

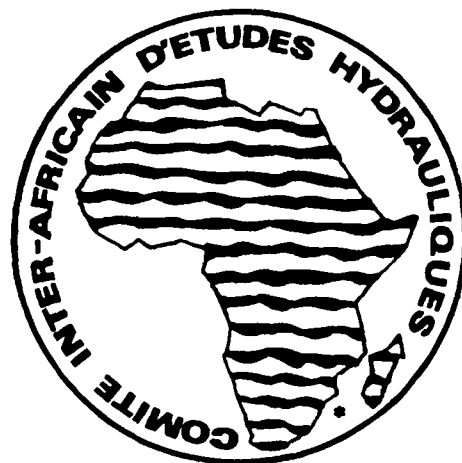
71
CIEH73

COMITÉ INTERAFRICAIN D'ÉTUDES HYDRAULIQUES
(C I E H)

SEPTIÈME RÉUNION DU CONSEIL

LIBREVILLE
4-10 AVRIL 1973

COMPTE RENDU DES JOURNÉES TECHNIQUES



71CIEH73-9407

9407

COMITÉ INTERAFRICAIN D'ÉTUDES HYDRAULIQUES
(C I E H)

SEPTIÈME RÉUNION DU CONSEIL

LIBREVILLE
4-10 AVRIL 1973

COMPTE RENDU DES JOURNEES TECHNIQUES



UISP
International Reference Centre
for Community water Supply

-- S O M M A I R E --

	Pages
AVANT - PROPOS	1
<u>1ère Partie / LES MOYENS D'EXHAURE DES EAUX</u>	
- Rapport introductif par le C.I.E.H.	3
- Moyens d'exhaure des ressources en eau	9
V Exposé de Mr. TRAORE Dekrin - Hydraulique et Equipement rural de Haute-Volta	
- Discussion	17
- Le béliet hydraulique	23
Exposé de Mr. LEGOURIERES-Université du Cameroun de Yaoundé	
- Discussion	41
- La maîtrise de l'exhaure manuelle - condition d'une alimentation en eau satisfaisante des villages dans les régions à substratum cristallin	45
Exposé de Mr. Jacques LEMOINE, Directeur Général du BURGEAP.	
- Discussion	53
- De l'utilisation des différents modèles de pompes à main au Ghana	59
Exposé de Mr. Robert B. Bannerman - G.S.W.C. - Ghana	
- Problèmes posés par l'exploitation des eaux souterraines dans les roches ignées et métamorphiques	62
Exposé de Mr. Robert B. Bannerman - G.S.W.C. - Ghana	
- Discussion	67
<u>2ème Partie / LA GESTION DES PERIMETRES D'IRRIGATION - ASPECTS SOCIAUX ET ECONOMIQUES</u>	
- Rapport introductif par le C.I.E.H.	73
- Le périmètre irrigué d'AGOEVE	81
Exposé de Mr. KATAKOU -Direction du Génie Rural du Togo	
- La gestion d'un périmètre d'irrigation	95
Exposé de Mr. Louis LEMOINE - Directeur de la mise en va- leur de la SOMIVAC	
- Discussion	107
<u>3ème Partie / COMMUNICATION TECHNIQUES DIVERSES</u>	
- Problèmes de l'alimentation en eau de Port-Gentil à partir de la nappe phréatique	113
Exposé de Mr. OUDIN (S.E.E.G.)	
- Discussion	119

- Le fer dans les eaux souterraines Exposé de Mr. BREMOND (S.P.E.P.E.)	125
- Alimentation en eau potable dans les centres gérés par la Société d'Energie et d'Eau du Gabon	147
- Distribution de l'eau et aspect sanitaire dans la Répu- blique Gabonaise Exposé de Mr. MINSTA MI OWONO - Directeur de l'environ- nement - LIBREVILLE	155
- Discussion	159
- Exposé de Mr. COLIN (FORACO)	165
- Note sur la Foreuse L C P C/ V P R H	167

---ooOoo---

AVANT - PROPOS

-:-:-:-

La septième réunion du conseil du Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques qui s'est tenu à Libreville du 4 au 10 Avril 1973 a été, comme les précédents, l'occasion pour les personnalités scientifiques et les ingénieurs et techniciens qui s'y trouvaient réunis, d'exposer leurs connaissances ou le résultat de leurs travaux et d'échanger leurs idées sur un certain nombre de sujets d'intérêt commun.

Deux matinées et une journée ont été consacrées aux exposés techniques des différentes délégations et aux discussions qui les ont suivis.

Deux thèmes principaux avaient été retenus et liberté avait été donnée aux participants de présenter toute communication technique d'intérêt général dans le domaine de l'hydraulique.

Les sujets principaux traités ont été les suivants :

Les moyens d'exhaure des ressources en eau : aspects techniques sociaux et économiques.

La gestion des périmètres d'irrigation : aspects socio-économiques.

On trouvera dans les lignes qui suivent les textes intégraux des exposés et des discussions qui les ont suivis.

==>ooo0oo<==>

**LES MOYENS D'EXHAURE DES
RESSOURCES EN EAU**

LES MOYENS D'EXHAURE

RAPPORT INTRODUCTIF PAR LE C.I.E.H.

INTRODUCTION

L'importance de la zone rurale en Afrique, la prépondérance de l'activité agricole, le faible taux d'urbanisation sont autant de facteurs qui expliquent la dispersion de la population et la multiplicité des points d'eau où les débits soutirés sont modestes.

Cette situation naturelle et la difficulté de dégager des sources de financement importantes pour généraliser l'usage des techniques modernes font que le problème des moyens d'exhaure s'y pose avec une acuité particulière.

Ce problème qui existe depuis toujours a été résolu avec des moyens traditionnels qui sont souvent ingénieux et bien adaptés aux conditions locales. Mais l'accroissement de la consommation d'eau liée, à l'amélioration de l'hygiène et à l'augmentation corrélative de la production ont entraîné l'introduction des techniques modernes d'exhaure, et l'on se trouve actuellement devant une large gamme de solutions allant des plus simples (pompes à main) aux plus élaborées (points d'eau équipés de pompes mécaniques et de réservoir de stockage).

Nous nous proposons au cours de cet exposé d'examiner les différents points de vue sous lesquels se présente le problème des moyens d'exhaure. Ces différents aspects s'interpénètrent mais nous proposons de les regrouper en 3 chapitres : sanitaires, sociaux, techniques et économiques.

ASPECTS SANITAIRES

Un des avantages des moyens mécaniques sur le puisage à la main est bien évidemment la diminution des risques de pollution par les hommes et les

animaux. Car même avec des superstructures solides et bien construites l'eau des puits est souvent polluée par les récipients et les cordes qui traînent sur le sol. En outre, du fait qu'ils ne peuvent être couverts, ces ouvrages ne sont pas prémunis contre les chutes d'animaux ou d'objets divers.

La mise en place d'installation de stérilisation des eaux dans les petites communautés où à l'échelle individuelle semble pour l'instant difficile, elle nécessite d'abord des campagnes d'information des populations sur les problèmes sanitaires et les risques que fait courrir l'absorption d'eau polluée.

L'expérience a montré en effet une résistance considérable des populations lorsqu'on introduit la chloration pour la première fois, et ceci à cause du goût du chlore. Les intéressés préfèrent utiliser l'eau de puits éloignés plutôt que d'utiliser les eaux chlorées du ou des puits voisins.

ASPECTS SOCIAUX

Le mode de vie des populations est étroitement lié au mode d'alimentation en eau et à la quantité d'eau disponible. Dans les régions à habitat dispersé où les ressources sont rares, l'approvisionnement en eau constitue une des activités essentielles de la vie du village. Il est donc certain qu'un changement et une amélioration des moyens d'exhaure entraînera des modifications importantes dans la vie des populations. De plus l'adoption de moyens d'exhaure mécanique réduit sensiblement la peine des utilisateurs. Mais il faut que ce nouveau moyen soit adapté à leurs besoins et à leurs possibilités. Il conviendra en particulier de tenir compte du fait que ce sont souvent les femmes et les enfants qui font la corvée d'eau.

Il faudra également que les villageois apprécient les avantages de ce moyen et qu'ils se sentent responsables de son fonctionnement. A ce titre il est important qu'une campagne d'information scolaire soit systématiquement effectuée ainsi que des réunions locales au niveau des villages pour expliquer le fonctionnement du dispositif d'exhaure. Il est également nécessaire de faire participer dans toute la mesure du possible les intéressés à l'installation et à l'entretien des pompes.

Il sera aussi indispensable de ne pas laisser une pompe hors d'état de fonctionner, obligeant ainsi les populations à revenir aux moyens traditionnels. Il faudra donc se préoccuper des moyens nécessaires pour assurer l'entretien des matériels en même temps qu'on définira le programme d'équipement des points d'eau.

ASPECTS TECHNIQUES ET ECONOMIQUES

Divers types d'énergie sont disponibles, pour l'exhaure de l'eau, l'homme, l'animal, le vent, l'énergie solaire, l'énergie thermique et électrique.

Le puisage à la main à l'aide d'un récipient quelconque ne présente pas que des inconvénients, il permet notamment de rabattre le puits au maximum, le prix de revient du puisage est nul et les pannes existantes. Par contre, comme nous l'avons vu les risques de pollution sont importants comme d'autre part il ne faut pas oublier que dans la majorité des cas, les débits disponibles sont faibles et les points d'eau nombreux et dispersés, les autres types d'énergie sont beaucoup trop chers et par conséquent il n'est pas question pour le moment de multiplier les pompes à moteur thermique ou électrique à l'échelle des villages.

Il semble donc que la pompe à piston actionnée à la main soit pour le moment le seul équipement à envisager sérieusement pour la grande majorité des petites collectivités rurales.

Le prix des pompes à main est peu élevé en général :

- La pompe ABI fabriquée à Abidjan coûte 54.000 CFA c'est une pompe qui est particulièrement simple et robuste.
- La pompe BRIAU type "Africa" coûte 250.000 CFA.
- La pompe BRIAU type "Royale" est également robuste et coûte 135.000 CFA.
- La pompe GODWIN, la plus utilisée au Ghana, revient à environ 100.000 CFA.

Nous ne citons là que les modèles les plus utilisés, et qui semblent les plus robustes. Il en existe de nombreux autres. Des modèles nouveaux sont

en cours d'étude en particulier au Ghana. L'E.I.E.R. de Ouagadougou doit entreprendre des essais sur une pompe à bande plastique.

La pompe idéale adaptée aux besoins des populations rurales, doit être simple, robuste, d'un entretien facile et doit pouvoir s'adapter aux divers modes de gisement de l'eau. En ce qui concerne les débits, il ressort de l'étude BCEOM-SERI de 1964, que l'on peut extraire à l'aide d'une pompe à main :

350 l/h à 50 m de profondeur	
700 l/h à 25 m	-"-
900 l/h à 20 m	-"-
1,2m ³ /h à 15 m	-"-
1,8m ³ /h à 10 m	-"-
3,5m ³ /h à 5 m	-"-

Ces débits sont voisins de ceux qu'obtiennent en puisant à la main 5 à 6 personnes. Au delà de 50 m les rendements deviennent très faibles. Les débits pratiques d'exploitation sont dans beaucoup de cas de l'ordre de 1 à 2 m³/h ce qui correspond aux débits moyens de la plupart des puits dans les régions à substratum cristallin.

Il ne fait cependant pas de doute que l'introduction de moyens d'exhaure mécanique entraînera une augmentation de la consommation. On estime en effet à 20/l/h/j la consommation humaine dans les régions où seuls sont utilisés les moyens d'exhaure traditionnels, et à 40/l/h/j, cette consommation dans les régions équipées de moyens d'exhaure mécaniques. Cet accroissement de la consommation pourra poser un problème dans les régions ne disposant que de ressources souterraines limitées. Mais cet inconvénient sera compensé par les possibilités nouvelles offertes par le développement de la politique des forages.

CONCLUSION

Le problème fondamental posé par les pompes est celui de l'entretien. S'il est souvent correctement résolu pour les installations à moteur dans les centres importants, il n'en est pas de même pour les pompes à main. Par exemple en Côte d'Ivoire d'après les renseignements que nous avons pu obtenir sur

.../...

place, environ 50 % des pompes installées sont en panne . Au Ghana par contre la proportion des pompes en service semble plus grande puisqu'il existe un service d'entretien dans chaque région qui effectue une visite de chaque pompe tous les 2 mois.

Le coût de l'entretien serait de 13 à 15.000 CFA par pompe et par an. Avant toute chose il est donc nécessaire de mettre en place dans chaque pays des services d'entretien efficaces et dotés de tout le matériel et des pièces de rechanges nécessaires. Et là il est évident que l'utilisation de modèles fabriqués sur place par des sociétés africaines facilitera le fonctionnement de ces services.

En effet les matériels importés sont souvent en panne, et cela vient surtout du fait que de telles pompes pour la plupart construites en Europe sont conçues pour fonctionner en Europe chez des particuliers. En Afrique elles sont soumises à une utilisation publique et à des conditions climatiques plus rigoureuses.

Pour terminer signalons qu'avec l'aide de l'OMS, le C.I.E.H. va entreprendre une campagne d'expérimentation de différents types de pompes dans des conditions de service effectif au niveau des villages.

---ooo0ooo---

PROBLEMES D'ALIMENTATION EN HAUTE-VOLTA

EXPOSE DE Mr. TRAORE DEKRIN - (DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE ET DE
L'EQUIPEMENT RURAL
HAUTE-VOLTA)

-:-

I - PRESENTATION GENERALE DU PROJET

Confrontée à tous les niveaux, aussi bien urbain que rural, à des problèmes cruciaux d'alimentation en eau, la Haute-Volta, parallèlement à un programme de construction et de réfection de digues en terre pour la rétention des eaux superficielles, a entrepris un programme de construction de puits ruraux.

Par la technique et les moyens mis en oeuvre pour leur réalisation, ces puits s'avèrent beaucoup plus modernes, plus pérennes et sanitaires que les puisards dont jusqu'alors s'étaient contentés les populations.

L'objectif de cet exposé n'étant pas de décrire la technique de forage de ces puits dits "modernes" nous ne donnerons que leurs caractéristiques principales :

- Puits foncés à 2 m et cuvelés à partir de la nappe phréatique de bas en haut à un ϕ de 1,80 m.
- Une colonne de captage pourvue de lumières de ϕ 1,40 m permettant de mieux exploiter la nappe, est descendue par havage, jusqu'au socle relativement sain.
- Un massif de gravier filtrant, installé tout autour de la colonne de captage.

Les débits de ces puits variant selon la nature du terrain oscillent entre 0 et 9 m³ à l'heure.

Le système de captage pourrait permettre d'obtenir une eau potable. Mais du fait de l'ouverture des puits à l'air libre et des moyens d'exhaure utilisés, cette eau est soumise à des pollutions.

Désireux de parvenir à un développement aussi harmonieux que possible du milieu rural surtout sanitaire le Gouvernement de Haute-Volta, en accord avec l'OMS (Organisme Mondial Santé) et l'UNICEF (Nations Unies pour l'Enfance) a mis sur pied un programme d'amélioration de l'hygiène de l'eau en milieu rural.

.../...

II - LES OBJECTIFS DU PROGRAMME

- 1) Améliorer la maîtrise et l'hygiène de l'eau en milieu rural de Haute-Volta et tout particulièrement dans la partie du territoire située au Nord de l'isohyète 1000 que caractérise une répartition très inégale des pluies dans l'année.
- 2) Compléter et prolonger à cet effet les programmes de fonçage et de creusement de puits.
- 3) Développer l'hygiène de l'eau, équiper et moderniser un nombre optimum de puits.
- 4) Assurer une action de formation qui permette de garantir aux meilleures conditions un entretien constant des puits ainsi modernisés.
- 5) Améliorer l'hygiène et la santé publiques des populations intéressées par un approvisionnement et une alimentation en eau potable et salubre, en contribuant notamment à la prophylaxie et à la prévention des affections épidémiques, contagieuses et transmissibles dues à la consommation ou à l'usage d'eaux polluées.
- 6) Accessoirement, améliorer l'état sanitaire du bétail ainsi que les conditions qualitatives et quantitatives de la protection alimentaire et, par là même, contribuer au développement agricole des zones considérées et assurer un meilleur équilibre nutritionnel de l'alimentation des populations intéressées.

III - FORMULE DE FINANCEMENT ET MODE D'EXECUTION PRATIQUE DU PROJET

a) Forme de financement

L'UNICEF a fourni dans le cadre d'un programme triennal 1968 - 1971, les matériaux et matériels nécessaires à la couverture et à l'équipement des puits sélectionnés dans le but d'en améliorer la salubrité :

- 1 - du ciment
- 2 - du fer à béton 8 mm
- 3 - des fers IPN de 120 mm
- 4 - des pompes de différentes marques :
 - 1 Pompes BODIN
 - 2 Pompes BRIAU
 - 3 Pompes Gillet à chapelet.

Des pièces de rechange permettant d'assurer l'entretien et les réparations courantes de ces pompes.

L'UNICEF a fourni des véhicules :

une camionnette 404 pour le déplacement du personnel technique
un camion SG4 pour le transport des matériaux et matériels.

Les frais d'installation des pompes incombent au Gouvernement voltaïque.

L'OMS, sur demande du Gouvernement Voltaïque donne son avis technique sur tous les aspects du projet.

.../...

b) Mode d'exécution pratique du projet

Ne disposant pas d'un équipement adéquat pour entreprendre les travaux, la Direction l'Hydraulique et de l'Equipement Rural, Maître d'ouvrage a confié en 1970 et 1971 par marchés, l'installation de la 1ère série de pompes à des entreprises. Quatre vingt puits de l'ORD de Ouagadougou et Koudougou bénéficièrent ainsi de machines élévatoires d'eau.

La sélection des puits à couvrir et à équiper est faite compte tenu des critères suivants et de concert avec les services intéressés (HEER, SANTE, EDUCATION).

- 1) Pureté hygiénique et valeur alimentaire de l'eau.
- 2) Evaluation de l'importance des besoins prioritaires en eau en fonction du nombre d'habitants du (ou des) village (s) desservi (s) d'une part et de l'insuffisance et de l'éloignement des points d'eau existants d'autre part.
- 3) Importance du débit du puits.
- 4) Eloignement d'un puits moderne déjà équipé.
- 5) Proximité d'un centre de santé ou dispensaire ou école, plus particulièrement d'un centre d'Education Rurale.

Les frais d'installations de cette première série s'étant avérés trop élevés, on décida en 1972 de poursuivre l'opération en régie par une équipe dont les attributions exactes seront précisées ultérieurement.

IV - ENTRETIEN DES POMPES INSTALLEES

Après le montage des premières pompes, des difficultés surgirent au niveau de leur entretien. Les villageois bien que bénéficiaires utilisaient les appareils et les délaissaient dès qu'elles tombaient en panne. Pour assurer un fonctionnement permanent des pompes, il fallut créer en 1971 une équipe centrale au niveau de la Direction de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural chargée de l'entretien et de la réparation des pompes défectueuses.

Cette équipe composée

- d'un mécanicien
- d'un aide mécanicien
- d'un chauffeur

fut dotée du matériel et de l'outillage nécessaires.

Elle possédait notamment

- une camionnette 404 bâchée
- un camion SG4 de 2,5 T de charge utile et avait à sa disposition en magasin un stock de pièces de rechange : tuyaux, manchons, tringles, émerillons.

Elle visitait mensuellement les pompes installées et remettait en état celles en pannes.

.../...

La poursuite de l'ensemble du projet se révéla très prometteuse, à la seule condition de réduire les coûts d'installation des pompes, afin d'équiper un grand nombre de puits et satisfaire la demande.

Les premières pompes avaient été installées à raison de 62.500 F CFA/pompe.

A partir de 1972, on décida de confier à l'équipe d'entretien et de réparations, l'installation des pompes.

A cet effet, elle fut renforcée et son équipement complétée.

La nouvelle composition s'établit ainsi :

2 mécaniciens
2 maçons
2 chauffeurs
8 manoeuvres.

Son équipement se compose de :
un étau pour filetage
une chèvre pour soulever les dalles
une trousse à outils de mécanicien.

Le champ de ses activités s'est étendu alors, en plus de la visite et de la réparation des pompes installées, à

- la recherche et la collecte de sable et de gravillons
- la construction de dalles en B.A.
- inventaire des puits et forages en vue de retenir ceux répondant aux critères d'équipement
- transport des dalles jusqu'au chantier.

Pendant la campagne 1971-72, 15 pompes ont été installées et les 97 déjà installées ont été régulièrement visitées :

Soit au total 112 pompes se répartissant ainsi :

78 pompes BODIN
10 pompes GILLET
24 pompes BRIAU.

Le travail effectué en étroite collaboration avec les paysans qui participent bénévolement, a permis de surmonter nombre de difficultés.

- Le maniement des pompes est démontré aux paysans ainsi que les précautions élémentaires à prendre afin d'éviter leur mise hors service de façon rapide
- éviter de faire cogner le manche sur le bloc
- vérifier de temps en temps le serrage des boulons de la collerette.

Tous ces conseils n'ont pas été suivis partout spontanément, mais il faut remarquer que les paysans ont pris plus conscience de leur responsabilité vis-à-vis des pompes. En effet dès qu'une pompe tombe en panne ils informent l'autorité la plus proche qui à son tour contacte l'H.E.R. pour intervention.

V - FABRICATION DES DALLES

Pour la fabrication des dalles, le béton est dosé à 350 kg. Les dalles sont préfabriquées compte tenu du nombre de puits à équiper. Toutefois la question du transport des dalles nous a amenés à les fabriquer en deux parties différentes pour les pompes Briau et Gillet et en trois parties pour les pompes Bodin.

Dalles pour pompes Briau et Gillet

Elles sont fabriquées en deux demi-circonférences. Une fois juxtaposées, ces demi-circonférences présentent presque en leur milieu un orifice par où passeront les tubes, ou la chaîne. Les fers utilisés sont des fers de 8 mm disposés tous les 10 cm en damier.

Dalles pour pompes Bodin

Elles sont fabriquées en trois parties différentes. Une partie centrale dans laquelle sont insérées les pattes coudées et deux parties latérales qui permettent un recouvrement total du puits.

Pour faciliter la manutention de ces dalles de 2 m de diamètre, l'épaisseur a été fixée à 10 cm.

Parallèlement à cela, nous avons décentré l'orifice fait dans la dalle centrale pour lui permettre de mieux supporter les moments

- moment du poids de la pompe
- moment de flexion lors des pompages.

Transport des dalles

Les dalles sont transportées au moyen d'un camion SG4 3,5 T. Nous les soulevons au moyen d'une chèvre (1 tonne).

Montage des pompes

Pompe Gillet : il faut déterminer l'emplacement de la pompe sur le puits en choisissant la position la plus favorable pour que le bec de déversement soit bien mis à proximité pour une manoeuvre commode, et fixer le corps de pompe rigoureusement de niveau sur les 2 barres de fer IPN 120.

Montage de pompes Bodin et Briau

Le système de montage des pompes Briau et Bodin est le même ; suivant la profondeur du puits, on visse un ou deux tuyaux de 3 m chacun, ce qui nous fait 3 à 6 m d'aspiration. Puis on visse la boîte à piston, après laquelle l'on jonctionne des tuyaux jusqu'au niveau supérieur de la dalle, où l'on monte le corps de pompe.

Un essai de pompage permet de vérifier l'étanchéité du système pendant le montage. Un graissage est effectué pour assurer le bon fonctionnement de la pompe.

VI - PANNES LES PLUS FREQUENTES DES POMPES INSTALLEES

A - Pompe AFRICA (rouge) poids 370 kg

Les pompes AFRICA peuvent fournir des débits de 300 à 500 litres à l'heure, le pompage de 0 à 100 m de profondeur et le refoulement jusqu'à 70 m au-dessous du sol.

Les pannes proviennent généralement de :

La boîte à piston : pénétration de corps étrangers qui provoquent un mauvais fonctionnement.

Le système de tringlerie : les tringles qui assurent le déplacement du piston se brisent.

Le système d'engrenage : le maniement des volants provoque parfois la rupture des pignons.

A ce moment il faut remplacer entièrement tout le système.

B - Pompes Bodin - poids 40 kg

Lorsqu'une pompe Bodin ne débite plus, il faut contrôler :

1°/ - La boîte à piston : parfois un corps étranger pénètre dans le cylindre par le crépine d'aspiration et perturbe le fonctionnement des éléments mobiles.

Après quelques semaines de fonctionnement, on voit apparaître des fissures sur le cylindre renfermant le piston. Cet élément essentiel se trouve ainsi rendu inutilisable car lors du refoulement toute l'eau s'échappe par les fentes.

Les causes de fissures ne peuvent provenir que d'un vice de fabrication. L'alliage utilisé pour le cylindre ne résiste pas aux fortes pressions exigées lors du refoulement.

Le remplacement s'effectue aux dépens des pompes neuves.

2°/ - Le joint de la collerette qui s'est déplacé parce que les écrous sont desserrés.

En dehors de ces éléments qu'il faut surveiller cette pompe résiste parfaitement à tous les mauvais traitements que peuvent leur infliger les populations rurales.

C - Pompes Gillet à chapelet - poids 105 kg

Pompe délicate qui nécessite une surveillance permanente. Son installation est conseillée dans les écoles et les dispensaires où l'on pourra compter sur la présence effective d'un gardien. Laissée entre les mains des paysans, elle ne fonctionne régulièrement pas plus de trois semaines. Les pannes fréquentes proviennent de :

du volant : il est maintenu solidaire à la tige de transmission par une clavette.

Il arrive que cette pièce se détache lors du maniement du volant ; si le paysan ne constate pas l'absence de la clavette en temps opportun c'est la chute du volant sur la dalle et sa rupture. Il faut reconnaître que le métal utilisé dans la fabrication de cet élément résiste mal aux chocs.

du pignon : il est bien protégé par un couvercle. Lorsque le paysan fait tourner le volant et le lâche, il y a un violent mouvement/^{de} retour et un choc brutal du contre-coup sur le pignon d'où l'éclatement de celui-ci. Pour la remise en état de cette pompe, l'équipe doit prélever la pièce sur les machines en instance de montage.

de la chaîne : elle se rompt souvent ; la rupture se situe toujours au niveau du raccordement godet-chaîne.

des godets : la matière utilisée pour les godets ne résiste pas au frottement ou au glissement de la chaîne sur le support. Les godets commencent par se fendiller et finissent par disparaître complètement, d'où plus de remontée d'eau.

Dans ce cas, il faut remplacer toute la chaîne or, il n'y a pas de stock disponible.

Des essais de ces trois types de pompes, à savoir BRIAU, BODIN et GILLET, il ressort que les plus adaptés au milieu rural sont le Briau et le Bodin, ceci à cause de leur robustesse et leur simplicité d'emploi.

Les BRIAU sont utilisés sur les puits de grandes profondeurs atteignant 80 mètres.

Les BODIN utilisés pour les puits de profondeurs moyennes de 25 m.

VII - APPRECIATION DES RESULTATS OBTENUS

Il faut reconnaître que malgré des difficultés apparues au niveau de l'entretien des pompes, le programme a été accueilli favorablement dans le milieu rural. En effet les avantages immédiats offerts furent :

- l'obtention rapide de l'eau sans trop d'effort (gain de temps)
- la bonne qualité de l'eau obtenue (réduction du risque de pollution).

Les paysans prennent plus conscience de leur responsabilité vis-à-vis des pompes, comprennent plus l'utilité de ces pompes.

Les effets à long terme commencent à se faire sentir :

- 1) - effort d'amélioration de santé
- 2) - effort de recherche d'eau de meilleure qualité et d'un équilibre nutritionnel meilleur
- 3) - amélioration des moyens de conservation de l'eau.

.../...

La poursuite du programme ne peut qu'aboutir à l'amélioration de conditions de vie en milieu rural. Nous pensons que l'extension est nécessaire pour prêter main forte à la lutte contre le sous-développement.

La superficie actuellement couverte par les 112 pompes en fonctionnement est de 4500 km² sur les 275.000 km² que compte la Haute-Volta, soit 1/60 de la superficie totale. La zone couverte est la partie centrale du pays (Région de Ouagadougou et Koudougou). La densité est de 1 pompe pour 42 km².

Mais l'extension du programme exige :

- la formation d'un ou plusieurs utilisateurs du ou des villages desservis par chaque puits aux techniques courantes des puits et de leur équipement, car une équipe centrale ne saurait assurer le fonctionnement des pompes couvrant tout le territoire.

- la constitution, au niveau des Organismes Régionaux de Développement des équipes chargées

a) - d'inspecter les puits et de les équiper

b) - de contrôler la continuité des effets recherchés d'hygiénisation des eaux

c) - d'entretenir et éventuellement réparer les buses, dalles, margelles et pompes équipant les puits.

- Au niveau de l'UNICEF, la fourniture des pompes sélectionnées par l'HER et des pièces de rechanges.

- Le maintien de l'assistance au niveau de l'OMS.

---o000000000---
o
o

DISCUSSION
=O=O=O=O=O=

Mr. KAKADIE (Côte d'Ivoire)

- En Côte d'Ivoire la grande difficulté que nous avons se situe au niveau de l'entretien ; il est très facile de créer des nouveaux points d'eau, de faire des puits, mais entretenir ces puits nous pose de sérieux problèmes, problèmes qui sont posés non par les difficultés techniques, mais plutôt par des questions d'organisation. Le Représentant de la Haute-Volta a révélé qu'ils ont formé des équipes d'entretien qui passent périodiquement sur les pompes. Peut-il nous dire comment sont couverts les frais d'entretien ? Est-ce l'Etat qui chaque année prévoit une somme pour les frais d'entretien ou bien est-ce que les frais d'entretien courants sont à la charge des villageois.

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- Au niveau de l'HER de H.V. nous avons créé une équipe d'entretien, cette équipe est dirigée par un technicien de l'Hydraulique, fonctionnaire de l'Etat auquel il faut adjoindre des manoeuvres. Le Gouvernement de H.V. fait une inscription budgétaire tous les ans pour couvrir les frais d'installation et de réparation de ces pompes. Donc au niveau de la population la seule contribution revient à aider l'équipe dans l'installation des pompes, une fois la pompe installée, on leur montre les techniques élémentaires de manipulation. C'est leur seule intervention.

Mr. DAVID (Tchad)

- Jusqu'à présent les exposés ont concerné surtout la pose et la maintenance du matériel, je pense que le premier but à rechercher c'est la propreté de l'eau dans un but sanitaire surtout, je pense quand même que le premier problème qui doit se poser, c'est que les populations se sentent concernées parce que si on ne leur fait pas comprendre la nécessité d'une eau saine, pure, propre, si on installe une pompe chez eux, ils l'utiliseront pour des raisons de commodité de simplification mais ça ne les empêchera pas d'aller boire l'eau du marigot un peu plus loin s'ils en ont envie. J'ai constaté souvent que les populations préféreraient aller prendre l'eau du marigot plutôt que l'eau du puits parce que d'abord elle avait un peu plus de goût et puis c'était plus facile à prendre qu'avec la pompe.

Je pense que si on veut que ce matériel soit accepté par les populations il faut faire une campagne auprès de ces populations pour leur faire comprendre la nécessité du problème, une campagne au niveau scolaire par exemple comme disait Mr. CALES et surtout leur montrer le danger qu'il y aura si ces pompes ne sont pas entretenues. Tant que les populations n'auront pas compris la nécessité de ce problème, elles utiliseront les pompes tant qu'elles marcheront, et dès qu'elles ne marcheront plus elles ne

feront rien pour les réparer. Est-ce qu'en Haute-Volta par exemple il y a eu quelque chose de fait pour la formation de ces populations ? Est-ce que les villageois sentent l'importance de l'opération non pas simplement au point de vue de la facilité de puisage de l'eau mais au point de vue de la santé.

Mr. N'GASSAM (Cameroun)

- Si je me réfère à ce qui se passe dans le Nord du Cameroun qui est à peu près dans les mêmes conditions climatologiques que la Haute-Volta, dans ces régions je pense que la première priorité c'est que les gens aient de l'eau. Car en dehors de la saison des pluies, les marigots sont secs. D'autre part dans les puits de grande profondeur les eaux ne sont généralement pas polluées et du fait que le puits est recouvert et qu'il est équipé d'une pompe, à priori les problèmes de pollution sont bien moindres.

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- Comme le délégué du Cameroun l'a dit nous savons bien que des problèmes sanitaires se posent et les populations sont parfois conscientes de cela, mais il faut reconnaître que généralement dans ces régions, il n'y a pas d'autres ressources en eau que le seul puits, il n'est donc pas question que le paysan aille chercher de l'eau ailleurs. La profondeur du puits variant de 15 à 80 m généralement l'eau de ces puits est relativement potable compte tenu de la couche de sol qui a été traversée par l'eau. Il faut également reconnaître que par la technique de fonçage de nos puits lorsque nous traversons une nappe où la qualité de l'eau laisse à désirer nous fermons complètement cette zone par un cuvelage complet et nous descendons jusqu'à ce qu'on atteigne le granite fissuré où les couches permettent d'obtenir une qualité d'eau meilleure.

