage courant en Hydrologie classique. L'infiltration joue généralement un rôle prépondérant (le stockage dans les dépressions des sols s'infiltrant le plus souvent). Certaines modélisations de l'infiltration peuvent s'appuyer sur des théories mécanistes différentielles des écoulements transitoires en milieu poreux saturé ou non. De très nombreux ouvrages spécialisés (11) ou d'Hydrologie générale (12) (13) traitent de ces modélisations. L'existence de discontinuités très importantes ou hétérogénéités font que ces approches n'ont donné lieu qu'à des applications très limitées. D'un point de vue pratique, les approches conceptuelles plus globales semblent plus efficaces. Elles dérivent pour la plupart des modèles du type HORTON (1935) :

$$f(t) = f_c + (f_o - f_c) e^{-kt} \qquad (14)$$

f(t) est la vitesse d'infiltration à l'instant t, fo la vitesse initiale fonction de l'état de saturation du sol (c'est donc

une variable aléatoire) fc la vitesse limite à saturation et k un paramètre. La détermination des 3 paramètres fc, fo et k n'est pas simple, aussi de très nombreux chercheurs (HOLTAN 1961 et 1975, OVERTON 1964, MONKE et HUGGINS 1966) (13) ont-ils donné d'autres expressions de la relation 14. D'après HOLTAN, on pourrait par exemple écrire :

$$f(t) = a \times S_a^{1.4}(t) + f_c \qquad (15)$$

a est un indice d'infiltration caractérisant le sol et $S_a(t)$ le stockage potentiel dans les couches superficielles du sol (10 à 30 premiers centimètres).

En réalité, quelle que soit la modélisation envisagée, l'évaluation des paramètres demande d'excellentes données expérimentales. Des campagnes de mesures intensives et par conséquent coûteuses ont pu dans certains cas aboutir à une certaine régionalisation des paramètres, particulièrement utile pour les projets d'aménagement dans les secteurs non jaugés. On peut cependant regretter qu'entre la vision mécanisme "académique" incapable de surmonter les problèmes d'hétérogénéités et la vision conceptuelle globale difficilement généralisable, il n'existe pas encore d'approche intermédiaire fiable.

3.3. Modèles de ruissellement

C'est probablement le secteur de l'Hydrologie Urbaine qui a été le plus largement exploré au cours des quinze dernières années. L'importance du nombre des modèles proposés tient à la fois aux diverses approches possibles mais également à l'échelle de définition du ruissellement. Il peut s'agir tout aussi bien de l'écoulement sur un petit élément de surface homogène, que de la transformation de la pluie nette en débit à l'exutoire d'un bassin versant de taille variable comprenant tout ou partie d'un réseau de drainage structuré, artificiel et (ou) naturel.

3.3.1. Les modèles empiriques

Ils ont connu un certain développement entre 1940 et 1950 à la suite des travaux de HORTON (1938), IZZARD (1946), HICKS (1944) (1), etc... Ils ont été obtenus à partir de mesures en laboratoire et donnent soit directement le débit de ruissellement, soit le stock moteur en fonction du débit. Dans ce dernier cas, on utilise l'équation de continuité pour calculer le ruissellement. La forme générale de l'équation empirique reliant le stock au ruissellement est :

$$q = a\,\bar{h}^b \qquad (16)$$

q étant le débit unitaire de ruissellement, $\bar{h}$ la profondeur de stockage superficiel, a et b des paramètres. Pour les écoulements turbulents, b serait égal à 1,67.

3.3.2. Les modèles rationnels

Ce sont des modèles de type mécaniste s'appuyant sur les équations des mouvements des fluides. L'application à un élément de volume liquide des principes de conservation de

la masse, et de conservation de la quantité de mouvement conduit à des systèmes d'équations aux dérivées partielles à une ou deux dimensions d'espace qui peuvent être résolus par des méthodes numériques autorisées aujourd'hui par l'essor des calculateurs électroniques. Le "raffinement" des équations sous leur forme complète reste encore un jeu intellectuel de la mesure où elles ne prennent généralement pas en compte certains phénomènes comme la dissipation de l'énergie cinétique de la pluie, et où elles supposent une certaine homogénéité des phénomènes qui ne peut être vérifiée qu'à des échelles de surfaces trop faibles pour des applications concrètes. La simplification ultime du système d'équations (une dimension d'espace et équation dynamique réduite à l'équation du régime uniforme) est connue sous le nom de modèle d'onde cinématique. Elle se résume à :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = i(t) \qquad (7)$$

$$q = \frac{1}{n} \; h^{5/3} \; p^{1/2} \qquad (8)$$

i(t) étant l'intensité de la pluie nette 1/n le coefficient de rugosité de MANNING. Ce schéma très simple est le seul à avoir connu de nombreuses applications.

3.3.3. Les modèles conceptuels

Ils procèdent d'une vision plus globale des phénomènes et relèvent pour l'essentiel en Hydrologie Urbaine, d'une conception systémique. Un bassin versant urbain (comprenant tout ou partie d'un réseau structuré de drainage) est considéré comme un opérateur de transformation de la pluie nette en débit à l'exutoire du bassin. Le modèle est représenté par un opérateur de transformation (choisi a priori ou identifié à partir d'observations) auquel sont adjointes des équations traduisant certains principes fondamentaux comme celui de la conservation de la masse (ou des volumes).

La grande majorité des modèles élaborés au cours des dix dernières années repose sur l'idée que la transformation de la pluie nette en débit peut être décomposée en un ensemble de transformations élémentaires mettant en jeu des translations (déplacements) et des stockages (amortissement) (1). Pour ces derniers, l'équation générale est :

$$S(t) = \sum_{n=o}^{n=N} A_n \frac{d^n Q(t)}{dt^n} + \sum_{m=o}^{m=M} B_m \frac{d^m i(t)}{dt^m} \qquad (9)$$

S(t) étant le stock dans le "système" à l'instant t, Q(t) le débit à l'exutoire. A_n et B_m des coefficients pouvant être constants ou dépendre des variables d'espace et de temps et (ou) des variables i(t) et Q(t) et (ou) de leurs dérivées.

