

1856

14186



**Bulletin de Liaison**  
**du**  
**Comité Interafricain**  
**d'Etudes Hydrauliques**

SIEGE SECRETARIAT GENERAL — Boîte Postale 369 OUAGADOUGOU BURKINA FASO Téléphone 33-35-18 & 33-34-76  
 ABONNEMENT : 4 Numéros par an : 5 000 F CFA en Afrique. 6 000 F CFA ailleurs

**SOMMAIRE**

N° 61 — JUILLET 1985

<b>EDITORIAL</b>		1
<b>ETUDES TECHNIQUES</b>	Implantation de forages — Contribution de la méthode VLF en zone de socle	2
	Eau potable et Assainissement dans les grandes villes des pays en voie de développement	12
	Optimisation de la profondeur des forages en zone de socle	31
<b>INFORMATIONS</b>	Nouvelles brèves	47
	Acquisitions récentes du Centre de Documentation et d'Information du CIEH	50

EDITORIAL

Le Séminaire International sur l'Assainissement Urbain en Afrique de l'Ouest et du Centre, initié par le CIEH, s'est réuni à Niamey du 20 au 25 mai 1985.

La synthèse des discussions a débouché sur trois séries de conclusions visant à développer le secteur :

- des recommandations à l'endroit des responsables en matière d'assainissement urbain dans les Etats Membres ;
- des recommandations à l'endroit du CIEH ;
- la constatation de la nécessité d'entreprendre un programme régional d'actions pilotes.

Le compte rendu de ce Séminaire sera largement diffusé et le bulletin de liaison de décembre 1985 sera un numéro spécial consacré à l'assainissement.

\*

\* \* \*

La partie technique du présent bulletin comprend :

- un exposé sur la contribution de la méthode VLF (Very Low Frequency) à l'implantation de forages en zone de socle ;
- une note de réflexion sur les problèmes de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement dans les grandes villes des pays en voie de développement ;
- un exposé sur l'optimisation de la profondeur des forages en zone de socle.

Le Secrétaire Général /

## IMPLANTATION DE FORAGES

### CONTRIBUTION DE LA METHODE VLF EN ZONE DE SOCLE

par

J.C. ANDREINI, E. BIAIS, L. BOURGUET, M. GUERBOIS (\*)

-----o-----

Le présent article a déjà été publié dans le Bulletin du B.R.G.M. (Hydrogéologie, Géologie d'Ingénieur n° 4 - 1984) ; il a été ici, dans un souci de clarté, légèrement complété de remarques concernant la méthode de FRASER.

En raison de sa rapidité et de sa légèreté, l'emploi de la méthode V.L.F. commence à se développer en Afrique pour l'implantation de forages d'eau dans le socle cristallin fracturé ; il subsiste encore cependant de fortes indéterminations au moment de choisir les anomalies les plus intéressantes pour implanter un forage.

Dans le cadre du projet d'Hydraulique Villageoise du Conseil de l'Entente, en République Populaire du Bénin, la campagne de prospection réalisée par une équipe géologique du B.R.G.M., a comporté, notamment en Atacora, l'étude par les méthodes V.L.F. et trainé électrique de 60 sites présumés difficiles parmi lesquels 45 ont donné lieu finalement à la réalisation d'un forage.

Lors de l'analyse des résultats de la campagne, on s'est attaché à examiner la forme des anomalies V.L.F. obtenues. Il a été possible de déduire une forme d'anomalie "type" pour laquelle les chances de succès apparaissent très nettement plus élevées qu'ailleurs.

---

(\*) BURGEAP S.A. 70, rue Mademoiselle - 75015 PARIS, FRANCE.

## 1. PRINCIPE DE LA METHODE ELECTROMAGNETIQUE

### 1.1. Généralités

Lorsqu'une onde électromagnétique pénètre dans le sol, elle induit dans tout corps conducteur enfoui des courants de FOUCAULT ; ces courants engendrent un champ magnétique qui perturbe le champ magnétique primaire de l'émetteur.

Le principe de la méthode consiste à mesurer à la surface du sol les déformations du champ primaire afin de détecter la présence de conducteurs souterrains (filons ou zones de fracture).

Cette méthode nécessite donc un émetteur (qui crée le champ primaire) et un récepteur (qui permet de mesurer les paramètres du champ résultant).

### 1.2. Méthode V.L.F.

La méthode utilise les ondes émises par des émetteurs très puissants (300 à 1.000 KW) souvent éloignés de plusieurs milliers de kilomètres qui transmettent des messages aux sous-marins ne désirant pas faire surface. Ces ondes ont une fréquence radio très faible (15 à 25 KHz) d'où leur nom (Very Low Frequency).

L'appareil utilisé pour la campagne (SYSCAL V.L.F.) mesure les composantes du champ et déduit par calcul le paramètre  $\text{tg } \theta$  (inclinaison, sur l'horizontale, du grand axe de l'ellipse de polarisation du champ au niveau du sol) exprimé en %.

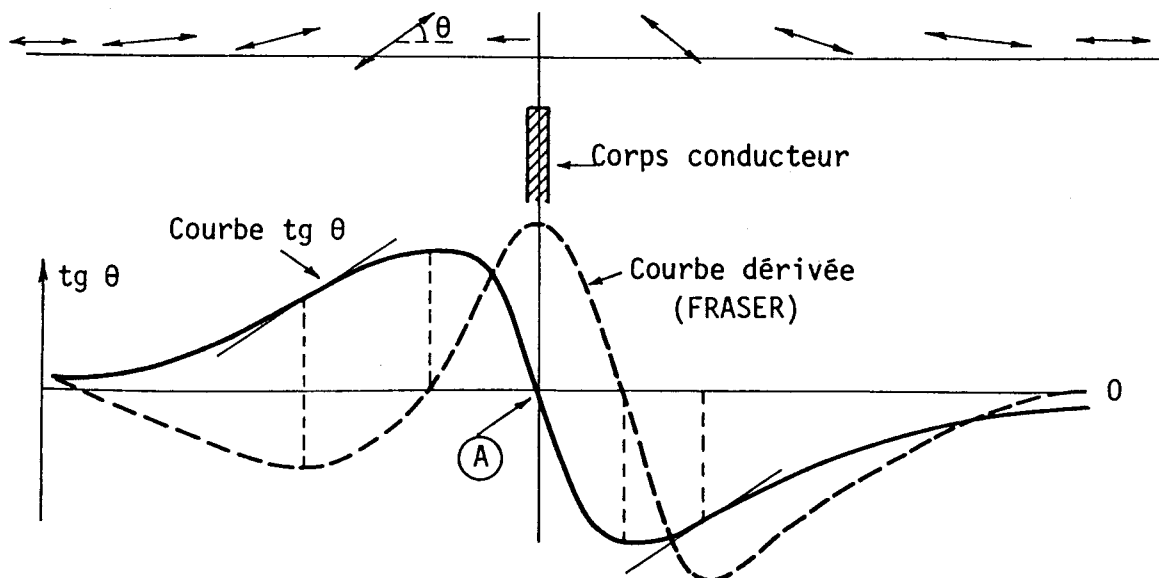


Fig.1. Variation de l'inclinaison du champ près d'un conducteur (l'émetteur est dans une direction perpendiculaire au plan de la figure)

La structure conductrice se situe à l'aplomb du point d'inflexion A ; pour rendre la courbe plus aisément interprétable, FRASER a imaginé de la dériver, ce qui transforme le point d'inflexion A en un maximum plus facilement perceptible, puis de lisser la courbe dérivée en attribuant à chaque point la valeur moyenne des 4 mesures qui l'entourent. L'anomalie FRASER finalement obtenue, est présentée figure 1 et figure 2.

Ce système de prospection est sujet à de nombreuses contraintes :

- il ne s'applique qu'à des zones de fractures dont l'orientation est sensiblement dans la direction d'un émetteur ;
- il est tributaire du fonctionnement de l'émetteur (interruptions imprévisibles ou disparition totale des émissions, contraintes horaires) ;
- sa profondeur d'investigation (de l'ordre de 25 m) limite son utilisation à la prospection de fractures en zones de faible épaisseur d'al-tération.

Par contre sa mise en oeuvre est facile, ne nécessite qu'un seul opérateur, et les mesures sont très rapides (1 à 2 minutes par mesure).

## 2. RESULTATS DE LA CAMPAGNE

### 2.1. Principe de prospection

La région de l'Atacora est essentiellement constituée de gneiss. Cette formation est considérée comme hydrogéologiquement difficile (notamment d'après des campagnes de forages au Togo tout proche). De plus, une sélection des villages à prospector par géophysique avait été faite à partir d'une première photo-interprétation et en tenant compte des échecs en forages rotary de la campagne Wakuti de 1975.

Au niveau du village : une photo-interprétation guidait le géophysicien sur la ou les fractures à rechercher (dans cette campagne le point d'eau devait être créé à moins de 200 m du village) ;

- si la fracture recherchée se situait dans la direction du seul émetteur fiable : N.A.A. (Etats Unis 17,8 KHz), un profil V.L.F. au pas de 10 m était réalisé ; en cas de recherche fructueuse, le profil était doublé, parallèlement à lui-même ; le profil de résistivités était réalisé ensuite ;
- dans les cas où la photo-interprétation était peu révélatrice, il était exécuté un long profil V.L.F. en travers du village perpendiculairement à la direction de l'émetteur. Des zones conductrices révélées étaient alors aussitôt contrôlées par la méthode électrique ;

- les fractures dont les directions observées n'étaient pas adaptées à l'emploi du V.L.F. étaient uniquement repérées par des profils de résistivités.

La méthode V.L.F. permet donc :

- de réduire la longueur des profils de résistivités en sélectionnant la zone conductrice ;

- de découvrir rapidement d'éventuelles anomalies dans les cas où la photo-interprétation se révèle inefficace.

## 2.2. Résultats

Dans la région Atacora, 88 forages ont été implantés à partir des méthodes géophysiques, 61 se sont révélés productifs, soit un taux de réussite global de 69,3 %. Ils se répartissent ainsi :

Forages implantés sur anomalie électrique seule } 43 dont 29 positifs (67,4 %)

Forages implantés sur anomalie V.L.F. + anomalie électrique \* } 45 dont 32 positifs (71,1 %)

On observe donc une légère amélioration du taux de succès dans le cas d'une prospection jumelée mais cette amélioration n'est sans doute pas significative.

## 3. INTERPRETATION DES RESULTATS DES IMPLANTATIONS SUR V.L.F.

Les courbes des profils V.L.F. ont toutes été tracées à partir des courbes dérivées des valeurs de  $\text{tg } \theta$  (FRASER) avec des mesures tous les 10 mètres.