Mr. LOTHITA (Tchad)

- M. le Délégué de la Haute-Volta nous a exposé les modalités d'intervention de l'équipe centrale qui a été constituée au niveau de l'HER ; cette équipe arrive dans un village avec le matériel et les matériaux nécessaires à la construction des puits et les villageois ont une participation que je qualifierai de passive, puisque ceux-ci aident l'équipe centrale à mettre en place les pompes à descendre tout simplement les dalles. Or le problème de la maintenance des puits se pose de cette façon *si*, à savoir que la population locale se sente effectivement concernée, alors ne faudrait-il pas chercher une formule qui puisse mieux associer activement les populations locales à la maintenance des puits. Une autre question que je poserai, le Représentant du CIEH dans l'exposé introductif nous a donné les coûts annuels de maintenance des puits (15.000 CFA par pompe). Le Représentant de la Haute-Volta dans son exposé nous a donné les coûts d'installation (62.500 CFA par pompe). Est-ce le délégué de H.V. peut nous donner un ordre de grandeur des coûts de maintenance des pompes par an afin de comparer avec l'ordre de grandeur que Mr. CALES nous a donné.

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- Au niveau de la maintenance des puits lorsque les premières séries de pompes ont été installées, nous avons eu des difficultés pour l'entretien parce que l'entreprise qui s'était occupé de l'installation n'avait pas fait cela en collaboration directe avec les paysans et quelques 6 mois après la plupart des pompes étaient tombées en panne, à la suite de cela on a mis en place l'équipe d'entretien ; j'ai également mentionné que la première série des pompes avaient été installées à raison de 62.500 F la pompe, ce qui était à notre niveau énormément élevé, à partir de 72 on a confié non seulement la réparation et l'entretien des pompes mais aussi l'installation à l'équipe d'entretien. Lorsque cette équipe va sur le terrain, d'abord le choix du puits se fait en collaboration directe avec les paysans qui déterminent sur quels puits ils veulent que la pompe soit installée, et c'est le chef du village généralement en collaboration avec le commandant de cercle qui les informe de l'installation. Lorsque l'équipe arrive pour les travaux les villageois sont présents et ils assistent à l'installation de la pompe. Actuellement pour la préparation des dalles et le transport, c'est notre équipe qui s'occupe de cela, mais une fois la pompe installée, les paysans font eux-mêmes le petit entretien (serrage d'un écrou, graissage), pour les pannes importantes, ils avisent l'autorité la plus proche qui avise l'HER, ce qui prouve que les paysans prennent conscience de l'intérêt de ces pompes soient maintenues de façon correcte.

Le coût d'installation actuel des pompes est de 30.000 à 32.500 F, c'est-à-dire la moitié du prix à l'entreprise.

En ce qui concerne le coût de l'entretien, toutes les pièces de rechange sont fournies par l'UNICEF, la contribution voltaïque ne concerne que le prix du transport et le salaire de l'équipe, le ciment, le fer sont fournis par l'UNICEF.

Mr. AMFAMBA (Gabon)

- A propos de la fourniture de matériel par l'UNICEF, combien de temps va durer cette fourniture ? Est-ce qu'il est prévu qu'elle cesse dans un proche avenir ?

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- La première série de matériels et matériaux qui ont été fournis l'étaient dans le cadre d'un programme triennal (68 - 71). Actuellement nous sommes à la préparation d'un autre programme qui va s'étaler toujours sur 3 ans et qui concerne non seulement la couverture du puits et la fourniture des pompes mais aussi le fonçage de quelques 180 puits à travers la Haute-Volta. La mise à exécution du 1er programme triennal a pris un léger retard puisque les premières séries de pompes n'ont été installées qu'en 69.

.../....

Mr. N'GASSAM (Cameroun)

- Au sujet des pièces de rechange on nous a dit qu'elles étaient démontées sur des pompes neuves, est-ce parce que le stock de pièces est insuffisant et lorsque le projet sera terminé est-ce qu'il y aura un service après vente en Haute-Volta qui fournira les pièces de rechange . Au Cameroun nous avons un certain nombre de pompes installées il y a 8 ans (pompes à courroies et à godets) et le problème pour nous est celui des pièces de rechange parce qu'il n'en existe pas. 3ème question concernant l'exécution des puits, comment se fait l'entretien des puits (puits ensablé, curage, etc...).

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- En ce qui concerne le 1er point à savoir le coût du projet il nous est difficile à notre niveau de le chiffrer. Je puis seulement vous dire que la première série de pompes qui a été fournie étaient au nombre de 300 auxquelles il faut ajouter un nombre élevé de pièces de rechange le ciment et le fer. Le coût du projet au niveau de la Haute-Volta s'élève à 4.000.000 par an pour le fonctionnement de l'équipe d'installation et d'entretien.

Le programme de fonçage des puits que nous comptons mettre en oeuvre à partir de 74 coûte actuellement environ 35.000.000 au niveau de la Haute-Volta, au niveau de l'UNICEF il faut compter environ 180.000.000. Pour ce qui concerne les pièces de rechange il y a eu de nombreux problèmes parce que celles qui ont été fournies sont insuffisantes. Par exemple quand un piston se casse, il faut pour le remplacer en prélever 1 sur une pompe neuve en stock. Il n'y a pas de service après vente en Haute-Volta mais il y a des sociétés qui vendent le même type de pompe en Haute-Volta et la fourniture de pièces de rechange ne devrait pas poser de problème.

L'entretien des puits cuvelés ne pose pas de problèmes en H.V. parce que la technique employée veut que la colonne captante descende jusqu'au socle relativement sain ; on peut compter une dizaine d'années sans avoir de problèmes. Nos puits sont relativement jeunes et le problème de leur entretien ne s'est pas encore posé.

Mr. MOREL (Gersar)

- Je voudrais poser une très simple question à M. le Délégué de la Haute-Volta ; j'ai bien compris que le problème le plus important de ces puits et de ces pompes, c'est un problème d'entretien. Il nous a dit que dans le périmètre actuellement équipé, on comptait une pompe pour 42 km². Est-ce qu'on peut avoir une idée du nombre d'habitants concernés et situés à l'intérieur de ces 42 km² en moyenne bien entendu.

.../...

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- On installe une pompe dans un village que s'il y a au moins 100 habitants. Si l'on prend comme moyenne 150 habitants vous pouvez facilement calculer le nombre d'habitants concernés. Dans la région de Ouaga et de Koudougou, la densité de la population est de 45 à 50 h/km². Ce qui fait que vous pouvez calculer le nombre d'habitants concernés 42 km² x 50 h.

Mr. DIALLO (Niger)

- Avant de passer la parole à Mr. LEROUX, je tiens à excuser l'Organisme nigérien chargé de l'entretien des points d'eau au Niger, organisme auquel le C.I.E.H. a demandé de faire un exposé ici sur les moyens d'exhaure, pour des difficultés intervenues en dernière minute le Directeur de l'OFEDES n'a pu être des nôtres aujourd'hui.

Mr. LEROUX (Niger)

- Je voudrais savoir quel est le débit d'une pompe Briaux à 80 m.

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- Le débit pratique d'une pompe Briaux à 80 m se situe entre 150 et 200 l/h.

Mr. OUDIN (Gabon)

- Dans les puits qui ont été forés en Haute-Volta quels sont les moyens qui ont été mis en oeuvre pour resurer la probabilité de l'eau.

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- Nous ne contrôlons pas de façon systématique la probabilité de l'eau.

Mr. KAKADIE (Côte d'Ivoire)

- La dernière question qui vient d'être posée me semble d'une très grande importance. En Côte d'Ivoire nous avons des villages relativement importants 2000 à 3000 habitants et les puits qui étaient forés dans ces villages étaient implantés sans tenir compte des critères de pollution. Maintenant nous nous attachons à mieux connaître les caractéristiques hydrogéologiques des nappes parce que dans ces villages il y a des puits perdus et il peut y avoir communication avec la nappe. Il faut à notre avis faire systématiquement les analyses physico-chimiques et surtout bactériologiques avant de livrer le puits à la consommation de la population.

Mr. N'GASSAM (Cameroun)

- Je voudrais poser une question consécutive à celle que j'avais posée tout à l'heure pour le fonçage du puits, théoriquement on doit foncer le puits jusqu'au substratum imperméable, mais dans le cas du Cameroun, pour des raisons économiques nous descendons le puits de 4,5 ou 6 m dans l'eau suivant la zone, d'autant plus que les gens viennent puiser l'eau au seau.

Je voudrais demander au délégué de la Haute-Volta si quel que soit l'endroit ils forent leur puits jusqu'au substratum imperméable ou alors quelle hauteur d'eau laissent-ils dans le puits. Dans le Nord-Cameroun beaucoup de puits s'assèchent et nous sommes en train de prendre des mesures exceptionnelles pour approfondir ces puits parce que les gens partent.

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- Lorsque le socle sain est trop profond nous ne fonçons pas les puits jusqu'au substratum et nous arrêtons le puits lorsqu'il y a 10 m d'eau.

Mr. LEMOINE (BURGEAP)

- La question du délégué du Cameroun sur la profondeur des ouvrages me paraît effectivement très importante s'agissant des formations cristallines qui couvrent une fraction très importante des Etats membres du C.I.E.H. Je voudrais simplement dire au nom des gens du Dahomey qui ne sont pas là que dans le cadre de la dernière campagne de puits faite au Dahomey par des entreprises et financée par le FED, on a approfondi les puits de 10 m sous le niveau statique de la nappe et en principe sous le niveau d'étiage. Et cette hauteur d'eau correspond assez bien avec ce que nos études ont montré comme hauteur nécessaire pour que les puits soient pérennes et avec un débit relativement important pour ces formations. Et je pense donc que la hauteur d'eau de 10 m dans les puits en saison sèche devrait être prise comme une norme régulière.

-->>oooo0oooo-->>

o

-

o

LE BELIER HYDRAULIQUE
Fonctionnement et possibilités pour l'alimentation
en eau potable des agglomérations rurales

-:-:-:-:-

Présenté par Mr. LE GOURIERES - Professeur à l'U-
niversité de YAOUNDE

-:-:-

L'alimentation en eau par gravité des agglomérations rurales n'est possible que dans la mesure où il existe à une altitude supérieure à proximité des villages, des sources d'un débit suffisant.

Bien souvent, ce n'est malheureusement pas le cas. On est alors amené à avoir recours au pompage classique ou au béliet hydraulique.

L'utilisation du béliet constitue une solution de choix particulièrement économique dans la mesure où les conditions se prêtent à une telle installation : c'est notamment le cas des villages situés à proximité de sources abondantes mais à une altitude supérieure.

C'est aussi le cas des agglomérations en contrebas desquelles coulent des cours d'eau aux profils accidentés ou susceptibles d'être barrés à peu de frais.

Malgré leur simplicité, leur prix de revient comparativement faible, le fait qu'elles ne demandent pour fonctionner ni carburant ni électricité mais seulement de l'eau, il faut reconnaître cependant que les installations utilisant les béliets ne sont pas très répandues en Afrique.

Aussi nous-a-t-il semblé qu'il ne serait peut être pas inutile de préciser les possibilités qu'offrent ces appareils et les conditions à satisfaire pour les installer.

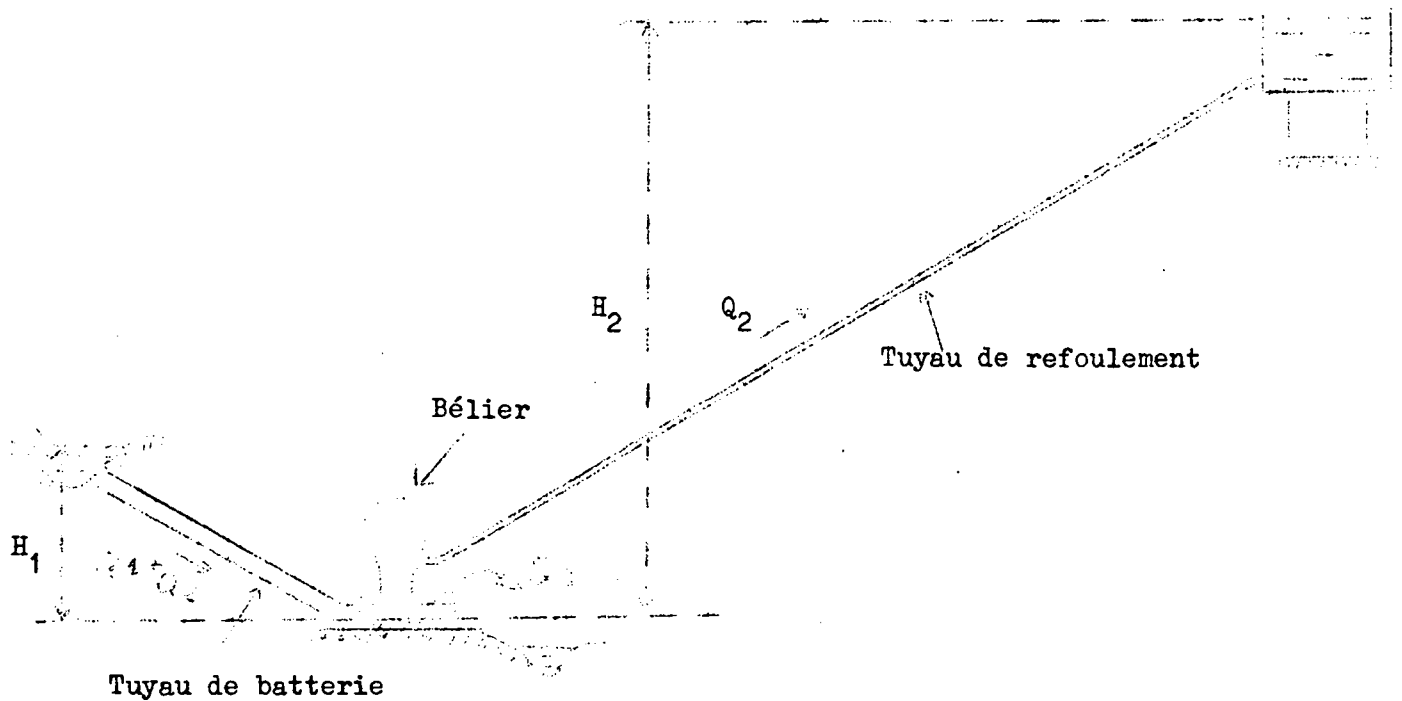
1. Principe de fonctionnement - Constitution du béliet

Le béliet hydraulique utilise la force vive de l'eau contenue dans une conduite pour élever une partie de cette eau à un niveau supérieur. Il a été inventé par les frères Montgolfier au début du 19ème siècle. Il comporte quatre organes principaux :

- un tuyau de batterie
- un clapet de batterie situé à l'extrémité du précédent tuyau
- une cloche de compression avec une soupape d'entrée
- et enfin un tuyau de refoulement.

La figure 1 ci-après représente le schéma de principe de fonctionnement d'un béliet hydraulique.

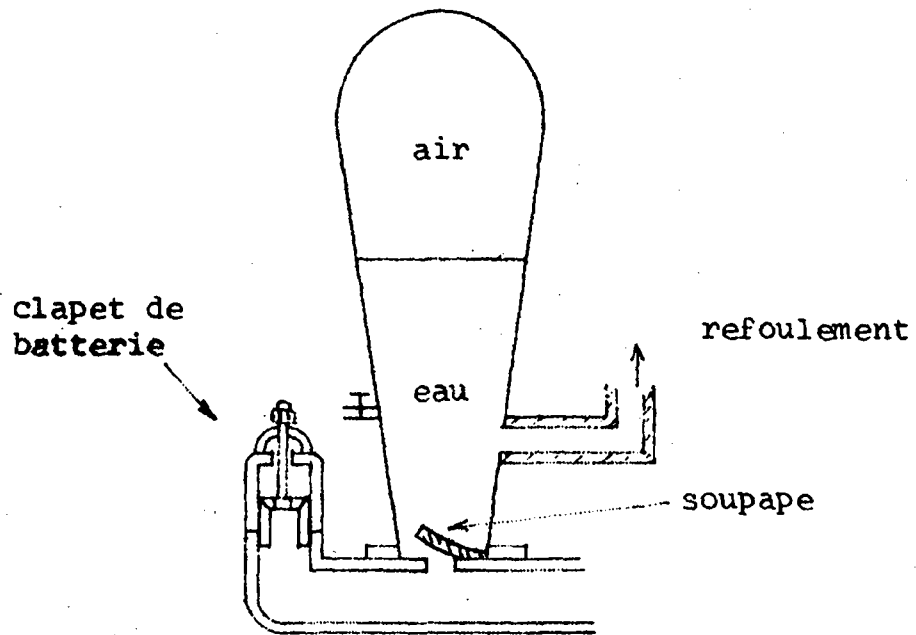
FONCTIONNEMENT D'UN BELIER HYDRAULIQUE



On trouvera également (figure 2) les schémas détaillés de 2 appareils Un petit modèle et un grand modèle. Ce dernier possède comme accessoire supplémentaire une pompe pneumatique qui insuffle de l'air à chaque cycle dans la cloche pour pallier à la dissolution de celui-ci dans l'eau.

Dans le petit bélier, ce rôle est tenu par un robinet de purge situé sur la cloche que l'on ouvre de temps en temps.

Petit modèle



Grand modèle

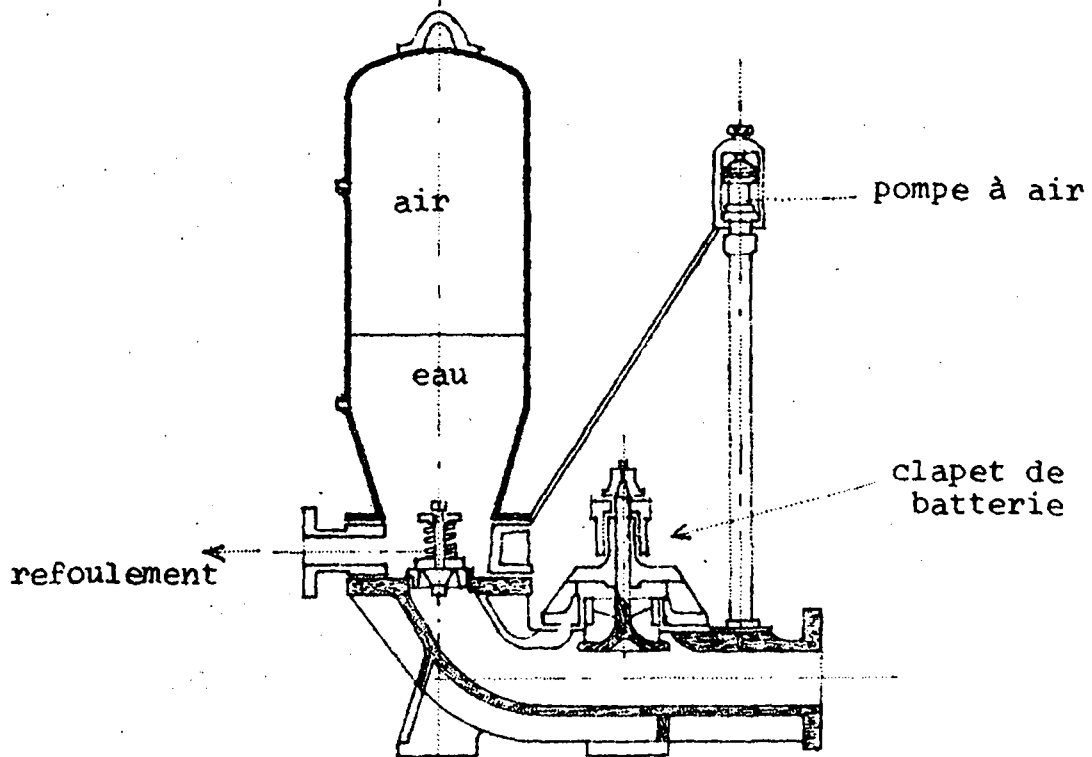


Fig.2.

Dans ce qui suit, nous appellerons

H_1 : la hauteur de chute

H_2 : la hauteur de refoulement

Q_1 : le débit moyen moteur

Q_2 : le débit moyen refoulé

V_1 : le volume d'eau dépensé

V_2 : le volume d'eau refoulé.

Dans ces conditions, le débit Q moyen fourni par la source s'élève à $Q_1 + Q_2$, Q_1 et Q_2 étant les relations :

$$Q_1 T_1 = V_1 \quad Q_2 T_1 = V_2$$

T_1 désignant la durée d'un cycle de fonctionnement.

2. Fonctionnement.

Supposons la soupape de refoulement fermée et le clapet de batterie ouvert. L'eau se met en vitesse dans le tuyau de batterie. Au bout d'un certain temps, sa vitesse est suffisante pour soulever le clapet de batterie qui ferme brusquement l'orifice aval.

Sous l'effet de la surpression due à l'énergie cinétique de l'eau contenue dans la conduite, la soupape de refoulement s'ouvre permettant à une partie de l'eau de la conduite de pénétrer dans la cloche de compression. L'arrivée de l'eau dans cette cloche en comprime l'air qui réagit en refoulant l'eau vers le réservoir supérieur par un tuyau dit tuyau de refoulement.

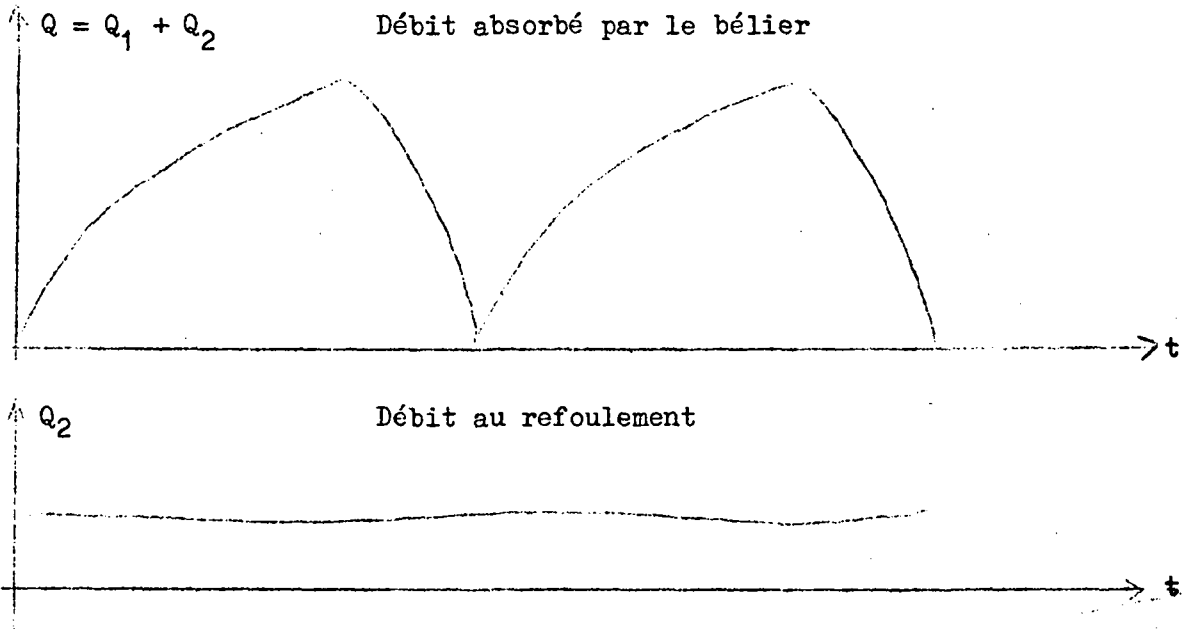
Lorsque l'écoulement de l'eau vers la cloche s'arrête par suite de l'augmentation de pression, la vitesse de l'eau dans la conduite s'annule, la soupape de refoulement se ferme.

Par suite de la légère dépression produite par la réflexion de l'onde de pression sur la prise d'eau, le clapet de batterie s'ouvre de nouveau permettant une nouvelle accélération de l'eau dans le tuyau de batterie. Un nouveau cycle recommence.

Il faut noter que si la vitesse de l'eau s'annule dans le tuyau de batterie, il n'en est pas de même par contre pour le tuyau de refoulement qui est parcouru lorsque le régime permanent est établi par un écoulement de débit quasi constant.

Le graphique ci-après représente les courbes de variations correspondantes.

.../...



Etude des différentes phases

Phase de préaccélération :

Le clapet de batterie est ouvert. L'écoulement de l'eau dans la conduite d'amenée est régi par l'équation différentielle suivante déduite du théorème de Bernoulli en régime transitoire :

$$\frac{L}{g} \frac{dV}{dt} = H_1 - \left(k + \frac{S^2}{s^2}\right) \frac{V^2}{2g}$$

L et S désignant respectivement la longueur et la section du tuyau de batterie.

s : la section offerte par le tuyau de batterie dans sa position ouverte au passage de l'eau (à un coefficient multiplicatif près) ;

V : vitesse de l'eau dans la conduite ;

k : coefficient de perte de charge ($k = \frac{\lambda L}{D}$)

Equation dont la solution est : $V = V_m \operatorname{th} \frac{t}{T}$

avec
$$V_m = \frac{\sqrt{2gH_1}}{\sqrt{\left(k + \frac{S^2}{s^2}\right)}} \quad \text{et} \quad T = \frac{2L}{\sqrt{2gH_1 \left(k + \frac{S^2}{s^2}\right)}}$$

.../...

Fermeture du clapet de batterie

Le clapet de batterie se ferme quand la force hydrodynamique exercée dans le sens ascendant par l'eau devient légèrement supérieur à son poids P. Cette force est approximativement proportionnelle au carré de la vitesse.

Appelons V_0 la vitesse de l'eau contenue dans la conduite au moment de la fermeture. A cet instant que nous appellerons t_1 , on a :

$$V_0 = V_m \operatorname{th} \frac{t_1}{T} \text{ et } CV_0^2 = P, \text{ d'où : } V_0 = \sqrt{\frac{P}{C}}$$

Calculons la quantité d'eau écoulée pendant la période d'accélération. Cette quantité est donnée par l'intégrale :

$$\begin{aligned} V_1 &= \int_0^{t_1} SV dt = \int_0^{t_1} SV_m \operatorname{th} \frac{t}{T} dt \\ &= SV_m \operatorname{Log} \operatorname{Ch} \frac{t_1}{T} \end{aligned}$$

Phase de compression et de refoulement.

Immédiatement après la fermeture du clapet de batterie, la soupape de refoulement s'ouvre. Pendant cette phase le mouvement de l'eau est régi par l'équation différentielle :

$$\frac{L}{g} \frac{dV}{dt} = H_1 - \left(\frac{P}{\omega} + z \right) \left(k + \frac{S^2}{S_1^2} \right) \frac{V^2}{2g}$$

S_1 : section de la soupape de refoulement

P : pression de l'air dans la cloche

z : niveau de l'eau dans la chambre

Cette équation n'est malheureusement pas intégrable. Pour la résoudre, force est d'avoir recours à une méthode graphique.

3. Bilan énergétique - Rendement

Nous définirons le rendement comme le rapport entre l'énergie récupérée et l'énergie dépensée.

Energie récupérée :

Le volume d'eau V_2 refoulé par période passe de la hauteur H_1 à H_2 , d'où une production d'énergie égale à :

$$gV_2 (H_2 - H_1)$$

Energie dépensée :

Pour élever la quantité d'eau V_2 de H_1 à H_2 , la quantité d'eau V_1 est passée de l'altitude H_1 à l'altitude zéro, ce qui correspond à une dépense d'énergie $\rho g V_1 H_1$.

Dans ces conditions, on obtient, pour le rendement énergétique :

$$\eta = \frac{V_2 (H_2 - H_1)}{V_1 H_1}$$

expression qui peut encore s'écrire, en faisant intervenir les débits moyens Q_1 et Q_2 :

$$\eta = \frac{Q_2 (H_2 - H_1)}{Q_1 H_1}$$

Etudions séparément les différentes phases du point de vu bilan énergétique :

Phase de préaccélération :

Pendant cette phase, une énergie égale à $g V_1 H_1$ est dépensée pour communiquer à l'eau une énergie cinétique égale à :

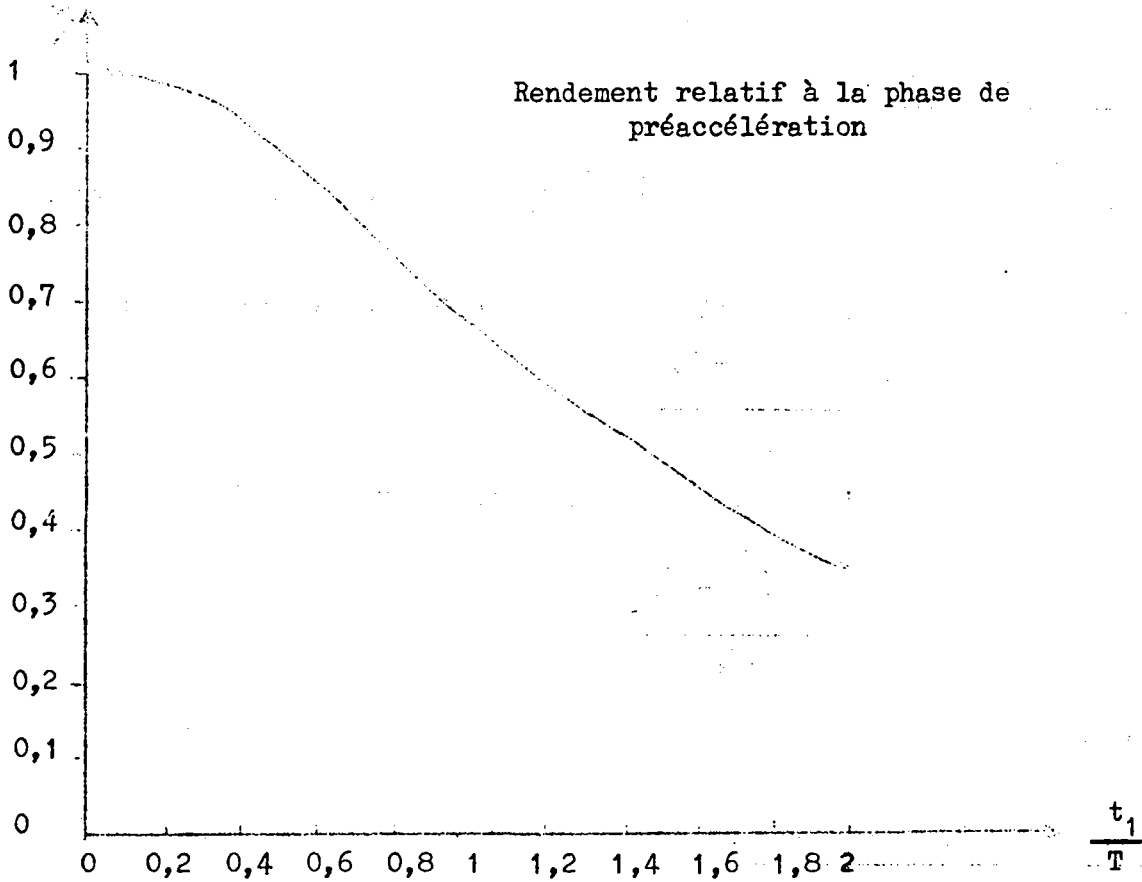
$$\frac{\rho}{2} L S V_0^2$$

Le rendement correspondant est donc :

$$\eta_1 = \frac{1}{2} \frac{L S V_0^2}{g V_1 H_1} = \frac{1}{2} \frac{\text{th}^2 \frac{t_1}{T}}{L g \text{Ch} \frac{t_1}{T}}$$

η_1 ne dépend que du rapport $\frac{t_1}{T}$. Il décroît avec ce rapport comme le montre le graphique ci-après.

.../...



En pratique on ne dépasse guère $\frac{t_1}{T} = 0,5$.

Phase de refoulement :

Au cours du refoulement, l'énergie cinétique de l'eau dans la conduite $\frac{\rho}{2} LSV_0^2$ est récupérée en partie sous forme d'énergie potentielle $\rho g V_2 (H_2 - H_1)$, l'autre partie disparaissant dans les pertes de charges.

$$\eta_2 = \frac{2V_2(H_2 - H_1)}{LSV_0^2}$$

Rendement énergétique global

Le rendement énergétique global du béliet apparaît finalement comme le produit de η_1 par η_2 .

On a bien en effet :

$$\eta = \frac{V_2(H_2 - H_1)}{V_1 H_1} = 0,5 \frac{LSV_0^2}{gV_1 H_1} \cdot \frac{V_2(H_2 - H_1)}{0,5 LSV_0^2} = \eta_1 \cdot \eta_2 = \frac{Q_2 (H_2 - H_1)}{Q_1 H_1}$$

Le rendement d'un béliier est maximum pour $H_2 = 4 H_1$ environ. Il est de l'ordre de 60 % pour les petits béliiers et peut atteindre 70 % pour les gros béliiers. Il tombe lorsqu'on atteint des valeurs du rapport

$\frac{H_2}{H_1}$ de l'ordre de 20, 25.