Seuls, les modèles assez simples ont connu des vérifications expérimentales intéressantes pouvant conduire à des équations de prédétermination de leurs paramètres. Ce sont par exemple le modèle linéaire à un réservoir :

$$S(t) = K\ Q(t) \qquad (20)$$

ou le modèle de Muskingum

$$S(t) = K\ [x\ Q(t) + (1 - x)\ I(t)] \qquad (21)$$

3.4. Modèles d'écoulement en réseau

L'écoulement en réseau de géométrie mieux définie devrait être théoriquement le domaine privilégié des modèles mécanistes rationnels, ou modèles hydrauliques. En réalité, l'existence de singularités très nombreuses engendrant des phénomènes transitoires brusquement variés encore assez mal explorés, les mises en charge locales dans les réseaux souterrains, des géométries complexes, limitent considérablement l'utilisation de ces modèles à des fins pratiques. Les simplifications classiques de ces modèles (suppression de certains termes d'inertie, écoulement monodimensionnel, etc...) correspondent à des visions conceptuelles des phénomènes et non à des visions rationnelles. Elles supposent donc un support expérimental important et des généralisations plus ou moins limitées.

Des modèles plus simples et tout aussi conceptuels peuvent leur être préférés pour certaines applications, présentant l'avantage d'une mise en oeuvre moins coûteuse (temps de calcul). En particulier, les modèles de ruissellement décrits plus haut peuvent être, sous certaines réserves, étendus aux écoulements en réseau.

4. LE CALAGE DES MODELES

Quelque soit le phénomène étudié, le type de modélisation employé, des vérifications expérimentales sont nécessaires pour le calcul de certains paramètres de modélisation ou l'étude de l'adéquation des modèles. Une procédure expérimentale au sens strict voudrait que l'on puisse reproduire à volonté les conditions d'expérience. En dehors de quelques cas particuliers, d'ailleurs très académiques et fondés sur l'emploi de modèles réduits, les observations hydrologiques constituent des données historiques non strictement reproductibles.

Par ailleurs, l'impossibilité au stade de nos connaissances actuelles, de décrire de façon rationnelle le détail des phénomènes étudiés fait que les paramètres de modélisation de nature purement physique, c'est-à-dire de dimension parfaitement connue, seront assez rares. De tels paramètres pourraient être atteints par des mesures propres (directes ou indirectes) indépendamment de la modélisation propre du phénomène dans lequel ils interviennent. Dans leur majorité, les valeurs numériques des paramètres seront déterminées lors de tests de modèles et intègreront le caractère particulier des mesures (non reproductibilité), les incertitudes associées à ces mesures, les erreurs d'adéquation des modèles, etc...

Le calage d'un modèle donné à des observations est une opération consistant à déterminer un "jeu optimum" de valeurs des paramètres satisfaisant "au mieux" à ces observations, compte tenu d'une référence sur la qualité de l'ajustement. Cette référence qui porte le nom de fonction critère ou fonction d'optimisation joue bien sûr un rôle important sur la valeur finale des paramètres.

Il n'existe pas actuellement d'approche satisfaisante du calage des modèles permettant en particulier de juger des influences séparées des erreurs de mesure, des fonctions critères et de l'adéquation des modèles testés (14).

5. UN EXEMPLE DE MODELE D'ASSAINISSEMENT : LE PROGRAMME RERAM (15) (16).

Le programme RERAM (abréviation de "Réseaux ramifiés") est un outil de simulation réalisé à la demande des Ministères de l'Intérieur et de l'Equipement pour remplacer les méthodes ponctuelles classiques hors de leurs domaines d'application (méthode rationnelle, méthode de CAQUOT, etc...). Il a été réalisé à partir des études faites de 1971 à 1976 au Laboratoire d'Hydrologie Mathématique avec le concours, pour son informatisation, du Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement d'Aix-en-Provence.

Il s'agit surtout d'un modèle du type projet-vérification qui peut cependant être utilisé en planification ; nous en donnerons une très brève description. Il comprend toute la gamme des modules classiques propres à ce genre de programme.

- modules pluviométriques : des procédures optionnelles permettent d'introduire :

. une pluie ponctuelle ou une série de pluies ponctuelles observées, discrétisées à un pas de temps quelconque ;

. des pluies de projet décrites dans le paragraphe 3.1.1 précédent ;

. des séries simulées de pluie de projet sur une durée donnée ;

. une distribution spatiale des averses correspondant à un schéma d'abattement du type $= A^{-\varepsilon}$;

. un déplacement de l'épicentre des averses à vitesse constante suivant une trajectoire donnée.

- modules de ruissellement : deux types de modules optionnels existent :

. ruissellement sur des surfaces urbaines (surfaces 1 à 200 hectares) à l'aide d'un modèle linéaire à un réservoir ;

. ruissellement sur des surfaces semi-urbaines à l'aide d'un modèle conceptuel comprenant une fonction de production type Horton et une fonction de transfert constituée par deux réservoirs linéaires en série.

- modules d'écoulement en réseaux : diverses procédures optionnelles de propagation existent :

  . translation simple des hydrogrammes à une célérité égale à la moyenne pondérée par les débits de l'hydrogramme d'entrée ;

  . propagation à l'aide de la méthode de Muskingum modifiée équivalente à une propagation d'onde diffusante.

- modules spécialisés : ils réalisent des transformations ou opérations optionnelles particulières ; ce sont par exemple :

  . injection d'un hydrogramme en un point quelconque du réseau ;

  . simulation du fonctionnement d'ouvrages particuliers comme des bassins de retenue, des déversoirs d'orage, des chambres de jonctions, des siphons, etc... ;

  . tracé de profils piézométriques, etc...

Cet outil a connu depuis sa mise en service une vingtaine d'applications concrètes pour des zones variant de 1 000 à 25 000 hectares.

6. REFERENCES

1. DESBORDES M.
"Réflexions sur les méthodes de calcul des réseaux urbains d'assainissement pluvial". Thèse. Université des Sciences, Montpellier, 224 p. (février 1974).

2. THIBAULT S.
"Eléments pour une phénoménologie en Hydrologie Urbaine". Thèse. Institut National des Sciences Appliquées. Lyon, 358 p. (juin 1979).

3. YEVJEVICH V.
"Stochastic processes in Hydrology". Water Resources Publications. Université de Fort Collins. Colorado, 276 p. (1972).

4. DESBORDES M.
"Pluie de projet : essai de définition". Ministère de l'Equipement, Service Central Hydrologique. Note LHM 19/73, 36 p. (avril 1973).

5. HUFF F.A.
"Time distribution of heavy rainfall in storms". Water Resources Research, Vol. 13, n° 5, pp. 959-971 (octobre 1967).

6. DESBORDES M., RAOUS P.
"Un exemple de l'intérêt des études de sensibilité des modèles hydrologiques". La Houille Blanche, n° 1, pp. 37-43 (janvier 1975).

7. DESBORDES M., RAOUS P.
"Fondement de l'élaboration d'une pluie de projet urbaine : méthode d'analyse et application à la station de Montpellier-Bel Air". La Météorologie, VIème série, n° 20-21, pp. 317-329 (juin 1980).