---

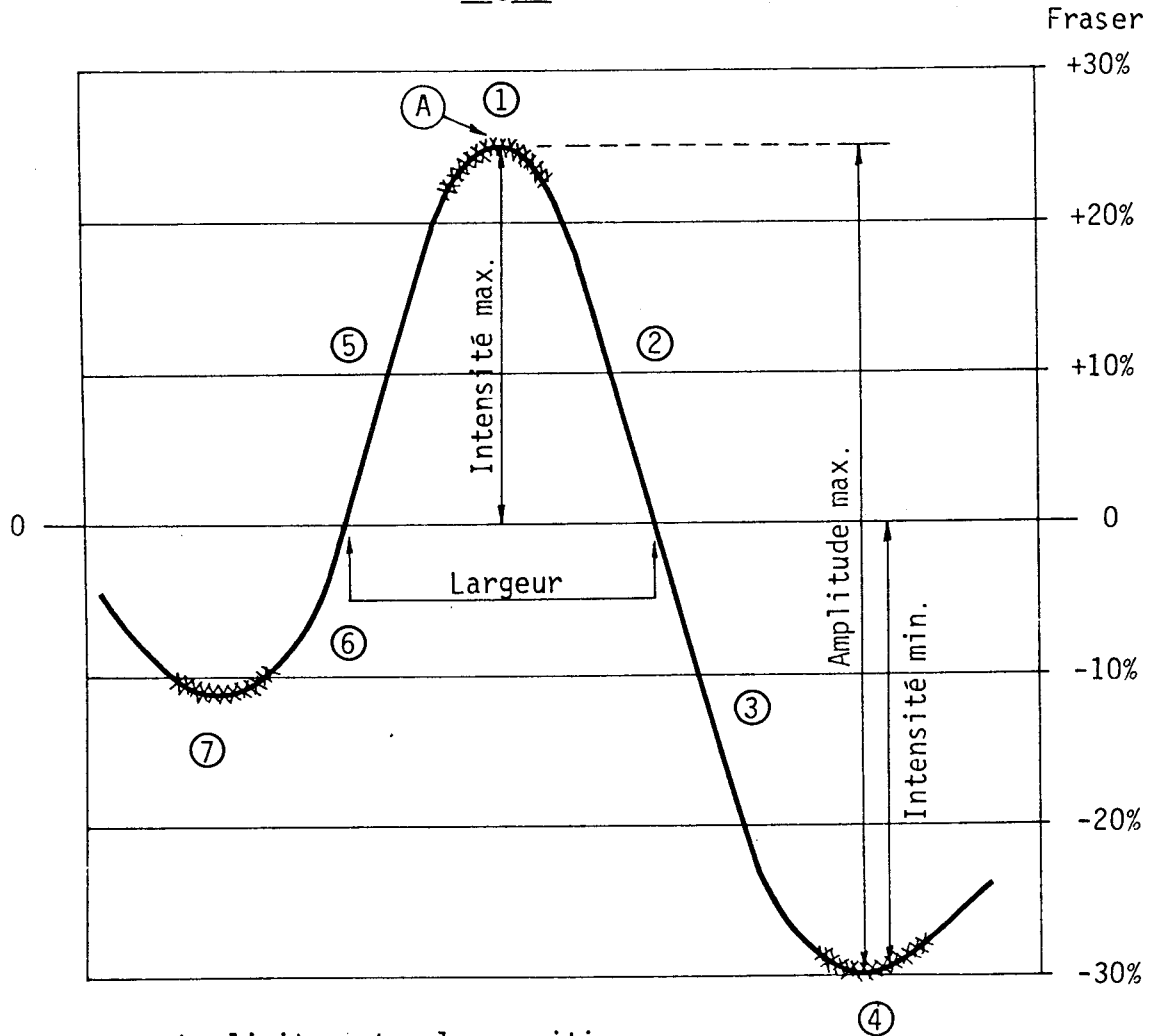
\* chaque anomalie VLF rencontrée a immédiatement été contrôlée au cours de cette campagne, par l'exécution d'un court trainé électrique tiré de part et d'autre du maximum FRASER.

### 3.1. Analyse d'une anomalie V.L.F.

L'observation des différents profils réalisés, montre qu'en général, l'anomalie V.L.F. type se présente sous la forme d'une courbe semi sinusoidale avec 2 minimum très souvent dissymétriques.

Le point 1 sommet de la courbe correspond en théorie au point d'inflexion A de la courbe  $\text{tg } \theta$  (fig. 1) situé au droit du corps conducteur.

Fig.2



La limite entre les positions  
2 et 3 ou 5 et 6 est Fraser = 0, points de  
tangente horizontale de la courbe  $\text{tg } \theta$ .

Le maximum ① coincide avec le point A de la figure 1

Sur le schéma de la figure 2, sont représentés les paramètres pouvant caractériser la forme des différentes anomalies observées, ainsi qu'une numérotation des positions possibles d'implantations du forage sur une telle courbe.

3.2. Influence de la position de l'implantation sur une anomalie V.L.F. (cf. figure 2)

Type de position	1	2	5	3	4	6	7
Forages positifs	22	7	1	-	1		1
Forages négatifs	9	1	-	1	-	1	1
Taux de réussite %	70,9	87,5	-	-	-	-	-
	74 %			(25 %)			

Conformément à la théorie, la majorité des forages ont été implantés au sommet positif de l'anomalie ; on observe toutefois un taux de réussite plus élevé en position positive (2) du côté du minimum le plus accentué.

3.3. Influence de l'intensité du maximum FRASER

Intensité du max. FRASER %	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64
Forage négatif (<0,7m³/h)	-	-	2	3	1	-	2	1	-	-	-	1	-
$0,7 \leq Q \leq 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$	-	-	2	1	3	3	2	-	-	-	1	-	-
$1,5 < Q \leq 5 \text{ m}^3/\text{h}$	-	-	1	1	3	6	-	-	1	1	1	-	-
$Q > 5 \text{ m}^3/\text{h}$	-	-	-	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-
TAUX DE REUSSITE %			60	57,1	87,5	100							
			58,3		94,7		60 %						

N.B. : Ne sont reportés dans ce tableau que les forages implantés en position 1 ou 2.



Il apparaît nettement dans ce tableau que les valeurs du maximum de l'anomalie FRASER doivent rentrer dans la fourchette 20 à 29 % pour qu'une implantation au sommet ou à son voisinage, soit optimale.

3.4. Influence de la largeur de l'anomalie

(pour implantations de type 1 et 2)

Largeur en mètres	10-19*	20-29*	30-39	40-49	50-59	60-69*	70-79*	>80*
Forages négatifs 10		1	1	3	3	1	1	
$0,7 \leq Q \leq 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ 12			6	2	3		1	
$Q > 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ 17		1	5	4	5	1		1
Taux de réussite			91,6	66,6	72,7			
		(50 %)		68 %				

Un forage implanté sur une anomalie dont la largeur est comprise entre 30 et 39 mètres semble présenter le maximum de chance de réussite, les autres résultats portant sur de faibles échantillons sont peu significatifs.\*

3.5. Influence de l'amplitude maximum

(pour implantations du type 1 et 2)

Amplitude en %	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69*	70-79*	80-89*	> 90*
Forages négatifs 10	1	3	2	1	1	1		1	
$0,7 \leq Q \leq 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ 12	-	2	3	3	3			1	
$Q > 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ 18	-	3	4	3	4	1	2		1
Taux de réussite %	-	62,5	77,7	85,7	87,5				
		66,6 %		84,2 %			(66,6 %)		

Un forage implanté sur une anomalie dont l'amplitude est comprise entre 40 et 59 % présente le maximum de chance de réussite.

### 3.6. Conclusions

Les résultats des tris effectués dans les quatre tableaux précédents :

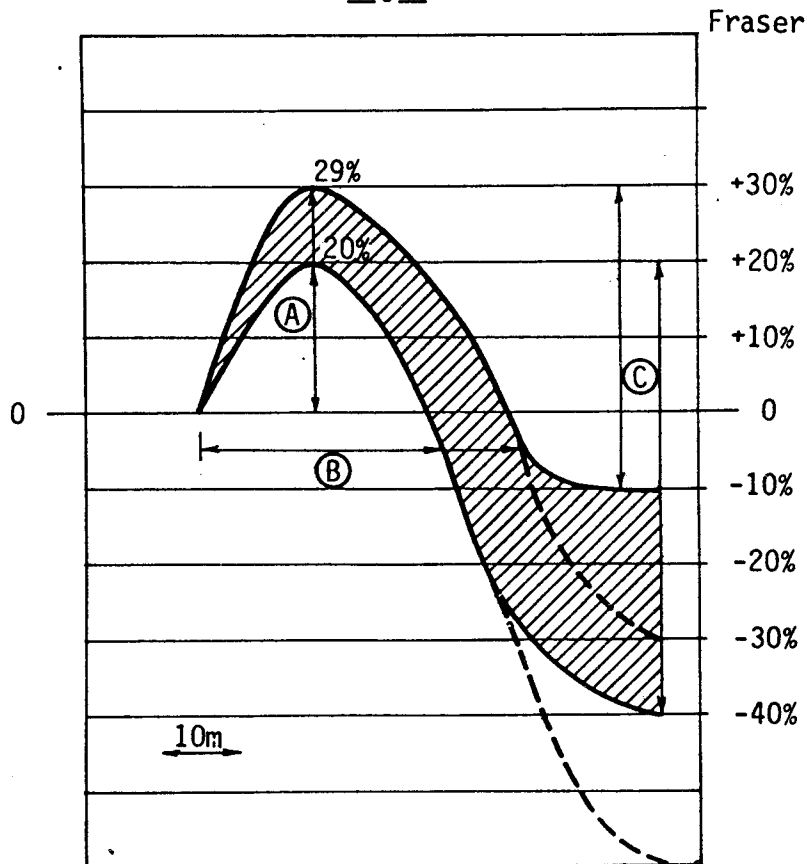
- confirment la position d'implantation en sommet et au voisinage du sommet sur une anomalie V.L.F. ;

- caractérisent une forme idéale d'anomalie par des paramètres, aisément identifiables sur un profil.

La forme de la courbe optimale paraît se situer dans l'enveloppe qui est schématisée sur la figure 3, avec des paramètres suivants :

- A) intensité max du FRASER optimale 20 à 29 %,
- B) largeur optimale de l'anomalie 30 à 39 m,
- C) amplitude maximum optimale 40 à 59 % (et peut-être 60 à 79 %, ce dernier résultat étant à contrôler sur de nouveaux cas).

Fig.3

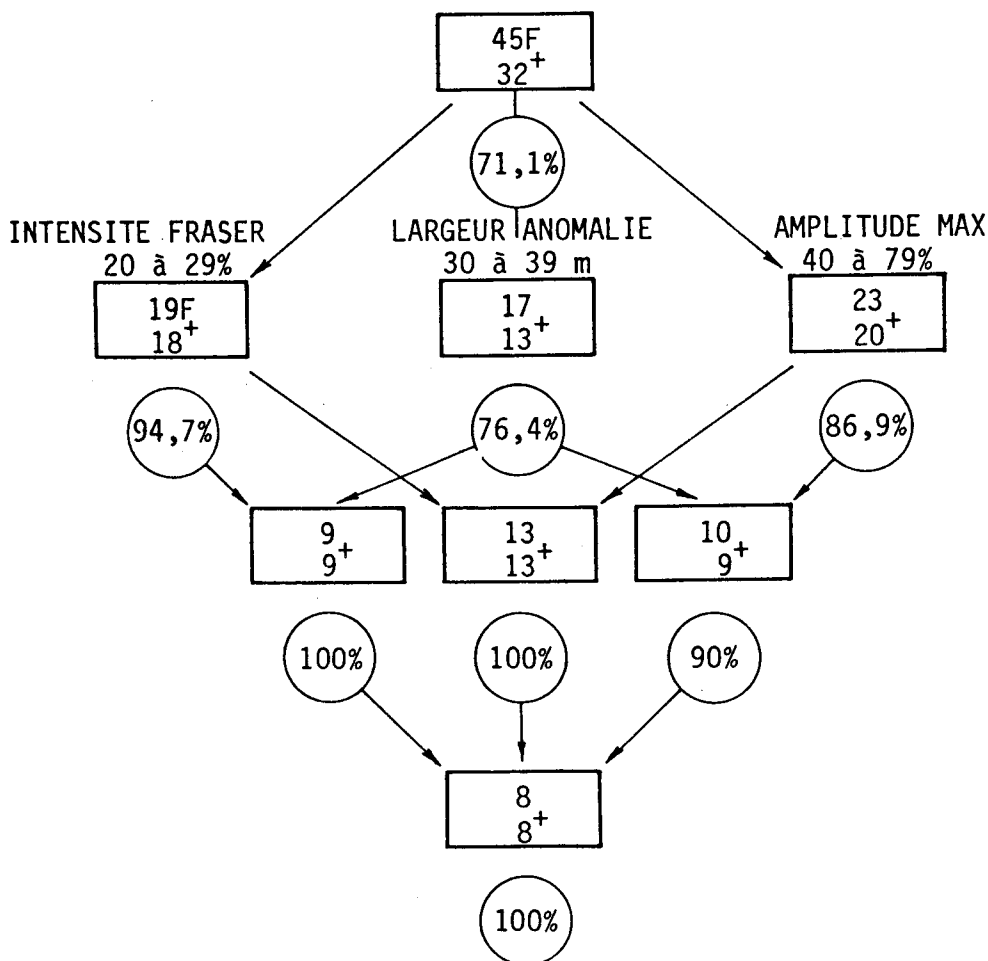


\* Cette forme d'anomalie optimale reportée sur un calque et superposée aux anomalies V.L.F. des 13 forages négatifs réalisés, révèle qu'aucune des anomalies correspondantes ne rentrent dans cette plage théorique déterminée expérimentalement.