4. Règles pratiques d'installation.

Lorsqu'on a à concevoir une installation de pompage utilisant les béliiers, il faut observer un certain nombre de règles pour avoir un fonctionnement optimal.

Longueur du tuyau de batterie

La longueur du tuyau de batterie doit être comprise entre $6 H_1$ et $12 H_1$:

$$6H_1 < L < 12H_1$$

Trop courte, la conduite ne permet pas l'emmagasinement d'une énergie cinétique suffisante ; par ailleurs la fréquence des coups de béliiers est trop élevée.

Trop longue, elle entraîne une baisse de rendement.

Dans le cas où la distance entre le sommet de la chute ou la source et le point où l'on veut installer le béliier est insuffisante, on enroule le tuyau plusieurs fois sur lui-même.

Dans le cas où cette distance est trop importante, on crée un bassin intermédiaire (voir schémas).

Hauteur de chute

Pour que le béliier puisse fonctionner, une chute est nécessaire.

a) Chute minimum :

La vitesse V_0 pour laquelle le clapet de batterie se ferme est évidemment inférieure à la vitesse maximale V_m .

$$V_0 = \sqrt{\frac{P}{C}}$$

$$V_m = \sqrt{\frac{2gH_1}{k + \frac{S^2}{s^2}}}$$

ce qui s'exprime par : $\frac{P}{C} < \frac{2g H_1}{(k + \frac{S^2}{s^2})}$

soit $2gH_1 > (k + \frac{S^2}{s^2}) \frac{P}{C}$.

Donc si l'on veut installer un béliet sous faible hauteur de chute, il faut :

- diminuer le poids du clapet P et augmenter sa surface (augmentation du coefficient C fonction de celle-ci) ;

- raccourcir le tuyau de batterie et augmenter sa section en gardant le rapport S/s constant, ce qui entraîne une diminution de k :

$$(k \sim \frac{\lambda L}{g})$$

En pratique, dès que la hauteur de chute dépasse 1 m, le fonctionnement est possible.

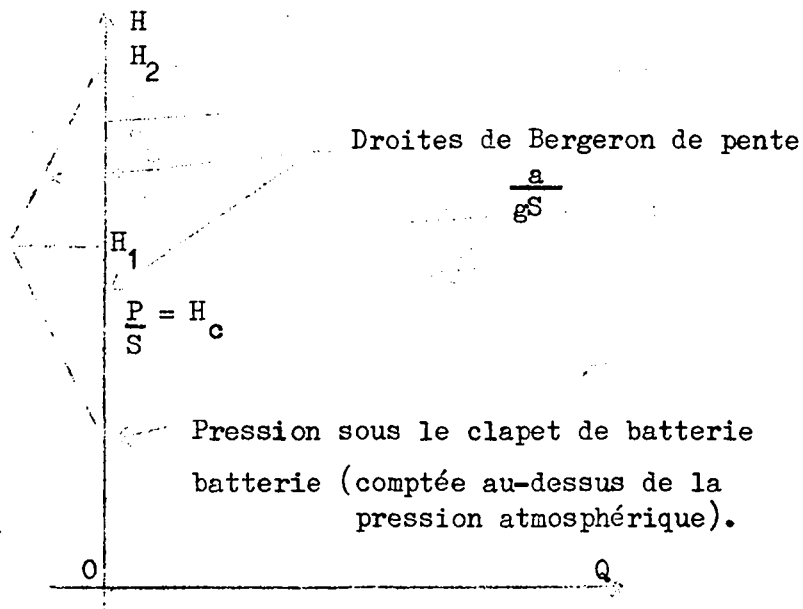
En l'absence de chute, on peut en créer une artificiellement en élevant un barrage.

Hauteur de refoulement

Limite inférieure :

La hauteur de chute H_2 doit être supérieure à 2 fois ou 3 fois la hauteur de chute H_1 . Ceci tient au fait que l'onde de pression qui se propage vers la prise d'eau au moment de la fermeture du clapet de batterie se réfléchit sur la prise d'eau en onde de dépression. La pression totale sous le clapet de batterie au moment où cette onde réfléchie arrive à cet endroit doit être inférieure à H_c contre pression due au poids du clapet de batterie

($H_c = \frac{P}{S}$) pour permettre l'ouverture de celui-ci.



La valeur de cette pression totale comptée à la page de la pression atmosphérique s'élève à (voir construction de Bergeron) :

$$H_1 - (H_2 - H_1) = 2H_1 - H_2$$

Autrement dit, on doit avoir :

$$2H_1 - H_2 < H_c$$

$$\text{soit : } H_2 > 2H_1 - H_c$$

Limite supérieure :

L'amplitude maximale de surpression engendrée par une fermeture brusque est :

$$\frac{aV_0}{g}$$

Dans ces conditions H_2 est limité théoriquement :

$$H_1 + \frac{aV_m}{g}$$

V_m étant la valeur maximale possible de V_0 .

Précisons que pour une telle hauteur de refoulement le rendement serait nul.

En fait, on se limite à une valeur égale à 20 ou 25 fois H_1 encore que pour cette hauteur de refoulement le rendement soit faible.

En pratique,

$3H_1 < H_2 < 20H_1$

5. Caractéristiques de quelques béliers.

On trouvera ci-après les caractéristiques des béliers fabriqués par 2 maisons françaises : la Maison Pilter de Bordeaux et les Etablissements Mengin de Montargis.

Précisons tout de suite que nous n'avons aucun intérêt dans ces maisons mais que la connaissance de ces caractéristiques permet de dresser un avant-projet comme nous allons le voir.

Béliers Pilter				
Type	Débit de la source ou ruisseau par minute	Diamètre intérieur du tuyau		
		de batterie		de refoulement
N° 2	de 5 litres à 10 litres	20 m/m		12 m/m
- 3	10 " à 15 "	26 m/m		15 m/m
- 4	15 " à 25 "	33 m/m		15 m/m
- 5	25 " à 50 "	50 m/m		20 m/m
- 6	50 " à 80 "	66 m/m		26 m/m
- 7	80 " à 130 "	80 m/m		33 m/m
- 10	130 " à 250 "	102 m/m		50 m/m
Béliers Mengin				
- 420	18 " à 30 "	45 m/m		20 m/m
- 594	40 " à 50 "	50 m/m		35 m/m
- 707	50 " à 80 "	60 m/m		50 m/m
- 66	100 " à 150 "	66 m/m		33 m/m
- 841	80 " à 120 "	70 m/m		50 m/m
- 1000	120 " à 180 "	80 m/m		60 m/m
- 80	180 " à 240 "	80 m/m		40 m/m
- 1189	180 " à 250 "	90 m/m		60 m/m
- 100	300 " à 425 "	100 m/m		50 m/m
- 1414	250 " à 400 "	100 m/m		80 m/m
- 1682	400 " à 550 "	125 m/m		80 m/m
- 2000	550 " à 780 "	150 m/m		90 m/m
- 2378	780 " à 1080 "	175 m/m		90 m/m
- 2828	1080 " à 1400 "	200 m/m		90 m/m
- 3364	1400 " à 2000 "	250 m/m		100 m/m
- 4000	2000 " à 3000 "	300 m/m		100 m/m

6. Avant projets types

Dans un premier temps les besoins en eau de l'agglomération sont évalués, ce qui entraîne la connaissance du débit moyen refoulé Q_2 .

La valeur de Q_2 étant calculée, on détermine le diamètre de la conduite de refoulement en se donnant une perte de charge maximale ΔH à ne pas dépasser (par exemple 5 % de la hauteur géométrique de refoulement), en appliquant ensuite soit la formule de Darcy, de Mougny ou toute autre formule équivalente.

Ayant choisi le diamètre, on calcule alors la hauteur effective de refoulement H_2 par la relation :

$$H_2 = H + \Delta H$$

H étant la hauteur géométrique de refoulement dénivelée entre le clapet de batterie et le niveau maximum de l'eau dans le réservoir de refoulement.

Les valeurs de H_1 et H_2 étant connues, le débit moyen moteur Q_1 est ensuite obtenu en se fixant la valeur du rendement énergétique du béliet (50 à 60 %), Q_1 est calculé par la relation

$$Q_1 = \frac{Q_2(H_2 - H_1)}{H_1}$$

déduite de l'expression du rendement.

On se reporte alors au tableau précédent pour choisir le béliet qui peut absorber le débit :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Applications :

On trouvera ci-après deux avant projets relatifs l'un à un petit village de 30 habitants, l'autre à une agglomération rurale de 900 habitants.

Les calculs ont été effectués sur la base de 150 l/jour et par habitant.

1°/ Village de 30 habitants

Hauteur de chute	$H_1 = 3 \text{ m}$
Hauteur géométrique de refoulement	$H = 30 \text{ m}$
Longueur de la conduite de refoulement	$L = 250 \text{ m}$

Débit moyen à refouler journalièrement :

$$150 \times 30 = 4500 \text{ litres/jour} = 4,5 \text{ m}^3/\text{jour}.$$

Détermination du diamètre du tuyau de refoulement :

Pour une perte de charge de 5 % de $H_2 = 1,5 \text{ m}$, on obtient, pour r la valeur :

$$r = \frac{\Delta H}{10Q^2} = \frac{1,5}{250 \cdot 4,5} \left(\frac{86400}{4,5} \right)^2 = 2,2 \cdot 10^6$$

ce qui conduit à un diamètre légèrement supérieur à 20 mm.

A la rigueur, il est possible d'adopter celui-ci mais pour ménager l'avenir (développement éventuel du village), nous adopterons une conduite de 27 mm de diamètre intérieur.

Avec une telle conduite ($r = 445.600$), la perte de charge au refoulement pour un débit de $4,5 \text{ m}^3/\text{jour}$ s'élève à

$$\Delta H = 0,30 \text{ m},$$

d'où pour la hauteur effective de refoulement la valeur

$$H_2 = H + \Delta H = 30,30 \text{ m}.$$

Calcul du débit moyen moteur Q_1 et du débit fourni par la source.

Choix du béliet.

En admettant un rendement de 50 %, il vient, pour le débit moteur Q_1 :

$$Q_1 = 2Q_2 \frac{H_2 - H_1}{H_1}$$

soit

$$Q_1 = 9 \times \frac{27,3}{3} = 82 \text{ m}^3/\text{jour}$$

Dans ces conditions, on obtient, pour le débit moyen $Q_1 + Q_2$ fourni par la source :

$$Q = Q_1 + Q_2 = 82 + 4,5 = 86,5 \text{ m}^3/\text{jour}$$

qui correspond à un débit de 60 l/min, soit 1 l/s.

En se reportant au tableau précédent, on voit que le béliet Pilter n° 6 convient. Celui-ci absorbe en effet un débit compris entre 50 et 80 litres/minute.

Tuyau de batterie

Diamètre :

Le tableau donne pour le diamètre intérieur du tuyau de batterie 66 mm. Il est impératif de conserver ce diamètre.

Longueur :

La longueur du tuyau de batterie doit satisfaire à l'inégalité

$$6H_1 < L < 12H_1$$

$$\text{soit : } 18 < L < 36 \text{ m.}$$

On adoptera pour L_1 la distance entre la prise d'eau et le point où l'on veut installer le béliet si cette distance vérifie l'inégalité ci-dessus.

2°/ Agglomération de 900 habitants :

Données :

Hauteur de chute : $H_1 = 8 \text{ m}$

Hauteur géométrique de refoulement : $H_2 = 55 \text{ m}$

Longueur de la conduite de refoulement : $L_2 = 300 \text{ m}$

Débit moyen à refouler journalièrement :

$$Q_2 = 150 \times 900 = 135.000 \text{ l./j} = 135 \text{ m}^3/\text{j} = 1,57 \text{ l/s.}$$

Détermination du diamètre de la conduite de refoulement.

Pertes de charge maximale admises :

$$\frac{5}{100} \times 55 = 2,75 \text{ mètres}$$

ce qui correspond à une valeur de

$$r = \frac{\Delta H}{-Q^2} = \frac{2,75 \cdot 10^6}{300 \cdot (1,57)^2} = 3700$$

La table de Darcy que l'on trouvera en annexe montre qu'il faut adopter un tuyau de diamètre 70 mm. Avec un tel tuyau ($r = 2666$) la perte de charge au refoulement s'élève à :

$$\Delta H = 2666 \times 300 \times (1,57)^2 \cdot 10^{-6} = 2 \text{ mètres}$$

d'où pour la hauteur effective de refoulement la valeur

$$H_2 = 55 + 2 = 57 \text{ mètres.}$$

Calcul du débit moyen moteur et du débit total absorbé.

En adoptant 50 % pour le rendement énergétique du béliet, on obtient, pour le débit moyen moteur :

$$Q_1 = 2Q_2 \frac{H_2 - H_1}{H_1} = 270 \frac{49}{8} = 1650 \text{ m}^3/\text{jour}$$

et par conséquent, pour le débit moyen total prélevé sur la source :

$$Q = Q_1 + Q_2 = 1650 + 135 = 1785 \text{ m}^3/\text{jour},$$

soit 1230 litres/minute ou encore 20,5 litres/seconde.

En se reportant au tableau qui précède, on voit qu'un béliet Mengin BL 2828 convient. L'orifice de sortie de ce béliet qui a un diamètre de 90 mm peut recevoir une conduite de refoulement de 70 mm de diamètre.

Tuyau de batterie

Le diamètre intérieur du tuyau de batterie prévu par le constructeur s'élève à 200 mm. Il est impératif de ne pas modifier cette valeur pour que le béliet absorbe la quantité d'eau prévue. La longueur L_1 du tuyau de batterie doit satisfaire à la condition :

$$6H_1 < L_1 < 12H_1$$

Si la distance entre la source et le point bas est de 70 m, on adoptera cette valeur.

Si la distance entre la source et le pied de la chute s'élevait à 150 mètres par exemple, il conviendrait de construire à mi-chemin un bassin intermédiaire relié au sommet de la source par un canal ou un tuyau de grand diamètre (300 mm par exemple).

Observations :

1 - Notons que dans tous les cas il y aura lieu de vérifier (au moyen d'un déversoir rectangulaire ou triangulaire) que le débit de la source ou du ruisseau en saison sèche est supérieur ou au moins égal au débit total nécessaire au fonctionnement du béliet. Dans le cas contraire, il faudra faire appel au pompage classique au moins partiellement.

2 - Nous n'avons pas parlé des réservoirs de stockage d'eau (on leur donnera une capacité égale à la consommation d'une journée et au minimum une capacité égale à la moitié de la consommation journalière).

3 - Dans les exemples que nous avons étudiés nous n'avons utilisé qu'un seul béliet. Dans le cas où l'agglomération est de taille importante, on peut être amené si le débit du point de captage est suffisant, à utiliser 2 ou 3 béliets. Dans ce cas, précisons que les tuyaux de batterie doivent être distincts pour les différents béliets. Par contre, la conduite de refoulement peut être unique.

7. Conclusion.

Le calcul des installations hydrauliques utilisant les béliers ne présentent aucune difficulté.

Outre leur simplicité et le fait qu'ils ne nécessitent pour fonctionner que de l'eau, ces appareils présentent l'avantage d'être robustes, peu sujets aux pannes, ce qui n'est pas le cas des installations utilisant des moteurs.

Nous espérons que la présente étude en contribuant à une meilleure connaissance des béliers en permettra une plus large utilisation.

Laboratoire d'Hydraulique et
de Mécanique des
Fluides
de l'Université du Cameroun
Yaoundé.

--:--:--:--:--

Formule de Darcy $J = r Q^2$

D en m	r	D en m	r
0,01	116790000	0,29	1,7420
0,02	2338500	0,30	1,4677
0,027	445600	0,31	1,2412
0,03	250310	0,32	1,0571
0,04	52561	0,325	0,97647
0,05	15874	0,33	0,90470
0,054	10535	0,34	0,77783
0,06	6020,9	0,35	0,67042
0,07	2666,1	0,36	0,58126
0,08	1321,9	0,37	0,50591
0,081	1238,6	0,38	0,44275
0,09	713,81	0,39	0,38811
0,10	412,42	0,40	0,34134
0,108	276,27	0,41	0,30112
0,11	251,25	0,42	0,26645
0,12	160,01	0,43	0,23687
0,13	105,84	0,44	0,21076
0,135	87,058	0,45	0,18801
0,14	72,222	0,46	0,16844
0,15	50,639	0,47	0,15099
0,16	36,301	0,48	0,13565
0,162	34,057	0,49	0,12236
0,17	26,626	0,50	0,11039
0,18	19,836	0,55	0,068288
0,19	15,059	0,60	0,044031
0,20	11,571	0,65	0,029397
0,21	9,0185	0,70	0,023256
0,216	7,8061	0,75	0,014319
0,22	7,1092	0,80	0,010350
0,23	5,6722	0,85	0,0076289
0,24	4,5610	0,90	0,0057215
0,25	3,7052	0,95	0,0034615
0,26	3,0345	1,00	0,0033655
0,27	2,5036	1,10	0,0020900
0,28	2,0836	1,20	0,0013500

Schémas de Principe d'Installations

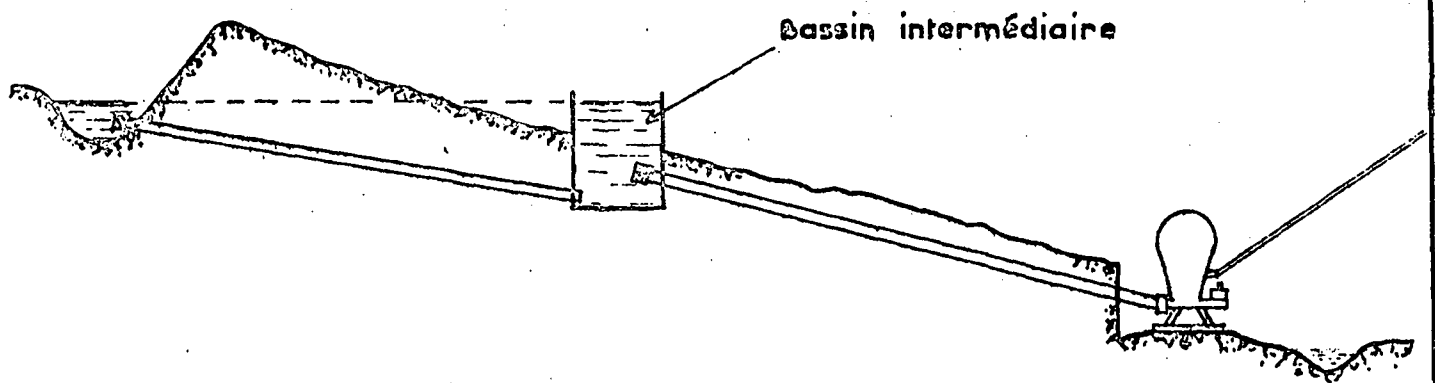
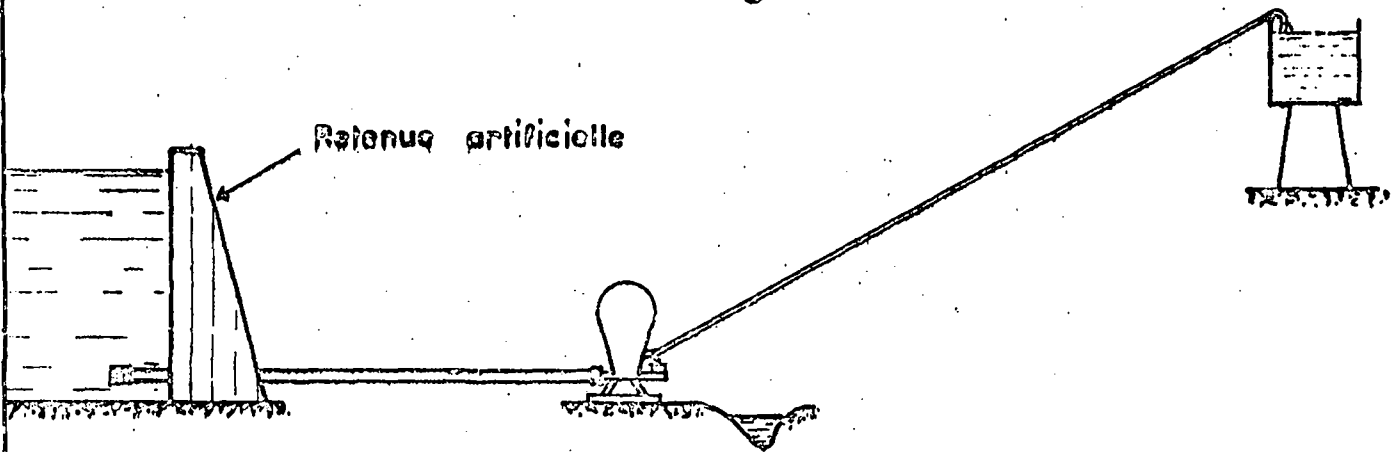
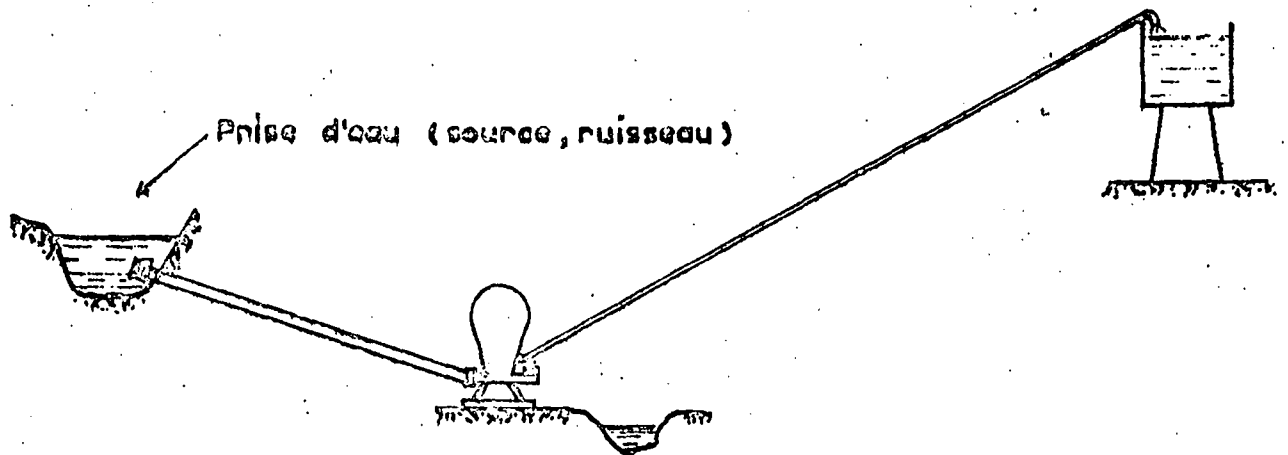


Fig. N° 3

DISCUSSION
-:-:-:-:-

Mr. OUDIN (Gabon)

- J'aurai voulu savoir si les soupapes ont une fiabilité suffisante. Si ce n'est pas la partie qui se détériore le plus vite, le béliet lui-même dure 35 ans mais est ce que les soupapes ne sont pas à changer souvent.

Mr. LEGOURIERES (Cameroun)

- Les soupapes utilisées sont en cuir et sont surmontées d'une petite masse de plomb pour leur permettre de retomber facilement sur leur siège mais en principe tous les 2 ans ou tous les 3 ans ça suffit pour changer la soupape. Les soupapes des gros béliet sont en bronze et ça dure très longtemps. Dans les gros béliet l'organe le plus fragile est une pompe à air qui permet d'introduire de l'air dans la cloche parce que sous l'effet de la pression il y a toujours de l'air qui se dissout dans l'eau et au bout d'un certain temps il faut remettre de l'air dans la cloche. Pour les petits béliet il y a un petit robinet qui permet d'ouvrir la cloche de compression et l'air pénètre dans la cloche, pour les gros béliet il faudrait répéter trop souvent cette opération, il y a une pompe pneumatique qui insuffle de l'air à chaque pulsation du béliet.

Mr. LEMOINE (SOMIVAC)

- Je crois que la solution du béliet hydraulique telle que l'a présentée Mr. LEGOURIERES est intéressante et très bien adaptée à l'Afrique ; j'ai vu personnellement des installations de béliet hydrauliques dans les Alpes qui fonctionnaient depuis 30 ans ou 40 ans dans des communes rurales ou pratiquement personne ne s'occupait de l'entretien. Evidemment il y a cette question de soupape mais je crois que le délai de 2 à 3 ans que donne Mr. LEGOURIERES est raisonnable et correspond à ce qui a été effectivement observé. C'est donc une solution qui est économique pour l'Afrique, du fait même qu'elle est économique en ce qui concerne l'énergie. Mais, c'est une solution qui n'est applicable que dans la mesure où l'on dispose d'énergie par gravité donc d'une certaine quantité d'eau courante. Elle n'est donc pas applicable dans toutes les régions. Je tenais à rappeler également aux délégués que le C.I.E.H. s'était déjà préoccupé de cette question et avait diffusé il y a quelques années, Mr. BREMOND pourra le confirmer, une note sur le fonctionnement du béliet hydraulique et je pense que les délégués intéressés pourront obtenir cette note auprès du Secrétaire Général en complément de la note de Mr. LEGOURIERES qui fait le point de la question aujourd'hui.

Mr. N'GASSAM (Cameroun)

- Dans la province où j'ai travaillé il y a 5 ans, il y avait pas mal de béliers installés par le Service du Génie Rural lorsque ces béliers sont installés sur des sources d'eau potable à gros débit, il n'y a pas de problèmes mais j'ai constaté qu'un béliier installé vers les années 56 était devenu par la suite insuffisant. C'est-à-dire que la source débitait 9 l/s à l'étiage et le béliier était installé pour refouler 1 l/s, par la suite la population s'est accrue aussi bien en nombre qu'en altitude, si bien que le béliier n'était plus capable de satisfaire le besoin en eau compte tenu du débit disponible.

Un deuxième problème est celui du traitement, il arrive que le point d'eau qu'on veut capter soit un cours d'eau donc il y a un problème de traitement puisqu'il y a un certain débit solide .

Mr. LEGOURIERES (Cameroun)

- Le fonctionnement du béliier peut être interrompu lorsque le débit de la source n'est plus suffisant, pour le faire fonctionner néanmoins il faudrait avoir une petite réserve d'eau pour le faire fonctionner au moins quelques heures par jour. Si le débit de la source est suffisant et si c'est le débit du béliier qui n'est plus suffisant, il est toujours possible d'installer un deuxième béliier.

En ce qui concerne le traitement des eaux, il est bien évident que ce traitement il faut le faire après le tuyau de refoulement si l'on utilise de l'eau qui est chargée. Ceci entraîne une perte d'eau puisqu'il faut nettoyer les filtres. Il existe des béliers qui utilisent de l'eau chargée pour fonctionner et qui refoule de l'eau propre. L'eau motrice n'est pas celle qui passe dans le tuyau de batterie. Le béliier est accouplé à une petite pompe à piston et c'est cette pompe à piston qui dirige l'eau claire vers le réservoir d'alimentation du village.

Mr. LEMOINE (SOMIVAC)

- Je voulais ajouter en réponse à la question posée par Mr. N'GASSAM qu'en ce qui concerne le traitement de l'eau, dans un des bulletins du C.I.E.H. nous avons présenté un certain nombre de dispositifs de stérilisation dont 2 dispositifs mis au moins en Inde par le Centre de Génie Sanitaire de NAGPUR pour le traitement des eaux sur une canalisation de refoulement. Il existe un appareil très simple de chloration qui devrait permettre de traiter l'eau sur le refoulement d'un béliier hydraulique.

Mr. LEGOURIERES (Cameroun)

- Je précise que le béliier hydraulique a été inventé par MONTGOLFIER au début du 19ème siècle par conséquent c'est un appareil qui est connu depuis bien longtemps. En résumé quand on installe un béliier il y a lieu de vérifier que les conditions topographiques soient vérifiées, c'est-à-dire que la hauteur de refoulement soit comprise entre 3 fois et 20 fois la hauteur de chute et que le débit de la source soit suffisant à l'étiage pour faire fonctionner le béliier.

Mr. AMPAMBA (Gabon)

- Je crois qu'on peut retenir de cet exposé que le béliier est un instrument très commode ; son principal avantage est qu'il n'y a pas d'entretien. C'est une bonne solution pour de petites agglomérations!

—————o0000o0000—————

LA MAITRISE DE L'EXHAURE MANUELLE
CONDITION D'UNE ALIMENTATION EN EAU
SATISFAISANTE DES VILLAGES, DANS LES
REGIONS A SUBSTRATUM CRISTALLIN

-:-:-:-:-

Communication faite à la réunion
du Conseil du Comité Inter-Africain d'Etudes
Hydrauliques à Libreville (4-11 Avril 1973)

par

J. LEMOINE

Directeur Général de BURGEAP.

-:-:-:-

Je voudrais, à l'occasion de cette séance de travail consacrée à l'exhaure, livrer un peu de l'expérience que mon bureau d'étude, le BURGEAP, a acquis sur la création des points d'eau dans les villages des régions à substratum cristallin.

Mon intervention s'inscrit dans la ligne des études que le C.I.E.H. a entrepris de longue date, sur les conditions d'exploitation des eaux souterraines dans les formations éruptives et métaporphiques d'Afrique tropicale. Elle dérive directement de l'étude qu'il a confiée au BURGEAP en 1971, sur les avantages respectifs des puits et des forages dans ces zones, étude qui a donné lieu à un rapport, largement diffusé par ses soins, je crois.

Le rapport général sur l'exhaure, présenté avant-hier, a fort justement fait ressortir qu'une raison essentielle de développer l'exploitation des points d'eau villageois à l'aide de pompes était de conserver la salubrité naturelle de l'eau, que les modes de puisage traditionnels détériorent.

Mais il y a une autre raison, non moins impérative à notre avis : c'est que les forages constituent un moyen beaucoup plus rationnel que les puits pour exploiter les ressources des formations cristallines : leur débit est en effet plus élevé et leur coût moindre lorsqu'on peut les réaliser en grande série ; de sorte qu'à notre sens, la solution définitive du problème de l'eau dans les villages ne pourra être atteinte que lorsqu'on sera en mesure d'y généraliser l'exploitation par forages.

Mais qui dit forage dit exhaure par pompe : lorsqu'une pompe installée dans un puits tombe en panne, il reste aux utilisateurs la possibilité de puiser par les moyens traditionnels ; lorsque cela arrive dans un forage, il n'y a plus de point d'eau.

Par conséquent, on peut affirmer que la maîtrise de l'exhaure manuelle est la clé de la généralisation de l'exploitation par forage, c'est-à-dire la condition d'une alimentation en eau satisfaisante des villages dans les régions à substratum cristallin.

Le but de ma communication est de faire progresser l'idée que dans ces régions, l'avenir est, pour l'équipement des villages, au forage et qu'il faut, en prévision de cette nécessaire évolution, s'attacher dès maintenant à maîtriser l'exhaure manuelle.

Je n'aborderai pas, par conséquent, le fond du problème.

Le fond du problème, je crois que c'est de déterminer et de créer les conditions économiques, sociologiques et pratiques dans lesquelles les villages, les collectivités, les régions, les Etats seront en mesure d'installer et surtout d'entretenir, jour après jour, et à long terme les pompes qui équiperont les points d'eau des villages.

Bien sûr, les hydrogéologues que nous sommes ont une connaissance assez profonde du terrain pour avoir des idées là-dessus. Néanmoins ce n'est pas notre rôle d'en parler et nous laisserons ce sujet, qui est à vrai dire le sujet fondamental, aux délégués des Etats.

.../...

Sur un de ces Etats, je voudrais attirer votre attention : c'est le Ghana ; parce que les réalisations du Ghana sont à l'origine de la constatation que nous avons faite au cours de nos études de la supériorité des forages sur les puits. Au Ghana, où on a commencé à équiper les villages avec des forages et des pompes à bras il y a 25 ans, la Ghana Water and Sewerage Corporation, qui réalise les points d'eau dans les villages, a cessé il y a 5 ans de construire des puits ; actuellement, elle ne réalise plus que des forages. Cela signifie que les Ghanéens se sont condamnés à faire fonctionner coûte que coûte les pompes qui équipent ces forages, ou bien à réaliser des ouvrages inutiles. C'est pourquoi je pense que leur expérience de l'exhaure, des types de pompe, de leur coût et surtout des modalités et conditions de leur entretien doit être extrêmement utile à tous les participants de cette réunion.

x
x x

Avant de parler du rendement comparé des puits et des forages, je dois rappeler les conditions hydrogéologiques qui règnent dans les régions à substratum cristallin.

Mais il me faut préciser auparavant que nous ne considérons ici que la zone sédentaire. De la Mauritanie au Tchad, les nomades ont en effet des techniques traditionnelles de puisage dont le rendement est, grâce à la traction animale, bien supérieur à celui des pompes à bras.