8. DESBORDES M., RAOUS P., TREVISIOL Y.
"L'abattement spatial des averses". Ministère de l'Intérieur, Direction Générale des Collectivités Locales, rap. LHM 38/81, 50 p. (avril 1982).

9. DESBORDES M.
"Estimation des coefficients de ruissellement urbains". La Tribune du Cebedeau, n° 376, pp. 106-110, (mars 1975).

10. PACKMAN J.C., KIDD, C.H.R.
"A logical approach to the design storm concept". Water Resources Research, Vol. 16, n° 6, pp. 994-1000 (1980).

11. HILLEL D.
"L'eau et le sol". Vander Editeur, Munstraat, 10 B-3000 LEUVEN. 288 p. (1974).

12. RODDA J.C.
"Facets of Hydrology". John Wiley and Sons, London. 368 p. (1976).

13. VIESSMAN W. Jr. and al.
"Introduction to Hydrology" Harper and Row, Snd ed., 704 p. (1977).

14. DESBORDES M.
"Data and fitting problems in urban storm drainage modeling". Second International Conference on Urban storm drainage ; University of Illinois, Urbana, pp. 411-417 (juin 1981).

15. DESBORDES M.
"Le calcul des réseaux d'assainissement : les méthodes anciennes, les méthodes actuelles et leurs perspectives d'évolution". T.S.M. L'Eau, 73ème année, n° 8-9, pp. 419-424 (septembre 1978).

16. DESBORDES M.
"Application des modèles aux études de ruissellement urbain : le programme RERAM". La Houille Blanche, n° 4-5, pp. 333-338 (1980).

QUELQUES REFERENCES SUR LE RUISSELLEMENT URBAIN EN AFRIQUE (*)

par

C. PUECH et J.P. LAHAYE (**)

~==o==~

Cette note tente de rassembler les documents de calcul sur ruissellement urbain et de faire l'inventaire des expérimentations en Afrique. Ce texte est également destiné à remplacer la publication du CIEH "Essai d'adaptation à l'Afrique Tropicale des méthodes classiques de calcul des débits des ouvrages d'assainissement urbain" (par LEMOINE et MICHEL - 1972) en indiquant les quelques améliorations dans la communication depuis lors.

(*) Résumé de la publication du CIEH, présentée au séminaire.

(**) Respectivement Chef du Département Hydrologie et Adjoint au Chef du Service Technique du CIEH.
Communication présentée par C. PUECH.

INSTRUCTION TECHNIQUE PROVISOIRE RELATIVE AUX RESEAUX D'ASSAINISSEMENT DES AGGLOMERATIONS EN COTE-D'IVOIRE

par

Bernard SROHOROU (*)

-==o==-

A/ HISTORIQUE

1. REGIME DES EAUX

Le texte portant régime des eaux en Côte-d'Ivoire est régi par le décret du 5 Mars 1921 réglementant le régime des eaux en Afrique Occidentale Française.

Ce décret est devenu inexploitable parce que les parties énumérées ont fortement changé. Cette évolution a été la résultante des changements dans l'administration ivoirienne et aussi du cadre socio-politique du pays. L'application d'un tel texte se trouve alors inadaptée dans le contexte actuel. Cependant par son caractère global touchant tous les aspects de l'eau, ce décret gagnerait à être repris et adapté à la situation actuelle.

2. ASSAINISSEMENT

Dans le domaine de l'assainissement en particulier, deux arrêtés (n° 1136 du 13.10.1978 et 938 du 28.8.1978) pris conjointement par le Ministère des Travaux Publics, de la Construction et de l'Urbanisme et le Ministère de l'Intérieur, réglementent l'un l'assainissement collectif à Abidjan, l'autre l'assainissement individuel.

2.1. Arrêté n° 1136 du 13.10.1978

Cet arrêté, limité à la seule ville d'Abidjan, ne prend pas en compte les données réelles sur l'assainissement eaux usées et le ruissellement urbain. Dans le calcul des débits d'eaux usées, les données de base sont imprécises et vagues.

Cet arrêté passe assez rapidement sur le calcul des débits d'eaux pluviales qui - domaine assez délicat - aurait mérité assez d'attention. Seule la méthode rationnelle a été proposée comme méthode de calcul. De plus les fréquences d'insuffisance des réseaux sont trop fortes et conduiraient à des surdimensionnements.

(*) Ingénieur des TP - Direction de l'Eau (Côte-d'Ivoire).

2.2. Arrêté n° 938 du 28.8.1978

Cet arrêté a été bien conçu au niveau administratif. Cependant, les capacités proposées pour les différents systèmes sont excessives et conduisaient à des surdimensionnements. Ceci est peut-être dû au fait que les données de base n'aient pas été testées par l'expérimentation. De plus aucun plan de principe n'est proposé au concepteur et au maître d'ouvrage. Cette réglementation a un caractère technique assez vague.

B/ INSTRUCTION TECHNIQUE RELATIVE AUX RESEAUX D'ASSAINISSEMENT DES AGGLOMERATIONS.

Ce rappel historique permet de voir la nécessité de mettre à la disposition des usagers : maître d'oeuvre, conception, maître d'ouvrage ... un manuel qui soit bien adapté à la situation actuelle. Le projet d'instruction technique ne s'est pas contenté de corriger les imperfections des arrêtés précédents mais il intègre l'évolution de la technique souvent éprouvée par des expérimentations. Ces expérimentations ont permis de caler certains modèles de calcul et les données de base nécessaires pour conduire une opération d'assainissement.

Subdivisée en 8 chapitres, l'instruction technique comprend aussi un réglement sanitaire pour l'assainissement autonome (individuel) et une instruction technique relative aux caractéristiques des stations d'épuration.

1. CHOIX DES TYPES DE RESEAUX

Parmi les divers choix possibles, les systèmes d'assainissement collectif les plus courants sont les suivants :

- le système unitaire où eaux usées et eaux pluviales sont évacuées par le même collecteur ;

- le système séparatif où eaux usées et eaux pluviales sont évacuées séparément ;

- le système pseudo-séparatif qui recueille les eaux de ruissellement des chaussées dans un système indépendant comme dans le séparatif ; les eaux de ruissellement, des propriétés riveraines étant évacuées avec les eaux usées.

Les critères qui président aux choix de ces réseaux sont :

eaux usées : - la densité de la population
- le débit prévisible
- la nature de l'habitat.

Si ces critères, qui ne sont pas indépendants les uns des autres, ne sont pas satisfaits, on pourra s'orienter vers l'assainissement autonome.

eaux pluviales : le choix des réseaux à ciel ouvert ou enterrés sera guidé par des contraintes économiques et d'exploitation.

Après le choix des réseaux, le concepteur doit se pencher sur le calcul de ces réseaux.