\* A partir de la population des 45 forages implantés sur un profil V.L.F., des tris successifs en fonction des valeurs des 3 paramètres relatifs à la forme de l'anomalie permettent de vérifier (cf. organigramme ci-dessous) :

- que si les valeurs des 3 paramètres sont conformes aux normes définies en 3.6., on obtient une population de 8 forages positifs sur 8,

- que dans deux cas sur trois, la réunion de 2 paramètres seulement conduit à 100 % de réussite.



#### 4. CONCLUSIONS

La région Atacora qui a été choisie pour tester la méthode, rentrait bien dans le domaine d'utilisation du V.L.F. ; en effet, en raison de la profondeur moyenne d'altération (20,2 mètres), la faible profondeur d'investigation de cet appareil ( $\approx 25$  m) permet encore de déceler des anomalies conductrices aux sein du substratum.

Sa mise en oeuvre facile, et la rapidité des mesures, permettent aux environs immédiats du village, de localiser plus précisément les anomalies et par conséquent d'économiser du temps en faisant moins de mesures électriques.

En absence de fractures visibles sur photos, on peut encore avec cette méthode, découvrir une anomalie avec une économie de temps considérable.

Comme il n'est pas nécessaire de tirer des lignes électriques, on peut enfin effectuer des profils de recherche même en zones difficiles (habitations, végétations).

La campagne du Projet du Conseil de l'Entente au Bénin a contribué à déterminer la forme optimale d'une anomalie V.L.F. type à rechercher pour implanter un forage d'eau productif. Toutefois, en raison du nombre relativement réduit de cas observés, les conclusions de cette étude ne sauraient être généralisées actuellement ; elles devraient faire l'objet de vérifications statistiques à la faveur des prochaines campagnes.

-----

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

par

M. 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, voiries, ...), 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.

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.

---

(\*) Ingénieur des Ponts et Chaussées, Plan Urbain, 64, Rue de la Fédération, Paris 15<sup>e</sup>, France.

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

(\*\*\*) PED : pays en développement.

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 excréta 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 excréta 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 physicochimiques 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 gîte.

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'excrétas 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 excréments 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'utilisateur 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 excréments 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 excréments est à même de réduire l'occurrence 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 excréta, 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 excréta.

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 réglementations 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 excreta (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 freine 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 :

- . efficacité de la programmation urbaine 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,
- . nécessité de structure décisionnelle centralisée ayant cependant autorité directe sur le terrain,
- . efficacité d'une gestion foncière.

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, nettoyage 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 dysfonctionnements 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 entraînait des dysfonctionnements 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 entraîne rapidement une modification des circuits de collecte des eaux intérieures 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 doit 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 même 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 périurbaines 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 étymologie "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 ban-  
nissement.

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 ROCHFORD actuellement en cours d'édition. Cette enquête étudie les modes d'approvisionnement en eau et les modes d'évacuation des excréments et eaux usées.

Mode d'approvisionnement	Branchements privés	Bornes fontaines	Sources	Puits	(Pluie)
<u>EAU DE BOISSON</u>					
Nombre d'usagers	2	17	7	9	(4)
%	5,7	48,6	20	25,7	-
<u>EAU DE CUISINE</u>					
Nombre d'usagers	2	2	7	24	(2)
%	5,7	5,7	20	68,5	-
<u>EAU DE TOILETTE ET DE LESSIVE</u>					
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 excréta

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 !



- sur le plan foncier :

les procédures d'attribution de terrains passent par des circuits joignant le droit coutumier, au racket 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 quelque 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 m<sup>2</sup> 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.

- sur le plan juridique général :

même dans les bidonvilles les plus illégaux, les plus temporaires, les plus démunis, il existe des réglementations, des procédures de fait. Réglementations 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 excreta, ..., 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 proposées, 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 pièces, 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'emploieraient-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 excréta 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 excréta 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 excréta.

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 esquissé :

- 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'utilisateur 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 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 :
  - . calage des niveaux hydrauliques,
  - . dispositif d'introduction des excréta,
  - . 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 maintenir 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 à 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 à priori. Seul le projet associant dans un respect réciproque, 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'agrégera 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 répliquabilité 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.

---

OPTIMISATION DE LA PROFONDEUR DES FORAGES  
EN ZONE DE SOCLE

par

L. BOURGUET, JP. MARY, Y. VAILLEUX (\*)

-----

Cette communication, déjà parue pour l'essentiel dans le bulletin du B.R.G.M. (Hydrogéologie - Géologie de l'Ingénieur n° 4 - 1984), a été légèrement modifiée ici dans un souci de clarté, et complétée, en y incorporant les courbes d'optimisation en fonction de la profondeur totale des ouvrages.

Elle résulte d'un travail effectué sur les résultats de 532 forages réalisés en 1983-1984, dans le nord du Bénin, dans le cadre de la première phase du programme d'Hydraulique villageoise du Conseil de l'Entente.

Il faut souligner que cette optimisation est fondée sur une campagne obéissant à une stratégie délibérée de situer ces forages le plus près possible des villages (88 % des forages positifs réalisés sont situés à moins de 200 mètres des habitations) et aucun forage n'a été implanté à plus de 200 mètres avant que deux échecs successifs aient été enregistrés.

On observera que la fixation d'une consigne d'arrêt à la profondeur maximale de 70 mètres est économiquement justifiée dans les 3 cas géologiques étudiés ; dans ces conditions, la profondeur moyenne de l'ensemble des ouvrages ne dépasse pas 55 mètres (dans le cas le plus défavorable, celui des gneiss à 2 micas), et la profondeur moyenne des ouvrages productifs (à 0,7 m<sup>3</sup>/h minimum) ne dépasse pas 45 mètres.

Enfin, il n'est pas impossible que l'optimisation présentée puisse être affinée sur le terrain grâce à un suivi détaillé en cours de forage : par exemple, la consigne d'arrêt absolu à 70 mètres de profondeur pourrait être modulée par formation géologique, et, sur un forage donné, en fonction de la vitesse d'avancement, ou de critères particuliers, pétrographiques ou d'implantation.

---

(\*) BURGEAP S.A. 70, rue Mademoiselle - 75015 PARIS, FRANCE.



AVANT PROPOS

Dans toute campagne de forages intéressant la zone fracturée du socle cristallin, et quel que soit le soin apporté aux implantations, subsistent toujours un certain nombre de forages qui restent secs à la profondeur moyenne fixée par le projet, et mettent alors l'hydrogéologue en face de ses responsabilités :

- si l'abandon est décidé, subsistera toujours le doute que le forage abandonné se serait - peut-être - révélé positif quelques mètres plus bas ...

- lorsque la décision de poursuivre est adoptée et que le forage reste sec malgré tout, le choix de la profondeur d'arrêt finale remettra à nouveau le responsable en face du même dilemme.

Il est important de remarquer que si le problème se pose individuellement pour chaque forage négatif, il n'est de solution, (et donc de décision) valable qu'à l'échelle d'une campagne entière dont l'objectif, en définitive, est d'obtenir statistiquement le plus grand nombre possible d'ouvrages productifs au prix global le plus bas.

C'est pourquoi cette étude d'optimisation économique de la profondeur des forages a pour but, en se fondant sur les éléments de leurs coûts (bordereau des prix) de déterminer jusqu'où il est statistiquement **raisonnable** d'approfondir individuellement tel forage négatif, tout en conservant encore des chances économiques de succès, c'est-à-dire sans augmenter le coût moyen global - y compris les échecs - des forages d'exploitation sur l'ensemble de la campagne.

Le principe de base des forages dans le socle cristallin étant de capter des venues d'eau dans le socle fissuré, (le captage des altérites sur forage, n'étant qu'un moyen exceptionnel de "sauvetage" d'un forage resté négatif dans le socle), l'étude visera uniquement à optimiser la profondeur des forages en fonction des seules venues d'eau dans le socle.

\*

\* \*

## 1. GENERALITES

### 1.1. Méthodologie

Pour chaque zone géologiquement homogène, le coût moyen d'un forage a été calculé, en se fixant par tranches successives de 10 mètres des profondeurs fictives (total du forage ou de pénétration dans le socle) de consigne d'arrêt de foration.

Pour cela, sur la base des données existantes, pour chaque tranche de 10 m de profondeur, est calculé le taux de réussite dans la tranche. Celui-ci permet d'obtenir, en fonction du taux d'échec de la tranche précédente, la variation du taux de succès pour une augmentation de 10 m de foration à cette profondeur. On en déduit le taux de réussite et le coût moyen d'un forage d'exploitation, pour chaque profondeur fictive (maximum de chaque tranche).

### 1.2. Données générales et définition des paramètres

#### 1.2.1. Coût d'un forage

$F^+$  : coût d'un forage positif

$F^-$  : coût d'un forage négatif.

Ces coûts sont décomposés de la manière suivante :

$$F^+ = (\text{FIX}+) + (\text{ALT}) \cdot A + (\text{SOC}) \cdot S + (\text{TUB}) \cdot (A + S)$$

$$F^- = (\text{FIX}-) + (\text{ALT}) \cdot A + (\text{SOC}) \cdot S$$

avec : (FIX+) : partie fixe du coût d'un forage positif

(FIX-) : partie fixe du coût d'un forage négatif

(ALT) : prix du mètre de foration dans les altérites

(SOC) : prix du mètre de foration dans le socle

(TUB) : prix du mètre de tube plein.

A : épaisseur d'altération traversée, en mètre

S : profondeur de pénétration dans le socle (de l'éventuelle venue d'eau), en mètre

P : profondeur par rapport au sol (de l'éventuelle venue d'eau), en mètre.

On a  $P = A + S$ .

1.2.2. Coût moyen d'un forage d'exploitation (Fe)  
(coût des forages positifs, y compris l'incidence des échecs)

Ce coût moyen est calculé pour chaque profondeur fictive maximale de foration (donc pour chaque tranche de 10 m de profondeur).

$$F_e = \frac{\sum \Delta r F^+ + e F^-}{r}$$

$\Delta r$  : augmentation du taux de réussite pour un accroissement de profondeur de 10 m.

$r$  : taux de réussite à la profondeur fictive maximale de la tranche  
( $r = \sum \Delta r$ )

$e$  : taux d'échec à cette profondeur maximale fixée arbitrairement  
( $r + e = 1$ ).

1.3. Profondeurs servant au calcul de l'optimisation

1.3.1. Le calcul de l'optimisation économique des forages peut être effectué soit en fonction de la profondeur totale (P) soit en fonction de la profondeur de pénétration dans le socle (S). Par la suite et pour simplifier, la profondeur prise en compte sera celle de pénétration dans le socle (S). Si l'on voulait raisonner en fonction de la profondeur totale, il suffirait de substituer dans les équations (S) par (P-A).

1.3.2. Profondeurs intervenant dans le calcul

Les profondeurs à considérer, sont celles pour lesquelles les venues d'eau (VE) dans le socle sont au moins égales au débit fixé pour la campagne d'hydraulique villageoise à laquelle on s'intéresse. (0,7 m<sup>3</sup>/h pour une pompe ; 1,5 m<sup>3</sup>/h pour 2 pompes).