Nous laisserons d'ailleurs de côté les régions sahéliennes - comme le Liptako du Niger, par exemple - parce que l'altération du socle, qui conditionne la présence des ressources en eau, y est beaucoup moins développée qu'au Sud, que l'alimentation des nappes y est précaire, et que ce qui va être dit des conditions d'exploitation par forages s'y applique, hélas, mal.

Néanmoins, les zones à substratum cristallin concernées par cet exposé, zones de forêt et surtout de savane, avec des précipitations annuelles comprises entre 500 mm et 2 m, couvrent sans doute plus de la moitié de la superficie globale des Etats membres du C.I.E.H. et notamment : la limite Est du Sénégal, la plus grande partie de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Dahomey, plus des 2/3 du Ghana et de la Haute-Volta, l'essentiel du Cameroun, tout l'intérieur du Gabon, et les 2/3 au moins de Madagascar.

C'est dire l'importance exceptionnelle du sujet : cela concerne des dizaines de milliers de villages dont certains, comme sur le plateau Mossi par exemple, sont divisés en quartiers dont chacun réclamerait son point d'eau. Il est donc fondamental de faire baisser les prix de réalisation des ouvrages, et cela ne peut être obtenu que par la grande série.

Les conditions hydrogéologiques qui règnent dans ces zones, qu'il s'agisse des granites ou des roches schistoïdes du Précambrien, sont maintenant bien connues, et il est inutile de les détailler. Rappelons seulement que les ressources aquifères y sont limitées à une frange altérée ou fracturée

.../...

dont l'épaisseur et la répartition sont difficilement prévisibles, et dont la perméabilité est très généralement faible. Ce profil d'altération comporte le plus souvent vers sa base une zone dite de transition avec la roche saine dont la perméabilité est plus élevée que le reste.

Si l'on excepte quelques régions forestières à relativement faible pluviosité, comme la Boucle du Cacao en Côte d'Ivoire, la profondeur moyenne du niveau de l'eau est dans les zones cristallines, inférieure à 10 mètres en-dessous du sol, même en fin de saison sèche, et l'eau se trouve rarement à plus de 20 mètres.

Ceci est très important, car cela signifie que, contrairement au cas de la plupart des aquifères sédimentaires, les conditions sont ici extrêmement favorables au fonctionnement des pompes à bras : leur débit peut en effet atteindre le m^3 /heure ou plus en exploitation régulière et ce débit, - souvent supérieur à celui du point d'eau - convient bien à la consommation d'un village moyen (500 habitants). Nous signalerons qu'au Ghana l'objectif est de créer un forage équipé d'une pompe manuelle par groupe de 300 habitants.

Un autre caractère propre à ces zones géologiquement anciennes, caractère lié à la fois à la médiocrité des paramètres hydrauliques du terrain et à l'alternance de deux saisons tranchées en savane, conditionne toute leur exploitation : il s'agit des fluctuations du niveau de la nappe. On sait qu'en dehors de toute exploitation, l'amplitude de cette variation peut atteindre jusqu'à 5 à 6 mètres, ou plus. Malheureusement on manque cruellement de mesures : en dehors des observations faites à l'initiative du C.I.E.H., sur le bassin expérimental de Korhogo en Côte d'Ivoire (1962 à 1964), on ne dispose guère à notre connaissance que de quelques enregistrements sur un cycle seulement, à Parakou au Dahomey (LELONG 1964) et dans le Nord du Togo (PNUD 1966). Or ces variations de niveau influent considérablement sur le débit des puits dont la hauteur d'eau est faible, et c'est là un grand désavantage sur les forages. Lorsqu'on fonce des puits dans ces zones, il faudrait, pour bien faire, terminer les travaux à l'époque des basses eaux de la nappe, ce qui est pratiquement impossible dans le cadre d'une campagne de travaux groupés. Les Voltaïques, qui ont fait un énorme effort de construction de puits en régie avec la participation des populations, se sont aperçus à leurs dépens qu'une hauteur d'eau, même de plusieurs mètres, laissée dans un puits à une époque quelconque de l'année, pouvait se traduire à la fin de la saison sèche par un tarissement complet des puits ; et actuellement on reprend systématiquement en Haute-Volta le creusement des puits effectués il y a quelques années.

A ce propos, il me paraît indispensable d'insister sur le débit des puits et sur sa mesure.

Je voudrais attirer l'attention des services compétents sur le fait qu'il n'est pas toujours procédé à des essais à la réception des ouvrages, et ceci constitue une lacune grave. Mais il faut ajouter aussitôt que les responsables ont des excuses : il n'existe pas en effet de méthode permettant d'évaluer correctement, à partir d'un essai de réception, le débit qu'aura le puits à la période des basses eaux. Le seul test valable consiste en la mesure dans un temps donné des quantités d'eau que les villageois retirent effectivement du puits, souvent rabattu jusqu'au fond à cette période.

Cela signifie que dans des milieux d'aussi faible perméabilité et compte tenu des fluctuations naturelles du niveau, les essais de réception des puits, même lorsqu'ils sont exécutés sur la base de cahiers des charges précis, ne sont pas représentatifs. Et on peut tenir pour certain que dans la très grande majorité des cas, les débits affichés sont très largement sur-estimés. Les essais que nous avons faits en 1971 dans le cadre de nos études pour le C.I.E.H. sur une vingtaine de puits réalisés par des entreprises dans la région de Bouaké, en Côte d'Ivoire nous en ont convaincus : un puits sur 5 suffisait aux besoins. Sur 8 essais de débit pratiqué par nos soins, la moyenne s'établissait à 350 l/h, contre 1.430 l/h d'après les essais de réception et dans 4 cas on a relevé moins de 100 l/h. Encore se trouvait-on au mois de février et par conséquent pas au minimum. Nous tenons pour vraisemblable qu'en moyenne les milliers de puits faits depuis 20 ans dans ces terrains et dont le prix unitaire est de l'ordre de 1 million à 1,5 million, sans compter les études préliminaires, n'ont pas un débit moyen supérieur à 300 l/h. La raison essentielle est que ces ouvrages ne pénètrent pas assez profondément dans la nappe.

Il faudra évidemment du temps pour modifier cet état de choses et, quant à nous, nous pensons que seul le passage des puits aux forages permettra de régler définitivement le problème du débit des ouvrages. En attendant, il est urgent de mettre au point une méthode correcte d'évaluation des débits réellement exploitables dans les puits en saison sèche à partir d'un test simple de débit (vidange-remontée) effectué à une époque quelconque de l'année. C'est l'objet de la proposition que nous avons faite au Comité, et qu'il a bien voulu inscrire à son programme d'études. Je ne peux m'étendre ici sur la teneur de cette étude mais je suis évidemment prêt à répondre à vos questions là-dessus.

La réussite de cette tentative - la mise au point d'une méthode d'évaluation correcte - n'est pas certaine. On sera en effet contraint d'introduire des approximations hardies pour établir les abaques représentatifs de l'évolution du débit. Mais surtout, on ne parviendra au but que si l'on est en mesure d'intégrer dans l'évolution du débit l'effet de la fluctuation naturelle du niveau et par conséquent de la connaître et de la prévoir.

Il est donc indispensable que les Etats intéressés - et c'est bien là la raison d'être du C.I.E.H., - mettent en place le réseau d'observation piézométrique régulier qui permettra au bout d'un certain nombre d'années de maîtriser ce phénomène et d'en élucider les relations avec les précipitations. Cela ne devrait pas demander de gros crédits mais de la volonté et de la constance.

En attendant, je tiens à signaler que le Professeur LELONG, qui enseigne à Abidjan et se préoccupe beaucoup de ces questions depuis longtemps, essaye de mettre en place un dispositif d'observation dans la région de Kossou, et il me paraît très important, pour l'avenir de l'équipement des villages, de soutenir son effort. En tous cas, les données qu'il est en train de recueillir constituent des bases indispensables à la mise au point de la méthode d'évaluation dont je vous ai parlé.

Je voudrais maintenant en venir plus directement aux avantages des forages sur les puits.

Je ne prétendrai pas que l'exploitation par forage annule tous les inconvénients inhérents à la nature des terrains cristallins. Mais l'avantage considérable du forage provient de sa facilité à pénétrer quelle que soit la saison des travaux, jusqu'au niveau le plus favorable à l'exploitation ; et ce niveau peut être profond, il peut être situé sous de fortes épaisseurs de cette "bouillie kaolinique" qui est la hantise des puisatiers. Plus même, les forages relativement profonds (30 à 80 m) faits au Ghana ont montré que les formations anciennes sont beaucoup plus régulièrement fissurées en profondeur qu'on ne le pensait dans les états francophones. Or il serait prohibitif d'aller exploiter ces fissures par puits, dans des terrains durs et sous une épaisseur parfois importante d'altérites.

Statistiquement, on peut définir en pays cristallin une relation entre la hauteur de pénétration dans l'aquifère et le débit des ouvrages. C'est si vrai qu'on a pu distinguer au Ghana une catégorie "forages peu profonds" pour les villages, qui pénètrent en moyenne de 10 à 20 m dans l'aquifère et une catégorie "forages profonds", qui y pénètrent de 30 à 60 m, et sont réalisés en vue d'alimenter les centres plus importants.

Les diagrammes de débits classés, que nous avons présentés dans notre étude comparative, sont frappants. Bien sûr il ne s'agit que de statistiques mais les ordres de grandeur sont révélateurs : les débits sont en moyenne dans un rapport de 1 à 10 entre les puits des Etats francophones et les forages du Ghana.

Pour me résumer, je dirai que les avantages essentiels des forages en terrain cristallin sont :

- du point de vue technique et du fait de leur plus grande pénétration :

la réduction du nombre des échecs,
des conditions de captage plus rationnelles,
une moindre sensibilité aux fluctuations de niveau,
un débit réel d'exploitation beaucoup plus élevé.

- du point de vue économique :

la possibilité d'un travail plus rapide, plus standardisé et efficace,
l'abaissement du prix de revient par la série,
l'allègement des études et le jumelage de la reconnaissance et de l'exploitation.

Du fait, nous avons relevé dans notre étude l'ordre de grandeur des prix suivants (au mètre linéaire, tout compris)

Puits "investissement humain" (Haute-Volta)	30.000 F
Puits entreprise (Etats francophones)	60.000 F
Forage en régie (G.W.S.C. Ghana)	10 à 15.000 F

.../...

Et si le prix du mètre linéaire de forage (entreprise) dans les pays francophones est actuellement du même ordre que le mètre linéaire de puits (entreprise), il est probable que la grande série permettrait de ramener ces prix au niveau de ceux de la G.W.S.C.

Si l'on considère le prix du m³/heure installé c'est-à-dire le quotient du prix des ouvrages par le débit moyen, on obtient du Ghana des ordres de grandeur de 2 à 300.000 F contre un à plusieurs millions pour les puits des Etats francophones.

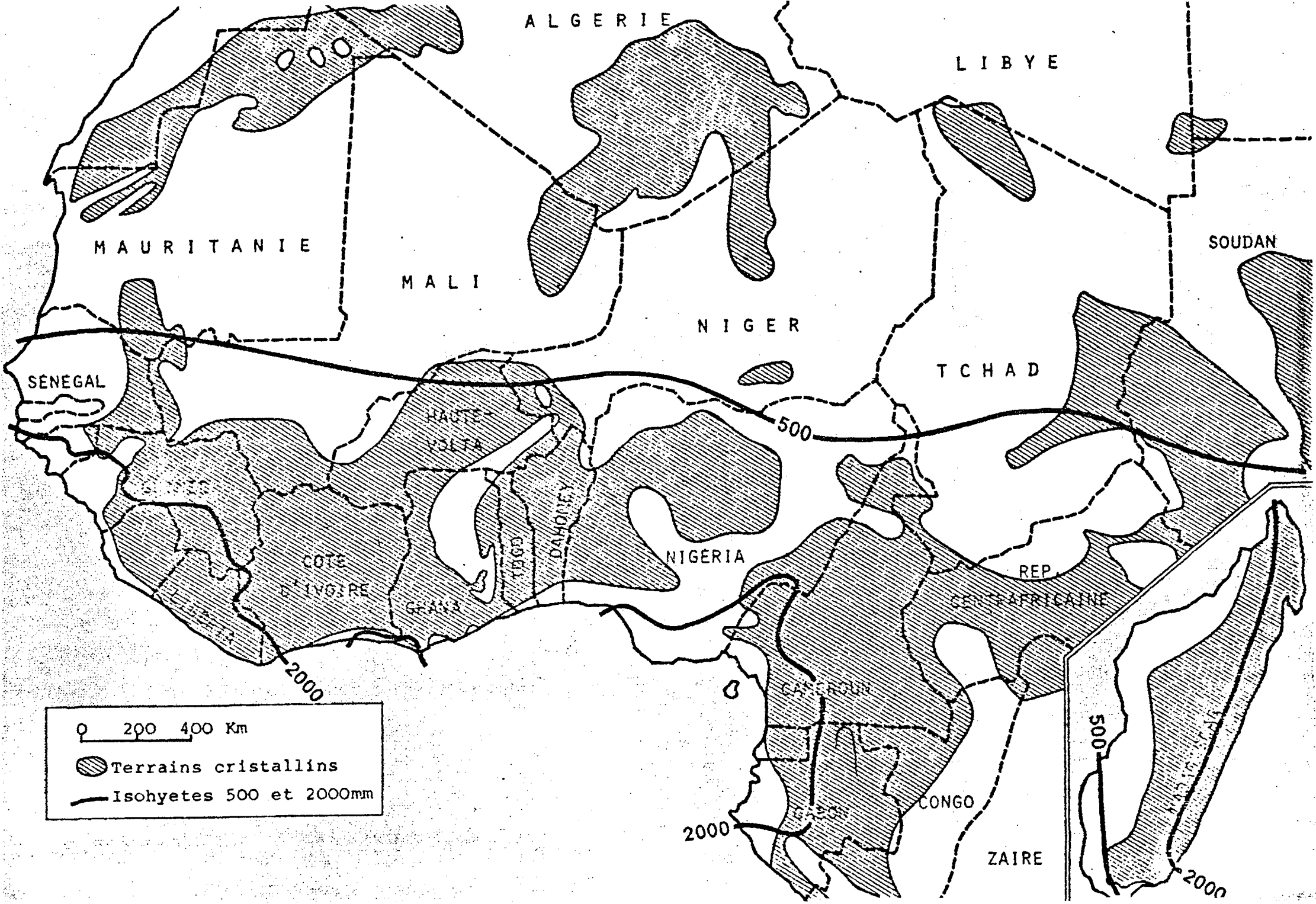
Il est inutile d'en dire plus sur les puits et les forages car, pour nous, la cause est entendue. C'est le forage qui permettra de régler définitivement le problème de l'alimentation en eau des villages dans les zones à substratum cristallin.

Mais nous ne saurions prétendre pour autant que les Etats dont la politique d'équipement est toujours fondée sur les puits devraient passer rapidement au forage. Les conclusions techniques sont une chose, les conditions pratiques qui permettent ou non d'acclimater un progrès technique, en sont une autre ; et il faudrait être certain, pour commencer, que les Etats qui ont abandonné le puits pour le forage, n'ont pas pris une orientation prématurée.

Quoiqu'il en soit, nous voudrions, pour terminer, insister sur les points suivants :

En premier lieu, nous croyons que la prise de conscience du rendement supérieur des forages dans les régions cristallines serait plus nette si l'on avait une idée plus claire du débit réel des puits. Et il nous paraît indispensable que l'on fasse partout des essais de débit corrects et que l'on soit en mesure de les interpréter. Ces objectifs passent, comme on l'a vu, par la mise au point d'une méthode d'évaluation des débits en basses eaux et par l'établissement d'un dispositif d'observation piézométrique.

En second lieu, puisqu'il est indispensable de préparer l'ère des forages pour la desserte en eau des villages, l'objectif de base doit être l'acquisition progressive de la maîtrise de l'exhaure manuelle. Dans ce but nous souhaitons que se nouent des dialogues encore plus suivis entre les Etats, et notamment entre les Etats francophones et le Ghana. C'est un des buts du C.I.E.H. et de cette réunion.



ALGERIE

LIBYE

MAURITANIE

SOUDAN

MALI

NIGER

SÉNÉGAL

TCHAD

HAUTE-VOLTA

500

CÔTE D'IVOIRE

NIGERIA

REP. CENTRAFRICAINE

GRAND-BASSIN

TOGO

DAHOMEY

GAMBIE

GUINÉE

CONGO

2000

ZAIRE

500

2000

0 200 400 Km

⊗ Terrains cristallins

— Isohyetes 500 et 2000mm

DISCUSSION
=0=0=0=0=0=

Mr. CALES (C.I.E.H.)

- Au cours des journées techniques d'avant hier et d'aujourd'hui, les orateurs qui sont intervenus, ont tous signalé l'intérêt des pompes à main sur les méthodes de puisage traditionnelles, cet intérêt c'est l'amélioration de l'état sanitaire, c'est la diminution de la peine des hommes, c'est enfin la possibilité d'utiliser les forages dont l'intérêt est dans certains cas évident par rapport aux puits, cependant certains Etats se sont engagés de manière irréversible dans un équipement de leurs points d'eau en pompe à main, d'autres états sont beaucoup plus réticents. Je crois qu'il serait intéressant de préciser les raisons pour lesquelles on constate de telles différences. Les problèmes posés par l'équipement en pompes à main peuvent être groupés en trois chapitres, il y a les aspects sociaux c'est-à-dire la nécessité d'information et d'une sensibilisation des populations aux changements posés par l'installation des pompes à main, il y a aussi les problèmes d'entretien et de ce point de vue là je pense qu'il serait intéressant que les représentants du Ghana nous fassent part des renseignements qu'ils possèdent sur ces problèmes d'entretien, et plus précisément sur le nombre de pompes qui sont opérationnelles par rapport au nombre total de pompes existantes. Mais il y a un dernier point je crois qu'on a peu évoqué, c'est celui de la profondeur de la nappe. Je crois qu'il serait intéressant que les états qui disposent de nappes profondes nous disent ce qu'ils pensent de l'utilisation des pompes à main pour ces nappes profondes.

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- Au niveau de la Haute-Volta nous sommes conscients de la supériorité des forages sur les puits. Mais il faut tenir compte des conditions réelles et compte tenu de ces conditions avoir des objectifs bien précis et savoir utiliser les moyens dont on dispose pour atteindre certains objectifs. La technique des forages est relativement plus compliquée que la construction d'un puits. Le coût du mètre linéaire que Mr. LEMOINE vient de donner est un peu supérieur à ce que nous obtenons pour les puits en Haute-Volta (23 à 25 000 au ml). Je ne peux pas avancer le coût du mètre linéaire de forage de façon précise. Mais il doit avoisiner les 100 000 F CFA. Quant aux fluctuations du niveau de la nappe c'est un problème qui à mon sens, provient de la sécheresse qui a frappé les Etats de la zone sahélienne depuis 67 - 68. Avant 1967 les nappes fluctuaient mais la baisse constante n'était pas aussi marquée. Tous nos puits foncés avant 1967 ont été arrêtés avec une hauteur d'eau de 4 à 5 m en moyenne. Compte tenu de la diminution constante de la pluviométrie, il s'est avéré que ces puits n'étaient plus pérennes ; ceci nous a amené à entreprendre une campagne d'approfondissement de ces puits.

.../...

Mr. N'GASSAM (Cameroun)

- Dans son exposé Mr. LEMOINE a surtout mis l'accent sur les problèmes d'exhaure et je crois que c'est le problème le plus important. Au Cameroun nous réalisons dans la zone de savane à peu près 100 puits par an et dans les années à venir le programme va porter sur 300 puits par an. Si nous passons aux techniques par forages, le grand problème sera toujours celui de l'exhaure. Dans les années passées nous installions plusieurs types de pompes sur les puits mais par la suite il s'est avéré très difficile de les entretenir par manque de service après vente. Dernièrement une maison canadienne nous a proposé des éoliennes aux environs de 19.000.000 F CFA l'unité. Au Cameroun nous pensons que pendant longtemps encore les gens continueront à prélever l'eau à l'aide d'un seau. Quand la nappe est peu profonde (15 m) il n'y a pas de problèmes mais à partir de 50 m, il devient très difficile de puiser l'eau au seau.

Mr. LEMOINE a aussi mis l'accent sur les essais de débit. Sur les ouvrages que nous réalisons nous laissons 5 à 6 m d'eau, par endroit 4 m, et nous n'avons pas l'équipement approprié pour réaliser les essais de débits. Nous serons très heureux comme l'a proposé Mr. LEMOINE d'avoir connaissance des études qui sont actuellement en cours pour faire les essais de débits. Je pense que dans les unités administratives il est possible de faire des forages et de les équiper de pompes.

Pour le Cameroun dans le cas de travaux en régie, nous évaluons le mètre de puits à 40.000 F CFA. Confié à l'entreprise le ml de puits coûte environ 120.000 F CFA. Dans le cadre du parc de Waza nous avons un grand problème pour la desserte en eau de la faune sauvage, et nous envisageons de forer des puits dans une nappe artésienne qui se situe autour de 300 à 600 m.

Mr. DAVID (Tchad)

- Je voudrais poser une question au délégué de la Haute-Volta, quels sont les prix actuels des puits à l'entreprise et est-ce que dans les prix des puits en investissement humain (23 à 25 000 ml) est-ce que vous comptez le prix de l'approfondissement.

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- Le prix de l'approfondissement est beaucoup plus élevé que le prix du fonçage compte tenu du matériel utilisé pour ce travail. Actuellement ils échelonne entre 40.000 et 50.000 fi le ml. Le prix du ml à l'entreprise est de 50.000 à 60.000. Mais depuis 2 ans nous ne confions plus le fonçage de nos puits à des entreprises.

Mr. LEMOINE (BURGEAP)

- Je crois comme Mr. N'GASSAM que ce qui empêchera encore longtemps le passage des puits aux forages, ce n'est pas le prix des forages mais bien le problème de l'exhaure. Il est certain qu'actuellement dans la plupart des Etats de l'Afrique de l'Ouest, le prix

.../...

du mètre de forage s'établit entre 60 et 120.000 F CFA, ce qui est absolument prohibitif, mais en général les séries sont très petites et on peut noter qu'entre ces prix là et les prix de régie du Ghana il y a une grosse différence. Je crois savoir que le Ghana a procédé il n'y a pas très longtemps à un appel d'offres pour une quantité de forages très importante et que les prix attendus étaient inférieurs aux prix actuels de régie au Ghana. Le problème est donc bien un problème de nombre d'ouvrages.

En ce qui concerne les fluctuations de niveau, Mr. TRAORE a fait remarquer que depuis quelques années la sécheresse qui est d'ailleurs catastrophique dans le Sahel avait tari des puits autrefois pérennes. Bien sûr et c'est ce qui va compliquer un petit peu le travail que nous proposons de faire, non seulement il faut prévoir les fluctuations annuelles, mais il faudra encore prévoir les fluctuations interannuelles, et c'est pourquoi je pense d'après les études que nous avons faites jusqu'à présent, qu'en moyenne la hauteur d'eau de sécurité pour prévoir tous les cas devrait être dans les puits de l'ordre d'une dizaine de mètres en-dessous du niveau d'étiage, c'est considérable, cela coûte cher, mais je crois que la sécurité est à ce prix.

Bien sûr il s'agit de conditions moyennes, car dans certains cas 2 mètres d'eau peuvent suffire, dans d'autres cas il faut aller beaucoup plus profond.

A propos de la profondeur des niveaux de l'eau, je crois pour ma part que lorsque le niveau de la nappe est à plus de 20 m ou 25 m, l'installation des pompes à main commence à devenir un petit peu illusoire. En ce qui concerne enfin les essais de débits, je pense qu'en l'absence d'une méthode correcte qui permette à partir d'un essai simple effectué à un moment quelconque de prévoir approximativement le débit du puits à l'étiage; la seule méthode correcte actuellement c'est de se rendre sur les puits à la fin de la saison sèche et de compter le nombre de délous ou de seaux que les gens retirent dans un temps donné. Je pense que c'est la seule méthode valable.

Mr. LEMOINE (SOMIVAC)

- Il serait bon de rappeler aux observateurs présents et aux délégués, les différents documents qui sont à leur disposition au Secrétariat Général du C.I.E.H. sur les différents sujets qui ont été abordés :

- Etude comparative des avantages relatifs des puits et des forages dans les régions à substratum cristallin d'Afrique de l'ouest. (BURGEAP)

- Etude du ruissellement et de l'infiltration sur un petit bassin versant de savane (Korhogo - Côte d'Ivoire) BRGM.

- Compte rendu des Journées techniques de Nouakchott.

- Bilan d'exploitation des Eoliennes de la région de Gao par J. DUPUIS et R. HLAVEK.
 - Etude du régime des vents en Afrique Occidentale : possibilité d'utilisation des éoliennes pour l'exhaure de l'eau par I. CHERET.
 - Rapport d'interprétation des résultats obtenus au centre expérimental des éoliennes de Louga (Sénégal) par R. BREMOND.
- Je souhaiterais poser une question à la délégation de Côte d'Ivoire en ce qui concerne la réalisation des forages, je crois que l'Autorité de la Vallée du Bandama a réalisé une campagne de forages en gros diamètre et je pense qu'il serait intéressant d'avoir des renseignements sur la façon dont s'est déroulée cette campagne, le type de matériel utilisé, car je crois que ces forages en gros diamètre répondent en partie aux mêmes objectifs que les puits.

Mr. KAKADIE (Côte d'Ivoire)

- Effectivement en Côte d'Ivoire pour une opération très urgente, nous avons été amenés à utiliser une machine conçue pour des pieux pour réaliser des puits. L'organisme chargé de réaliser ces points d'eau c'est l'AVB. Ces ouvrages sont réalisés en 3 jours. Lorsque cet organisme a reçu cette machine nous lui avons proposé de développer ces puits et de les buser convenablement. Lorsque ces puits auront 2 ou 3 ans d'âge, on pourra être fixé sur la validité de cette méthode. Car les puits que nous effectuons sont pourvus d'un massif filtrant, développés et essayés, ce qui n'est pas le cas de cette société.

Mr. DAVID (Tchad)

- Je voudrais faire quelques petites réflexions sur ce qu'a dit Mr. LEMOINE tout à l'heure, qu'il fallait prévoir 10 m de tranche d'eau en-dessous du niveau d'étiage. Dans la méthode des puits en investissement humain, la méthode elle-même interdit l'obtention d'une tranche d'eau de plus de 1 m au moment de la construction car il y a des problèmes d'exhaure que les villageois ne peuvent pas résoudre. D'autre part les entreprises elles-mêmes sont rarement équipées pour dépasser 5 m de tranche d'eau. D'autre part au Tchad, les utilisateurs sont toujours très réticents pour obtenir des tranches d'eau supérieures à 2 mètres. On fait des puits avec 5 m d'eau et on s'aperçoit que les utilisateurs combent les 3 m inférieurs pour obtenir une tranche d'eau de 2 m, car ils considèrent que quand des objets tombent au fond c'est plus facile d'aller les chercher sous 2 m d'eau que sous 5 m.

Mr. LEROUX (Niger)

- Je voudrais tout simplement demander à Mr. LEMOINE quelle est la méthode de forage qu'il préconise en zone cristalline.

Mr. LEMOINE (BURGEAP)

- Je voudrais répondre ce qu'a dit le délégué du Tchad à propos des puits en investissements humains encore que Mr. TRAORE pourrait le faire mieux que moi. Ce qu'on appelle le puits en investissement humain, pour ma part je précise que je n'aime pas beaucoup ce terme, ce n'est pas un puits d'une technique particulière qui serait due à l'investissement humain, il est certain qu'autrefois un certain nombre de sociétés ont fait des puits par des méthodes simplifiées qui ont donné beaucoup d'espoir à une certaine époque. Il y en a en Haute-Volta, il y en a eu au Tchad aussi mais finalement les résultats se sont révélés au bout d'un certain temps assez désastreux notamment parce qu'il n'y avait pas assez d'eau. On est revenu aux méthodes anciennes et on s'est aperçu que pour faire un puits il fallait cuveler jusqu'à la nappe, qu'il fallait mettre en place un système de captage qui consiste en des buses de béton avec du gravier à l'extérieur et qu'il fallait faire descendre par havage ce dispositif. Alors un puits en investissement humain c'est un puits dans lequel les travaux ne sont pas fait seulement par des spécialistes mais où on fait appel également à la main d'oeuvre des villages et ceci pour la partie que peuvent effectuer des gens non spécialisés.

En Haute-Volta comme au Niger la mise en eau du puits, l'approfondissement et la descente du captage sont opérés par des spécialistes de l'Hydraulique ou de l'OFEDDES. Vous disiez également que les gens n'étaient pas équipés pour descendre à 10 m, il est certain que ce n'est pas facile dans tous les terrains et c'est une des raisons de la supériorité des forages, mais il y a des méthodes qui le permettent notamment avec des bennes preneuses et même théoriquement à la main ; Mr. BREMOND pourrait peut-être en dire plus long que moi.

En ce qui concerne la méthode de forage que je préconise, je ne suis pas spécialiste de cette question, je pense plutôt au battage, je pense aussi et cela concerne essentiellement la zone sahélienne où il n'y a pas une altération argileuse épaisse, que les techniques récentes à l'air comprimé en marteau fond de trou sont extrêmement efficaces et très rapides (10 m/h), mais ces machines passent très difficilement dans l'essentiel de la zone cristalline tropicale où il y a des formations argileuses importantes.

Mr. BREMOND (SPEPE)

- Je crois qu'il faut distinguer la hauteur d'eau dans le puits et le débit du puits. Dans tout l'exposé de Mr. LEMOINE on a parlé essentiellement et il l'a bien précisé des puits qui sont faits dans les régions cristallophyliennes et qui ne concernent pas les terrains sédimentaires. Dans ces formations on a des terrains qui sont difficiles bien sûr mais qui quelquefois se tiennent mieux quand on les fonce que les terrains sédimentaires sableux en particulier. D'autre part, les débits qu'on obtient dans ces puits là sont toujours relativement faibles, de l'ordre du m³/h et même moins. Par conséquent, quand on fait un puits dans ces formations il est possible d'assécher le puits et de permettre aux hommes qui travaillent au fond de l'approfondir. C'est complètement différent dans

les formations sableuses des terrains sédimentaires. D'une part les profondeurs sont beaucoup plus grandes, et d'autre part les débits sont beaucoup plus importants et il est difficile par conséquent d'épuiser l'ouvrage par des moyens classiques donc de l'approfondir.

Deuxième chose, Mr. LEMOINE du C.I.E.H. a signalé les études sur le vent que l'on a effectuées dans le temps, je voudrais simplement dire que l'utilisation d'une éolienne bien sûr c'est cher et elle est en relation avec l'ouvrage hydraulique sur lequel on la met, mais il y a quelque chose de bien plus important, c'est la connaissance du vent. Car les expériences d'éoliennes ont été nombreuses au Sénégal, en Mauritanie, au Mali, au Tchad et je ne pense pas que beaucoup aient donné satisfaction. Bien sûr il y en a des difficultés d'entretien mais on n'avait pas fait d'études préalables sur l'énergie éolienne qui était disponible, non pas l'énergie éolienne disponible à un instant donné mais celle disponible dans une année. Globalement au-dessous du parallèle de Dakar, il est difficile d'installer des éoliennes pour le pompage de l'eau.

---oooOooo---

DE L'UTILISATION DE DIFFERENTS ODELES
DE POMPES A MAIN AU GHANA

--:--:--:--:--:--

EXPOSE DE Mr. ROBERT R. BANNERMAN - GHANA WATER AND
SEWERAGE CORPORATION

--:--:--:--:--

De nombreuses pompes à main de différentes marques et types sont installées au Ghana sur des puits de profondeur variable. Elles sont utilisées par des particuliers ou soumise à une utilisation publique.

Les enseignements sont différents selon l'usage qui en est fait. Par exemple, là où les pompes sont utilisées par des particuliers, elles sont maniées avec plus de précautions que dans le cas d'une utilisation publique du fait du comportement différent des nombreux usagers. Aussi les pompes publiques tombent-elles souvent en panne à cause de la sévérité du traitement auquel elles sont soumises. De telles pompes doivent être d'une construction robuste, faciles à mettre en service et ne doivent nécessiter que peu ou pas d'entretien.

Un modèle à engrenage à bain d'huile s'est avéré être le plus robuste au Ghana, certains ayant atteint 10 ans sans panne sérieuse. Tous les autres types de pompes sont tombés en panne beaucoup plus souvent, certains mêmes dans le premier mois de leur installation. Certains types présentent des défauts de construction et de conception, ou sont faits de matériaux dont la qualité varie comme la fonte coulée par exemple.