2. CONDITIONS DE CALCUL

2.1. Calcul des débits d'eaux usées

Les débits d'eaux usées sont calculés sur la base de la plus grande consommation journalière par habitant de la zone concernée. En l'absence de données précises concernant les rejets, un abattement de 20 à 30 % sera effectué sur les quantités d'eaux consommées pour tenir compte des différentes pertes. Au débit moyen journalier q m (l/s) il est appliqué un coefficient de pointe de la forme :

$$p = a + \frac{b}{q\ m} \quad \text{avec } a = 1,5 \text{ et } b = 2,5$$

Des recherches vont être entreprises sur ce coefficient à Abidjan et dans tout le pays.

Une attention particulière doit être apportée dans l'évaluation des eaux usées d'origine industrielle en raison de la spécificité de chaque type d'industrie.

Il faudra aussi tenir compte aussi des débits d'infiltration et des erreurs de branchements.

Les conduites seront calculées pour transiter le débit de pointe qui correspond à 80 % du remplissage.

2.2. Calcul des débits d'eaux pluviales

Le calcul portera sur la pluviométrie, le choix de la période de retour d'insuffisance des réseaux, le coefficient de ruissellement et l'abattement spatial.

Les données statistiques obtenues à partir des relevés de l'ASECNA ont permis de fixer les valeurs des intensités de fréquence F pour des durées de 5, 10, 15, 30, 60 minutes.

L'intensité est représentée par la formule de Montana $i(t,F) = a(F) \times i\ t^{b(F)}$, et a et b sont déterminés comme coefficients de la droite d'ajustement à partir des cinq valeurs de i. Ceci a permis de subdiviser la Côte-d'Ivoire en trois régions homogènes pour des averses inférieures à deux heures.

La fréquence à retenir est fonction des dommages que l'on risque. On suppose que la fréquence des débits est la même que celle des averses. A titre d'exemple les fréquences suivantes sont à considérer :

Collecteur tertiaire et secondaire	1 an
Collecteur primaire	5 ans
Traversée d'ouvrage simple	10 ans
Traversée d'ouvrage important	25 ans

Le coefficient de ruissellement est défini comme le rapport entre le volume ruisselé et entrant dans le réseau par unité de temps sur le volume tombant en moyenne sur la superficie du bassin versant considéré.

C'est une variable aléatoire qui dépend :

- des conditions de saturation des sols ;

- de la nature des sols et des surfaces de ruissellement, perte, rugosité, végétation, nature de l'urbanisation.

Pour tenir compte de la non homogénéité des averses au niveau de leur intensité que de leur simultanéité, un abattement spatial est appliqué (pour le moment) sur la surface,

$$i(t,F) = io(t,F) \times A^{-0,05}$$

i = intensité à prendre en compte
io(t,F) = lue sur la courbe intensité-durée-fréquence
A = surface du bassin en hectare.

2.3. Méthodes de calcul

Trois méthodes de dimensionnement sont proposées aux projecteurs :

1°) Formule rationnelle

2°) Formule superficielle

3°) Modèle de simulation de ruissellement.

a) Formule rationnelle

$$Qp(F) = C \times i(tc,F) \times A$$

Elle donne le débit de pointe de période de retour F, Qp(F), à l'exutoire d'un bassin versant de surface A, de coefficient de ruissellement C, sous une averse de durée égale au temps de concentration tc du bassin, et d'intensité moyenne i(tc,F).

Le concept de temps de concentration, difficile à estimer avec précision est la base de cette méthode, il est défini comme le temps d'écoulement le plus long sur le bassin.

Elle est fondée sur trois hypothèses :

- le débit de pointe ne peut être observé à l'exutoire que si l'averse, d'une intensité donnée, a une durée au moins égale au temps de concentration ;

- le débit de pointe n'est fonction que du volume de l'averse tombée au cours du temps de concentration (linéarité de la transformation pluie-débit) ;

- le débit de pointe a même période de retour que l'intensité moyenne, ceci suppose que le coefficient C ne soit pas une variable aléatoire, c'est-à-dire que le bassin soit urbanisé.

On sait que cette méthode conduit à une surestimation des débits de pointe pour des bassins de faible pente.

Domaine d'application :

$0.004 \leq$ Pente $< 0,02$	Pente en m/m
$0,2 \leq C \leq 1$	C coefficient de ruissellement
$A < 300$ ha	A surface totale du bassin

Cette limite n'est, en général, pas atteinte pour les bassins élémentaires, mais peut l'être après regroupement.

b) Modèle simulation

Il s'agit de doter les projeteurs d'un outil puissant permettant de simuler le fonctionnement de réseaux ramifiés, et d'évaluer les conséquences physiques et économiques des divers stratégies d'aménagement.

Le modèle "SIREA" en cours de mise au point et de vérification par la D.E., le BCEOM et l'ORSTOM simule la structure des averses sur le bassin et la transformation de la pluie en un hydrogramme de ruissellement à l'exutoire d'un bassin à l'aide d'un modèle dérivé de l'analyse des systèmes duquel on peut tirer :

- le débit maximal pour le dimensionnement des collecteurs,
- le volume écoulé pour le dimensionnement des éventuels bassins de retenue.

Domaine d'application :

$0,004 \leq$ Pente $< 0,05$

$0,1 \leq C \leq 1$

$0,4 \leq A < 5,000$ ha

$100 \leq$ longueur bassin ≤ 17.000 m

2.4. Application des méthodes de calcul

a) Méthode superficielle

- Programme : un programme informatique issu du CSPA, adapté par la D.E., permet de calculer les réseaux d'évacuation des eaux pluviales et les réseaux d'eaux usées et pour des reseaux existants, la vérification du dimensionnement soit en comparant les diamètres, soit en comparant les lignes de charges.

Grâce à la formule de Montana $i(t,F) = a(F) \times t^{b(F)}$ ce programme donne en tout point du réseau un débit maximal, un diamètre du collecteur, une côte d'implantation, la ligne piézométrique. Il permet de tracer automatiquement les profils en long et de réaliser les métrés.

- Calcul manuel : les études pluviométriques réalisées en 1982 à partir de relevés significatifs des stations d'observations ont permis de régionaliser les averses en trois zones.

Pour un assemblage de bassin, un tableau donne la pente, l'allongement, le coefficient de ruissellement et la superficie équivalents.