1.3.2.1. Forages positifs

Dans les calculs par tranches de profondeur, les forages même positifs sont considérés comme négatifs (dans la tranche étudiée) tant que l'on n'a pas atteint la tranche de profondeur dans laquelle s'est produite la venue d'eau. Il y a donc lieu de considérer 4 cas :

a) on observe, dans la tranche d'étude une venue d'eau égale ou supérieure au débit voulu, dans le socle. On considère alors le forage positif à la profondeur de la venue d'eau en question ;

TABLEAU 1

EXEMPLE DE DECOMPOSITION DU COUT DES FORAGES  
(en milliers FCFA) (Nov. 1984)

	F <sup>+</sup>		F <sup>-</sup>	
	fixe	variable	fixe	variable
1. Amenée Repli 28.500/240	119			
2a. Montage Démontage atelier sur chaque forage	99		99	
2b. Déplacement 19.840/240	83			
3a.b Forage alt. (m) 130.960/5.800		22,6 A		22,6 A
3d. " socle (m)		18 xS		18 xS
4a.d PVC 178x195 (m d'altérat.) 18.757/5.800		3,2 A		3,2 A
4e. Crépine posée (u) 15 m x 10,9	163,5			
4f. Tubes pleins (A + S - 15) x 9,7	-145,5	9,7 (A+S)		
4g.i Gravier (u) 20.880/240	87			
4j. Soufflage (u)	30			
4k.i Isolement (u) 4.440/240	18,5			
5a. Développement (u) 29,8 x 4 heures	119			
5c. Pompage d'essai (u)	120			
5d. Heure d'essai (u) 1.195/240	5			
6a. Margelle simple (u)	118			
<b>TOTAUX :</b>	<b>816,5</b>	<b>35,5A + 27,7S</b>	<b>99</b>	<b>25,8 A +18 S</b>
	↑		↑	
	<b>FIX+</b>		<b>FIX-</b>	

Optimisation en fonction de S

$$F^+ = (816,5 + 35,5 \bar{A}) + 27,7S$$

$$F^- = (99 + 25,8 \bar{A}) + 18 S$$

Optimisation en fonction de P

$$F^+ = (816,5 + 7,85) + 27,7 P$$

$$F^- = (99 + 7,8 \bar{A}) + 18 P$$

$\bar{A}$  médiane de l'épaisseur d'altération.

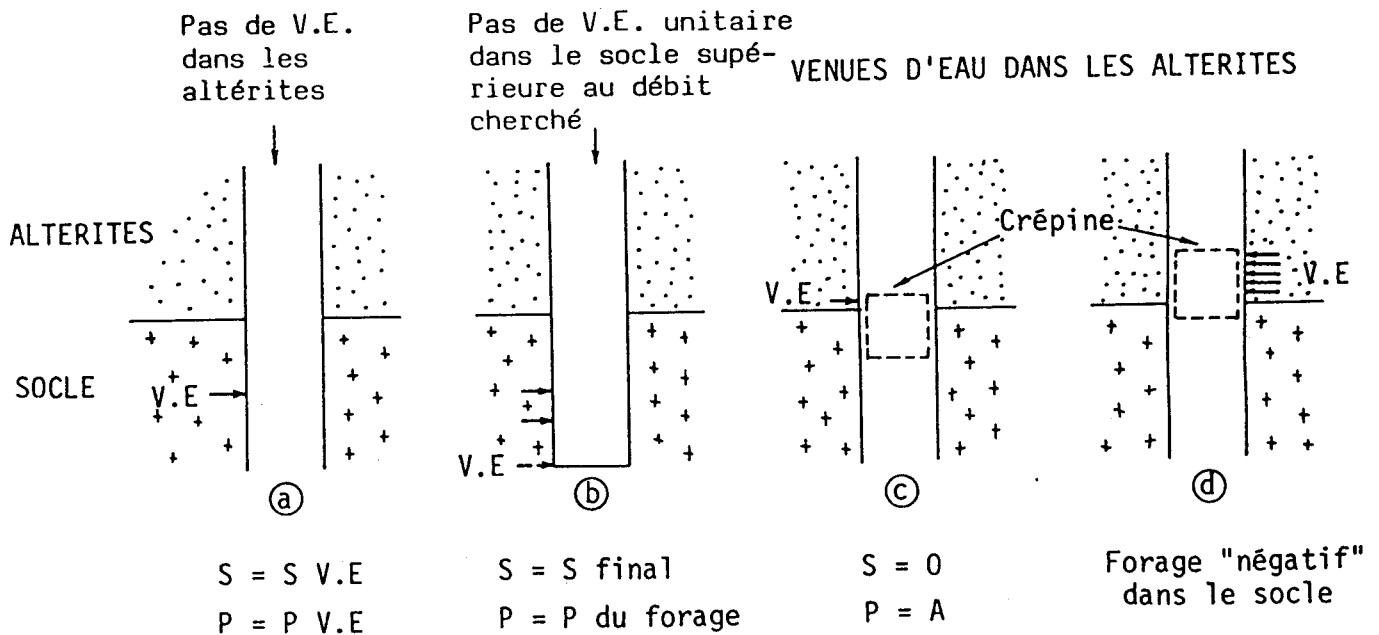
Nota : La décomposition des coûts correspond aux coûts réels moyens (1984) de la campagne de forages du Conseil de l'Entente au Bénin ; par exemple :

- poste 1 : coût total amenée repli (28.500) divisé par le nombre de forages positifs (240),
- poste 3a.b: le coût total du forage des 5.800 m d'altérites de la campagne tenant compte des différentes méthodes de forage utilisées (a et b), divisé par 5.800, donne le prix moyen du mètre de forage dans les altérites.

b) il n'y a pas de venue d'eau unitaire supérieure au débit fixé, et l'on ne capte pas l'altération, mais l'on observe dans le socle tout au long du forage, plusieurs venues d'eau de faible débit donc la somme, à la fin du forage, égale ou dépasse le débit recherché ; on considère alors le forage comme positif à la profondeur finale de l'ouvrage ;

c) il n'y a pas de venues d'eau dans le socle supérieure au débit voulu, mais l'on capte le débit recherché à la base de l'altération (le toit de la crépine étant à moins de 1 m au-dessus du contact altérites-socle). On considère alors le forage comme positif (arrivée de l'eau) au toit du socle ;

d) il n'y a pas de venue d'eau dans le socle supérieure au débit cherché et l'on capte les altérites par une crépine dont le sommet est à plus de 1 m au-dessus de la base de l'altération. Dans le cadre de cette étude, on a considéré le forage comme négatif dans le socle.



Pour les forages devenant positifs, dans une tranche de 10 m de profondeur (entre S - 10 et S), la moyenne des profondeurs des venues d'eau sera approximativement S - 5 m. Comme, en général, on continue la foration de 5 m au-delà de la venue d'eau, on réalise une approximation fidèle à la réalité, en prenant comme valeur de S (ou P), dans les calculs, la limite la plus profonde (qui est la profondeur fictive maximale pour laquelle le coût moyen du forage d'exploitation est recherché).

#### 1.3.2.2. Forages négatifs

Ils sont pris en compte (comme négatifs) tranche par tranche jusqu'à la tranche de profondeur qui contient la profondeur finale de l'ouvrage. De même, que pour les forages positifs, on prendra pour les profondeurs, dans le traitement, les limites les plus profondes des tranches. On fait, ainsi, au niveau de la profondeur finale d'un forage négatif, une approximation qui revient à considérer que celui-ci serait resté négatif dans toute la tranche de profondeur dans laquelle la foration a été arrêtée.

## 2. CALCUL DE L'OPTIMISATION

### 2.1. Zones hydrogéologiques homogènes

Si la population des forages est assez importante, on recherchera la profondeur optimale pour des groupes de forages situés dans des zones hydrogéologiquement semblables. Pour que sur un tel ensemble, le calcul de l'optimisation soit significatif, il faudrait disposer d'une population d'au moins une quarantaine d'individus par zone.

Les paramètres, servant à définir les zones, sont la formation géologique et l'épaisseur d'altération rencontrée en forage.

#### 2.1.1. Classes de formation géologiques

On peut adopter les formations géologiques observées en forage ou bien celles données par la carte géologique.

Le cas échéant, plusieurs pétrographies voisines peuvent être regroupées en une classe unique (essentiellement afin d'obtenir une population suffisante).

#### Sous-classes en fonction de l'épaisseur d'altération

Au sein de chaque formation géologique ainsi définie et d'après la courbe de fréquence cumulée des profondeurs d'altérations, (observées en forage dans chaque zone) on détermine les différentes populations de profondeurs d'altérations. Cela conduit à définir des sous-classes dans lesquelles seront effectués les calculs d'optimisation.

Pour chacune des populations de ces sous-classes, on peut adopter, pour A (dans les équations de  $F^+$  et  $F^-$ ) la médiane des profondeurs du socle.

2.2. Calcul du coût moyen d'un forage d'exploitation ( $F_e$ ) en fonction d'une profondeur (S ou P) maximum fixée

Ce coût est recherché successivement dans chaque sous-classe pour des profondeurs fictives maximales ( $S_{\text{imax}}$ ), de plus en plus grandes, qui correspondraient à des profondeurs données comme consignes d'arrêt au foreur.

2.2.1. Effectifs par tranches\* de profondeurs (en fonction de données existantes)

Dans une tranche de profondeur comprise entre  $S_i - 10$  m et  $S_i$  ( $S_i$  étant le  $S_{\text{imax}}$  que l'on se fixe), on dénombre :

$n f_i^+$  = nombre de forages devenant positifs dans cette tranche de profondeur

$n f_i^-$  = nombre de forages négatifs ayant été arrêtés dans cette classe de profondeur

$n f_i = n f_i^- + n f_i^+$  = nombre global de forages ayant été arrêtés dans cette classe

$n f_i^T$  = nombre total de forages ayant atteint au moins la profondeur  $S_i - 10$  m, y compris les forages plus profonds que  $S_{\text{imax}}$  qui sont comptés comme négatifs dans la tranche, même s'ils sont devenus positifs plus bas.

Dans la première tranche (0-10 m) :  $n f_1^T$  = nombre total de forages de la campagne (=  $\sum_i n f_i$ )

On a en outre les relations suivantes :

$$n f_i^T = n f_{i-1}^T + n f_{i-1} \quad \text{pour } i \geq 2$$

$$\sum_i n f_i^- = \text{nombre total de forages négatifs}$$

$$\sum_i n f_i^+ = \text{nombre total de forages positifs}$$

---

\* Le découpage par tranches de 10 m de profondeur traduit l'augmentation progressive des profondeurs fictives maximales d'arrêt ( $S_{\text{imax}}$ ).

2.2.2. Calcul du coût moyen du forage d'exploitation (Fe)  
pour une profondeur Simax ou Pimax d'arrêt

Dans une tranche i de profondeur, on a :

$$r_{0i} : \text{taux de réussite dans la tranche} = n f_i^+ / n f_i^-$$

$\Delta r_i$  : augmentation du taux de réussite pour un accroissement de la  
 profondeur S (ou P) de 10 m

$$\Delta r_i = r_{0i} \cdot e_{i-1} \quad (e_{i-1} : \text{taux d'échec avant d'atteindre cette tranche de profondeur})$$

$r_i = r_{i-1} + \Delta r_i = \text{taux de réussite à la profondeur Simax}$

$e_i = 1 - r_i = \text{taux d'échec à la profondeur Simax}$

Remarque :  $r_i = \sum_{j=1}^i r_{0j} \cdot e_{j-1}$  avec  $e_0 = 1$  (au départ, on a 100 % d'échec)

$$F_i^+ = (\text{FIX}+) + (\text{ALT}) A^* + (\text{SOC}) \text{Simax} + (\text{TUB}) (A^* + \text{Simax})$$

$$F_i^- = (\text{FIX}-) + (\text{ALT}) A^* + (\text{SOC}) \text{Simax}$$

$A^*$  = médiane de la profondeur d'altération

La formule ci-après explicite le coût moyen de l'ensemble des forages d'exploitation (y compris les échecs) ayant atteint la limite la plus profonde de la tranche, en tenant compte des ouvrages plus profonds, mais qui sont secs à cette profondeur (Simax).

$$F_e^i = \frac{\sum_{j=1}^i \Delta r_j \cdot F_j^+ + e_i F_i^-}{r_i}$$

Remarque : 1) Si, au-delà d'une certaine profondeur, on n'a plus de forages positifs,  $F_e^i$  augmentera car  $r_i$ ,  $e_i$  et  $\sum \Delta r_j F_j^+$  resteront constants, tandis que  $F_i^-$  augmentera.