La profondeur des puits au Ghana varie entre 10 et 66 mètres, la moyenne étant d'environ 36 mètres. Le niveau statique des puits se situe entre 0 et 16 mètres. Les pompes à engrenage et à volant conviennent mieux pour les puits profonds où le niveau d'eau est supérieur à 20 mètres. Le type à balancier est préférable pour les puits où le niveau statique est peu profond (maximum 15 mètres).

La qualité des eaux souterraines au Ghana varie d'une formation à l'autre. Elles ont généralement un pH faible, une forte teneur en fer et en manganèse et sont connues pour être corrosives. Les effets de la corrosion sont notables sur toutes les parties de la pompe mais surtout sur les éléments immergés comme les tiges et les tuyaux.

Le problème le plus fréquemment rencontré avec les pompes à main est la rupture des tiges. Les tiges sont généralement faites d'acier et sont réunies par des écrous en cuivre, ou bien elles sont en bois et assemblées par des plaques d'aluminium. Il n'y a pas davantage évident entre ces deux techniques si ce n'est la disponibilité locale du matériau.

Pour prévenir la séparation des tiges, l'écrou qui assemble deux tiges est deux fois plus long que le filetage des tiges. Ceci permet de bloquer l'écrou sur la fin du filetage et l'empêche de tourner.

Une difficulté fréquente dans le fonctionnement des pompes à main est due à la liaison du piston et des tiges dans le cylindre de la pompe, il

en résulte souvent une rupture des tiges. Ceci arrive quand des corps étrangers comme des argiles ou des sables pénètrent dans le cylindre. Parfois des éléments plus gros tels que des feuilles, des clés, des morceaux de bois, des pièces etc... sont aspirés dans le cylindre de la pompe. Pour éviter ceci, les puits doivent être développés avec soin et les parties supérieures de la pompe doivent être fermées, seul un petit trou doit exister autorisant le travail de la tige.

Le coût d'entretien d'une pompe est très élevé au Ghana. Ceci provient du fait qu'un appareil de levage ou une grue est nécessaire pour sortir la pompe entièrement assemblée du puits afin de permettre d'effectuer la réparation. De ce fait, par exemple, des puits situés dans un rayon de 30 à 35 km d'une station principale de réparation entraînent des frais de 10.000 F CFA pour chaque visite de réparation ou d'entretien. Ceci représente le quart du prix d'une pompe neuve et si ces pompes tombent en panne quatre à cinq fois par an, le coût total de l'entretien annuel atteint ou dépasse le prix d'achat de la pompe.

Il est raisonnable, par conséquent, de rechercher le type de pompes le plus sûr et occasionnant le moins de pannes possibles. Au Ghana, ces pompes sont aussi les plus chères mais le coût d'achat élevé est compensé par un coût d'entretien minimum.

Un autre aspect est le coût généralement élevé des pompes importées. Il est apparu que les pompes les plus chères sur le marché international sont plus fiables que celles d'un type moins coûteux. Donc si l'on peut substituer une partie des pièces coûteuses de ces pompes par des pièces relativement moins chères, une pompe plus économique peut être construite. Par exemple, le coût du cylindre en cuivre de la pompe la plus fiable au Ghana représente environ la moitié ou le tiers du prix complet de la pompe. Il doit être possible de substituer le tuyau d'élévation en fer galvanisé et le cylindre en cuivre par un tuyau en plastique qui remplirait simultanément ces deux rôles : tuyau d'élévation et cylindre.

La difficulté de recourir à une fabrication locale et d'assembler une pompe à main au Ghana a toujours attiré l'attention du Service des Eaux. Cependant, depuis 1972, l'Université des Sciences et de Technologie de Kumasi étudie deux types de pompe à main utilisant le maximum de matériaux fabriqués localement. Pour le premier type, le corps de pompe est fait de pièces coulées par le Ghana Steelwork Corporation de Tema et le montage a été effectué dans les ateliers de l'Université. Ce modèle a l'axe d'appui coulé d'une seule pièce et soutient la goupille du levier. La partie supérieure du levier est reliée au bout de la tige par une autre goupille en acier. Le bout de la tige et le trou du levier ont des bagues de bronze.

Un second prototype de pompe fait par soudure de plaques et tuyau d'acier a été installé. L'avantage de cette pompe est de pouvoir être produite sans fonderie et son prix de revient est inférieur à celui d'une pompe coulée.

Ces deux types de pompes sont aujourd'hui en place et sont expérimentés. Les quelques données recueillies à ce jour sont les suivantes :

.../...

1°/ Les goupilles se détériorent assez vite, même lorsqu'elles sont bien lisses, car elles ne sont pas lubrifiées.

2°/ Il y a des bagues entre les parties en mouvement. L'effort principal s'exerçant sur le trou du levier, on a intercalé des bagues en cuivre mais comme elles ne sont pas lubrifiées, ces bagues se détériorent rapidement. L'usure était beaucoup moins rapide dans le cas de fer coulé. Nous avons l'intention maintenant d'utiliser des bagues en plastique ne nécessitant pas de lubrification. Une autre solution consiste à insérer un roulement à billes recouvert sur ces deux côtés par des rondelles de plastique.

Dans ces pompes, la matière plastique est utilisée pour la colonne refoulante et en même temps pour le cylindre. Il n'y a pas de cylindre séparé et le piston travaille dans la partie la plus basse du tuyau lui-même.

Le tuyau plastique présente les avantages suivants :

1°/ Une bonne résistance à la corrosion.

2°/ Sa surface lisse occasionne une usure minimum du joint de cuir. (des Etudes menées au Batelle Memorial Institut, OHIO, USA indiquent une usure non mesurable du joint de cuir après 4.500 heures de travail dans un cylindre en plastique).

3°/ Il est léger et facile à introduire verticalement lors de la descente dans le puits.

4°/ Son coût est plus bas que celui de tuyaux en acier.

5°/ Il est réalisable localement.

Pour lutter contre l'usure du tuyau en plastique dans une section donnée, une partie de la tige du piston peut être raccourcie ou une longueur entière peut être changée et remplacée par un élément plus court après une certaine durée d'utilisation.

Le tuyau en plastique présente un inconvénient du fait qu'il faut le couper au joint lorsqu'on le sort du puits. Ceci peut aussi arriver avec les tuyaux en acier si les filetages rouillent. En revanche, les tuyaux en plastique sont faciles à couper à la scie et à recoller.

Garnitures en cuir

L'usure des garnitures en cuir n'est significative que lorsque les puits n'ont pas été correctement développés et que les eaux sont chargées en argile et en sable. Les garnitures ne sont pas fabriquées sur place et leur remplacement pose quelques problèmes.

REFERENCES.

1°) BLAHO M. 1972 - U.S.T.

Type de pompe pour puits

Université des Sciences et de Technologie

KUMASI - Ghana

2°) OSEI - POKU, K. 1972 - Pompes à main en usage dans les petites communautés au Ghana.

- Rapport administratif

G.W.S.C.

PROBLEMES POSES PAR L' XPLOITATION DES AUX
SOUTERRAINES DANS LES ROCHES IGNEES ET
METAMORPHIQUES

Etude d'un cas au Ghana

EXPOSE DE Mr. ROBERT R. BANNERMAN -- GHANA-WATER
AND SEWERAGE CORPORATION

INTRODUCTION

Environ 54 % du Ghana est constitué par une grande variété de roches ignées et métamorphiques, comprenant les formations Dahoméenne, Birrimienne et Tarkwaïenne. Ces roches, lorsqu'elles sont altérées ou fracturées, renferment une quantité d'eau souterraine intéressante qui est exploitée principalement pour l'approvisionnement en eau des zones urbaines et rurales. Plus de 1000 puits ont été foncés dans ces formations (Bannerman, 1971). Durant le fonçage, une zone qui est invariablement rencontrée et qui est difficile à exploiter est la bouillie kaolinique. L'Hydrogéologie de cette zone et les possibilités d'exploitation de ces eaux sont exposées dans cette note.

Profil de la zone altérée

Sous le climat chaud et humide qui règne au Ghana, les roches de surface ou de subsurface sont le siège de phénomènes d'altération. Ils consistent en une dégradation physique et une décomposition chimique des minéraux primaires de la roche et dans la formation de nouveaux minéraux.

L'altération météorique intense et continue conduit aussi dans des conditions propices à une complète destruction de la structure de la texture de la roche mère. Elle conduit éventuellement à la destruction des minéraux argileux, au lessivage de la silice et à la concentration d'oxydes de fer hydratés et d'oxydes d'aluminium. Ce processus conduit à la formation des sols latéritiques (Lyons Associates et al 1971).

La zone latéritique évolue progressivement mais parfois aussi brusquement en une zone de roches altérées où la structure et la texture de la roche mère est conservée. Cette zone intermédiaire est généralement cohérente et passe à une zone de dureté croissante où la roche mère est généralement fracturée mais parfois la roche ne présente aucune fracture. Dans certaines parties de l'Afrique de l'Ouest, cinq horizons dans la zone d'altération ont pu être identifiés. (Lelong 1964).

L'épaisseur de la zone d'altération varie d'une région à l'autre. En général, l'altération est peu profonde dans les plaines de la région d'Accra, dans la Région Centrale et la Haute Région, où la hauteur annuelle

des pluies est faible (760 à 1040 mm) et qui ont un faible couvert forestier. Par contre, dans certaines parties des Régions de Brong-Ahafo, de l'Est et de l'Ouest, il tombe entre 1270 et 1780 mm de pluie et la zone d'altération peut être très épaisse. L'épaisseur totale varie de quelques décimètres à environ 75 mètres ou plus.

Hydrogéologie

La nature physique des matériaux d'altération est variable et liée à la composition de la roche mère. Ceux qui proviennent des gneiss acides des granites du Dahoméen et des quartzites du Tarkwaïen donnent des sables. Par contre, les produits d'altération des phyllites, schistes et grauwak des séries birrimiennes ou des gneiss basiques du Dahoméen sont principalement argileux.

La présence et la répartition des eaux souterraines dans ces produits d'altération dépendent de leur porosité et de leur perméabilité. Leurs propriétés hydrologiques sont variables du fait de l'hétérogénéité et de l'anisotropie des produits d'altération. Les horizons perméables peuvent être dispersés dans les horizons imperméables, voire quelquefois, être présents sous forme de poches dans les zones argileuses. Il y a un accroissement du stockage et du mouvement des eaux le long des cassures structurales ainsi qu'au contact des discontinuités pétrographiques qui existent dans la roche mère persistant dans la zone altérée.

Ces produits sont plus cohérents et moins perméables au sommet mais la perméabilité croît vers le bas jusqu'à la roche saine. De ce fait des eaux artésiennes existent et le niveau de l'eau des puits s'élève toujours au-dessus du niveau auquel cette eau a été atteinte. La profondeur du toit de cette zone saturée varie considérablement mais elle est comprise généralement entre 9 et 25 mètres.

"La bouillie kaolinique"

Conditionnée par la minéralogie et la texture du produit d'altération, la zone saturée a tendance à s'ébouler et à fluer dans le puits lorsqu'on la traverse. C'est principalement le cas lorsque ces produits dérivent d'une roche-mère *microgrerus*. "Bouillie kaolinique" ou "arène fluente", tels sont les noms donnés à cette zone du profil d'altération de certaines roches ignées et métamorphiques en Afrique de l'Ouest. Ces termes ont été utilisés pour la première fois par Lelong (1964).

Comme son nom l'indique, cette zone est saturée d'eau et un trou foré la traversant conduit à une baisse de pression. Les produits fluents sont généralement constitués par des argiles et des micas très fins. Quelquefois, ils sont constitués entièrement de feldspaths décomposés.

Une ou plusieurs de ces zones, de 3 à 5 m d'épaisseur moyenne, peuvent être rencontrées lors du fonçage d'un puits. Lorsqu'il y a plusieurs de ces zones dans un même puits, chaque zone peut ne pas atteindre cette épaisseur. La présence de la "Bouillie kaolinique" est plus fréquente dans les vallées non drainées et les dépressions où les roches sont noyées plus longtemps que sur les plateaux ou les terrains plats. Elle est liée aux pegmatites, gneiss et granites schisteux mais aussi aux phyllites altérées et aux schistes des formations birrimiennes.

Techniques de forage

Bien que la profondeur où se manifeste la tendance à l'éboulement ne puisse être prévue, à chaque instant, il faut être près à y faire face. Pour prévenir un soudain éboulement des parois lorsqu'on fore par la méthode rotary, il faut augmenter la viscosité de la boue aussitôt qu'une telle zone est prévisible. Des produits de forage commercialisés peuvent être utilisés mais des argiles d'origine locale peuvent les remplacer avantageusement. Dans la pratique, il n'y a pas de difficultés excessives à traverser cette zone avec cette méthode, si la procédure de forage de routine est appliquée.

Des problèmes sérieux dans cette zone ont été, cependant, rencontrés par des foreurs utilisant des méthodes de forage par percussion. Le trou normalement se tient bien jusqu'aux premières eaux. A partir de cette profondeur, le foreur doit s'attendre à rencontrer une zone fluente. Comme prévention, il est recommandé d'arrêter le forage, d'introduire un tube robuste et assez lourd reposant sur le fond du trou et de continuer le forage avec le tubage suivant l'outil. Si cependant le trou s'éboule et les difficultés de forage persistent, le trou doit être asséché.

En cas de persistance du fluage à ce stade, la règle d'or est de stopper complètement le pompage, car la situation peut empirer, et ceci peut désappointer plus d'un foreur ou hydrogéologue inexpérimentés. Un pompage continu conduit à la formation d'une grande cavité souterraine. Certaines fois, le forage est complètement perdu.

Pour prévenir ce problème, le trou doit être rempli d'eau sur une hauteur suffisante pour maintenir les parois du trou sous l'effet d'une forte pression hydrostatique. Ceci prévient la venue du terrain dans le tubage. Si cette méthode échoue, un tube de taille juste inférieure doit être utilisé et le forage poursuivi. Ce tubage devrait suivre librement l'outil de forage jusqu'à ce qu'il atteigne une roche plus dure où le trou est alors foré à nu.

Si une autre zone fluente se présente et si le terrain s'introduit encore dans le tubage, la taille du tubage doit être réduite et le forage poursuivi jusqu'à la traversée complète de cette zone.

Remarque : Par expérience, il est apparu préférable de ne pas descendre un tube temporaire de protection trop gros car son enfoncement par des vérins hydrauliques devient difficile et le temps nécessaire à l'installation du tubage permanent une fois le forage achevé est plus long. Il est donc préférable de toujours commencer un forage dans le plus grand diamètre possible et de se préparer à le réduire au cours de la progression.

Conception et construction des puits

L'éboulement des terrains dans un puits indique leur saturation en eau. Souvent ceci ne peut pas être pris en compte pour l'établissement du niveau réel de l'eau dans un puits. Pour rien au monde, cependant un puits ne devrait être abandonné sous le prétexte d'un forage sec ou infructueux.

Généralement l'éboulement du trou n'a pas lieu à la profondeur exacte prévisible par l'échantillonnage géologique.

La conception et la construction des puits prend en considération les zones fluentes qui sont considérées comme productrices. Les débits de telles zones varient de 1200 litres/h à 5500 litres/h. L'écran ne doit donc pas être placé directement dans le terrain bouillant mais de préférence quelques décimètres plus bas. La zone annulaire entre le trou et le tubage est remplie de gravier du bas au sommet de la zone fluente et les 3 mètres environ au-dessus du massif de gravier sont cimentés.

L'eau provenant de la zone fluente passe à travers une section du massif de gravier qui assure une certaine filtration avant son entrée dans le puits. (cf. croquis 1).

Quand cependant une "arène fluente" renferme des matériaux fins qui arrivent à pénétrer dans le puits même lorsque le forage a été convenablement réalisé, il est nécessaire dans ce cas, de procéder à un développement soigné du puits de plus longue durée afin d'éliminer toutes les fines.

Avant que la technique de forage à travers ces zones soit mise au point, de nombreux forages furent faits sans massifs de gravier, le tubage était posé sur le toit de la roche cohérente et on le perçait d'un trou. De tels puits sont connus pour s'être remplis de sédiments provenant de la zone fluente après quelques années d'utilisation. De ce fait ces puits nécessitent des entretiens plus fréquents, et parfois leur abandon s'impose.

x

x x

CONCLUSION

Les eaux souterraines ont été exploitées avec succès dans la zone de la "Bouillie Kaolinique" grâce à la technique exposée ci-dessus. Des efforts sont encore à faire pour comprendre encore mieux ce problème et pour trouver les techniques de forage et de construction de puits qui permettront l'implantation de puits encore plus productifs.

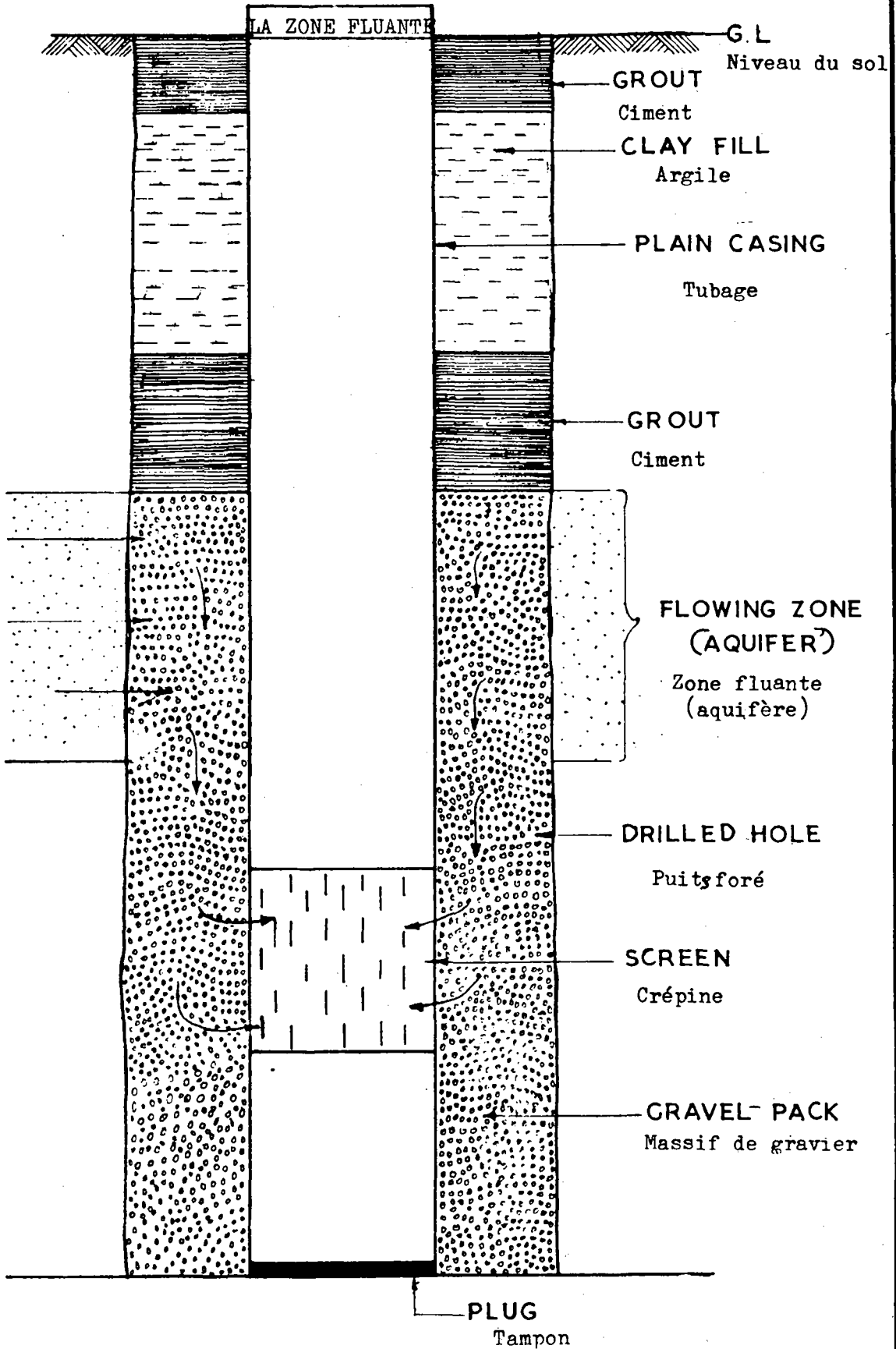
====-oooo0oooo-====

REFERENCES

- 1) BANNERMAN R.R. 1971 : Hydrogéologie et forage des puits peu profonds au Ghana.
Société des Eaux et d'Assainissement du Ghana - Rapport administratif.
- 2) LELONG F. 1964 : Données récentes sur les arènes aquifères.
Suivi d'une reconnaissance hydrogéologique dans le centre Nord du Dahomey. (Régions de Parakou et Mikki)
- C. I. E. H.
- 3) LYONS Associate & Building & Roads Research Institute 1971 - Latérite et sols latéritiques et autres problèmes de sol en Afrique.

DESIGN OF WELL PRODUCING FROM FLOWING ZONE.

CONCEPTION D'UN PUITIS EXPLOITANT



CROQUIS 1

DIAGRAM I

Echelle non respectée
NOT TO SCALE

DISCUSSION
=O=O=O=O=O=O=

Mr. ANPAMBA (Gabon)

- Je remercie le délégué du Ghana pour ses deux exposés très instructifs. Mr. le délégué du Ghana nous propose la fabrication sur place de pompes, l'adaptation du polyvinyle pour la tuyauterie et même le corps de pompe, la construction de pompes hybrides à partir d'éléments prélevés sur des pompes différentes et surtout une organisation de l'entretien à l'échelle du territoire. Je voudrais aussi souligner qu'il semble que le Ghana ait résolu le problème de l'intéressement des populations à l'entretien des moyens d'exhaure puisque celles-ci participent pécuniairement. Quant à sa seconde intervention elle constitue un utile complément à l'exposé de Mr. LEMOINE du BURGEAP.

Mr. BREMOND (SPEPE)

- Je suis très heureux d'avoir entendu le délégué du Ghana tout particulièrement son premier exposé car les résultats qu'il nous a donné sont sur beaucoup de points semblables à l'étude que le C.I.E.H. a entreprise il y a déjà quelque temps sur les moyens d'exhaure. Et je voudrais rappeler que cette étude a conduit à une proposition de fabrication d'un prototype de pompe qui faisait appel à du matériel qui pouvait s'opposer à la corrosion des eaux, c'est-à-dire les matières plastiques. Ces conclusions rejoignent donc celles du C.I.E.H. et c'est quelque chose qui me paraît extrêmement important. La deuxième chose que je voudrais retenir c'est que chercher des matériaux qui s'opposent à la corrosion, cela signifie que les eaux qui sont en cause sont corrosives et dans le cadre de l'étude de la chimie des eaux en Afrique, entreprise par le C.I.E.H. et confiée au BRGM, il ressort que dans les eaux de ces régions là on retrouve abondamment du gaz carbonique dissous et l'on constate la présence de fer dissous dans les eaux en quantité importante. J'avais relevé dans cette étude qu'en faisant des comparaisons entre des forages artésiens et subartésiens, ceux qui exploitaient des nappes profondes et ceux qui exploitaient des nappes libres, en faisant des comparaisons également entre les moyens d'exhaure (pompes à moteur, pompes à main ou puits non équipés) on arrivait aux résultats suivants qui corroborent ce que nous a dit le délégué du Ghana, à savoir que les ouvrages équipés d'une pompe à main paraissent donner des eaux dont les teneurs en fer dissous sont les plus élevés. Par exemple, je vais vous citer 3 nappes en signalant 2 valeurs, une teneur en fer maximale et une teneur en fer moyenne. Ainsi dans le maestrichtien du Dahomey la teneur en fer maximale était de 50 mg/l et la teneur en fer moyenne était de 16 mg/l. Dans les arènes granitiques au niveau de Korhogo (Côte d'Ivoire). Les teneurs en fer maximales étaient de 64 mg/l ce qui est énorme et les teneurs moyennes de 10 mg/l.

Enfin dans les arènes granitiques au niveau de Bouaké, les teneurs en fer maximales étaient de l'ordre de 8 mg/l et les teneurs moyennes de l'ordre de 2 mg/l. Ainsi on s'aperçoit qu'il faut adapter

les moyens d'exhaure au milieu naturel pompé sous peine de voir le moyen d'exhaure attaqué par la corrosion et donc voir réduits à néant les investissements.

Mr. LEMOINE (SOMIVAC)

- J'ai eu l'occasion l'an dernier en compagnie du Secrétaire Général, de rendre visite au responsable des essais des pompes à main qui ont été mises au point à l'Université de KUMASI. Je crois effectivement que c'est un matériel qui est intéressant mais comme l'a souligné le délégué du Ghana il y a encore des points faibles au niveau des articulations et des goupilles de liaison entre le levier de la pompe et les tiges. Je crois que nous pouvons disposer à court terme de deux types de pompes relativement rustiques qui ont été mises au point et qui sont construites dans les pays africains, ce modèle de pompe réalisé au Ghana et la pompe ABI qui est construite en Côte d'Ivoire et qui a déjà été essayée dans de nombreux endroits. Mais comme le soulignait tout à l'heure Mr. BREMOND, tous ces matériels ne sont pas exempts de problèmes dûs en particulier à l'agressivité des eaux qui est assez forte dans toute la région à substratum cristallin. Et c'est pourquoi je voudrais compléter ce qu'a dit Mr. BREMOND sur les études antérieures effectuées par le C.I.E.H. A la suite du rapport sur les moyens d'exhaure, nous avons été amenés à reprendre contact avec la société Renault-engineering et la société Mengin à Montargis pour essayer de réaliser ce prototype de pompe en matière plastique qui avait été baptisé "télé-pompe" puisqu'il s'agissait d'une pompe à commande hydraulique. Cette question n'a pas été retenue lors du programme d'étude de la réunion de Nouakchott en 1971. Mais je pense que si les différentes délégations sont intéressées par l'approfondissement de ces problèmes d'exhaure et de mise au point d'un nouveau type de pompe qui essaie de répondre à ces problèmes de corrosion, il serait peut-être intéressant qu'à l'occasion de ce nouveau conseil on reprenne ce projet et que le Secrétariat Général soit chargé de relancer l'affaire, peut-être également d'essayer de se tourner vers un organisme d'assistance (FAC ou OMS) pour le financement d'un tel prototype.

Mr. GAGARA (C.I.E.H.)

- A propos de pompe à main, lors de l'établissement du programme d'étude nous aurons à examiner les propositions du Secrétariat Général. Nous sommes actuellement en pourparlers avec l'OMS pour l'essai des différents types de pompes. Nous sommes sur le point de signer une convention qui nous permettra d'avoir environ 1.000.000 CFA par an pour ces essais qui s'effectueront en collaboration avec les services techniques de Haute-Volta.

Mr. KAKADIE (Côte d'Ivoire)

- Dans son exposé Mr. LEMOINE (BURGEAP) a fait état d'une diminution du débit des puits par rapport aux essais de réception, si je me réfère à l'exposé du délégué du Ghana, on pourrait à mon avis penser que la présence de fer dans l'eau a provoqué un colmatage des puits et par conséquent une diminution de leur débit. On devrait

faire des recherches dans ce domaine et non pas vers les techniques et méthodes d'essais.

J'ai été très intéressé par les moyens employés au Ghana pour lutter contre les éboulements, il m'a semblé entendre que certains produits étaient utilisés, pourrait-on avoir des précisions sur ce point.

Mr. LEMOINE (BURGEAP)

- Pour répondre à Mr. le délégué de la Côte d'Ivoire je pense que dans ce qu'il a évoqué il y a deux problèmes qui sont absolument différents. L'un a trait effectivement au colmatage et c'est une réalité mais je ne pense pas qu'on dispose de mesures assez précises qui permettent de le mettre en évidence de façon quantitative en ce qui concerne les ouvrages faits dans les terrains cristallins. Le deuxième point c'est celui de l'influence de la baisse du niveau en saison sèche sur l'évolution des débits. Cette baisse de niveau jointe à la faible perméabilité entraîne un régime transitoire tel que le débit sous l'effet du puisage à rabattement constant diminue très rapidement. C'est là que pour avoir des prévisions de débit à l'étiage et ceci indépendamment du colmatage, il nous paraît indispensable qu'on puisse mettre au point une méthode qui permettra effectivement de connaître ce débit à la fin de la saison sèche. Bien sûr il peut se superposer à cela des effets de colmatage, mais il me semble fondamental que l'on puisse connaître au moins l'ordre de grandeur du débit des ouvrages que l'on fait. Il est évident que dans la mesure où les forages ont une hauteur d'eau bien plus grande que les puits, les essais de débit que l'on fait sur eux sont beaucoup plus valables et représentatifs que les essais qui sont faits sur les puits. Car finalement une diminution de niveau de quelques mètres sur une hauteur qui peut atteindre 20 ou 30 m, c'est évidemment beaucoup moins important et ceci d'autant que la zone la plus productive du forage se trouve généralement vers la base du profil d'altération, c'est-à-dire dans une zone qui n'est pas découverte par la baisse du niveau.

Mr. BANNERMAN (Ghana)

- Si j'ai bien compris le délégué de la Côte d'Ivoire dans sa question sur les éboulements de forage, le document que je vous ai présenté concerne 200 forages et sur chacun d'eux on a remarqué ces phénomènes d'éboulement. Ce document décrit comment nous avons pu surmonter ce problème et met en valeur certaines techniques de forage et d'équipement particulières que nous avons découvert.

Au sujet des méthodes que nous préconisons en terrain cristallin, généralement nous utilisons la percussion et la rotation.

A mon avis la rotation marche très bien dans les zones altérées des rochers cristallins. Dans les zones dures et fracturées la percussion doit être employée. Nous sommes en train de penser à une méthode combinée rotation-percussion. On commencerait le forage en rotation et si le débit est insuffisant on utiliserait la percussion. Quelques sociétés étrangères qui veulent venir au Ghana ont l'intention

d'utiliser le marteau fond de trou. Dans les régions où les forages sont sujets aux éboulements la méthode à air comprimé ne peut pas être utilisée. En conclusion nous utilisons la percussion plus souvent que la rotation.

Encore une dernière précision, le pourcentage de pompes en panne est de 70 % environ ceci parce que les pompes ne sont pas entretenues régulièrement. Généralement les pannes sont dues aux goupilles ou au manque de graissage des parties mobiles. Si dans l'avenir nous utilisons des goupilles plus solides et des pompes qui n'ont pas besoin d'être graissées, le pourcentage de pompes en panne sera largement diminué. Nous n'avons pas eu de difficultés particulières avec les pièces détachées des pompes, car ce qui tombe généralement en panne, c'est une petite pièce et non pas le corps de la pompe ou le piston. J'ai indiqué dans mon document qu'en ce qui concerne l'entretien, nous demandons maintenant aux villageois de payer eux-mêmes. Au début nous avons eu des difficultés mais quand les gens sont habitués à l'utilisation de la pompe ils viennent de bon gré nous voir avec un peu d'argent pour nous demander d'effectuer les réparations.

Mr. LEMOINE (BURGEAP)

- Je voudrais demander au délégué du Ghana si le coût de l'entretien dont il a parlé tout à l'heure et dont j'ai compris qu'il était de l'ordre de 40.000 à 80.000 F/pompe/an n'était pas prohibitif pour les populations auxquelles il s'adressait.

Mr. BANNERMAN (Ghana)

- J'ai dit dans mon document que le coût moyen d'une visite dans un village pour réparer une pompe était environ 10.000 CFA et qu'une pompe tombe en panne quelquefois/an ; le coût d'entretien pendant une année est plus élevé que le coût d'une pompe neuve. Nous nous demandons s'il ne vaut pas mieux acheter une pompe plus chère mais plus solide qui tomberait moins souvent en panne. J'ai donné l'exemple d'un modèle britannique qui coûte extrêmement cher au Ghana mais qui en dix ans a un coût d'entretien très peu élevé.

Mr. WILSON (OMS)

- Je voudrais demander au délégué du Ghana si dans les 10.000 CFA, le coût du voyage du technicien est compris.

Mr. BANNERMAN (Ghana)

- Ces 10.000 F couvrent le prix du voyage et de la main d'oeuvre. J'ai cité l'exemple d'un déplacement de 13 km avec un camion, deux personnes et une grue, peut-être simplement pour changer une goupille.

.../...

**LA GESTION DES PERIMETRES D'IRRIGATION
ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES**

LA GESTION DES PERIMETRES D'IRRIGATION

ASPECTS SOCIAUX ET ECONOMIQUES

La maîtrise de l'eau est un des facteurs essentiels de l'augmentation et de la régularisation de la production agricole. Cette maîtrise peut être plus ou moins poussée et les techniques correspondantes peuvent aller des plus sommaires (aménagement de bas fonds, épandage d'eaux de crue...) aux plus élaborées (création de réserves d'eau, réseaux d'irrigation sous pression...). Le choix entre ces différents types d'aménagements dépend de nombreux éléments techniques économiques et sociaux.