La formule superficielle repose sur l'hypothèse que le bassin drainé est entièrement urbanisé. Elle n'est donc pas applicable aux bassins non urbanisés ($C < 0,2$). Il convient de calculer séparément le débit de chacun des bassins considérés élémentaires et de trouver le plus fort des débits trouvés.

b) Méthode rationnelle

$Q_F = c \times i \times A$ i = intensité moyenne de durée = tc en i/s ha

i = f (tc,F) F = fréquence

tc = temps de concentration

Cette formule fait apparaître deux paramètres à estimer :

1°) Le temps de concentration

2°) Le coefficient de ruissellement

Temps de concentration tc

$tc = \max (te, + t)$

Deux termes sont à estimer : d'une part un temps d'écoulement en surface qui sera fonction de la topographie et des facteurs physiques et d'autre part un temps d'écoulement de l'eau dans les collecteurs qui s'obtiendra par un calcul hydraulique.

Une formule empirique permet d'estimer le temps d'écoulement en surface.

$$te = \frac{1,1\ (1,1 - C)\ \sqrt{L}}{\sqrt{I}}$$ ce temps n'est qu'une approximation.

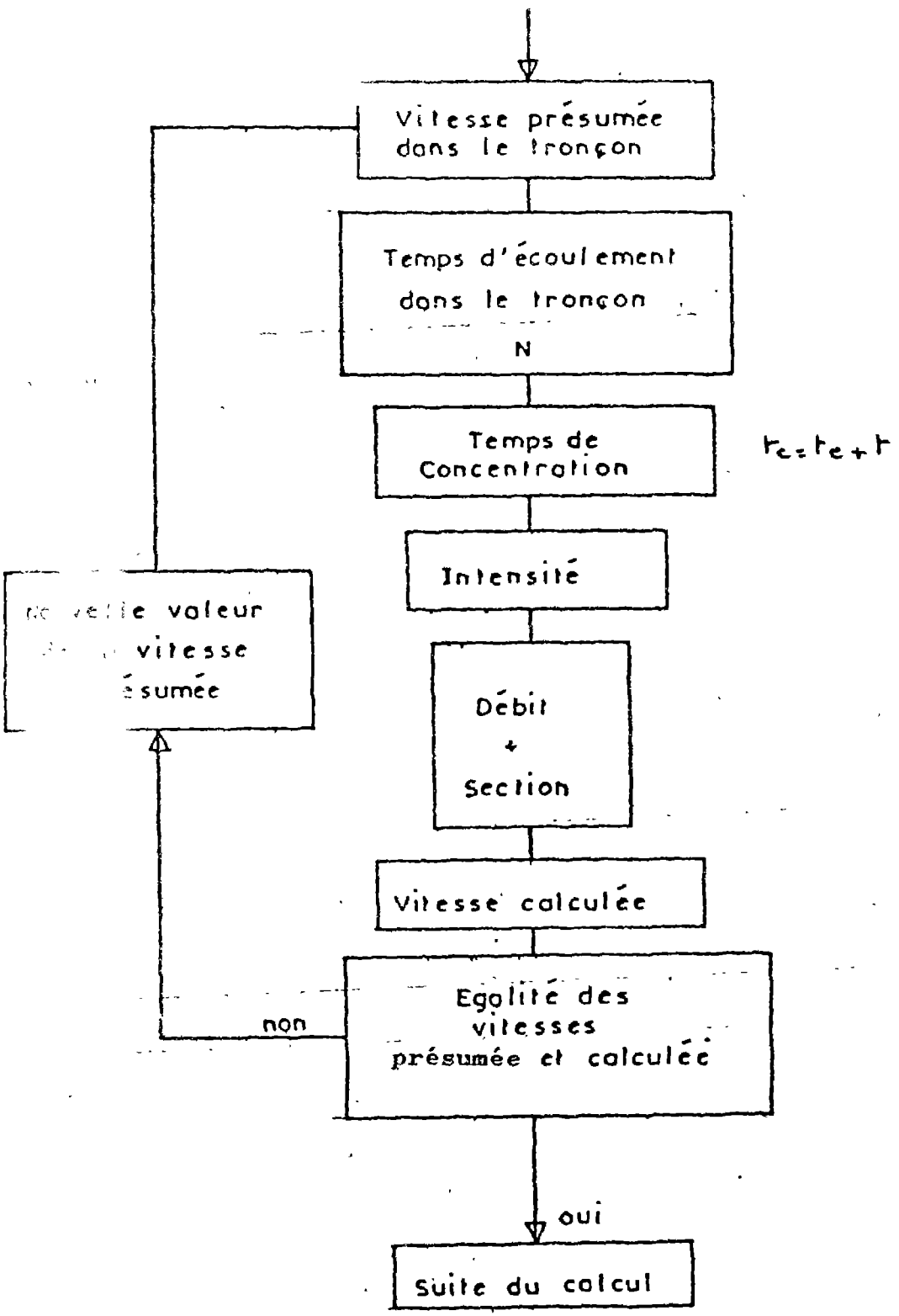
L = longueur en mètre du plus long chemin
I = pente en %
C = coefficient de ruissellement
te en minutes.

- Temps d'écoulement dans les collecteurs : ce temps d'écoulement sera fonction du collecteur, de son état, de son diamètre et du débit qui y transitera. Ce calcul pourra se faire par tronçons successifs, tenant compte des éventuels changements de section ainsi que des augmentations de débits dues aux apports supplémentaires.

$t = \frac{L}{V}$ L = longueur du tronçon
V = vitesse de l'eau dans le tronçon

Voici l'algorithme des temps d'écoulement.

ALGORITHME DES TEMPS D'ECOULEMENT



2.5. Calcul des conduites circulaires

La formule retenue pour le calcul des sections circulaires est la formule des pertes de charges de Prandtl Colebrook.

$$V = 2 \left[\text{Log} \left(2{,}51 \times \gamma / \left(D \sqrt{2g \times I \times D} \right) + k/(3{,}71 \times D) \right) \right] \times \sqrt{2gID}$$

V = vitesse d'écoulement en m/s

γ = coefficient de rugosité

D = diamètre de la section circulaire ou D = 4R pour des sections non circulaires R = rayon hydraulique (en m) de la section.

g = accélération de la pesanteur g = 9,81 m/s^2

i = pente de ligne piézométrique

k = rugosité de la paroi en mm
les valeurs de k sont obtenues selon la nature des conduites.

2.6. Calcul des canaux à ciel ouvert

La formule de Manning Strickler sera retenue pour le calcul des sections des canaux à ciel ouvert.

$$V = k\ (R)^{2/3}\ I^{1/2}$$

R = rayon hydraulique

I = pente %

Les valeurs de k sont les suivantes :

- canaux à parois en béton k = 55 à 75
- canaux non revêtus mais entretenus k = 45
- canaux à l'état naturel k = 35
- tuyaux en PVC k = 120

3. DIMENSION DES CONDUITES

Dans ce chapitre, sont donnés les diamètres nominaux des divers types de réseaux : unitaire, eaux pluviales, eaux usées, descente de toitures.

4. CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DES RESEAUX UNITAIRES

4.1. Conditions de pente et vitesse d'autocurage

Un réseau unitaire doit être autocureur c'est-à-dire être conçu pour que les sables soient entraînés par les débits pluviaux atteints assez fréquemment et pour que les déchets fermentescibles soient également entraînés par le débit moyen des eaux usées. Une vitesse de 0,30 m/s minimum est exigée.

Les pentes doivent être choisies pour les vitesses maximales afin d'éviter la dégradation des joints.

4.2. Conditions de profondeur

La profondeur des ouvrages doit permettre le raccordement des immeubles riverains au moyen d'une pente suffisante débouchant autant que possible un peu au dessus du plan d'eau de temps sec dans l'égout public.

4.3. Emissaire d'évacuation du collecteur général et des déversoirs d'orage.

Pour limiter la taille des collecteurs, des déversoirs d'orage seront mis sur le parcours, réglés en fonction de la dilution admise. De plus le niveau aval de l'émissaire sera réglé sur les plus hautes eaux du milieu récepteur.

5. CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DES RESEAUX SEPARATIFS

5.1. Evacuation des eaux pluviales

L'orientation du réseau se fera selon les plus grandes pentes en favorisant au maximum le ruissellement en surface. Les conditions d'autocurage seront moins impératives mais il faudrait limiter les pentes pour éviter, avec de grandes vitesses, la dégradation des ouvrages ($V < 5$ m/s). La profondeur ne dépassera pas plus de 4 m sauf cas exceptionnel.

5.2. Evacuation des eaux usées

Les conditions d'autocurage (0,3 m/s), de pente maximale, d'étanchéité et de profondeur seront respectées.

6. LES OUVRAGES ANNEXES

L'instruction technique donne une liste détaillée des ouvrages annexes avec leur fonctionnement. Il s'agit :

- des regards de visite
- des avaloirs et bouches d'égouts
- des branchements
- des déversoirs d'orage et bassins de dessablement
- des siphons et postes de relèvement
- des conduites de refoulement et des chasses automatiques, etc...

L'instruction proscrit les chasses automatiques compte tenu de leur coût d'exploitation.

7. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES CONDUITES ET DES OUVRAGES ANNEXES.

Les prescriptions du FASCICULE 70 du CCTC TRAVAUX PUBLICS "Canalisations d'assainissement et ouvrages annexes" référence 78 - 1078 du 2.10.1978 (réglementation française) seront respectées.

8. LES BASSINS DE RETENUE D'EAUX PLUVIALES

A côté des considérations de topographie, d'environnement, le choix du bassin doit être fait après une étude financière des solutions avec ou sans bassin de retenue intégrant dans le bilan le coût d'exploitation. En Côte-d'Ivoire, le transport solide de toute nature (sables, ordures ménagères, déchets divers) est très important et entraîne des sujétions d'exploitation considérables.

Une méthode de calcul du volume utile du bassin a été exposée en annexe de l'instruction.

9. REGLEMENTATION SANITAIRE POUR L'ASSAINISSEMENT AUTONOME

Une documentation a été remise au CIEH concernant cette partie de l'exposé. Il existe aussi une instruction technique pour les stations d'épuration des eaux usées.

PROGRAMME DE COLLECTE D'INFORMATION

INFORMATIONS SUR LE PROJET DE MESURES PLUVIOMETRIQUES ET DEBIMETRIQUES SUR LE SITE URBAIN DE YAOUNDE

par

Nestor BEMMO (*)