2) L'équation de  $F_e^i$  est en fait une moyenne économique fictive du coût des forages positifs (pondéré par la variation du taux de réussite et des forages supposés négatifs à la limite la plus profonde de la tranche).



### 3. CALCUL DES PROFONDEURS MOYENNES DES FORAGES

Pour une profondeur fictive maximale de foration, on peut calculer :

#### 3.1. La moyenne des forages positifs

Pour chaque  $S_{i\max}$  (et  $P_{i\max}$ ) on peut calculer la profondeur moyenne (fictive) ( $\bar{S}_i^+$ ) qu'auraient les forages positifs en arrêtant la foration à la profondeur de pénétration dans le socle  $S_{i\max}$  (dans une zone hydrogéologiquement homogène).

$$\bar{S}_i^+ = \frac{\sum_{j=1}^i S_{j\max} \cdot r_j}{r_i} \quad ; \text{ de même } * \quad \bar{P}_i^+ = \frac{\sum_{j=1}^i P_{j\max} \cdot r_j}{r_i}$$

Remarque : quand dans la population, on n'a plus (à une profondeur donnée) de forages positifs, on tend pour  $\bar{S}_i^+$  (et  $\bar{P}_i^+$ ) vers une profondeur maximale (qui serait dans un cas idéal la moyenne des forages positifs au cours d'une nouvelle campagne).

#### 3.2. La moyenne de l'ensemble des forages

Avec les mêmes conditions, que pour la profondeur moyenne (fictive) des forages positifs on a :

$$\bar{S}_i = \frac{\sum_{j=1}^i S_{j\max} \cdot r_j + e_{i-1} \cdot S_{i\max}}{r_i}$$

de même \*  $\bar{P}_i = \frac{\sum_{j=1}^i P_{j\max} \cdot r_j + e_{i-1} \cdot P_{i\max}}{r_i}$

Remarque : sauf dans le cas exceptionnel où on obtient un taux de réussite de 100 %,  $\bar{S}_i$  et  $\bar{P}_i$  augmenteront toujours avec les profondeurs ( $S$  et  $P$ ) maximum de foration que l'on se fixe ( $S_{i\max}$  et  $P_{i\max}$ ).

### 4. RESULTATS OBTENUS (cf. pl. 1 à 3)

4.1. Courbes d'optimisation (profondeur ( $S_{i\max}$  ou  $P_{i\max}$ ) fictive maximale en abscisses et coût moyen (sur l'ensemble de la campagne) d'un forage d'exploitation en ordonnées).

a) en fonction de la pénétration dans le socle ( $S$ )

L'allure des courbes est toujours la même. Le coût diminue très vite (pour les faibles profondeurs), pour arriver à une valeur optimale (minimum), avant d'amorcer une lente remontée (courbes B1).

---

\* Les taux de réussite, pour des mêmes tranches de profondeur, seront différents suivant que l'on calcule les moyennes par rapport aux profondeurs de pénétration dans le socle ou par rapport aux profondeurs totales des ouvrages (le dénombrement suivant le cas sera différent).

La profondeur économiquement optimale, qui est le point bas de chaque courbe, est d'autant plus faible que l'épaisseur médiane d'altération est grande, ce qui confirme ce que l'on sait par ailleurs (cf. Projet coton 570 points d'eau, Côte d'Ivoire) BURGEAP - RENARDET - R 14 juillet 79)

b) en fonction de la profondeur totale (P) (courbes B2)

Les courbes montrent qu'au delà de 60 mètres de profondeur, le coût moyen des ouvrages positifs croît très peu. Cette remarque conduit à décider que l'approfondissement jusqu'à une profondeur maximale de 70 mètres de tel forage resté négatif à 50 mètres ou 60 mètres, reste économiquement justifié.

4.2. Taux de réussite (courbes A) (Simax ou Pimax en abscisses et taux de réussite en ordonnées)

Le taux de réussite s'accroît régulièrement, jusqu'à la valeur économiquement optimale, puis plafonne (plus ou très peu de forages positifs) passée la profondeur optimale.

On vérifie que plus le toit du socle est profond, plus le taux de réussite est important.

4.3. Moyennes des profondeurs (en fonction des Simax ou Pimax)

4.3.1. Pour les pénétrations dans le socle (courbes C1)

La moyenne des forages positifs devient constante, dès que la pénétration optimale est atteinte (cette valeur correspond à la moyenne des forages positifs de l'échantillonnage).

Le fait que plus l'épaisseur d'altération est importante, moins il est nécessaire de pénétrer dans le socle, est confirmé.

4.3.2. Pour les profondeurs totales (courbes C2)

Il apparaît que, quelle que soit la formation géologique, ces moyennes varient très peu avec l'épaisseur d'altération (quoiqu'elles soient en général légèrement supérieures pour les fortes épaisseurs d'altérations).

4.4. Cas concret : exemple du BENIN (ATACORA - Nord BORGOU)

Le calcul de l'optimisation économique a été réalisé, dans ce cas précis, par zonéographie (le nombre de zones géologiques étant limité à trois pour des raisons d'effectifs). Dans chacune de ces zones on a considéré d'une part les forages traversant plus de 20 m d'altérations et d'autre part ceux ayant moins de 20 m d'altération.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-après :

TABLEAU 2

	* GRANITE SYNTECTONIQUE			GNEISS A BIOTITE			GNEISS A 2 MICAS		
	Ensemble des forages	Forages ayant moins de 20 m d'altéro.	Forages ayant plus de 20 m d'altéro.	Ensemble des forages	Forages ayant moins de 20 m d'altérites	Forages ayant plus de 20 m d'altérites	Ensemble des forages	Forages ayant moins de 20 m d'altérites	Forages ayant plus de 20 m d'altérites
Effectif	212	104	108	54	21	33	79	40	39
Profondeur médiane de l'altération	21 m	12 m	27 m	22 m	16 m	26 m	21 m	15 m	25 m
Profondeur optimale économique	≈ 70 m	> 70 m	≈ 70 m	56 m	60 m	55 m	63 m	65 m	62 m
(I) Taux de réussite maximum	76 %	> 72 %	80 %	63 %	57 %	67 %	63 %	63 %	62 %
$\bar{P}^+$ maximum	46 m	-	46 m	42 m	40 m	42,5 m	45 m	44 m	45 m
Coût moyen de l'ouvrage + (MCFA)	2,7	2,7	2,7	2,9	3,05	2,8	3,0	2,95	3,1 <sup>**</sup>
Pénétration optimale économique	60 m	60 m	30 à 50m	32 m	35 m	30 m	50 m	50 m	40 m
(II) Taux de réussite maximum	82 %	76 %	80 %	67 %	57 %	71 %	67 %	63 %	67 %
$\bar{S}^+$ maximum	27 m	34,5 m	16,5 m	21,5 m	25 m	18 m	27 m	31 m	21,5 m

OPTIMISATION EN FONCTION (I) DE LA PROFONDEUR TOTALE et (II) DE LA PENETRATION DANS LE SOCLE POUR DES VENUES D'EAU AYANT UN DEBIT AU MOINS EGAL A 0.7 m<sup>3</sup>/h.

\* Exemple commenté : granite syntectonique (pl. 1)

- les courbes d'optimisation en fonction de la pénétration, montrent que l'optimum économique se situe pour une pénétration de 30 à 50 mètres si l'altération à plus de 20 mètres d'épaisseur et de 60 mètres si A est inférieur à 20 mètres (cf. tableau).
- l'optimisation en fonction de la profondeur montre que si l'on se fixe pour la campagne maximale de 70 mètres le coût moyen des ouvrages positifs s'établit à 2,7 M.FCFA (courbes B2), les courbes C2 montrent que la profondeur moyenne de l'ensemble des ouvrages ( $\bar{P}$ ) sera 50 mètres, et la profondeur moyenne des positifs sera 45 mètres ( $\bar{P}^+$ ).

\*\* Il peut sembler curieux que le coût moyen du forage productif soit plus élevé, pour les gneiss à 2 micras lorsque les altérites sont épaisses ; ceci résulte d'un taux de réussite équivalent (62-63 %), alors que le prix du forage est moins élevé dans le socle sain que dans les altérites.

## 5. CONCLUSIONS

Dans le cas particulier du Bénin, ( exemple présenté ), il apparaît clairement que l'on peut, pour des campagnes futures (à condition que la décomposition des prix des marchés de forage soit voisine de celle indiquée au tableau 1) et en fonction de l'épaisseur des altérites rencontrées, fixer les consignes d'arrêt suivantes (pour les forages de 0,7 m<sup>3</sup>/h minimum) :

<u>TABEAU 3</u> Formation géologique	Pénétration dans le socle à ne pas dépasser pour 0,7 m <sup>3</sup> /h minimum	
	Altérites < 20 m	Altérites ≥ 20 m
Granite syntectonique	60	50
Gneiss à biotite	35	30
Gneiss à 2 micas	50	40

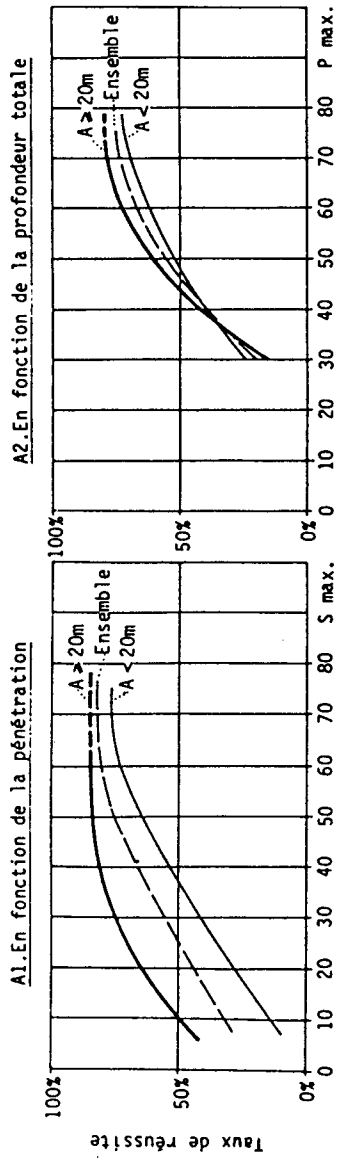
Des tableaux analogues pourraient être établis par la même méthode dans d'autres pays et pour d'autres formations cristallines, en reprenant les données des campagnes anciennes dans lesquelles la profondeur et le débit des venues d'eau ont été notés avec précision. De tels tableaux constitueraient une contribution importante à l'économie de réalisation des futurs projets d'hydraulique villageoise.