Mais quel que soit leur degré de rusticité ou de perfectionnement, l'introduction de ces techniques entraîne des modifications importantes d'ordre social et économique qui touchent aussi bien la mentalité des agriculteurs que le mode d'exploitation des terres, les techniques culturales, la commercialisation des produits, etc..

Nous nous proposons d'étudier ces différents problèmes socio-économiques à travers la structure de gestion du périmètre : sa nature, ses attributions, ses moyens, ses pouvoirs, la participation des agriculteurs et ses résultats.

Notre étude se limitera au cas des périmètres irrigués tels qu'ils existent ou qu'ils sont projetés dans les pays membres ou observateurs du C.I.E.H. et lorsqu'ils comportent une maîtrise assez poussée de l'eau.

Des communications seront faites sur la manière dont ils ont été résolus dans divers pays et sur les résultats obtenus.

On essayera après cela de définir un certain nombre d'idées générales qui pourraient guider les services responsables dans la mise au point et la réalisation des projets d'irrigation.

Pour faciliter l'exposé, et bien que les problèmes que nous allons évoquer soient étroitement imbriqués, nous les regrouperons en trois chapitres relatifs l'un aux agriculteurs, le deuxième aux éléments naturels, eau et terre, le troisième aux produits.

I - L'ADAPTATION DES AGRICULTEURS AUX TECHNIQUES DE L'IRRIGATION

Un des premiers problèmes que pose l'introduction des techniques d'irrigation est dû au bouleversement des structures traditionnelles. Les autorités chargées de la mise en oeuvre du projet d'irrigation désirent que les agriculteurs créent en se groupant un organisme qui serve d'élément de transmission entre elles et eux. Cet organisme doit en particulier servir de support aux actions techniques, économiques ou sociales liées à la gestion du périmètre.

Il a aussi souvent pour objet à long terme d'assurer l'auto gestion du périmètre, c'est à dire la prise en charge intégrale de l'aménagement par les agriculteurs.

Dans une étude publiée récemment, la Société d'Etudes et de Développement agricole (S.E.D.A.G.R.I.) a analysé les causes des difficultés auxquelles se heurte l'administration dans la création de cet organisme de gestion. Ces causes sont diverses :

- manque d'intérêt permanent pour les objectifs proposés
- non perception de la notion d'intérêt général. Cet intérêt est tellement codifié dans les structures traditionnelles que personne ne s'aperçoit qu'il existe et ne conçoit qu'il puisse se présenter sous des formes nouvelles.
- manque d'animateurs compétents doués de la foi, du désintéressement et du dévouement nécessaires. "N'est animateur que le militant".
- absence d'apprentissage de la pratique de la démocratie
- forme du contrat présenté de façon juridique et écrite alors que les contrats traditionnels sont oraux.
- résistance au changement de la communauté toute entière. L'étude conclut que, quelle que soit la méthode adoptée autoritaire ou libérale, pour surmonter ces difficultés, les nouvelles structures ne se mettront en place que progressivement.

Ces conclusions mettent en évidence la nécessité d'une préparation des agriculteurs aux transformations qu'entraînera la mise en place de l'irrigation et plus encore d'un encadrement pendant la période initiale de fonctionnement du réseau.

Cet encadrement porte surtout sur tout ou partie des divers aspects de la gestion du périmètre, qu'ils soient techniques, économiques ou administratifs.

Une de ses tâches essentielles sera d'assurer la formation technique des agriculteurs et la vulgarisation de nouvelles techniques : utilisation des engrais et de l'outillage, utilisation de la traction animale, façons culturales, traitements phytosanitaires, choix des variétés, date et mode des semis ... Il devra également effectuer, parmi les agriculteurs, le choix de ceux qu'on peut considérer comme les plus aptes aux transformations.

Le succès de l'aménagement dépendra dans une large mesure de la qualité de cet encadrement et de son impact sur les agriculteurs. Il est important, du point de vue psychologique que le mode d'encadrement favorise les agriculteurs les plus courageux et les plus aptes et qu'il porte son effort sur les nouveaux installés et les moins aptes.

Il serait intéressant de comparer dans les différents cas qui nous seront présentés les objectifs et les moyens de cet encadrement :

- objet de l'encadrement
- nombre et formation des moniteurs, animateurs ou agriculteurs pilotes
- participation des agriculteurs.

II - GESTION DES RESSOURCES NATURELLES

L'intensification de la production liée à la réalisation d'un projet d'irrigation, la nécessité de rentabiliser dans les meilleures conditions les investissements en général assez lourds consentis par la collectivité, rendent indispensable une organisation rationnelle de l'utilisation de la terre et de l'eau.

Pour ce qui concerne les terres, des situations différentes peuvent se présenter selon qu'elles faisaient déjà l'objet d'une appropriation et d'une mise en culture avant la réalisation du projet ou que le périmètre a été créé dans une région peu ou pas exploitée.

Cependant dans la plupart des cas le projet imposera une distribution des terres correspondant à l'efficacité maximum du réseau, différente de celle qui existait auparavant. Une redistribution des terres tenant compte de l'importance des familles, de la capacité et des aptitudes des agriculteurs, des

droits qu'ils peuvent faire valoir sera souvent nécessaire. Cette distribution devra être faite avec d'autant plus de soin que la réalisation des ouvrages d'irrigation fixera les structures.

La mise à disposition des terres nécessaires aux agriculteurs pourra se faire selon des formules très diverses mais il est important que les agriculteurs se sentent liés à la terre qu'ils cultivent et soient incités à l'exploiter convenablement. En contrepartie il pourra paraître utile de leur faire accepter un véritable contrat de mise en valeur.

Un des problèmes qui se posera dès le départ au service responsable du projet sera celui des droits fonciers revendiqués, soit par des particuliers, soit par des groupes.

Le droit foncier traditionnel a le plus souvent un caractère collectif. Il est également plus un droit d'usage qu'un droit privatif. L'intensification des cultures et la plus-value apportée aux terres par la mise en irrigation entraînera d'importantes modifications de ces notions dont il conviendra de tenir compte dès le départ (droit d'usage personnel sur les parcelles, transmission par héritage, droit d'usage confié à un organisme du type coopératif qui administre la distribution des terres...).

L'intensification de la culture entraînée par la mise en irrigation a pour conséquence d'augmenter la densité de la population d'agriculteurs nécessaires à la mise en valeur du périmètre.

L'administration sera donc parfois amenée à installer sur le périmètre de nouveaux exploitants. Le choix des agriculteurs les plus compétents et les plus aptes aux transformations qui seront exigées d'eux, les conditions de leur départ et de leur accueil posent de délicats problèmes. Pour ces migrants, la réalisation d'habitations en dur, de points d'eau, d'un équipement sanitaire et si possible d'écoles sont autant d'éléments favorables à l'évolution ultérieure.

La multiplication des actions de développement (aménagement hydro-agricoles, travaux de D.R.S., boisements, création de voies...) entraînant l'intervention de plusieurs services administratifs rendra parfois nécessaire la création d'une structure administrative de coordination au niveau local et parfois national.

L'utilisation optimum de l'eau et de la terre suppose en outre qu'un organisme puisse assurer la police de la gestion et dispose de moyens pour assurer un usage optimal de l'eau et un entretien normal des ouvrages d'intérêt commun.

Ceci pose le problème de la nature et des pouvoirs de l'organisme de gestion du périmètre et de ses relations avec les agriculteurs, avec le pouvoir traditionnel lorsque ce pouvoir a conservé de l'importance et avec l'administration.

Cet organisme pourra être très différent selon le niveau de collectivisation de l'agriculture, son degré de liaison à l'administration et la taille du périmètre. En particulier dans le cas des grands périmètres mettant en oeuvre d'importants investissements la puissance publique sera le plus souvent amenée à mettre en place une structure où elle sera largement représentée.

Dans la mesure au contraire où l'aménagement est de petite ou moyenne dimension et où l'administration souhaite aboutir à l'autogestion du périmètre, un découpage assez poussé de l'ensemble en secteurs de petites dimensions pourra s'avérer utile ; chaque secteur correspondant à la zone desservie par un ouvrage d'irrigation secondaire ou tertiaire et à un certain groupe de familles et placé sous la responsabilité d'un agriculteur-pilote.

Une taille importante peut en effet être un obstacle à un bon fonctionnement dans le cas d'une organisation coopérative tout au moins pendant les premières années de son fonctionnement.

La gestion de la ressource en eau se posera dans des termes et avec une acuité très variables selon que cette ressource sera ou non considérée comme un élément rare. Le mode de distribution de l'eau peut varier d'un périmètre à l'autre (disposition permanente de l'eau dans les canaux, débits souscrit constant tour d'eau avec module fixe ou module variable...) mais l'organisme devra dans la plupart des cas fixer la date de début et de fin d'arrosage, préciser les doses et les débits et dans le cas où la ressource en eau est insuffisante de limiter la zone qui bénéficiera de l'irrigation. Il sera même souvent utile pour assurer une utilisation optimum de la ressource de mettre en place un système

d'avertissement et de prévision de conduite de l'irrigation.

Une autre action dont pourra être chargé l'organisme de gestion sera la mise en place et la surveillance d'un dispositif de contrôle de l'évolution des sols sous irrigation et l'étude des prescriptions agrotechniques d'accompagnement en particulier dans le domaine de l'agroclimatologie.

Pour parvenir à ses fins l'organisme gestionnaire devra percevoir des redevances généralement calculées de manière à couvrir au minimum les frais de fonctionnement et d'entretien des ouvrages (une partie de ces redevances pouvant être perçue sous forme de prestations en nature).

Des modes de calcul de cette redevance tenant compte du montant actualisé de tous les frais et basés sur des hypothèses de développement de la consommation d'eau sont utilisés dans les périmètres modernes.

Il ne sera pas toujours nécessaire d'effectuer de tels calculs mais le type de tarification devra être simple et logique et sur le plan économique et psychologique ne devra pas constituer un frein pour l'agriculteur mais l'inciter à utiliser au mieux l'eau. Dans le cas général les redevances devront couvrir au minimum :

- les frais de fonctionnement proprement dits
- les frais d'énergie (cas du pompage)
- les frais d'entretien et éventuellement de renouvellement des ouvrages mécaniques. Le montant des frais de renouvellement des ouvrages dépend de leur durée de vie qu'on estime en général égale à 20 ans pour le petit appareillage et les groupes de pompage et à 10 ans pour le matériel mécanique.

L'organisme de gestion pourra également assurer la répartition des crédits de campagne et fournir dans des conditions avantageuses des prestations de service (labourage, traitements...)

III - COMMERCIALISATION DES PRODUITS

L'organisme qui aura à sa charge la gestion du périmètre et l'encadrement des agriculteurs pourra également être chargé de la commercialisation des produits. A ce titre il pourra être amené à adapter l'offre à la demande

fixer l'importance des surfaces à mettre en culture et l'assolement de ces cultures et mène parfois déterminer le prix de vente.

Son action sera différente selon qu'il s'agira de cultures vivrières ou de cultures industrielles. Dans le premier cas la planification de la mise en culture de la production, du traitement et de la commercialisation des produits devra être assez poussée.

Dans le domaine du traitement et de la commercialisation des produits il sera également intéressant d'assurer la participation des agriculteurs. Cette participation pourra prendre la forme de groupements de vente de type coopératif et d'installations de premier traitement ou conditionnement.

IV - CONCLUSION

Les lignes qui précèdent ont mis l'accent sur l'importance de l'action qu'aura à mener dans tout aménagement hydroagricole l'organisme de gestion du périmètre.

Comme nous l'avons vu, ses actions principales porteront sur :

- l'encadrement technique des agriculteurs et de manière plus générale sur sur l'adaptation des agriculteurs aux techniques de l'irrigation.
- l'adaptation des structures foncières aux nouvelles conditions créées par la mise en irrigation.
- l'utilisation optimale des ressources "terre" et "eau".
- la commercialisation des produits.

Le fait que ces actions soient entreprises en liaison étroite et avec l'assentiment des agriculteurs sera souvent un gage de succès de l'aménagement.

LE PERIMETRE IRRIGUE D'AGOUEVE

Présenté par Mr. KATAKOU
Direction du Génie Rural du Togo

-:--:--:--:--:--:--:--:--

I. GESTION DU PERIMETRE MARAICHER IRRIGUE D'AGOUEVE

Introduction

La grande partie des produits maraichers consommés par la ville de LOME (Capitale du Togo) proviennent des "jardins" épars dans la capitale sur des parcelles de terrain à bâtir. Ces dernières années, la croissance rapide de la Capitale (6.600 habitants en 1930, 160.000 en 1971) a eu, entre autre, pour effet la disparition des jardins maraichers dans la ville et pour conséquence, l'augmentation du volume d'importation des produits maraichers. (voir Annexe n° 1).

La Société Régionale d'Aménagement et de Développement (SORAD) de la Région Maritime a alors pris l'initiative d'aménager un périmètre irrigué à Agouevé (13 km de LOME) et d'y installer tous les maraichers de la ville.

Le démarrage effectif de l'exploitation du périmètre date d'un an. Ceci nous permet de vous présenter tout d'abord le périmètre et certains aspects de la gestion de ce périmètre.

II. PRESENTATION DU PERIMETRE IRRIGUE D'AGOUEVE

A) Généralités

1) - Situation : Le périmètre irrigué d'Agouevé est situé à 13 km au Nord de LOME - (voir plan de situation en annexe).

2) - Climat : Le climat est du type équatorial Guinéen : deux saisons de pluie et deux saisons sèches.

La principale saison des pluies dans la Région côtière débute en Mars et se termine en Juillet avec un maximum en Juin. La petite saison de pluie dure de fin Septembre au début Novembre. La pluviométrie moyenne annuelle est de : 900 mm.

La température moyenne mensuelle varie de 24 et 27° C, les minima mensuels varient entre 21 et 23° C, et les maxima entre 27 et 31° C.

L'évaporation totale moyenne annuelle à LOME est supérieure à la pluviométrie moyenne.

.../...

Les valeurs maxima de l'humidité relative, relevées à 8 heures est de 100 %. Les minima absolus : 10 %.

L'insolation moyenne annuelle est de 2.400 heures/an. Les mois les plus ensoleillés sont ceux de la saison sèche où l'insolation peut dépasser 200 heures/mois.

La durée du jour est peu variable.

- Vent dominant Sud à Sud-Ouest.

3) - Sol : Le périmètre est sur le "continental terminal" : ce sont des sols à grande fertilité généralement rouges.

Leur structure physique est remarquable : agrégats stables à grande perméabilité. - Du fait de cette perméabilité et de la pente faible, ces sols sont soumis aux effets de l'érosion qui entraîne des pertes en Azote et en Calcium.

4) - Les eaux : L'irrigation se fait par pompage à partir des eaux d'un bras mort du fleuve Sio : l'un des principaux fleuves du Togo.

La station hydrométrique de Togblékopé nous a permis d'avoir certaines caractéristiques hydrologiques du Sio.

Débit moyen annuel :	9 m ³ /s
Crue de fréquence annuelle :	70 m ³ /s
Débit minima mensuel :	0,31 m ³ /s (Avril 1970)

Avec l'aménagement du périmètre, deux échelles de crues sont installées dans le bras mort du Sio. Des lectures quotidiennes sont faites. Les résultats nous permettront d'établir une corrélation avec la station de Togblékopé.

L'eau est stockée dans le bras mort par suite des inondations du Sio.

B) Aménagement du Périmètre irrigué.

1) - Description du périmètre

Le périmètre, se présente sous la forme d'un rectangle de 670 m de long sur 618 m de large (40 ha environ) est découpé en 192 parcelles de 20 ares (50 x 40) groupées deux à deux, séparées par des pistes d'exploitation de 3 m de large, dans le sens Nord-Sud et des pistes de service de 2 m de large dans le sens Est-Ouest. (voir Annexe 2).

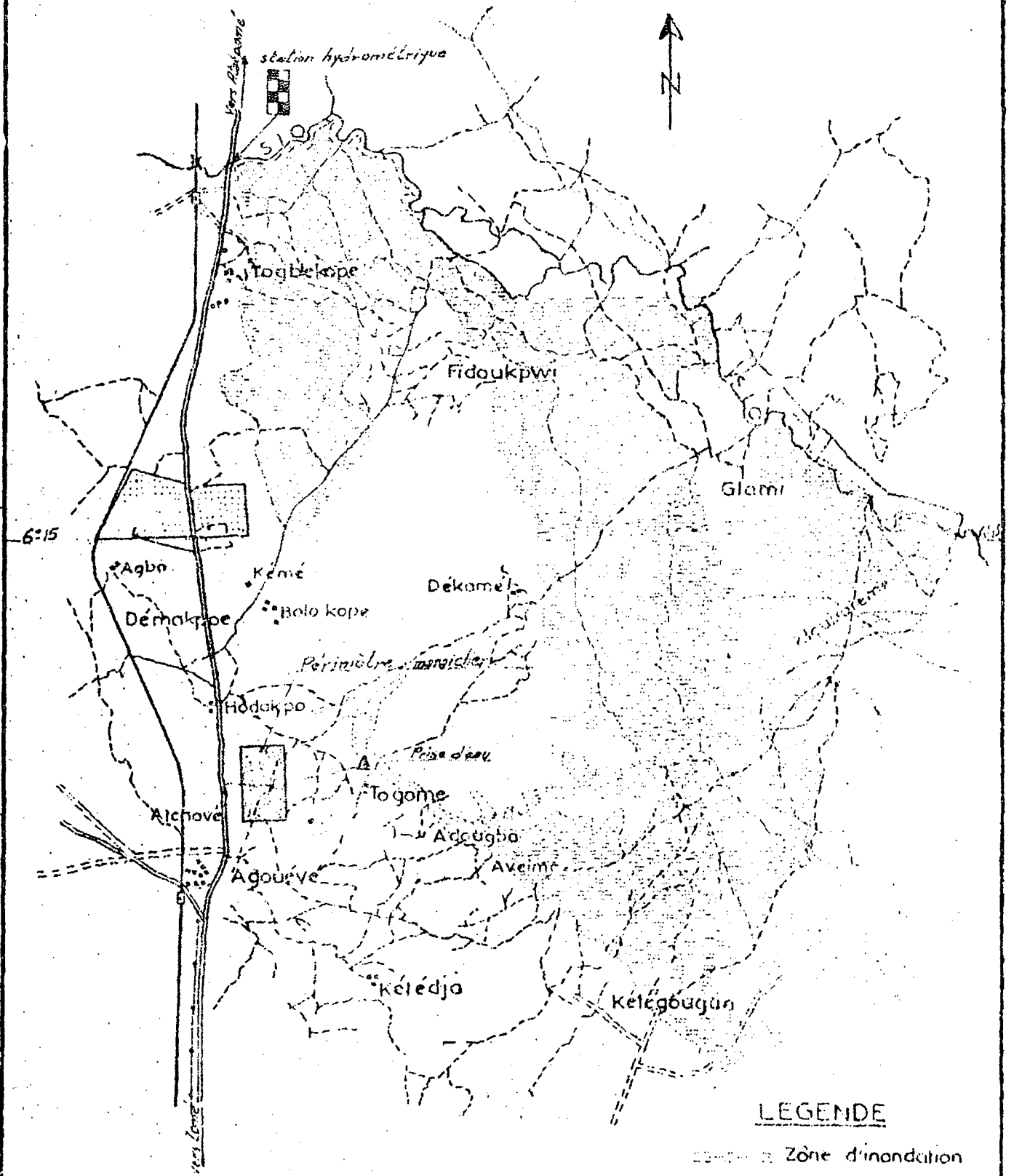
2) - Dispositions envisagées.

L'irrigation par aspersion, malgré son coût élevé a été choisi dans le souci d'utiliser au maximum l'eau dont on dispose sans pertes inutiles. Le maraîchage par ailleurs se prête bien à ce type d'irrigation.

PLAN DE SITUATION

1:15

PERIMETRE MARAICHER D'AGOUVE



LEGENDE

..... Zône d'inondation

ECHELLE 1/50 000^e

1:15

Besoins en eau déterminés par la méthode Blaney - Criddle.

Besoins mensuels en période de pointe (Décembre - Janvier) :
132 mm/ha.

3) - Caractéristiques de l'irrigation.

- Débit fictif continu en 12 h : 1,13 l/s : 20 mm par arrosage
- Asperseurs : type IRRIFRANCE 30 W/TNT.

Pression de service : 2,35 kg/cm²

Perte de charge maximale : entre borne et asperseur :
6,50 m.

4) - Le réseau d'irrigation.

- Alimentation du réseau : pompage à partir de 3 groupes moto-pompes débitant 160 m³/h - (1 groupe de 80 m³/h et 2 groupes de 40 m³/h) sous une hauteur manométrique de 58 m. Dans la première phase de l'aménagement (20 ha) seuls deux groupes de 28 ch de 40 m³/h chacun fonctionnent.

- Canal d'amenée : - Longueur : 150 m
- Largeur au plafond : 3 m
- Talus 1/1
- Hauteur moyenne : 1,75 m.

- Conduite : Les canalisations sont en PVC AFCODUR en longueur de 6 m, assemblées par collage. La conduite principale en tubes séries 10 kg/cm² SIGMA 100, les conduites secondaires ou antennes en tubes séries 6kg/cm² SIGMA 100.

- Les prises d'irrigation : chaque prise dessert 2 parcelles.

Chaque parcelle est équipée d'un rouleau de 54 m de tuyau tricoflex et d'un asperseur débitant 0,78 m³/h (0,216 l/s) sous 2,5 kg/cm² de pression nominale

(Pluviométrie : 5,42 mm/h, surface arrosée 144 m²).

Le réseau est complété par des pistes d'exploitation, et par un magasin de stockage - de 200 m² et un petit bâtiment de 90 m² comprenant de bureaux et un magasin pour l'entreposage du petit matériel, des pesticides et engrais en cours d'utilisation.

5) - Coût et Financement.

L'aménagement du périmètre se fera en 2 phases.

L'installation du périmètre coûte :

pour la première phase :	16 M
pour la deuxième phase :	9 M

25 M. FCEA.

.../...

Ce montant comporte : Aménagement
Irrigation
Encadrement.

Le financement est assuré par le Budget d'Investissement du Togo
(B.I. 1971)

La rentabilité de l'opération.

- Au niveau de l'agriculteur (sans calcul de l'amortissement ni encadrement) le bénéfice annuel brut dégagé en première année de gestion par agriculteur est de 170.000 F CFA.

- Au niveau du pays :

- Réduction des importations (de 9.000.000 F CFA à 6.800.000 F CFA).
- Rabais du prix de vente des légumes, augmentation du pouvoir d'achat de l'agriculteur, amélioration du régime alimentaire.

Dans les pages précédentes nous avons présenté brièvement le périmètre maraîcher irrigué d'Agouévé sans rentrer dans les détails. Etant bien entendu que les discussions porteront sur des points précis de la gestion des périmètres irrigués, à savoir : l'encadrement, les problèmes de commercialisation et la distribution de l'eau du périmètre d'Agouévé.

III. FONCTIONNEMENT DU PERIMETRE

1) Personnel.

Le périmètre irrigué d'Agouévé est géré par la SORAD (Société Régionale d'Aménagement et de Développement) Maritime.

Les SORAD sont au nombre de cinq sur le territoire togolais ; chacune d'elles s'occupe d'une Région économique.

Ces Sociétés d'Etat dotées de l'autonomie administrative et financière, ont été créées en 1966 et sont chargées de promouvoir et de coordonner les diverses activités du développement dans chaque Région. Pour une bonne réussite de ses activités, il existe au sein de chaque SORAD un Représentant de chaque service technique du Ministère de l'Economie Rurale, Ministère de tutelle de ces Sociétés.

Le périmètre maraîcher irrigué d'Agouévé, est sous l'autorité du Directeur de la SORAD Maritime.

Le responsable de l'opération est un Ingénieur d'Agriculture Togolais assisté d'un conseiller technique expatrié du Bureau de Développement pour la Production Agricole (BDPA).

Un technicien horticole assure le contrôle du centre d'appui technique ; les encadreurs (2 pour le moment) ont pour mission de suivre les maraî-



Photo Parcelle en Exploitation



Le Lac formé par le bras mort du Sio : vu en période de l'Etiage

chers dans leur effort, leur indiquer les techniques, corriger les erreurs, tirer profit et rendre compte des renseignements donnés par les maraîchers - eux-mêmes, surveiller la collecte et le conditionnement des produits, maintenir le contact permanent avec les groupements.

Les 82 maraîchers installés actuellement sur le périmètre forment 2 groupements et sont suivis pour 2 encadreurs - (il en faut 4).

Il faut ajouter : - 1 secrétaire comptable
- 1 mécanicien
- 1 chauffeur, 4 ouvriers et 1 gardien. (voir organigramme en annexe).

2) Rapport entre la Direction et les maraîchers

Il est déjà fait mention du rôle joué par le technicien horticole et les encadreurs. Il faut mentionner tout de suite que le maraîcher est lié à la SORAD par un contrat fixant les normes disciplinaires pour l'exploitation d'une parcelle du périmètre. (voir en annexe). Par ce contrat le maraîcher s'engage à se conformer à la structure de gestion du périmètre.

La Direction assure les premiers travaux de préparation du terrain aux maraîchers, et même le piquetage des parcelles.

Le transport de la matière organique (gadoue) (12 F CFA la tonne kilométrique) la vente des semences sélectionnées, des pesticides, des engrais sont assurés par la Direction.

Elle assure aussi la formation professionnelle des maraîchers, l'organisation de la commercialisation de leurs produits.

a) Formation des maraîchers.

Il est nécessaire que le maraîcher ait :

- des connaissances pratiques sur la culture ; la gamme des légumes à cultiver
- un esprit d'organisation pour adapter la production à la cadence du marché.

Cette formation est à la fois technique et économique.

La formation technique se fait dans le cadre du centre d'appui technique qui n'est qu'une partie de l'ensemble du périmètre. (test des variétés, des fumures d'engrais, des techniques culturales, etc... et vulgarisation des résultats de ces tests).

La formation économique doit permettre aux maraîchers de prendre conscience des problèmes de commercialisation et en conséquence des problèmes de production.

Le maraîcher doit :

- savoir à qui est destinée la production,

.../...

- présenter correctement les produits et les rendre compétitifs en prix et qualité avec les produits d'importation,
- savoir si la production doit être régulière : donc nécessité de planning de travail pour chaque maraîcher,
- avoir des notoins élémentaires sur les prix de revient et de vente, sur la comptabilité de l'entreprise.

b) Organisation.

Pour satisfaire tous ces points, il est nécessaire que les maraîchers forment des groupements de 8 à 12 membres avec un animateur à la tête.

Ces groupements sont réunis en un comité de groupement des maraîchers. C'est le comité qui discute des divers problèmes avec la Direction du périmètre.

c) Problèmes de commercialisation.

L'écoulement des produits maraîchers se fait par l'intermédiaire des grossistes qui achètent même les "planches" sur pied. Ceux-ci vendent aux détaillants (il y a plus de 200 au marché de LOME) qui approvisionnent les consommateurs.

Le centre d'appui technique du périmètre est équipé d'un hangar pour le groupage et le conditionnement des produits.

Les maraîchers sont libres d'apporter ou non leurs produits au Centre à concurrence d'un pourcentage fixé par le Centre. Cette liberté des apports permet :

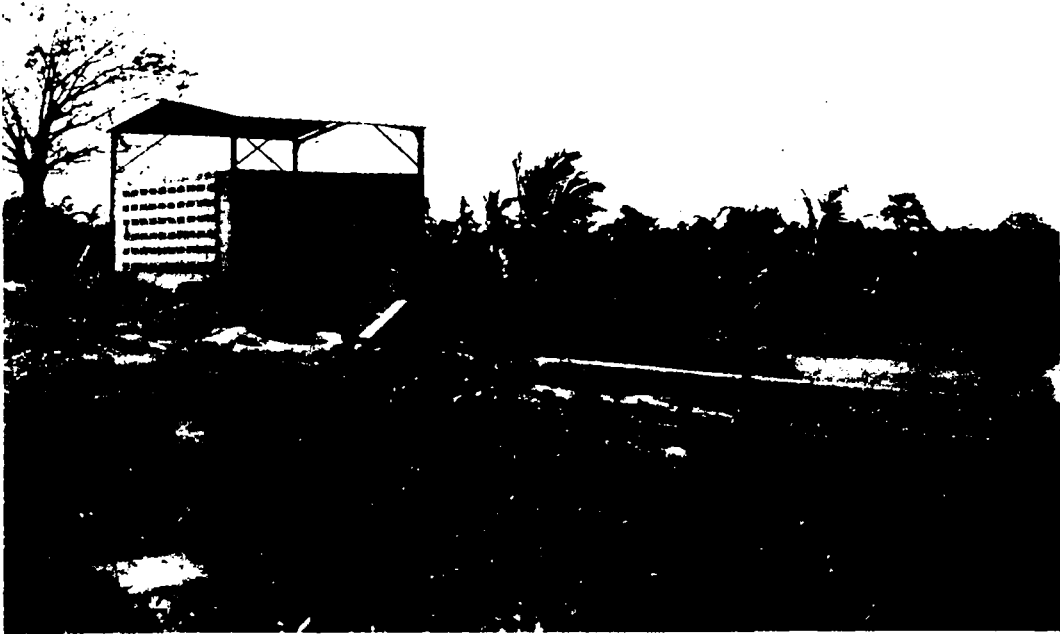
- au centre d'accepter ou de refuser des légumes en fonction du volume demandé et de la qualité offerte,
- aux maraîchers d'écouler directement leur production en particulier pour certains légumes spécifiquement Togolais, de vendre directement les produits refusés au groupage en raison de leur qualité ou d'un excès d'offre au jour considéré.

L'apport de chaque maraîcher est consigné sur un carnet à duplicata gardé par ce dernier.

Les livraisons des commandes sont effectuées par le Centre qui retient sur le prix de vente :

- la participation aux dépenses,
- le transport,
- les pertes éventuelles.

Il est actuellement en projet, la création d'un Centre de vente à LOME. Ce Centre vendra en demi-gros et en détail. Le prix de vente devra être inférieur aux prix pratiqués par les revendeuses au marché. La Direction essayera par ailleurs de pratiquer un prix d'achat aux maraîchers à un taux supérieur à celui des revendeuses.



Station de Pompage



Canal d'Amenée

Pour déterminer ces divers prix, une enquête statistique sur la fluctuation des prix des divers légumes vendus au marché de LOME est en cours.

C'est ainsi que pour la carotte on a relevé la variation des prix suivants :

- Novembre 1972, au grand marché : 83 frs le kg
 au périmètre : 100 frs le kg
- Février 1973, au grand marché : 153 frs le kg
 au périmètre : 130 frs le kg
- Mars 1973, au grand marché : 225 frs le kg
 au périmètre : 150 frs le kg.

Il en résulte que le prix moyen du kg de carotte est de 154 frs au grand marché et 126 frs sur le périmètre maraîcher.

Avantages du Centre de vente à LOME.

- Conservation possible
- Accès facile
- Clientèle de détail importante
- Vente de fleurs possible.

Inconvénients

- Eloignement du lieu de production (13 km)
- Infrastructure onéreuse (conditionnement)
- Gestion plus délicate (vente de détail).

IV. PROBLEMES TECHNIQUES DU PERIMETRE

Dans la première phase d'aménagement, la Direction du périmètre a eu à affronter plusieurs problèmes techniques intéressant la production (variétés, culture, fumure) et l'utilisation de l'eau.

1) Variétés : 35 espèces de légumes, d'origines africaine et européenne produites dans la Région de LOME, sont offertes à la clientèle du "Grand Marché". Pour certains légumes (carottes, poireaux, betteraves, navets), les maraîchers disposent de variétés bien adaptées. Par contre pour d'autres légumes comme les tomates, oignons, piment doux, choux cabus, choux fleur, concombres, haricots verts, melons, pastèques, il reste un gros effort à faire pour l'introduction de variétés adaptées. Pour le moment les importations viennent de la France, de la Californie, du Kenya ou de Taïwan. Utilité de chambre froide pour la conservation de semences.

2) Culture : En pépinière les semis sont souvent trop denses. Le repiquage a lieu à un stade végétatif trop ou pas assez avancé. La faille, le tuteurage, le buttage sont des techniques peu utilisées.

.../...

L'emploi des insecticides n'est pas généralisé et toujours inadapté, voir même dangereux (utilisation d'endrine importée pour la culture du coton). Les fongicides sont inconnus. Néanmoins la SORAD fait un effort pour la vulgarisation de certains fongicides.

3) Fumure : Seule source de fumure organique : gadoues. Ces gadoues sont pauvres en matière organique. 1.200 à 1.500 kg au m³ comme poids spécifique contre 550 kg m³ pour le fumier du bovin.

La fumure minérale est presque inexistante on met à la disposition des maraîchers 500 kg.ha du 10-10-20. Il va falloir chercher une formule pour chaque espèce de légume cultivé. Des essais sont en cours dans le Centre d'Appui Technique du Périmètre.

4) Utilisation de l'eau.