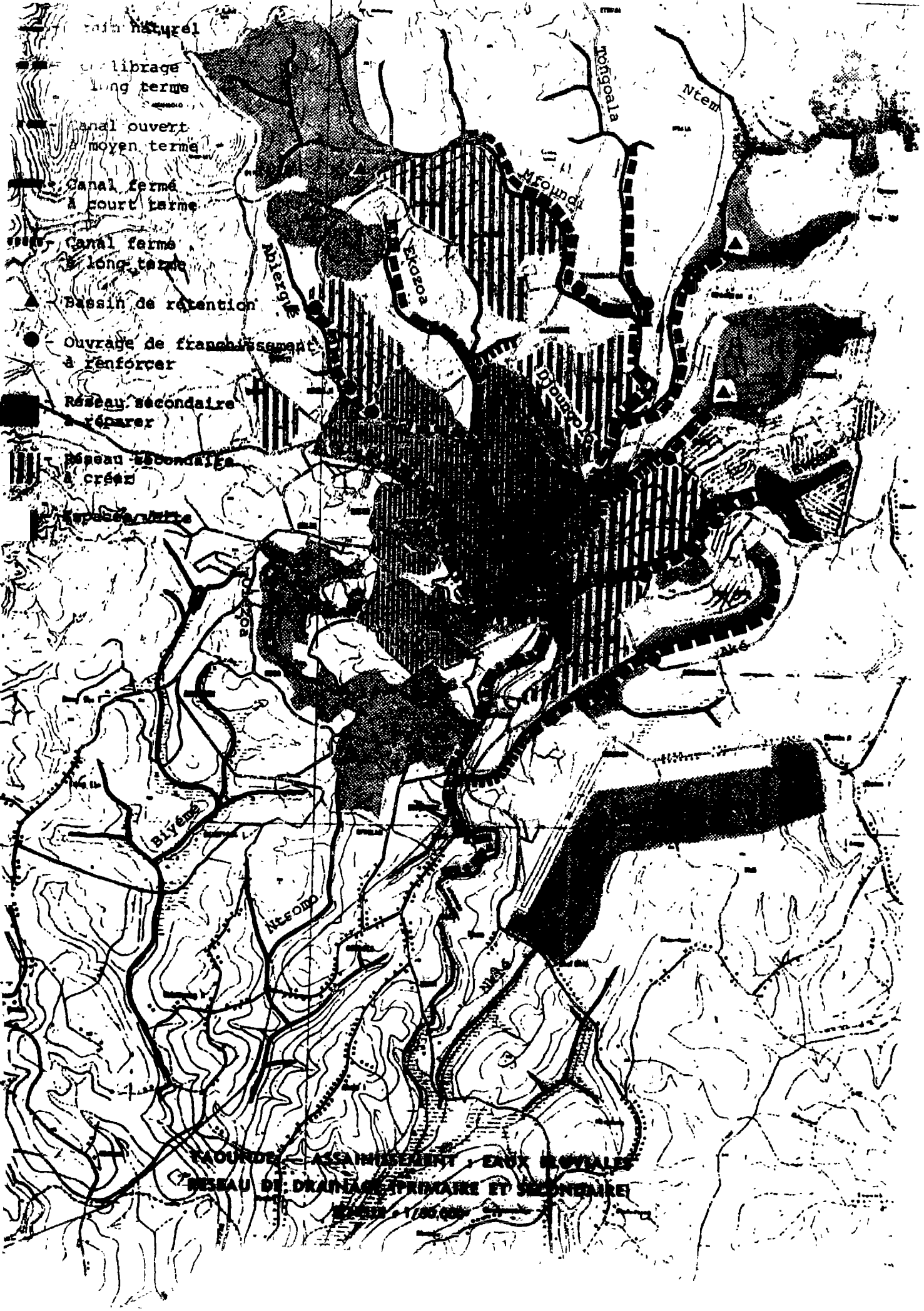
-==o==-

Une des caractéristiques les plus importantes des problèmes d'assainissement pluvial urbain en Afrique réside dans l'absence des modèles tenant compte des paramètres hydrologiques (pluies, caractéristiques physiques du site), urbanistiques et économiques locaux, et l'utilisation des méthodes en usage dans les pays industrialisés sans vérifications expérimentales réelles ni calage à partir de celles-ci.

La plupart des Bureaux d'Etudes Techniques utilisent soit la formule de CAQUOT, soit la formule rationnelle pour dimensionner les ouvrages d'assainissement pluvial urbain, souvent réalisés à l'occasion d'opérations ponctuelles d'aménagement des quartiers neufs ou des quartiers à restructurer. Pourtant ces formules n'ont aucune assise expérimentale. La formule de CAQUOT qui suppose des conduites ovoïdes ou circulaires enterrées et qui tient compte de l'effet du stockage dans les dépressions du sol du bassin considéré et dans les réseaux s'emploie pour dimensionner les réseaux de drainage à ciel ouvert (caniveaux et collecteurs à section trapézoïdale ou rectangulaire) d'un site urbain dont les bassins versants n'autorisent pas de stockage (cas de la ville de Yaoundé située sur des collines). La formule rationnelle qui ne tient compte ni de l'effet du stockage des eaux de ruissellement dans les dépressions du bassin et dans le réseau, ni des caractéristiques physiques réelles du site, s'utilise aussi parfois à tort (cas de la ville de Douala située en grande partie sur un site plat). Par ailleurs ces méthodes qui ne donnent que le débit maximum à l'exutoire d'un bassin versant ne permettent pas l'intégration des ouvrages particuliers tels que les bassins de régulation dont la conception nécessite la connaissance de l'hydrogramme afférent à une averse (actuellement le schéma de l'assainissement pluvial général de Yaoundé prévoit à long terme trois bassins de rétention à l'amont du Centre Commercial).

La tentative d'utiliser des programmes de dimensionnement des ouvrages d'assainissement (tels que RERAM, CIUDA, CAREDAS, SERAIL, SIREA, CEDRE, ...), qui en réalité constituent un enchevêtrement des modèles (modèles pluviométriques, modèles de ruissellement, modèles de transformation des hydrogrammes par les ouvrages particuliers) est aussi très poussée

(*) Enseignant - Chercheur. Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé (Cameroun).


Cours d'eau naturel
Canal bétonné à long terme
Canal ouvert à moyen terme
Canal fermé à court terme
Canal fermé à long terme
Bassin de rétention
Ouvrage de franchissement à renforcer
Réseau secondaire à réparer
Réseau secondaire à créer
Espace urbanisé
Tongoala
Ntem
Mfoundi
Ekoga
Abiergué
Mbouma
Biyémé
Nsomo
Mvog
FAOURDE - ASSAINISSEMENT - EAUX PLUVIALES
RESEAU DE DRAINAGE PRIMAIRE ET SECONDAIRE
ECHELLE : 1/50.000

dans les Bureaux d'Etudes Techniques en Afrique. D'où accumulation des erreurs, étant donné que ces modèles ne tiennent pas compte des paramètres locaux.

L'élaboration des différents modèles et leur calage tenant compte de ces paramètres locaux nécessitent d'équiper les bassins urbains africains d'appareils de mesures pluviométriques et débimétriques, de maîtriser les caractéristiques urbanistiques et physiques de ces bassins et leur évolution dans le temps et dans l'espace.

Compte tenu de ce qui précède, le Laboratoire Aménagement Urbain de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé (Cameroun) a envisagé une campagne de mesures pluviométriques et débimétriques sur le site urbain de Yaoundé (une des villes du Cameroun où le problème de drainage se pose avec acuité, l'autre étant Douala), son extension future étant orientée sur le site de Douala.

Cette campagne de mesures fait partie d'un projet de recherche intitulé "Hydrologie urbaine : Assainissement pluvial et relation avec le développement urbain", en cours d'exécution par ce Laboratoire.

LES OBJECTIFS DE CE PROJET DE RECHERCHE SONT LES SUIVANTS :

1. OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

- Modélisation des différents phénomènes intervenant en hydrologie urbaine et simulation des écoulements dans les réseaux.

. pluies et pertes

. urbanisation des bassins versants

. ruissellement urbain

. écoulement en réseaux hydrographiques naturels et dans les ouvrages.

- Elaboration des modèles de dimensionnement des réseaux d'assainissement pluvial et de simulation des écoulements dans ceux-ci, tenant compte des caractéristiques hydrologiques, physiques et urbanistiques des sites de Yaoundé et de Douala.

2. OBJECTIFS ECONOMIQUES

- Optimisation du couple "Coût des réseaux - Risques qu'occasionnerait leur défaillance" (inondations, interruption de la circulation, pollution, dégâts matériels).

3. AUTRES OBJECTIFS

- Mise au point d'outils pour la planification et la gestion urbaines en matière d'assainissement.

- Modélisation de la pollution urbaine.

DIFFERENTES PHASES DE L'OPERATION

Phase A

- Mesures pluviométriques et débimétriques sur les bassins urbains (Yaoundé et Douala).

- Recueil et analyse des modèles existants et étude critique de leur utilisation dans le milieu concerné (Yaoundé et Douala).

Phase B

- Etude des caractéristiques hydrologiques du milieu (pluie, climat, relief, ...).

- Etude des caractéristiques du réseau existant et des modèles utilisés pour leur dimensionnement, urbanisation correspondante, structures humaines de conception, de réalisation, de gestion.

Phase C

- Elaboration des modèles adaptés et des programmes de calcul à utiliser.

- Problème de prévision des équipements d'assainissement pluvial à partir des documents d'urbanisme propres aux sites urbains considérés.

- Mesures de la pollution urbaine et construction des modèles de prévision et de contrôle.