OPTIMISATION ECONOMIQUE DE LA PROFONDEUR DES FORAGES AU SOCLE CRISTALLIN

GRANITE SYNTECTONIQUE

(Débit minimum 0,7 m<sup>3</sup>/h)

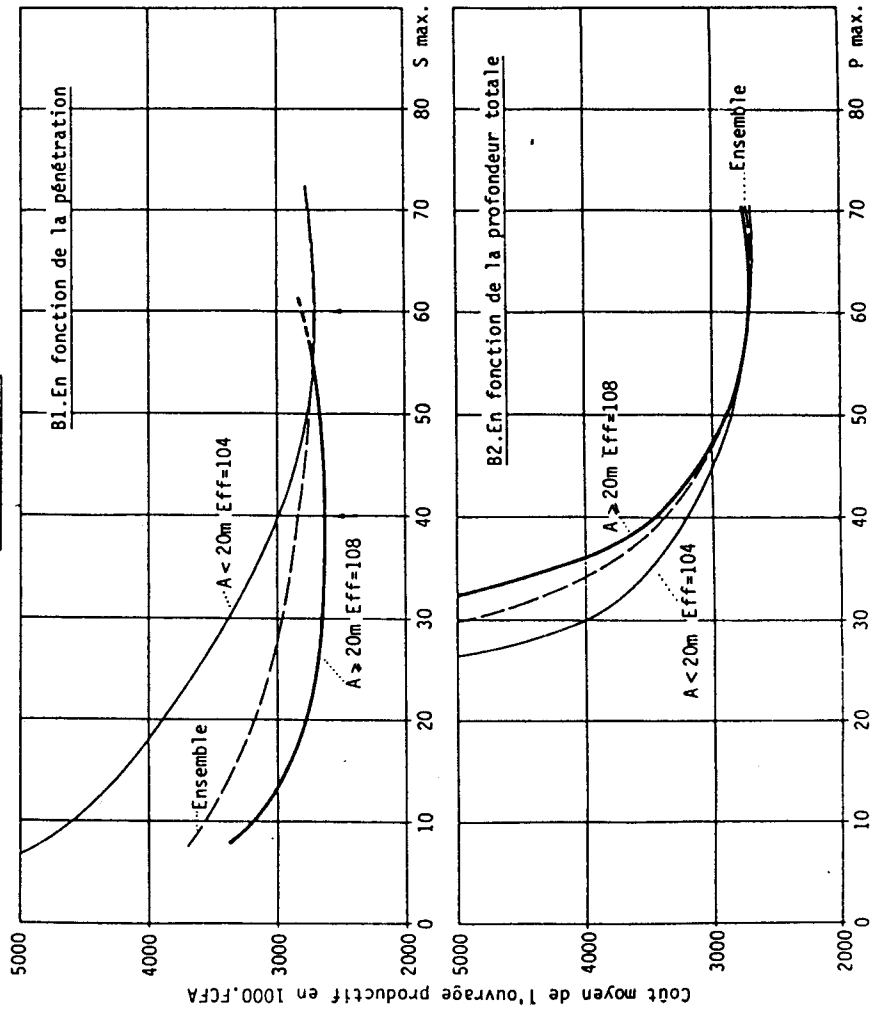
A. TAUX DE REUSSITE



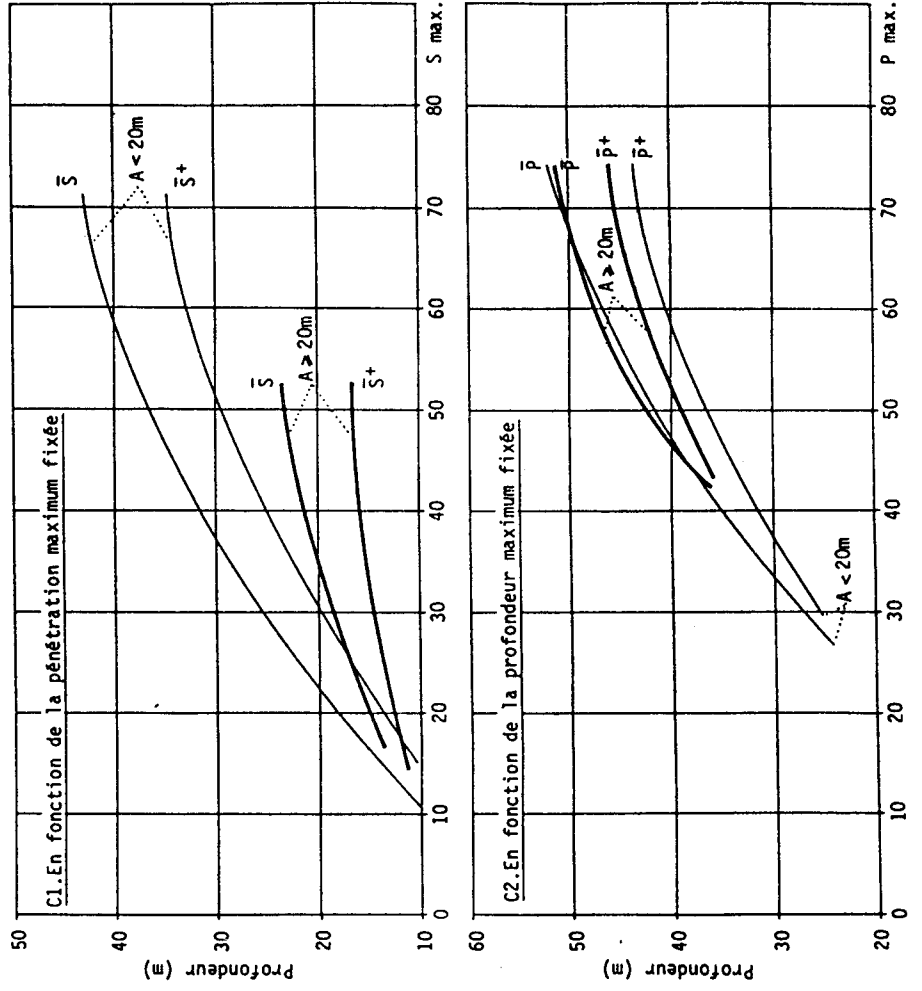
Légende

- S max.: Pénétration maximum fixée dans le socle
- P max.: Profondeur maximum fixée
- A: Epaisseur des altérites
- Eff: Effectif de la population étudiée
- S+: Moyenne de pénétration des ouvrages positifs
- P+: Moyenne de profondeur des ouvrages positifs
- S P: Moyennes globales

B. OPTIMISATION



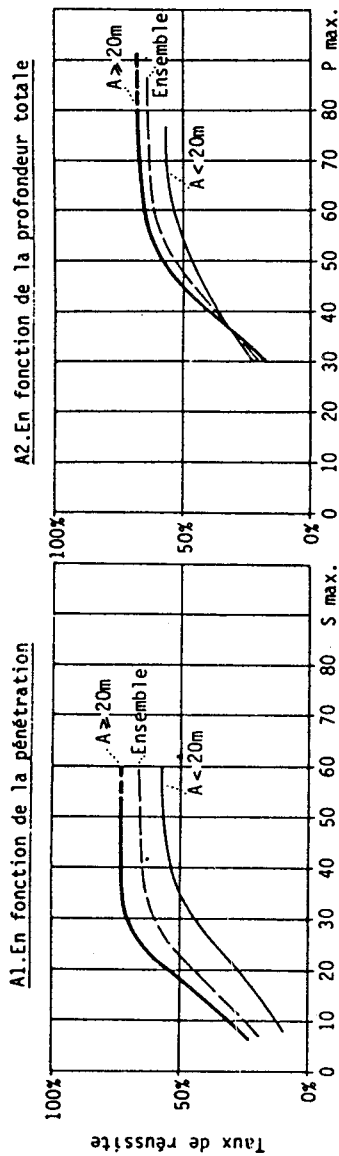
C. PROFONDEUR MOYENNE DES OUVRAGES



GNEISS A BIOTITE

(Débit minimum 0,7 m<sup>3</sup>/h)

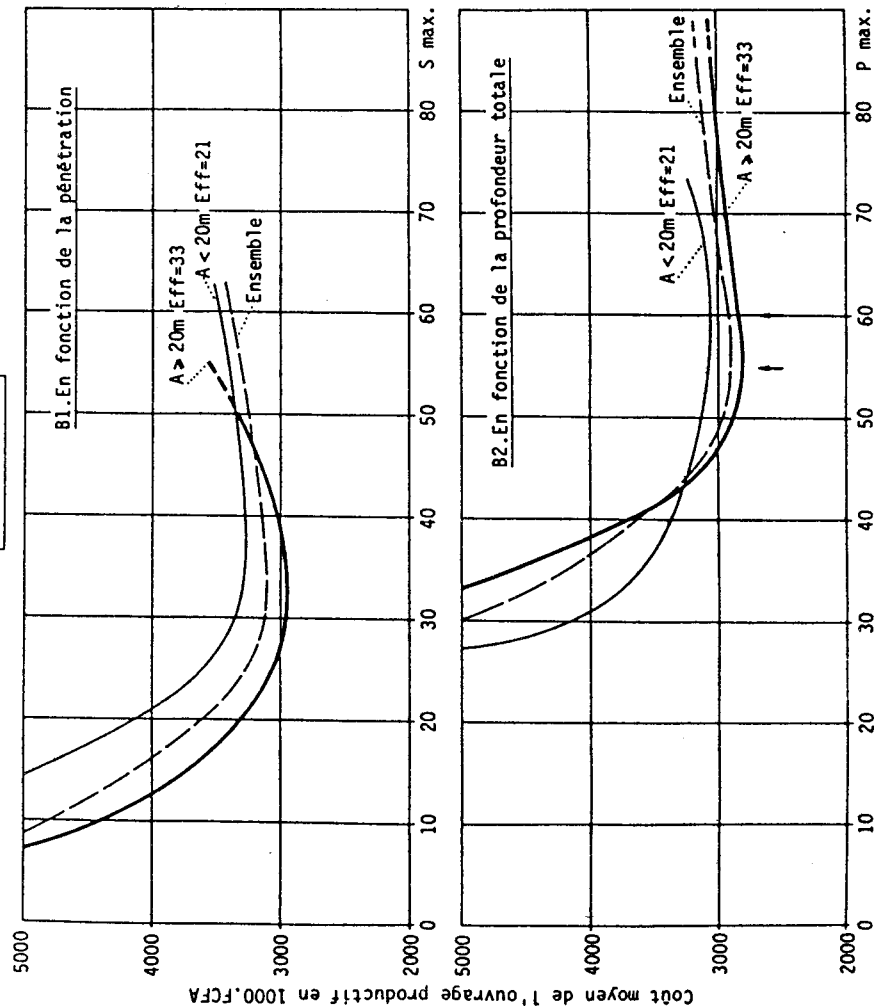
A. TAUX DE REUSSITE



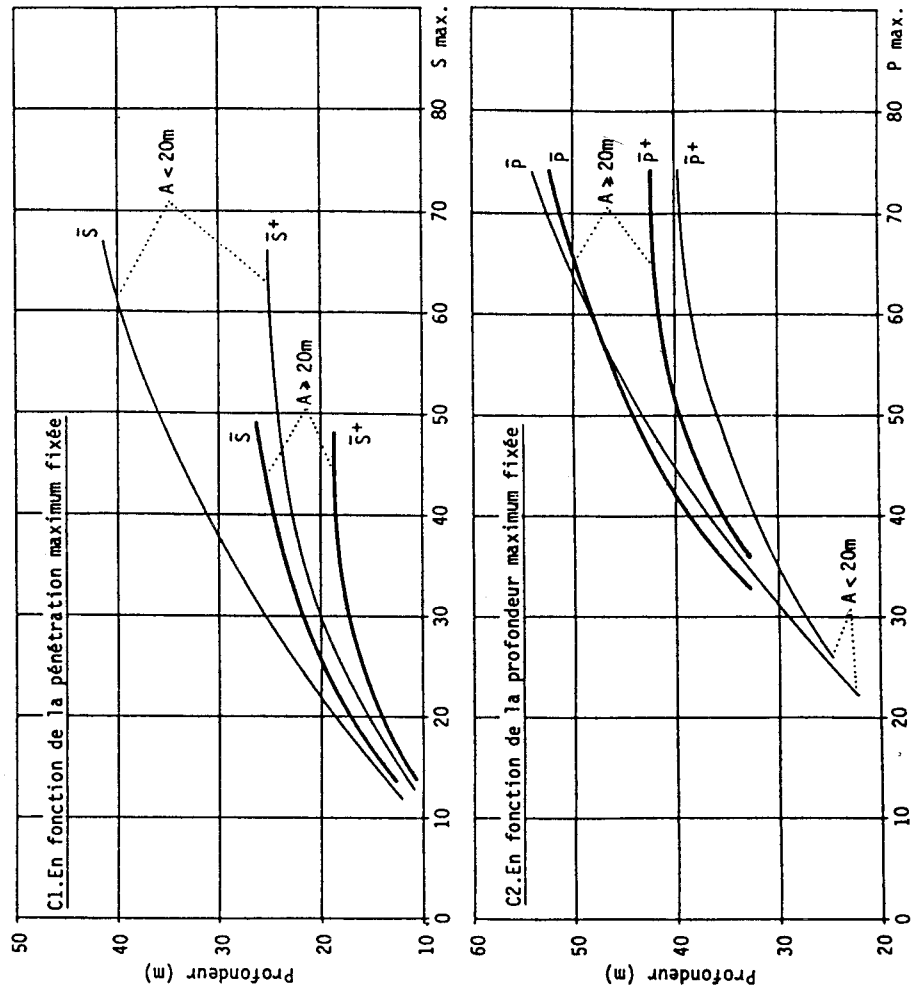
Légende

- S max.: Pénétration maximum fixée dans le socle
- P max.: Profondeur maximum fixée
- A .....: Epaisseur des altérites
- Eff .....: Effectif de la population étudiée
- S<sup>+</sup> .....: Moyenne de pénétration des ouvrages positifs
- P<sup>+</sup> .....: Moyenne de profondeur des ouvrages positifs
- S<sup>-</sup> .....: Moyennes globales