Nous avons dit que chaque parcelle est équipée d'un asperseur débitant 0,73 m³/h, assurant une pluviométrie de 5,42 mm/h sur 144 m². Il faut alors 4 heures d'arrosage pour atteindre les 20 mm prévus.

Les maraîchers, ayant acquis des habitudes d'utiliser l'arrosoir pour irriguer leurs cultures à LOME, s'adaptent très mal à la nouvelle technique des asperseurs. Aussi utilisent-ils des pommes d'arrosoir au bout des tuyaux flexibles sur le périmètre.

Ceci a pour conséquence : l'utilisation excessive de l'eau, car la quantité d'eau distribuée n'est pas déterminée. Par ailleurs, les maraîchers ont tendance à arroser beaucoup plus fréquemment qu'il ne le fallait : ils ont pris cette habitude pour les terrains sableux de LOME.

Pratique inadaptée sur le terrain d'Agouévè dont la teneur en argile varie entre 20 et 50 %.

Il faut donc dire que l'irrigation sur le périmètre n'est pas encore rationnelle, quant à ce qui concerne les quantités distribuées pour les diverses cultures. Ceci n'entraîne pas pour autant un dépassement du volume prévu, car la motopompe marche 7 heures par jour avec un débit de 40 m³/h. Les 280 m³ d'eau pompée par jour suffisent assez largement pour couvrir les 20 mm de pluie (200 m³).

Le C.A.T. (Centre d'Appui Technique) est en train d'essayer de déterminer pour chaque espèce cultivée la dose théorique d'arrosage. A ce propos une étude pédologique détaillée est en cours.

Nous avons donc dit que les maraîchers n'ont pas encore la maîtrise de l'irrigation par aspersion. Mais il faut faire remarquer que là où les asperseurs sont utilisés, la distribution de l'eau n'est pas toujours uniforme. Le vent qui souffle sur le périmètre est assez fort.

L'asperseur, au lieu de décrire un cercle, décrit une figure ovale, avec les conséquences qui en découlent.



Sprinkler sur une parcelle en exploitation



Vu partielle des essais du Centre d'Appui Technique

IMPORTATIONS DES PRINCIPAUX LEGUMES

	1965		1966		1967		1968		1969	
	Tonnage (Tonnes)	Valeur (Millions)	Tonnage (Tonnes)	Valeur (Millions)	Tonnage (Tonnes)	Valeur (Millions)	Tonnage (Tonnes)	Valeur (Millions)	Tonnage (Tonnes)	Valeur (Millions)
Oignons Dulx	384,110	5,900	796,400	11,7	755,6	14,5	431,0	6,8	331,4	6,6
Pommes de terre	326,500	11,000	369,400	13,5	290,7	10,2	299,5	9,1	342,6	11,5
Choux	13,500	1,500	18,700	8,1	15,4	1,6	63,7	2,0	17,9	1,2
Epinards salade	5,900	1,500	6,500	2,1	6,0	1,9	3,5	1,1	3,4	0,9
Carottes	13,800	1,200	16,900	1,4	14,1	1,2	44,2	1,6	7,3	0,8
Autres	-	-	-	-	13,5	2,3	19,9	3,1	18,3	3,5
Haricots verts	803,110	12,800	184,600	4,6	417,1	12,9	764,7	19,9	458,1	13,4
		33,9		35,4		34,6		43,6		38,4
Conserves de légumes et de fruits		60,0		130,0		85,0		83,0		136,0

Et quelquefois l'arrosage traditionnel (pompe d'arrosoir) s'avère efficace (si la quantité d'eau est connue!).

L'aspersion équivaut à une pluie très fine, et compte tenu de la pression de service, détermine un microclimat qui peut favoriser le développement de maladies aux plantes.

L'irrigation par aspersion reste, néanmoins, l'une des méthodes les plus adaptées pour les cultures maraîchères et surtout où la quantité d'eau disponible n'est pas toujours grande. Une fois que la Direction du périmètre aura déterminé pour chaque espèce la quantité d'eau à donner, et éduqué les maraîchers à utiliser les asperseurs, l'utilisation de l'eau sera rationnelle et ceci dans l'intérêt de tous les agriculteurs du périmètre.

====0000000====

((CONCLUSION
)=0=0=0=0=0=0=(

L'introduction d'une nouvelle technique culturale dans le monde rural rencontre toujours dans ses débuts des difficultés auprès des paysans. L'expérience du périmètre maraîcher irrigué d'Agouévé est à suivre pour dégager des normes de gestion. Nous pouvons cependant regarder l'avenir avec optimisme, car les résultats déjà obtenus au Centre d'Appui Technique du périmètre sont fort encourageants.

La création d'un Centre de vente à LOME ne pourra que concourir au succès de l'opération.

La première phase de l'aménagement doit servir de rampe de lancement pour l'installation d'autres maraîchers sur les 20 autres hectares.

C'est pourquoi la Direction du périmètre met tout en oeuvre pour que "Agouévé" serve d'exemple pour d'autres aménagements semblables à l'intérieur du pays. Le Togo pourra ainsi satisfaire ses propres besoins et s'orienter dans une seconde phase vers une production d'exportation afin d'assainir son économie.

Ce Document est préparé par :

- Mr. KATAKOU Kokou Jacob : Chef Division Hydraulique Agricole et Hydrologie
- Mr. LAWSON Ben : Directeur du Génie Rural, Chef de la Division Aménagement Rural
- Mr. TEKO Emile : Assistant Hydrologue à la Direction du Génie Rural

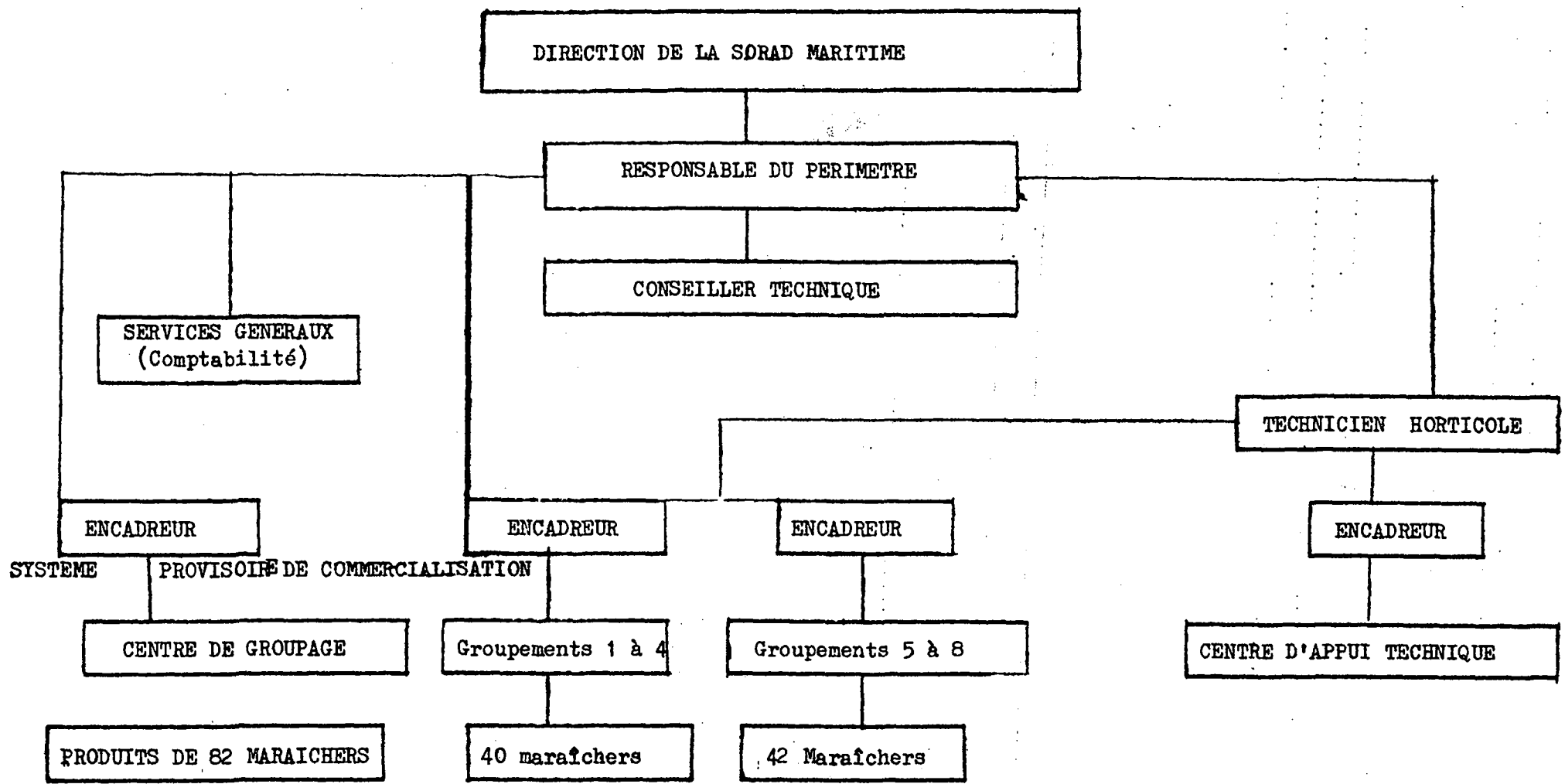
En collaboration avec la SORAD Maritime :

- Mr. ASSOGBAVI : Directeur du périmètre irrigué.
- Mr. DELAGNES : Conseiller Technique au Directeur du Centre (Agent du BDPA).

Fait à LOME, le 27 Mars 1973.

====0000000====

U T E L L E



ARTICLE 3.

Monsieur..... prend le lot dans l'état où il le trouve le jour de son attribution et suivra les directives du personnel d'encadrement.

ARTICLE 4.

L'irrigation se faisant par aspersion, Monsieur..... s'engage à :

- respecter les temps d'arrosage définis par le Responsable du Périmètre
- entretenir et maintenir en bon état le matériel
- régler le montant des frais d'irrigation conformément aux dépenses effectuées et l'amortissement du matériel.

ARTICLE 5.

Monsieur..... s'engage à assurer lui-même l'exploitation rationnelle du terrain qui lui a été attribué dans les conditions suivantes :

- Culture intensive de légumes durant toute l'année sur l'ensemble du terrain cultivable.
- Désherbage permanent des parcelles en culture pour éviter toute prolifération des mauvaises herbes.
- Traitements antiparasitaires et anticryptogamiques afin d'éviter la contamination des terrains voisins.

ARTICLE 6.

Le faucardage et le curage de la dépression du Sio seront assurés au minimum 2 fois par an par l'ensemble des maraîchers.

ARTICLE 7.

Le maraîcher riverain est tenu d'entretenir les voies d'accès et doit faire respecter l'ensemble des aménagements dont il est responsable.

ARTICLE 8.

Tout maraîcher qui : - laissera son lot en friche,
- n'entretiendra pas les installations, sera mis en demeure d'exécuter ces travaux sous 8 jours.

Passé ce délai de 8 jours, la non exécution entraînera l'expulsion du délinquant sans indemnité d'aucune sorte, il devra cependant rembourser les prestations dues par lui à la date de son exclusion.

Le maraîcher ainsi expulsé disposera de 15 jours pour récolter les produits des cultures restées sur la parcelle.

ARTICLE 9.

La location de tout ou partie d'un lot pour la faire exploiter par une tierce personne, est interdite et peut entraîner l'expulsion du maraîcher.

ARTICLE 10.

Toute contestation sera réglée à l'amiable et sans indemnité d'aucune sorte par une commission composée de :

- un représentant du Service de la Coopération
- un représentant du Directeur de la SORAD Maritime
- un représentant du Groupement des Maraîchers
- le responsable du Périmètre Maraîcher.

ARTICLE 11.

Tout maraîcher désirant cesser son activité sur le lot à lui attribué, ou céder à une tierce personne doit en aviser deux mois à l'avance et par lettre, le Responsable du Périmètre et le Président du Groupement des maraîchers.

ARTICLE 12.

Le présent contrat prend effet pour compter de la date de sa signature.

Fait à..... le

LE MARAICHER,

LE RESPONSABLE DU PERIMETRE MARAICHER,

Vu et Approuvé

LE DIRECTEUR DE LA SORAD MARITIME,

==>ooooOoooo=>=>

Cette question du choix de la technique pourrait d'ailleurs faire l'objet d'une discussion à la fin de cet exposé, car il semble que les méthodes d'irrigation au goutte à goutte qui se développent depuis quelques années dans les pays du bassin méditerranéen présentent un intérêt particulier du point de vue de l'économie de l'eau et méritent, de ce fait, un examen très attentif de la part des pays semi-arides où les ressources en eau sont rares et coûteuses.

- la deuxième raison concerne l'organisation des producteurs agricoles tant pour la production elle-même que pour la commercialisation. En France les producteurs sont en général regroupés au sein de Coopératives ou de Groupements de Producteurs, gérés par les producteurs eux-mêmes et le rôle des Sociétés d'Aménagement Régional est, de ce fait, très limité dans ce domaine.

Dans les pays d'Afrique Tropicale, au contraire, l'encadrement technique des agriculteurs doit être poussé plus loin et les organismes responsables des périmètres d'irrigation sont souvent amenés à prendre des responsabilités importantes au niveau de l'organisation de la collecte et de la commercialisation des produits.

I. - PROBLEMES GENERAUX DE GESTION -

Selon les cas le gestionnaire interviendra donc plus ou moins dans le sens de l'organisation de la production agricole, mais il semble possible de regrouper les différentes actions du gestionnaire sous les trois rubriques principales suivantes :

A - L'exploitation des ouvrages hydrauliques,

B - La vulgarisation des techniques et la formation professionnelle des agriculteurs,

C - L'organisation de la production et de la commercialisation.

A - Exploitation des ouvrages hydrauliques -

L'exploitation des ouvrages hydrauliques est bien entendu une tâche primordiale du responsable de la gestion du réseau, car s'il est vrai que la distribution de l'eau n'est pas en soi un objectif, elle n'en constitue pas moins le moyen indispensable à la réalisation des objectifs de développement de la production agricole.

La première exigence qui s'impose au gestionnaire est donc d'assurer la continuité et la sécurité du service. Ceci suppose qu'en plus des manoeuvres courantes concernant le fonctionnement des ouvrages, le service gestionnaire assure convenablement leur entretien pour les maintenir en parfait état de fonctionnement et prenne toutes dispositions sur les plans technique, administratif et financier pour assurer le renouvellement éventuel de ces ouvrages. Nous reviendrons dans la deuxième partie de cet exposé sur cet important problème.

Enfin, rattachés à ce domaine de l'exploitation hydraulique, se rencontrent les problèmes de gestion des contrats de fourniture d'eau, de tarification, et de facturation, ainsi que l'établissement et la mise à jour des statistiques qui permettent de suivre l'évolution des consommations d'eau et de prévoir l'évolution des besoins. Ces renseignements sont très importants, à la fois pour l'exploitant et pour les responsables de la planification puisqu'ils serviront de base à l'établissement des programmes d'équipements.

Il est extrêmement difficile, dans le cadre de cet exposé, d'entrer dans le détail de l'organisation d'un service d'exploitation car cette organisation est directement liée à la conception du réseau d'irrigation et au degré d'automatisme qui a été recherché dans la régulation des ouvrages.

Nous nous contenterons de rappeler ici, en quelques lignes, les divers modes de fonctionnement possibles pour un grand système d'irrigation et les conséquences à prévoir sur l'organisation de l'exploitation.

Le fonctionnement d'un équipement hydraulique pour l'irrigation est avant tout caractérisé par son système de commande, qui peut se faire soit par l'amont, soit par l'aval, ou éventuellement résulter d'une conception mixte.

Dans un réseau en commande par l'amont, on évalue le débit qu'il faut injecter en tête du réseau pour satisfaire les besoins de l'irrigation, et on réalise sur les organes de tête les réglages nécessaires pour lâcher effectivement ce débit. Les différents organes de contrôle et de réglage du niveau ou du débit, qui sont nécessairement insérés sur les principaux éléments du réseau entre l'origine de celui-ci et les points d'utilisation de l'eau, ont tous pour objet de régler le niveau à leur amont, qu'il s'agisse de déversoirs, de vannes à réglage manuel, ou de vannes automatiques à niveau amont constant.

Dans un réseau d'irrigation important, où l'eau est forcément transportée sur de grandes distances, les temps de réponse sont longs. A titre d'exemple, dans un canal moyen, d'une douzaine de mètres de largeur au niveau du plan d'eau, par exemple, et de 3 m de profondeur, les vitesses de propagation des ondes de surface sont de l'ordre de 4 à 4,5 m/s, soit de 15 à 16 km à l'heure. Lorsqu'une augmentation ou une diminution de régime devient nécessaire, il faut, dans un réseau en commande par l'amont, modifier les conditions de réglage en tête ; il faut également modifier les conditions de réglage des organes intermédiaires, si ceux-ci ne sont pas automatiques, et synchroniser l'exécution de ces réglages avec l'arrivée des débits supplémentaires positifs ou négatifs. De toute façon, il faudra plusieurs heures, en général une demi-journée ou une journée, pour que le changement de régime se fasse sentir aux extrémités aval.

On voit immédiatement qu'un réseau en commande par l'amont ne peut fonctionner correctement que si le régime est relativement stable, au moins au niveau du canal adducteur et des principaux canaux distributeurs.

On y parvient en général en organisant un tour d'eau entre les utilisateurs, ce qui permet de prédéterminer périodiquement le régime de fonctionnement du système. Pour être sûr que la distribution sera assurée correctement on est toutefois obligé d'injecter en tête un débit un peu supérieur au débit prédéterminé, ce qui conduit à des pertes d'eau. Si un utilisateur défaillant n'utilise pas son tour d'eau, le débit correspondant est également perdu.

Ce système entraîne donc des pertes d'eau inévitables, quel que soit le soin apporté à sa gestion. De plus l'organisation du tour d'eau est un travail assez lourd, dans lequel on commet facilement des erreurs. On établit le tour d'eau pour des périodes dont la durée n'est pratiquement jamais inférieure à la semaine, ce qui est acceptable seulement si les conditions atmosphériques sont assez stables.

Il arrive même parfois, dans des systèmes anciens, que le tour d'eau soit très simplifié, ou presque inexistant. A la limite, l'usager a le droit de prélever un certain débit, à son gré, qu'il l'utilise ou non, les débits non utilisés retournant à la rivière. On imagine facilement les pertes d'eau énormes auxquelles conduisent de telles pratiques.

Lorsqu'on veut réduire ces pertes, on est conduit à organiser les irrigations d'une façon de plus en plus rigide, et de plus en plus complexe et ce sont alors les problèmes de gestion et les problèmes de personnel qui deviennent extrêmement lourds.

La deuxième conception, celle d'un réseau en commande par l'aval, représente un perfectionnement technique considérable et entraîne une grosse simplification de la gestion, au prix, bien entendu, d'un renchérissement du prix des ouvrages qui peut être parfois important.

Dans la commande par l'aval intégrale, l'utilisateur prélève l'eau sur le réseau en ouvrant une vanne, et l'automatisation du réseau est conçue de telle sorte que les débits dans les différents éléments du système, y compris les éléments adducteurs, s'ajustent d'eux-mêmes aux débits demandés. On peut d'ailleurs envisager soit de distribuer l'eau à la demande, ce qui conduit à accroître les dimensions des ouvrages adducteurs, soit d'organiser un tour d'eau sur les parcelles, la commande du réseau par l'aval éliminant de toute façon toute intervention manuelle sur celui-ci.

Enfin, on peut imaginer des systèmes mixtes qui peuvent être de deux types différents :

- Dans un premier type, les parties amont du système sont en commande par l'aval, donc en marche automatique, et les parties terminales sont en commande par l'amont, avec tour d'eau organisé. Ceci peut se concevoir :
 - Soit par un réseau d'irrigation réalisé entièrement en canaux, le coût du Génie Civil devenant très onéreux si l'on veut étendre la commande par l'aval aux canaux de petite dimension,
 - Soit pour un système d'irrigation en conduites sous pression, si l'on veut économiser, au moment de la construction, la dépense supplémentaire d'investissement provoquée par la répartition aléatoire de la demande. Il faut alors, en contrepartie, consentir des dépenses d'exploitation supplémentaires pour l'organisation et l'application des tours d'eau.
- Dans un deuxième type, les parties terminales du système sont en commande par l'aval, et la partie amont, en principe adducteurs et artères maîtresses, est en commande par l'amont.

.../...

Dans ce cas, il faut prévoir soit un système de télécommande à la jonction des deux systèmes de régulation, soit une commande très précise des parties amont avec télé-centralisation et traitement des données relatives aux points de prélèvement, et ajustement permanent des organes de contrôle des parties amont en fonction de ces données.

Les grands périmètres récemment équipés en France, qui peuvent intéresser chacun plusieurs centaines de milliers d'hectares, ont été conçus en commande intégrale par l'aval, aux différents niveaux de système hydraulique. C'est ainsi que :

- les ouvrages adducteurs et canaux principaux,
- les stations de pompage,
- les réseaux de distribution,

sont entièrement asservis à la demande.

Il est évident que le complément inévitable de ces automatismes est un télécontrôle complet des installations. Il est indispensable d'être informé immédiatement d'un incident ou d'un accident sur les installations de façon à limiter les dégâts, d'une part, et à remettre en service aussi rapidement que possible, d'autre part.

Cette analyse rapide des différentes conceptions possibles d'un réseau d'irrigation nous conduit à une observation très importante qui est parfois perdue de vue par les projecteurs. Les problèmes d'exploitation résultent directement de la conception et des différents choix qui ont présidé à l'élaboration des projets, aussi importe-t-il que ces problèmes pratiques et les charges financières qui en découlent soient convenablement pris en considération lors de l'étude des projets.

Une autre série de problèmes qui posent au responsable de l'exploitation des soucis constants est liée à la tarification de l'eau.

Bien entendu, ce problème se pose de façon très différente, suivant le degré d'insertion du gestionnaire dans les circuits économiques. Si l'importance de ce problème de tarification est évident lorsque le gestionnaire joue le rôle d'un simple vendeur d'eau, on peut être tenté de n'y voir qu'un problème secondaire lorsque le gestionnaire assure en même temps la responsabilité de l'organisation de la production et la commercialisation, puisque, à la limite, le gestionnaire peut être rémunéré globalement pour l'ensemble des services qu'il rend aux agriculteurs par un prélèvement sur le produit des ventes de denrées agricoles.

Ce serait à notre avis une erreur car la simplification apparente ainsi apportée n'est qu'illusoire et le responsable de l'exploitation devra, en tout état de cause, procéder à une analyse minutieuse des coûts d'exploitation dans le souci d'améliorer à la fois la qualité et le coût du service rendu aux agriculteurs. En particulier dans les régions où les ressources hydrauliques sont limitées, une analyse détaillée des coûts d'exploitation de production, et des résultats économiques sera indispensable pour optimiser l'utilisation des ressources hydrauliques.

Dans le cas où l'organisation des producteurs laissera une large part à l'initiative individuelle en ce qui concerne le choix des productions, la tarification doit pouvoir jouer un rôle d'incitation et d'orientation.

De nombreuses études ont été consacrées à ce problème et nous renvoyons en particulier aux différents rapports présentés lors des 8èmes journées Européennes de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage qui se sont tenues à AIX EN PROVENCE (France) du 14 au 19 Juin 1971. Suivant les cas on peut envisager une tarification au "volume" dans laquelle le prix payé par l'agriculteur est strictement proportionnel au volume d'eau consommé, ou les tarifications de type binômes comportant une redevance de débit qui est une fonction croissante du débit maximal mis à la disposition de l'irrigant et une redevance de volume qui est proportionnelle au volume d'eau distribué.

L'important lorsqu'il s'agit de définir une tarification est de ne perdre de vue en aucun cas les objectifs essentiels :

- elle doit être aussi logique et aussi simple que possible,
- sur le plan psychologique, elle ne doit pas être un frein pour l'agriculteur, mais au contraire une incitation à pratiquer des cultures irriguées,
- elle doit donner à l'agriculteur le sentiment de choisir librement ses normes d'équipement et l'inciter à pratiquer des normes d'irrigation correctes, c'est-à-dire d'une part à utiliser des débits d'irrigation rationnels, d'autre part à fournir aux cultures les volumes d'eau qui correspondent à la meilleure rentabilité,
- elle doit donner des garanties financières suffisantes aux organismes distributeurs, ce qui conduit, comme il est dit plus haut, à s'orienter vers une structure binôme.

B - Vulgarisation des techniques et formation des agriculteurs -

Nous abordons là un deuxième volet très important de la tâche du responsable de la gestion d'un périmètre d'irrigation, car l'introduction de l'irrigation dans une région déterminée apporte une transformation fondamentale des méthodes de travail et même des conditions de vie de la population rurale.

Le passage à l'irrigation permet en effet à l'agriculteur de s'affranchir des aléas liés aux conditions météorologiques et ce fait réduisant sa dépendance à l'égard des phénomènes extérieurs, entraîne un changement profond des mentalités.

L'eau n'est plus un don du ciel, mais un bien de consommation courante. La sécurité qu'elle apporte à l'agriculteur va lui permettre d'introduire et de généraliser des cultures intensives d'un rapport élevé, mais l'utilisation optimale de l'eau rend nécessaire une élévation rapide et importante du niveau technique de l'agriculteur. Pour une gestion convenable du périmètre d'irrigation, il faudra donc apporter à l'agriculteur la formation technique de base indispensable ainsi qu'une assistance technique directe, voire même un encadrement qui sera d'autant plus rapproché que le niveau technique de départ des agriculteurs sera plus bas.

Dans le domaine de l'assistance technique directe et de la vulgarisation, les interventions portent essentiellement sur :

- l'expérimentation agricole en milieu irrigué, qui conduit en particulier à définir les variétés les plus intéressantes, les doses et la fréquence des irrigations nécessaires.
- l'étude des problèmes de fertilisation des sols, la mise au point des formules de fumure et la surveillance de l'évolution de la structure des sols.
- la diffusion auprès des agriculteurs, par contact direct avec ceux-ci, des enseignements et des techniques agricoles qui se dégagent de cette expérimentation.
- l'étude et l'application des techniques d'irrigation sur les parcelles.
- le choix des méthodes culturales les mieux appropriées.
- la mise en place d'un système d'avertissement pour le déclenchement des irrigations et les traitements antiparasitaires.

Il n'est pas possible, dans le cadre de cet exposé, de détailler les différents points évoqués ci-dessus. Nous nous contenterons de quelques remarques concernant l'avertissement pour l'irrigation.

Le problème est de répondre aux besoins des cultures et, par conséquent, de remplacer dans le sol les quantités d'eau qui en sont retirées par évapotranspiration. Les informations à fournir doivent permettre à l'agriculteur de déterminer la date d'application de l'irrigation et la quantité à prévoir.

Le système des avertissements fonctionne à partir des données suivantes :

- Détermination quotidienne de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Il n'est guère question à chacun de mesurer cette ETP chez lui et il a paru préférable de déterminer sa valeur par zone climatique homogène, en l'occurrence en équipant une station de mesure par zone.

- Détermination de la valeur du rapport entre la consommation et l'ETP (coefficient de consommation).

Les expérimentations et les mesures qui ont été faites ont montré que, pour une plante donnée, la valeur de la consommation d'eau journalière, exprimée en % de l'ETP, dépend seulement de la phase végétative dans laquelle se trouve la plante.

Nous renvoyons en particulier sur ce sujet aux nombreuses études effectuées par l'IRAT dans ses différentes stations expérimentales d'hydraulique agricole.

.../...

C - L'organisation de la production et de la commercialisation -

Cette organisation n'est pas en général directement du ressort de l'organisme responsable de la gestion d'un périmètre d'irrigation. Elle est confiée par exemple à une coopérative ou à un organisme régional de développement, mais une collaboration très étroite devra s'instaurer entre le responsable du périmètre et les responsables de la coopérative afin que tous les moyens soient mis en oeuvre pour la réalisation intégrale du plan de production.

Cet aspect sera d'autant plus important si l'on envisage sur le périmètre des productions tournées vers l'exportation qui suppose une organisation très poussée à tous les niveaux. L'expérience des Sociétés d'Aménagement Régional étant assez faible dans ce domaine, je ne développerai pas plus avant cette question, mais je suis sûr que cette lacune pourrait être comblée lors de la discussion par les différentes délégations présentes.

II. - FONCTIONNEMENT, ENTRETIEN ET RENOUVELLEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES -

Lorsqu'on discute du coût du fonctionnement, de l'entretien courant, du gros entretien et du renouvellement des ouvrages, on constate que les points de vue sont différents selon que l'on s'adresse à des projeteurs chargés d'étudier les ouvrages et de faire les choix nécessaires au stade des études, ou à des exploitants dont les préoccupations sont d'ordre budgétaire et comptable. De plus, on se rend compte qu'il est très difficile de différencier le fonctionnement, l'entretien courant, le gros entretien et le renouvellement.

L'importance des frais d'entretien et de renouvellement des ouvrages est évidemment très variable avec la nature même des ouvrages. Ces frais seront d'autant plus élevés que l'on aura à faire un équipement technique plus perfectionné permettant un fonctionnement plus automatisé.

Aussi l'étude objective et prudente de ce problème, ainsi que l'application stricte des conclusions qui en découlent, sont-elles deux conditions fondamentales pour :

- la validité des études économiques de rentabilité relatives au projet en cause,
- la qualité de la gestion, qui ne peut être saine si le maintien en bon état et l'existence même des ouvrages ne sont pas assurés à long terme.

a/ - Durée de vie des ouvrages.

La détermination de la durée de vie des ouvrages, et de la cadence de leur renouvellement partiel ou total, est donc un élément essentiel pour le choix des investissements, puis pour la gestion elle-même.

Ce problème se présente sous deux aspects différents :

- d'une part l'usure, ou destruction physique progressive de l'ouvrage,

.../...

- d'autre part la désuétude, conséquence du progrès technique, qui fait qu'un ouvrage, quoiqu'en bon état physique, peut ne plus répondre aux conditions économiques du moment.

Ce risque paraît assez faible pour les aménagements hydrauliques d'irrigation, aussi nous n'évoquerons ici que les conséquences de l'usure physique.

Il est nécessaire pour cette recherche, de procéder à une double classification des ouvrages élémentaires :

- d'une part par nature, pour que les résultats soient utilisables pour les différentes combinaisons possibles d'ouvrages élémentaires,
- d'autre part selon les durées de vie.

b/ - Taux d'entretien et de renouvellement

La limite entre les frais de fonctionnement et d'entretien courant est assez indécise, pour un ensemble automatisé, ainsi que nous l'avons déjà indiqué. Il en est de même pour les limites respectives entre l'entretien courant et le gros entretien, ou entre le gros entretien et le renouvellement. Celui-ci se fait souvent par éléments ou ensembles partiels, si bien qu'il se confond avec le gros entretien.

Nous avons donc tout d'abord arrêté des taux de renouvellement annuels théoriques, obtenus en divisant la valeur des ouvrages par la durée de vie correspondante, ce qui revient à admettre que les conditions économiques et la valeur de la monnaie restent constantes pendant toute la durée de vie des ouvrages.

Il a été ensuite procédé à une évaluation des taux d'entretien annuels globaux, en fonction des résultats constatés.

La somme de ces deux termes constitue le taux global de maintenance.

Celui-ci est ensuite décomposé en deux parties :

- les dépenses d'entretien annuelles, ou entretien courant, qui comprennent en particulier les frais de personnel affecté au fonctionnement et à l'entretien des ouvrages, puisque le travail de ce personnel consiste essentiellement à entretenir ceux-ci.

Le montant de ces dépenses est prévisible annuellement, non pas toujours dans le détail, mais du moins dans la masse, puisqu'il est relativement stable.

Les demandes à caractère exceptionnel, dites de gros entretien ou de renouvellement, qui font l'objet de provisions annuelles sur lesquelles sont imputées les dépenses réelles, au fur et à mesure qu'elles s'avèrent nécessaires.

On trouvera sur le tableau annexé en fin de ce rapport les différents taux annuels correspondants. Ces taux sont probablement élevés car ils ont été choisis avec beaucoup de prudence.

c/ - Constitution et financement des provisions

Les frais de maintenance doivent être inclus dans les prix de revient aussi bien la partie que nous avons appelée "entretien courant" que celle qui s'impute sur les provisions pour gros entretien et renouvellement. Le financement de ces provisions est ainsi créé automatiquement par les ventes d'eau.

Il ne serait pas pensable de recourir à l'emprunt lorsque de tels travaux sont nécessaires, et de reporter ainsi sur les ventes ultérieures toutes les conséquences de l'usure physique des ouvrages. De plus, ce serait abandonner toute notion de sécurité, car des emprunts à long terme s'obtiennent en général difficilement.

Mais on peut se demander s'il faut prévoir des taux de provision annuels constants dans le temps, ou au contraire progressifs. La progressivité étant déterminée de telle sorte que la masse totale de provisions constituée sur une période donnée, soit égale à celle qui résulterait de l'application des taux constants théoriques.