PROGRAMME DES TRAVAUX DE 1984-1985 EN COURS D'EXECUTION

- Objectif : Réaliser les phases A et B à 50 %

- Le programme des travaux de 1984-1985 se compose des différentes parties suivantes :

a) Analyse descriptive de la situation actuelle de l'assainissement de Yaoundé (études bibliographiques, enquête et dépouillement des documents existants, système actuel de drainage, etc...).

b) + Dépouillement des enregistrements pluviométriques de la station Météo de l'Aéroport de Yaoundé (1952-1984).

+ Etude des courbes "Intensité-Durée-Fréquence" des averses à partir de ces données et vérification de celles établies par le Service Météo en 1979 pour la ville de Yaoundé, ainsi que les courbes "Hauteur-Durée-Fréquence" établies par le CIEH pour le même site.

+ Etude de la forme des averses.

c) Installation de 6 (six) pluviographes à augets basculeurs (type R05-3025 Précis-Mécanique) à enregistrement sur papier,
et de 6 (six) limnigraphes pneumatiques (type 20.500 A.CTT à enregistrement sur papier.

d) d-1) Etude de l'urbanisation des différents sous-bassins de Yaoundé (exploitation des études existantes, des photographies aériennes, des cartes et des plans), de leurs caractéristiques physiques (découpage des sous-bassins en parcelles homogènes en type d'écoulement, en revêtement, en pente ; études topographiques, étude des différents types d'habitat, etc...) et influence sur la nature et le débit de ruissellement.

d-2) Prise en compte des tendances actuelles et futures du développement et de l'extension du site urbain de Yaoundé.

d-3) Démarrage des études théoriques et expérimentales des temps de concentration des différents sous-bassins à partir des premières mesures pluviométriques et débimétriques, et de l'analyse des caractéristiques urbanistiques et physiques de ces sous-bassins.

Les travaux correspondant aux phases a) et b) sont achevés. Les pluviographes et les limnigraphes déjà achetés ne sont pas encore arrivés à Yaoundé.

Leur installation demandant des soins et du temps, les premières mesures ne pourront avoir lieu qu'au début de la saison pluvieuse de 1986. Concernant les phases d-1 et d-2, elles sont en cours d'exécution.

APPAREILS ET METHODES DE MESURES RETENUS

Actuellement Yaoundé couvre une douzaine de bassins comportant chacun un réseau hydrographique naturel ramifié. Sur ces bassins se sont développés divers types d'urbanisation et d'habitat (traditionnel, résidentiel, évolutif, économique, etc.) qui leur donnent un caractère hétérogène. Ce critère, associé aux différents types de réseau d'assainissement pluvial existant (réseau hydrographique naturel, réseau artificiel enterré ou à ciel ouvert) et à la taille du bassin considéré a permis de choisir les emplacements des différents appareils de mesures. La taille des bassins à équiper de pluviographes et de limnigraphes varie de 350 à 800 ha. Le nombre d'appareils de mesures retenu pour le site de Yaoundé (y compris les zones périphériques de recasement, les zones d'extension de la MAETUR et de la S.I.C., et les zones d'extension normale) s'élève à 15 pour les pluviographes à augets basculeurs et à 14 pour les limnigraphes pneumatiques.

Devant cette opération de mesures pluviométriques et débimétriques, nous avons pensé à plusieurs types de problèmes qui pourraient se poser :

- les problèmes pratiques concernant les mesures proprement dites ;
- les problèmes de stockage des données ;
- les problèmes d'utilisation de ces données.

PROBLEMES DES MESURES

Pour les pluviographes enregistreurs à auget basculeurs, lorsqu'il y a des précipitations, l'eau interceptée par le cône récepteur s'écoule dans un auget qui, lorsqu'il est rempli, bascule et entraîne l'auget suivant à la réception de l'eau. L'utilisation d'un contacteur à mercure peut permettre, à partir d'un circuit électrique, l'enregistrement continu sur une minicassette. Dans ces conditions on peut assister aux disfonctionnements du système liés à la fragilité du circuit électrique (problèmes d'alimentation des enregistrement, parasitage des données, coupure de courant, etc...), au mauvais fonctionnement de l'enregistreur (non déroulement de la cassette par exemple) et des contacteurs à mercure posés à l'intérieur même des pluviographes. A ces problèmes il faut ajouter celui lié à la synchronisation de ces pluviographes et au fait que chacun d'eux avec son environnement particulier constitue un cas d'espèce.

Toutefois ce mode de mesure permet une exploitation facile et plus précise des données et un stockage non encombrant de celles-ci. Compte tenu d'une part de ce paramètre et du fait que les enregistrements sur papier engendrent beaucoup d'erreurs d'appréciation lors de leur dépouillement, et d'autre part que la masse des données pluviométriques est souvent importante, ce mode de mesure a été retenu.

Concernant les limnigraphes pneumatiques à enregistrement sur papier, ils ont été retenus à cause de certains avantages qu'ils présentent par rapport aux limnigraphes à flotteur :

+ Economie sur les frais de génie civil relatif au puits de flotteur et au tube de communication et suppression des problèmes d'entretien de ce puits.

+ Possibilité de monter l'appareil à une assez grande distance de l'exutoire du bassin considéré ; ce qui permet d'éviter les problèmes d'acquisition de l'espace d'implantation.

+ Autonomie d'alimentation en énergie électrique (utilisation des piles sèches ou d'une batterie-tampon de secours pour un branchement sur secteur).

+ Vitesse d'avance de papier pouvant atteindre 300 mm/h.

PROBLEME DE STOCKAGE ET D'UTILISATION DES DONNEES

Compte tenu de la masse des données pluviométriques, l'utilisation des moyens informatiques est envisagée pour le stockage et l'exploitation de celles-ci. Pour faciliter la récupération et l'exploitation ultérieure des informations le support de stockage définitif retenu est la disquette. Cette tâche ne sera pas facile. Non seulement nous pourrions avoir des problèmes de matériel informatique relatif à cet effet, mais aussi de structure d'information pouvant rendre impossible un transfert direct. De ce fait, nous envisageons créer un support intermédiaire (cassettes d'enregistrement), et des logiciels de transfert, de vérification et de correction des données.

En ce qui concerne l'utilisation des données, il convient de distinguer deux phases : la sélection des évènements pluvieux intéressant l'hydrologie urbaine et leur représentation. Les évènements pluvieux intéressants sont ceux susceptibles d'entraîner en un point du réseau (réseau hydrographique naturel ou réseau artificiel) la saturation et le débordement suivis des inondations. Pour cette phase, la mise sur pied des programmes est envisagée.

Pour avoir du temps permettant d'apporter des solutions aux problèmes évoqués ci-dessus, le démarrage (pendant les deux premières années) s'effectuera avec des enregistrements sur papier.