B. OPTIMISATION



C. PROFONDEUR MOYENNE DES OUVRAGES

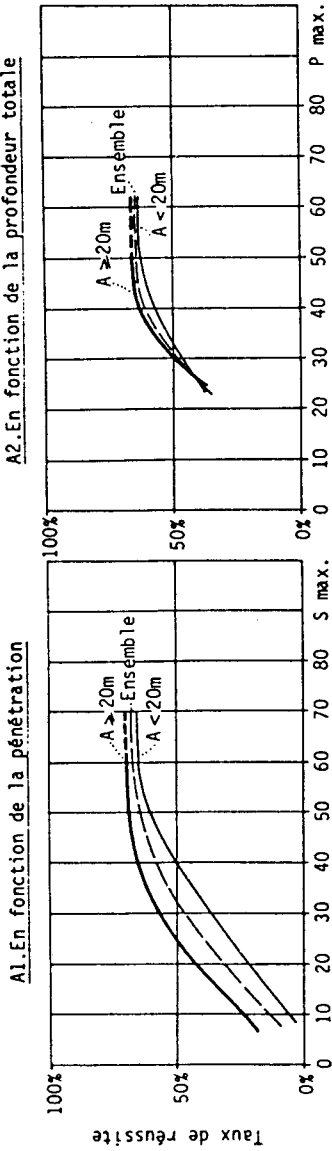


OPTIMISATION ECONOMIQUE DE LA PROFONDEUR DES FORAGES AU SOCLE CRISTALLIN

GNEISS A 2 MICAS

(Débit minimum 0,7 m<sup>3</sup>/h)

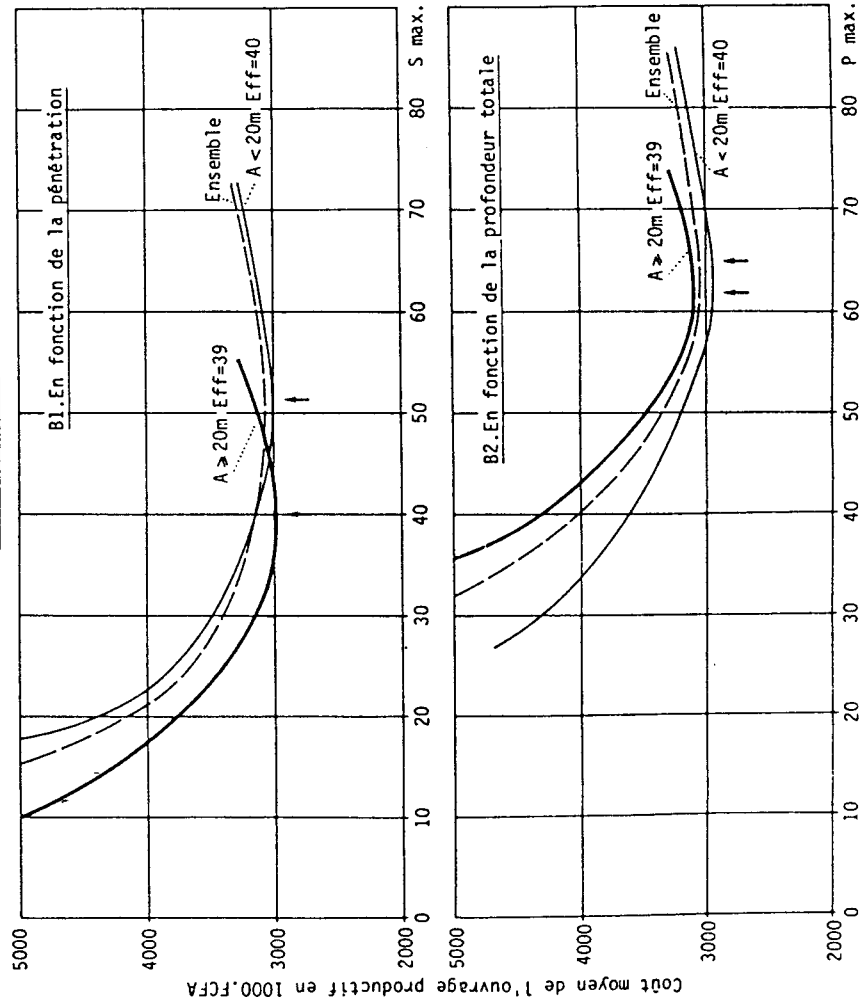
A. TAUX DE REUSSITE



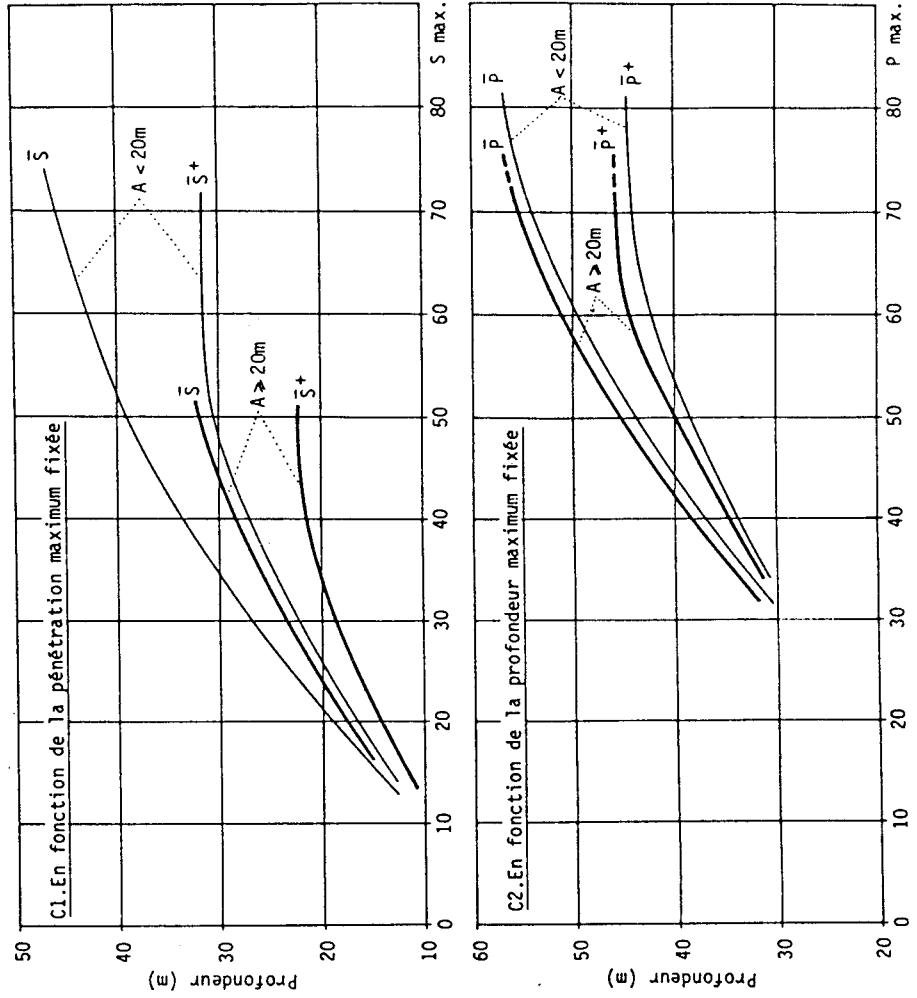
Légende

- S max.: Pénétration maximum fixée dans le socle
- P max.: Profondeur maximum fixée
- A.....: Epaisseur des altérites étudiée
- Eff.....: Effectif de la population étudiée
- S +.....: Moyenne de pénétration des ouvrages positifs
- P +.....: Moyenne de profondeur des ouvrages positifs
- S P.....: Moyennes globales

B. OPTIMISATION



C. PROFONDEUR MOYENNE DES OUVRAGES



NOUVELLES BREVES

1/ LA VIE DU CIEH PENDANT LE SECOND TRIMESTRE 1985

Pendant le second trimestre 1985, le CIEH :

A PARTICIPE /

- à la 8<sup>e</sup> Session du Conseil Scientifique du CEFIGRE, du 16 au 19 avril 1985 à Valbonne, France (M. HASSANE).
- à la Conférence sur la sécheresse dans le Sud Saharien organisée par le Comité National Danois pour la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DIEPA) à Copenhague les 6 et 7 mai 1985 (M. HASSANE).
- aux 1<sup>ères</sup> Rencontres Internationales sur l'eau, facteur de développement du 16 au 18 mai 1985, à Montpellier, France (M. CHABI GONNI).
- à une réunion tenue à Dakar, Sénégal du 29/4 au 3/5/85 dans le cadre du projet de carte hydrogéologique de l'Afrique organisée par l'Association Africaine de Cartographie (M. DIAGANA).
- à une réunion préliminaire à un séminaire sur les normes hydrologiques applicables en Afrique, tenue à Montpellier du 28 au 30/5/1985 (MM. CHAPOTARD, PUECH).
- au 3<sup>e</sup> Congrès de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau (UADE) tenu à Libreville, Gabon du 10 au 14 juin 1985 (MM. HASSANE, ATIVON, DILUCA).
- à un Séminaire organisé à Libreville par la Fondation de l'Eau du 17 au 21 juin 1985 (M. ATIVON).

A ORGANISE /

- un Séminaire International sur l'Assainissement Urbain en Afrique de l'Ouest et du Centre, à Niamey, Niger du 20 au 25 mai 1985 (MM. HASSANE, CHAPOTARD, ATIVON, LAHAYE, PUECH, Mme. ILBOUDO).

S'EST DEPLACE /

a) Dans le cadre des études et de la gestion du CIEH :

- au Mali, pour la mise au point d'un rapport de synthèse sur le ruissellement urbain à Bamako, du 19 au 27 avril 1985 (M. PUECH).
- au Niger, dans le cadre de la préparation du Séminaire sur l'assainissement urbain, du 2 au 4 mai 1985 (M. HASSANE) et pour la mise en oeuvre d'une coopération avec le Centre AGRHYMET de Niamey, du 20 au 24 mai 1985 (M. PIATON).
- en France, pour des contacts avec les Services du Ministère des Relations Extérieures (Coopération et Développement) les 8 et 9 mai 1985 (M. HASSANE).



- à l'intérieur du Burkina, dans le cadre de l'étude de recharge des nappes en milieu fissuré (9-10/4, 15 au 17/4, 19 et 22/4, 8-10/5, 13-15/5, 20/5, MM. COURCIER et BARRY).

b) Dans le cadre des appuis techniques :

- au Togo, du 27-4 au 2-5, pour la mise au point de la participation du CIEH au programme d'hydraulique villageoise togolais co-financé par le FAC, le FED et l'USAID (M. DILUCA).
- au Tchad, du 27-5 au 19-6, en mission d'appui documentaire aux Services nationaux travaillant dans le domaine de l'eau (M. KRISSIAMBA).

2/ DES NOUVELLES DE L'ECOLE INTER-ETATS D'INGENIEURS DE L'EQUIPEMENT RURAL (E.I.E.R.)

L'EIER a poursuivi en 1984-1985 son effort de formation à divers niveaux.

- 71 élèves ingénieurs en formation initiale (3 ans).
- 25 ingénieurs en formation Post-grade, (1 an) se répartissant entre les diverses spécialisations :
  - . Génie Sanitaire
  - . Hydraulique Agricole
  - . Mobilisation des ressources en eau
  - . Energie pour le développement rural.
- Une formation à et par la recherche a été mise en route. Elle se concrétisera à l'avenir par un DEA et un Doctorat des Sciences de l'Eau. Les thèmes de recherche concernent l'analyse détaillée des pluies dans ses rapports avec le ruissellement et l'utilisation des pluies par la végétation.
- 40 stagiaires de formation permanente en trois sessions réalisées conjointement avec le CIEH :
  - . Mobilisation des ressources en eau (4 semaines)
  - . Utilisation des micro-ordinateurs (10 semaines)
  - . Utilisation des ordinateurs de poche en hydraulique (4 semaines).

Un programme général de formation permanente a été établi en liaison avec le CIEH pour les années à venir afin de permettre à chacun de prévoir à l'avance les sessions de formation, ou les cycles de sessions de formation, adaptés à ses préoccupations professionnelles.

Dans le même temps l'extension de l'EIER est entrée dans une phase active. Les marchés de travaux concernant l'extension des locaux de l'EIER sont sur le point d'être signés. Les travaux doivent être terminés pour la rentrée 86-87.

L'EIER verra ainsi sa capacité doublée grâce à une extension des salles de cours et d'études, des laboratoires et des ateliers. Les possibilités d'hébergement seront plus que doublées tandis que le restaurant de l'Ecole qui fonctionne déjà connaît maintenant une période d'agrandissement.

### 3/ CONGRES ET CONFERENCES ANNONCES

- Conference Dept., BHRA, The Fluid Engineering Centre, Cranfield, Bedford MK 43 OAJ, England, Telephone : (0234) 750422, Telex : 825059 BHRA G.
  - . Pumping stations 17-19 september 1985 : International Conference on the Hydraulic of Pumping Stations, Manchester, England.
  - . Floods 24-26 september 1985 : 2nd International Conference on the Hydraulics of Floods and Flood Control, Cambridge, England.
  - . Pipe protection 5-7 november 1985 : 6<sup>th</sup> International Conference on the Internal and External Protection of Pipes, Nice, France.
- Colloque "Petite hydraulique - problématique de développement" organisé par l'AFME à Sophia-Antipolis du 1<sup>er</sup> au 4/10/1985. Parmi les sujets traités : évaluation de la ressource, protection de l'environnement, aspects législatifs et règlementaires, perspectives de développement à l'étranger. S'adresser à Secrétariat du Colloque National "PHY" - AFME. Sophia-Antipolis, 06535 Valbonne Cedex, France.
- Session de formation internationale sur "L'hydraulique villageoise ou l'alimentation en eau potable et l'assainissement en milieu rural" organisée par le CEFIGRE du 16-10 au 7-11-1985 à Sophia-Antipolis, B.P. 13, 06561 Valbonne Cedex 1, France. Concerne les pays où l'eau superficielle est abondante et facile d'accès.
- SITE'85, semaine internationale des Techniques de l'Environnement du 22 au 25/10/85 à Paris. Salon et Colloques. S'adresser à Commissariat Général EP, 49, rue Rocher, 75009 PARIS, France.
- Fourth International Symposium on Anaerobic digestion, 11-15/11/1985. Guangzhou, China, Information : General Secretariat 4<sup>th</sup> International Symposium on Anaerobic digestion, Ministry of Agriculture, Animal Husbandry and Fishery, Beijing, People's Republic of China. Telex : 22233 MAAF CN, Energy Bureau.
- Journées Techniques du Forage Hydraulique à Alger les 18 et 19/11/1985. Pour tous renseignements s'adresser à COTEFHYD c/o E.N.F.R. 4-6 Bld. Mohammed V, Alger. Tél. : DZ 52573. Tél. 63.98.20 à 24 (Madame Kanoum).
- 3<sup>e</sup> Congrès International sur l'irrigation goutte à goutte du 17 au 21 novembre 1985 à Fresno, Californie. Sujets abordés : nouveautés dans les équipements, conception, fonctionnement, entretien, gestion, programmation de l'irrigation. S'adresser à M. Mark PURSCHWITZ, ASAE, 2950 Niles Road, St Joseph, Michigan 49085 (USA).

ACQUISITIONS RECENTES DU CENTRE DE DOCUMENTATION  
ET D'INFORMATION DU CIEH

- 11522 - OMVS. Direction de Planification et de la Coordination. - Etude socio-économique du bassin du fleuve Sénégal. Edition provisoire. [Dakar, 1980]. 3 volumes.  
Dépouillement :  
Vol. I : Partie C. L'Introduction de la culture irriguée. Pagination multiple. Annexe.  
Vol. II : Partie. Rapport de synthèse de l'étude socio-économique. Interprétation des résultats et recommandations dans le domaine du développement rural. Pagination multiple.  
Vol. III : Rapport spécial. Esquisse du plan directeur des périmètres de première génération. Horizon 1990. 54 p., annexes. Cartes h.t.
- 11524 - RANDRIANARISOA Henri. - Bioconversion de l'énergie solaire par la filière biométhanisation des déchets agricoles et animaux et compost. [Antananarivo (Madagascar), 1984]. 53 p., Graph., Bibl.
- 11526 - ROCHE Marcel. - L'apport de l'ORSTOM dans l'Hydrologie de l'Afrique de l'Ouest.  
Dans Cahier ORSTOM, série Hydrol., Vol. XX, n° 3 et 4, 1983. P. 205-211.
- 11531 - SOURABIE N. - Evolution à court terme de la matière organique dans deux types de sols de Bérégadougou (Haute-Volta) sous culture de la canne à sucre. Extrait de la Thèse de 3<sup>e</sup> cycle de N. SOURABIE (1979) soutenue à la Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme à Marseille...
- 11542 - Autorité des Aménagements des Vallées des Volta. - Etudes hydrogéologiques 1981-1982. Rapport final. Ouagadougou, AVV/IWACO B.V., 1982. 3 volumes.  
Dépouillement :  
Vol. I : Rapport général. 14 p. + annexes h.t. + cartes h.t.  
Vol. II : Etudes générales. 34 p. + graph. h.t., annexes h.t. + cartes dans pochette.  
Vol. III : Etudes complémentaires. Non paginé. Annexes. 3 cartes dans pochette.
- 11546 - BEUDOT Françoise. - Eléments de bibliographie sur la sécheresse au Sahel. Elements for a bibliography of the Sahel drought. Paris, OCDE, 1984. 173 p., Bibl.
- 11548 - Burkina Faso. - Annuaire hydrologique du Burkina Faso : année 1980. Ouagadougou, HER, 1984. 127 p., tabl.
- 11550 - Cameroun. Ministère des Mines et de l'Energie. - Etude générale d'assainissement des villes de Yaoundé et Douala. [s.l.], SCET-INTERNATIONAL, 1980, 158 p., graph., ill. + annexes h.t.

- 11551 - Cameroun. Direction de l'Urbanisme et de l'Habitat. - Méthodologie pour établir une base de données en vue de l'élaboration des projets de Lotissements économiques : enquête sur les caractéristiques : enquête sur les caractéristiques socio-économiques des ménages et les conditions actuelles d'habitat à Yaoundé. [Yaoundé, 1978]. 2 volumes.  
Dépouillement :  
Vol. I : Synthèse des données, implications sur la politique de l'habitat. 46 p., annexes, graph.  
Vol. II : Résultats de l'enquête. 64 p., annexes h.t., tabl.
- 11552 - Cameroun. Direction de l'Urbanisme et de l'Habitat. - Méthodologie pour établir une base de données en vue de l'élaboration des projets de Lotissements économiques : enquête sur les caractéristiques socio-économiques des ménages et les conditions actuelles d'habitat à Douala. [Douala (Cameroun), 1978]. 3 volumes.  
Dépouillement :  
Vol. I : Synthèse des données, implications sur la politique de l'habitat. 40 p., tabl., annexes h.t.  
Vol. II : Résultats de l'enquête. 73 p., tabl. + annexes h.t.  
Vol. III : Relevés des maisons visitées. n.p., annexes, tabl.
- 11553 - Cameroun. Ministère de l'Urbanisme et de l'Habitat. - Station d'épuration de la zone industrielle de Bonaberi. Dossier de concours : pièces écrites. Yaoundé, BCEOM, 1982.  
Pagination multiple + 5 plans h.t.
- 11558 - BETURE/CIEH. - Conception générale des systèmes d'assainissement urbain : aspects institutionnels et financiers, étude de l'entretien des ouvrages ; rapport de missions. [s.l.n.d.].  
Pagination multiple.
- 11559 - Club du Sahel. - L'aide publique au développement dans les pays membres du CILSS en 1983. Official development assistance to CILSS member countries in 1983. [Paris, OCDE, 1983]. 347 p., tabl.
- 11560 - CORBIER Constance. - Rapport de mission Banque Mondiale du 30 janvier au 10 février 1984 et recherche sur l'alimentation en eau potable des périphéries urbaines dans les PVD. Paris, Agence Française pour l'Aménagement et le Développement à l'Etranger, 1984. 42 p. + annexes h.t.
- 11562 - FAO. - La conception des réseaux de drainage : 28 questions et réponses d'après les conclusions de la consultation d'experts chargée d'examiner les éléments de conception des installations de drainage, Rome du 22-29 octobre 1979. Rome, 1979. 52 p., bibl. (Bulletin FAO d'Irrigation et de Drainage ; 38).
- 11563 - France. Ministère de l'Environnement. - Assainissement individuel. [Neuilly-sur-Seine (France), 1981]. 71 p., ill. (Cahiers Techniques de la Direction de la Prévention des Pollutions, N° 5).

- 11564 - France. Ministère des Relations Extérieures. - Cartographie et développement : mémento de cartographie à l'usage de la planification et de l'aménagement. [Paris, 1983]. 181 p., cartes.
- 11565 - Gabon. PNUD. - Actualisation du projet d'assainissement de la ville de Libreville : conclusions et recommandations. [s.l.], 1983. Pagination multiple. Tabl., photocopie.
- 11566 - Gabon. Ministère du Plan et du Développement. - Projet d'assainissement de Libreville : drainage, traitement et évacuation des déchets liquides et solides. Plan directeur : rapport [s.l.], 1977. Pagination multiple.
- 11567 - Haute-Volta. - Projet hydraulique villageoise USAID [s.l., 1984]. Pagination multiple.
- 11581 - Pont-à-Mousson S.A. - Canalisations Pont-à-Mousson 1985 (Catalogue) : La bible de l'adduction d'eau et de l'assainissement (tuyaux, raccords, cheminées, tés de visite et du curage, grilles et équipements d'entrée d'égouts). [s.l., 1985]. 1187 p., graph.
- 11585 - SATEC - Développement. - Les stations de pompage motorisées sur forages en pays sahéliens Niger - Mauritanie - Sénégal : documents photographiques réalisés lors de la mission d'étude effectuée en juillet 1984 pour le compte du CIEH et concernant l'établissement d'un modèle de gestion de stations de pompage sur forages motorisés. [Paris, SATEC-DEVELOPPEMENT, 1984]. Non paginé. Ill.
- 11586 - Secrétariat des Missions d'Urbanisme et d'Habitat. - Fiches climatologiques à l'usage des Architectes Urbanistes et Aménageurs. Paris, S.M.U.H., . 106 p., cartes.
- 11588 - Sénégal. Service de l'Assainissement. - Collecte et traitement des déchets solides de la région du Cap Vert et de six capitales régionales. Rapport général et annexes. [Paris, BCEOM, 1978]. Pagination multiple. Annexes, cartes.
- 11590 - SOILE Jean-Louis. - Ecoulement dans le chenal d'évacuation du barrage de Dakiri (Haute-Volta). Louvain-la-Neuve, 1984. 61 p. Thèse d'Agronomie : Université Catholique de Louvain : 1984.
- 11592 - TIAGUEU D. - Plan directeur d'alimentation en eau potable du lotissement de Douala-Nord (2ème tranche) : Cameroun. [s.l.], 1984. 41 p., graph. + annexes h.t., bibl.
- 11593 - Togo. Direction Générale de l'Urbanisme et de l'Habitat. - Plan directeur d'assainissement de Lomé : version définitive. [Lomé, s.d.]. 440 p. + cartes h.t. dans pochette.