Cette deuxième façon de procéder est justifiée, car elle correspond à certaines réalités. Il est notoire que le développement de la mise en valeur d'une zone irriguée demande un délai assez important, de 10 à 20 ans, à condition d'y apporter toute l'impulsion nécessaire. Les recettes suivent donc la même progressivité. Appliquer des taux de provision constante revient à charger inutilement les résultats comptables des premières années, alors que les recettes sont faibles, et que les dépenses de gros entretien et de renouvellement sont soit faibles, soit nulles.

III. - CONCLUSION -

Il n'était pas possible dans le cadre de cet exposé de traiter tous les problèmes soulevés quotidiennement par la gestion d'un périmètre d'irrigation.

Notre souci a été, au contraire, de montrer combien les problèmes techniques posés par l'exploitation d'un réseau d'irrigation sont étroitement liés aux actions de mise en valeur qui en sont le complément indispensable, aussi bien dans le domaine de la vulgarisation des techniques et de la formation des agriculteurs, que dans les domaines de l'organisation de la production et de la commercialisation. Seule une coopération très étroite entre le responsable du périmètre et les organismes régionaux de développement peut permettre une approche globale des problèmes sans laquelle il ne sera pas possible d'atteindre les objectifs de développement auxquels doit tendre tout projet d'aménagement hydro-agricole.

N.B. - Une part importante de ce rapport est tirée des documents présentés à l'occasion des 8èmes Journées Européennes de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage et plus particulièrement du rapport général sur la question n° 4 "Entretien, fonctionnement et exploitation des réseaux d'irrigation sous pression", présenté par M. POMMERET, Président-Directeur Général de la C.N.A.B.R.L. à NIMES.

6	Petit appareillage	Vannes et robinetterie des réseaux et des stations de pompage, bornes d'irrigation, Compteurs, branchements particuliers, appareils de protection des réseaux (antibéliers, clapets, ventouses, etc), appareillage hydraulique des stations de pompage, filtres rotatifs et crépines à dégrillage automatique	20 ans	5 %	5 %	10 %	7 %	3 %
7	Matériel tournant à utilisation continue	Moteurs et pompes des stations de pompage fonctionnant toute l'année, servomoteurs des vannes régulatrices, groupes compresseurs	10 ans	10 %	5 %	15 %	10 %	5 %
8	Matériel tournant à utilisation discontinue	Moteurs et pompes des stations de pompage ne fonctionnant qu'une partie de l'année pour l'irrigation, moteurs et pompes de secours, groupes électrogènes.	20 ans	5 %	5 %	10 %	7 %	3 %
9	Matériel d'automatisme et de régulation, appareillage électrique, filerie et gablerie	Appareils électroniques de télémessure, de télécontrôle, de télécommande et de régulation, capteurs, relais, appareillage électrique de distribution, interrupteurs, disjoncteurs, sectionneurs, transformateurs, appareils des tableaux et matériel téléphonique.	10 ans	10 %	5 %	15 %	10 %	5 %

DISCUSSION
=O=O=O=O=O=O=

Mr. GAGARA (CIEH)

- J'ai des précisions à demander sur le rapport de Mr. KATAKOU. A propos du prix de vente, j'ai relevé la phrase suivante : la direction essaiera par ailleurs de pratiquer un prix d'achat aux maraîchers supérieur à celui des revendeuses donc il y a une perte, je voudrais savoir qui supporte cette perte. Est-ce qu'il y a une subvention de l'état ou de la SORAD.

Mr. KATAKOU (Togo)

- Nous avons fait une enquête sur le marché de LOME. Si par exemple les revendeuses achètent aux maraîchers le kg de carotte à 100 F, nous nous le lui rachetons à 105 F. Cette perte n'est pas très grande, nous faisons cela pour encourager les maraîchers à produire.

Mr. DIALLO (Niger)

- Je ne crois pas tellement à la rentabilité directe de ces opérations. Ces opérations sont intéressantes dans les répercussions sociales qu'elles peuvent avoir et les encouragements qu'elles procurent au sein d'une certaine couche sociale et ce que vous dites en conclusion, je crois que c'est cela qui devrait ressortir le plus ; c'est en vue d'assainir une économie, créer une certaine économie de substitution. Enfin je crois qu'une telle opération doit être fortement subventionnée.

Mr. LEMOINE (SOMIVAC)

- La question soulevée par Mr. GAGARA est très intéressante car c'est la finalité même de la coopération agricole qui est en cause et la réponse apportée par Mr. KATAKOU a bien montré quel était le but de cette organisation. En définitive ce que recherche toute organisation de commercialisation par l'intermédiaire d'une coopérative agricole, je crois que c'est de régulariser les apports de manière à ce qu'en aucun cas les maraîchers ou les agriculteurs ne soient découragés par la mévente de leurs produits. Le deuxième objectif que l'on recherche c'est la simplification des circuits commerciaux et leurs organisations, c'est tout à la fois de mieux payer le producteur et si possible de vendre les produits moins chers aux consommateurs. Et ceci bien entendu au détriment de quelqu'un, et ce sont les catégories d'intermédiaires qui sont en général responsables de la très grande différence entre le prix payé au producteur et le prix payé par le consommateur.

En ce qui concerne la question soulevée par Mr. DIALLO, je crois également que c'est un problème très important car la rentabilité des aménagements hydroagricoles est toujours très difficile et très incertaine et il n'y a pas de possibilité de grands aménagements

.../...

hydroagricoles sans une participation financière très importante des états. Et je crois que la philosophie même de l'existence des sociétés d'aménagements régionales résulte de cette constatation, ces sociétés d'aménagements régionales ont été créées en France pour permettre des interventions de l'état avec des taux de subventions sortant des conditions ordinaires pour les projets ordinaires et les affaires traditionnelles. Et je tiens à signaler aux délégués que cette question est tout à fait à l'ordre du jour des préoccupations de l'OCDE puisqu'est prévue au mois d'octobre prochain en Corse, une session des experts de l'OCDE dont le thème est justement orienté sur la recherche des méthodes d'évaluation de la rentabilité des périmètres d'irrigation. La SOMIVAC auprès de laquelle je travaille depuis que j'ai quitté le C.I.E.H. est chargée d'organiser cette session pour l'OCDE. Je serai donc associé assez étroitement aux travaux de ces journées et je me propose de faire profiter l'ensemble des Etats-membres du C.I.E.H. des conclusions qui pourront être retirées lors de ces journées.

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- Je voudrais poser plusieurs questions au délégué du Togo : est-ce le seul périmètre encadré de cette façon au Togo, sinon qu'elle est la méthode de gestion et l'organisation sur les autres périmètres et quels sont les problèmes qui sont posés sur ces périmètres où une telle organisation n'est pas encore en place.
- Quel est le coût à l'hectare des aménagements, 623.000 par ha me semble inférieur aux chiffres qui sont ceux avancés dans un système d'irrigation par aspersion. J'aimerais avoir des éclaircissements sur ce point.
- Quel est l'ordre de grandeur des taux et redevances si celles-ci sont déjà fixées.

Mr. KATAKOU (Togo)

- Il existe au Togo d'autres périmètres irrigués mais qui le sont à partir de barrages et là nous sommes dans le domaine de la riziculture et ce sont des périmètres qui sont gérés par une mission formosane. Actuellement avec les changements politiques intervenus, cette mission n'est plus en place et nous essayons de prendre la relève de la gestion de ces périmètres. Tous ces périmètres avaient une structure de coopérative avec des encadreurs.

En ce qui concerne le coût de l'aménagement à l'hectare c'est bien celui qui est mentionné dans mon rapport.

En ce qui concerne les taxes et redevances pour l'instant, les maraîchers ne paient que les charges directes (transport, insecticides) et ils paient en plus une charge annuelle de 16.000 F environ pour la location du terrain. Les 40 hectares aménagés actuellement le sont sur le terrain de particuliers donc il y a un problème foncier qui n'est pas encore résolu sur ce périmètre. Pour le moment les maraîchers ne paient pas d'autres taxes.

.../...

UN REPRESENTANT DU GABON

- Je voudrais savoir quelles sont les catégories de personnes qui sont autorisées à acquérir des parcelles dans le périmètre d'irrigation. Je suppose que cela demande un certain niveau au départ de la part des maraîchers. Quelle est la superficie totale de ce périmètre d'irrigation ?

Mr. KATAKOU (Togo)

- La superficie totale qu'il est prévu d'aménager est de 40 ha. Pour le moment nous sommes à la première phase c'est-à-dire à la moitié. Pour ce qui concerne les candidats maraîchers, ceux-ci étaient déjà maraîchers à l'intérieur de la ville de LOME et ils voyaient peu à peu leurs terres se réduire à la suite de la construction de la ville. La SORAD a pris l'initiative de préparer ce périmètre pour y installer ces maraîchers. Donc ce sont des gens qui ont déjà une connaissance technique du maraîchage.

UN REPRESENTANT DU GABON

- Quelles mesures la direction envisage-t-elle de prendre dans le cas où un maraîcher ne respecterait pas les clauses du contrat ?

Mr. AMPAMBA (Gabon)

- Je crois qu'il est marqué dans le contrat qu'il y a possibilité pour la direction d'expulser le récalcitrant.

Mr. KAKADIE (Côte d'Ivoire)

- L'un des aspects difficile en Afrique des différentes opérations que nous menons est d'assurer une certaine compétitivité à nos produits sur le marché international et même très souvent sur le marché local. Parmi les éléments qu'il faut essayer de serrer de plus près pour accroître la productivité, il y a le problème de la fourniture de l'eau nécessaire à l'irrigation. Par exemple dans un périmètre donné et pour un système d'irrigation donné il peut y avoir plusieurs agriculteurs qui n'ont pas la même superficie de parcelle à leur disposition, il s'avère nécessaire d'étudier plus profondément la question des tarifications soulevée par Mr. LEMOINE. J'aimerais savoir si dans les calculs d'appréciation qui sont en train d'être effectués par nos collègues du Togo, cet aspect est envisagé. Il semble que dans certains pays par exemple on se contente d'un prix forfaitaire qu'on récupère à la fin de la récolte, certains pays comme Israël préconisent des compteurs à l'entrée de chaque parcelle ; je voudrais savoir ce qu'en pensent nos collègues qui ont plus profondément étudié cette question.

Mr. KATAKOU (Togo)

- Nous sommes au début de l'expérience et pour le moment il n'est pas question de faire payer l'eau. Nous donnons l'eau gratuitement aux

.../...

marafichers, il n'y a pas de programme de distribution de l'eau et chaque maraficher peut prendre la quantité d'eau qu'il veut. Mais il se pose quand même un problème de discipline de l'eau vis-à-vis des marafichers qui se trouvent en bout de réseau.

Mr. TRAORE (Haute-Volta)

- Il me semble avoir compris que le système d'irrigation par aspersion était utilisé par économie au niveau de ce périmètre. Mais à la lumière des explications qui viennent d'être données il semble que les paysans utilisent cette eau comme ils veulent et que ce souci d'économie n'est plus en cause. J'aimerais avoir quelques éclaircissements sur ce point d'abord.

Mr. KATOUKOU (Togo)

- L'eau utilisée par les marafichers est pompée et nous connaissons la durée et le débit du pompage. La pompe de 40 m³/h fonctionne 7 heures par jour actuellement ; cela permet à tous les marafichers d'irriguer et on est encore dans les limites de la quantité d'eau disponible.

Mr. LEMOINE (SOMIVAC)

- Plusieurs questions très intéressantes ont été soulevées et je voudrais apporter sur ces questions quelques compléments. Dans les questions soulevées par Mr. KAKADIE, j'ai noté deux indications qui me paraissent utiles, d'une part la nécessité de produire des denrées qui soient compétitives sur le marché. Bien entendu cela est particulièrement important lorsqu'il s'agit de périmètres qui s'équipent pour produire des cultures destinées à l'exportation.

Et c'est la raison pour laquelle l'encadrement des producteurs doit être plus poussé. Par exemple un des périmètres de Haute-Volta est exploité depuis quelques années pour la culture des haricots verts en vue de l'exportation sur l'Europe. En effet les conditions climatiques de la Haute-Volta et de nombreux autres pays membres du C.I.E.H. fait qu'on peut produire des haricots au mois de décembre et au mois de janvier et ces haricots verts qui arrivent sur les marchés européens pratiquement au moment de Noël bénéficient de conditions de marché très intéressantes qui permettent à ce produit de supporter des frais de transport par avion. Mais il est bien évident que le créneau qui existe sur les marchés de consommation européens est très étroit et qu'on ne bénéficie de ces prix intéressants que si effectivement les haricots peuvent arriver à la date qui est précisée par le contrat. Cela nécessite de programmer la production de façon très stricte ; ce qui suppose un encadrement très lourd. Au niveau d'un périmètre rizicole le problème est différent car on peut stocker, on n'est pas tenu à un calendrier de production aussi strict.

En ce qui concerne la tarification sur le périmètre de LOME, le maraficher paie une redevance globale pour tous les services qui lui sont fournis et cela correspond à une des formules d'exploitation.

Mais il est évident que plus on ira vers des formules élaborées où les producteurs seront de plus en plus responsables par eux-mêmes de la commercialisation de leurs produits et de l'organisation de la production, les organismes responsables de la gestion des périmètres seront amenés à réduire leur activité dans le domaine de l'exploitation hydraulique. Et à ce moment là il faudra bien pour assurer leurs recettes et le fonctionnement des ouvrages en arriver à faire payer l'eau. Là il y a plusieurs formules, ça peut être une redevance forfaitaire à l'ha, ou une formule dans laquelle l'agriculteur paie une redevance proportionnelle à la consommation et sur les réseaux à canalisation sous pression il y a en général des compteurs sur les bornes d'irrigation qui permettent la facturation.

Il y a une dernière question qui a été soulevée, concernant l'économie de ressources hydrauliques que peut procurer le système d'irrigation par aspersion. Dans son exposé Mr. KATAKOU a souligné un des risques que présente l'irrigation par aspersion qui est de maintenir un certain climat d'humidité sur les plantes et peut-être d'entraîner le développement de certains parasites en particulier de certains champignons. Ceci s'est particulièrement ressenti dans les régions où on a cherché à faire de l'irrigations sur les vignes. Un autre problème : c'est l'effet du vent qui entraîne une mauvaise répartition de l'eau sur le périmètre. Pour éviter ces difficultés un certain nombre de pays ont cherché à mettre au point des méthodes d'irrigation localisée.

Dans ces méthodes l'eau est amenée sous pression directement au niveau de la plante qui en a besoin. Cette technique qu'on appelle l'irrigation au goutte à goutte est en train de connaître un développement très important dans un certain nombre de pays qui sont particulièrement touchés par l'exiguïté de leurs ressources en eau. Au premier rang de ces pays on peut citer Israël et l'Australie. Actuellement ces méthodes d'irrigation au goutte à goutte sont en train de faire leur apparition et de se développer dans le bassin méditerranéen et nous avons à la SOMIVAC effectué un certain nombre d'expérimentations sur ces différents types de matériels. L'expérience montre que cette technique est très intéressante pour certaines spéculations. En particulier l'irrigation de la vigne par cette méthode est extrêmement bénéfique. Nous expérimentons aussi ces méthodes sur les maïs et les arbres fruitiers. Pour les arbres fruitiers, c'est une méthode qui est promise à un très grand avenir et qui présentera un très grand intérêt dans les pays africains de la zone tropicale sèche où le problème des ressources en eau est toujours très difficile. Une des difficultés que l'on rencontre dans ces méthodes est due à la teneur en sels minéraux de l'eau. En effet, sous l'effet de l'évaporation il y a obstruction par les sels minéraux des orifices de distribution de l'eau. Ces différents problèmes techniques sont en train d'être étudiés et recevront des solutions. Enfin je crois que ces méthodes d'irrigation localisées pourront très rapidement recevoir des applications dans les pays membres du C.I.E.H.

Mr. GILLET (IRAT)

- Au sujet de l'irrigation au goutte à goutte, je dois signaler que l'IRAT a entrepris depuis 6 ou 7 mois des essais d'irrigation de cultures maraîchères aux Antilles et on cherche à mettre au point une unité de production de l'ordre de 8 ares adaptée à la topographie tout à fait spéciale de la Martinique. Les premiers résultats qu'on a eu sont très prometteurs. D'autre part je voudrais signaler que l'IRAT va entreprendre au Sénégal d'ici quelques semaines toute une série d'essais du système d'irrigation au goutte à goutte sur les sols très sableux de Bambey avec des eaux très chargées en bicarbonates de calcium (350 à 400 mg/l). Cela va poser un problème de traitement d'eau avant l'injection dans le réseau. Mais il est très probable que malgré ce coût supplémentaire de traitement, le système sera très rentable rien que par le fait de l'économie probable d'eau de 30 à 40 %. Ce chiffre a été atteint par une société qui s'installe entre Thies et Dakar et qui irrigue actuellement 270 ha de cultures maraîchères en goutte à goutte pour l'exportation sur l'Europe.

On doit entreprendre également d'ici quelques semaines des essais d'irrigation localisée sur un sol plus argileux avec des eaux qui seront pompées dans la nappe du Maëstrichtien et qui ont des teneurs en sel allant jusqu'à 2,5 g/l et fortement chargées de magnésium. Ce qui pose vu la nature des argiles de ces sols des problèmes de stabilité de prise en masse de ces sols et de filtration.

J'espère à l'occasion d'une prochaine réunion du Comité pouvoir rendre compte de tous ces essais et faire profiter les différents états de ces résultats, avec évidemment l'accord du Sénégal.

---ooOoo---

COMMUNICATIONS TECHNIQUES DIVERSES

PROBLEMES DE L'ALIMENTATION EN EAU DE PORT-GENTIL
A PARTIR DE LA NAPPE PHREATIQUE

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

EXPOSE DE Mr. OUDIN

SOCIETE D'ENERGIE ET D'EAU DU GABON.

PORT-GENTIL, seconde ville du GABON après LIBREVILLE, sa Capitale, et communément dénommée "Capitale économique" du fait de sa forte industrialisation, se situe sur l'île la plus avancée dans le delta de l'Ogooué, au sud de l'équateur, près de la côte occidentale.

La longueur de cette île est de 48 km et sa largeur de 4 à 6 km.

Elle est presque entièrement entourée d'eau salée et les ressources en eau douce exploitées jusqu'à présent proviennent d'une nappe souterraine alimentée par les infiltrations directes d'eau de pluie.

Le sous-sol de l'île, composé de sables fins alternant avec des couches argilo-sableuses, renferme une nappe d'eau douce en équilibre sur une nappe d'eau saumâtre.

Ce sont les différents problèmes posés par l'exploitation de cette nappe qui sont présentés et étudiés ci-après.

Depuis 1950, la ville est alimentée par des chaînes de puits filtrants de faible profondeur, dont le nombre a atteint 105 en 1967.

En Décembre 1966 a été réalisé à titre d'essai un forage profond crépiné entre 22,8 m et 28,8 m, capable de débiter 30 m³/h. Mis en exploitation en Février 1967, il a vu sa teneur en fer passer de 0,5 mg/l à 4 mg/l après deux ans.

En 1968, une étude effectuée par SEURECA comparait trois solutions pour l'extension de l'alimentation en eau de la ville : augmentation du nombre des puits, exécution de forages profonds à fort débit et captage de l'eau de l'Ogooué à 30 km de la ville.

La solution des forages ayant été retenue, huit forages profonds de 12 à 28 m ont été mis en service entre Septembre 1969 et Septembre 1971. L'eau de ces forages contenait en moyenne 9 mg/l de fer.

Après ce bref aperçu de l'origine des installations de captage de PORT-GENTIL, nous allons tenter de répondre à trois questions fondamentales :

.../...

- 1 - Quelle est la structure de la nappe et son degré d'étanchéité vis-à-vis de la nappe d'eau saumâtre sous-jacente ?

Quelle est la capacité de la nappe ?

- 2 - Il y a colmatage des chaînes de puits et des forages. Quelle est la cause de ce phénomène ?

Peut-on mettre au point des traitements efficaces de décolmatage aussi bien curatifs que préventifs ?

- 3 - Quelles mesures sont nécessaires pour assurer une protection de la nappe contre la pollution ?

1 - STRUCTURE ET CAPACITE DE LA NAPPE

Dès Janvier 1967, un piézomètre profond avait été foré à côté du forage d'essai. En se basant sur de nombreuses mesures, on avait pu conclure à l'étanchéité totale entre la nappe exploitée et la nappe sous-jacente à l'échelle de quelques dizaines de mètres autour du forage. D'autre part, les fluctuations de la nappe sous-jacente étaient en phase avec la marée et avec la pression barométrique. Si ceci devait se confirmer, il en résulterait une étanchéité absolue sur pratiquement toute la largeur de la presqu'île.

En Octobre 1971, une étude de transmissivité a été effectuée portant sur les huit forages en exploitation et sur quarante huit piézomètres implantés à cette occasion.

Le traitement en ordinateur de ces mesures est en cours. Il devrait permettre de confirmer la continuité du tapis d'argile séparant les deux nappes.

Une étude effectuée en 1968 par SEURECA concluait à la possibilité de prélever dans le sous-sol de PORT-GENTIL 2 mm d'eau par jour. Sur la zone de 450 à 500 ha de captage des puits, cela correspond de 9 à 10.000 m³.jour. La production actuelle est d'environ un tiers de cette valeur.

Il semble que la capacité et la structure de la nappe ne soient pas les facteurs limitant l'approvisionnement en eau de PORT-GENTIL à moyen terme. Le problème se pose donc plutôt au niveau des conditions d'exploitation et de la lutte contre le colmatage.

2 - LE PHENOMENE DE COLMATAGE

Depuis plusieurs années, un colmatage progressif des puits filtrants a conduit à effectuer des traitements périodiques au Giltex.

En Décembre 1968, on pensait devoir attribuer la baisse de 5 % en vingt mois du débit du forage d'essai à un colmatage embryonnaire situé au-delà de trois mètres de l'axe du forage.

En Juin 1971, aucune baisse sensible du débit spécifique du forage d'essai n'a été constatée.

.../...

Mais entre Juillet et Septembre 1971 se produit un brusque rabattement du niveau de pompage du forage d'essai. Il débitait régulièrement jusqu'à cette date 30 m³/h. Il a été effectué en Novembre 1971 le décolmatage de ce forage au Giltex, avec de bons résultats.

Par rapport au débit initial, le débit total des huit forages a diminué de près de 15 % en Octobre 1971 et de près de 40 % en Octobre 1972. Pendant les mêmes périodes, le débit spécifique moyen a baissé respectivement de 23 % et 36 %. En 1972, le décolmatage au Giltex des forages 1, 2 et 4 a été effectué par la S.E.E.G. avec des résultats peu concluants.

Origine et traitement préventif

En Octobre 1971, des analyses chimiques des boues du forage d'essai ont été faites par l'ORSTOM à LIBREVILLE, ELF-SPAFE à PORT-GENTIL et l'IRH à NANCY tandis que l'ORSTOM de DAKAR effectuait des analyses bactériologiques.

Les dépôts solides étaient essentiellement constitués d'oxyde ferrique : 60 à 80 % suivant les analyses. L'origine de ce fer n'est pas expliquée mais on peut penser que les dépôts de ferrailles dans les zones de captage ne jouent pas un rôle négligeable.

L'examen microscopique ne décèle qu'une très faible densité bactérienne essentiellement constituée de bactéries sulfato-réductrices et sulfo-oxydantes anaérobies qui, d'après M. MOURARET de l'ORSTOM de DAKAR "ne peuvent être impliquées dans la formation d'oxydes de fer". L'oxydation du fer et sa précipitation peuvent s'expliquer par le mélange au niveau de la crépine d'aspiration d'eaux à forte teneur en fer réduit et d'eaux provenant de la zone superficielle de la nappe ou du cône de pompage contenant, elles, une quantité plus importante d'oxygène.

M. BALDENSPERGER de l'ORSTOM de DAKAR citait R.L. STARKEY : "Quand des eaux souterraines sont aspirées vers la surface, il s'en suit un dégagement du CO₂ et une élévation parallèle du potentiel d'oxydo-réduction, ces deux phénomènes provoquant la précipitation du fer en solution sous forme d'hydroxyde de fer. Ces phénomènes peuvent se produire en l'absence de microorganismes, mais il est possible que plusieurs groupes bactériens accélèrent le processus".

Une autre cause de dégazage serait une vitesse d'aspiration excessive à travers les crépines. Le problème de l'ensablement détermine, compte tenu des dimensions et structures des crépines, le débit maximum admissible du forage d'essai : 24 m³/h et des autres forages : 31 m³/h. En effet, un ensablement de crépines augmentera la vitesse du passage de l'eau et accroîtra le dégazage. Si un colmatage se produit, la diminution des sections réelles de passage de l'eau à travers les crépines conduira à abaisser encore ces débits limites. Or, les débits des forages ont été, du moins au début, sensiblement supérieurs à ces valeurs.

Si la cause du colmatage est bien essentiellement chimique, la stricte observance des débits limites liée à un contrôle de l'état des crépines devrait améliorer la situation sur le plan préventif. Il serait peut-être utile de réaliser en outre une protection cathodique en portant les crépines des forages à un potentiel de - 300 mv environ.

.../...

Il est enfin très important que les pompes de forages soient alimentées en priorité, de façon à éviter des coupures d'alimentation en énergie de plus de 10 mn.

On ne peut affirmer cependant que les microorganismes ne jouent aucun rôle dans le phénomène de colmatage. L'ORSTOM avait trouvé très peu de bactéries du cycle du fer mais le délai entre le prélèvement et la mise en culture ne permettait pas des conclusions rigoureuses. Les difficultés d'étude des bactéries du cycle du fer sont cependant trop importantes pour que l'ORSTOM envisage leur recherche systématique dans nos échantillons.

Un traitement préventif au Giltex avait été envisagé. La législation des eaux potables ne permet pas d'en injecter plus de 8 g/m³. Des essais de laboratoire ont montré qu'en présence de 8 ppm de Giltex E, la vitesse de décan- tation des flocons était divisée par deux. Le Giltex ayant pour propriété d'em- pêcher la précipitation du fer, on pouvait effectivement s'attendre à des diffi- cultés supplémentaires de traitement. Cette solution doit donc être abandonnée du moins tant que l'aération préalable de l'eau ne sera pas mise en place dans la nouvelle station de traitement.

Traitement curatif

A l'occasion du décolmatage du forage d'essai, il a été effectué des essais de dissolution des dépôts du colmatage. On a utilisé pour cela successi- vement le Giltex à 2 %, puis l'hexametaphosphate de Sodium à 2 % et l'acide chlorhydrique à 15 %. Ces essais ont abouti à la mise en solution respectivement de 44 % des dépôts en 35 h, 42,3 % en 35 h et 100 % en 40 mn, faisant apparai- tre l'action spectaculaire de l'acide chlorhydrique.

Le traitement au Giltex a néanmoins été choisi pour des raisons de mise en oeuvre, sans matériel spécialisé. Il est important en effet que l'aci- de chlorhydrique ne soit pas laissé dans le forage plus longtemps qu'il n'est nécessaire et qu'il soit évacué assez loin pour ne plus pouvoir diffuser dans la nappe.

Le décolmatage était néanmoins satisfaisant puisque le débit spéci- fique a atteint 2,7 fois la valeur d'avant le traitement et 85 % de la valeur à la réception.

Le décolmatage au Giltex, utilisant la même technique, des forages 1,2 et 4 a donné très peu de résultats puisque les débits spécifiques juste après traitement avaient augmenté respectivement de 19,10 et 21 %. De plus, le débit spécifique est retombé à sa valeur d'avant le décolmatage dans le mois qui a suivi.

Nous pensons faire un essai de décolmatage à l'acide chlorhydrique. Son efficacité dans la dissolution des boues est bien supérieure à celle du Giltex, mais il n'est pas certain que l'acide atteigne l'ensemble de la zone colmatée du massif filtrant. Un contrôle du débit spécifique pendant au moins trois mois après le décolmatage sera nécessaire.

.../...

3 - PROTECTION DE LA NAPPE

Un décret du 17 Mars 1972 crée des périmètres de protection sanitaire autour des chaînes de puits.

Pendant la période d'exploitation des puits, aucun titre de propriété foncière ne pourra être délivré, aucune occupation de terrain, même temporaire, ne pourra être autorisée et aucun dépôt d'origine ménagère ou industrielle ne sera toléré, à l'intérieur des limites de ces périmètres.

Un grand nombre de problèmes ne sont néanmoins pas résolus :

- évacuation des dépôts d'ordures accumulés depuis plusieurs années
- protection au minimum de toute la zone où pourraient se faire de nouveaux forages à savoir le périmètre à l'intérieur duquel la nappe a plus de 15 m d'épaisseur
- choix de zones d'épandage en fonction des possibilités d'infiltration dans la nappe et de l'écoulement de l'eau de la nappe
- législation interdisant les forages indépendants de la S.E.E.G., qu'ils pénètrent dans la nappe d'eau douce ou dans la nappe d'eau saumâtre sous-jacente. Ce qui montre la nécessité de la rédaction d'un code de l'eau qui puisse d'ailleurs être applicable à l'ensemble du pays.

CONCLUSION

Les études de capacité et d'isolement de la nappe permettent de conclure, sous réserve des interprétations non encore terminées, que les possibilités de captage restent importantes.

Il doit donc être possible d'alimenter encore la ville de PORT-GENTIL par des forages pendant plusieurs années à condition de maîtriser les techniques de captage et de traitement.

Le colmatage des forages pose un problème très grave ; il est important que les études soient poursuivies afin de déterminer une technique efficace de décolmatage et des conditions optimales d'exploitation. La production des forages actuels pourra être alors stabilisée et de nouveaux forages devront être réalisés, ce qui retardera la solution du pompage de l'eau dans l'Ogooué, à une date où l'investissement sera plus en rapport avec l'augmentation des besoins en eau de PORT-GENTIL.

FORAGES PROFONDS

TABLEAU 1 : DEBIT EN m³/h

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	TOTAL
Réception	33	32	33	35	42	34	33	31	273
Octobre 1971	22,8	36	27,6	27	37,2	36	24	24	233,8
Octobre 1972	20	24	21	12	20	27	23	18	165

TABLEAU 2 : DEBITS SPECIFIQUES EN m³/h/m

	Réception Do	Oct. 71 D1	Oct. 72 D2	Do - D1	Do - D2	$\frac{Do - D1}{Do}$	$\frac{Do - D2}{Do}$
F1	2,4	1,9	1,7	0,5	0,7	21 %	29 %
F2	5	3,3	3,2	1,7	1,8	34 %	36 %
F3	2,3	1,9	1,8	0,4	0,5	17 %	22 %
F4	5,3	2,7	1,0	2,6	4,3	49 %	81 %
F5	5,1	3,4	1,8	1,7	3,4	33 %	67 %
F6	3,4	3,1	2,5	0,3	0,9	9 %	26 %
F7	2,3	2,1	1,9	0,2	0,4	9 %	17 %
F8	4,1	3,6	3,2	0,5	0,9	12 %	22 %
Moyenne						23 %	36 %

Les valeurs des débits spécifiques ne sont qu'approximatives car le niveau statique de la nappe n'a pu être relevé régulièrement.

DISCUSSION
=O=O=O=O=O=O=O=

Mr. CALES (C. E.H.)

- Le problème de la protection sanitaire des points d'eau que vous avez évoqué est effectivement très important, il se pose dans un certain nombre de villes des pays membres. Est-ce que le décret qui a été pris le 17 - 3 - 72 fait référence à un texte de portée plus générale intéressant l'ensemble du pays ; est-ce que vous avez eu des problèmes pour son application, sur le plan hydrogéologique, est-il basé sur des études et par qui ont-elles été faites, et sur le plan administratif quelle a été la procédure adoptée pour l'enquête ?

Mr. AMPAMBA (Gabon)

- Mr. OUDIN dans son exposé a évoqué la nécessité d'un code de l'eau. En l'absence de ce code de l'eau nous avons considéré l'eau comme une substance minérale et comme telle elle est donc soumise à la protection qui incombe au service des mines et je crois que le décret qui a été pris est basé sur un article du code minier gabonais qui donne mandat au service des mines de protéger les sources et les points d'eau.

Mr. OUDIN (Gabon)

- Pour ce qui est de l'application de ce décret, je crois qu'il n'y en a pas eu. C'est-à-dire que les dépôts d'ordures persistent, qu'on continue à en déposer dans la zone des captages.

Mr. WILSON (OMS)

- Est-ce que Mr. OUDIN pourrait préciser la formule du Giltex ? Est-ce que c'est un polyphosphate, est-ce que c'est un agent séquestrant, et comment se manipule-t-il ? J'ai été aussi frappé par l'action spectaculaire de l'acide chlorhydrique à 15 %, j'aurais voulu avoir des explications sur le mode d'injection de l'acide, et quels sont les effets qui sont craints par l'auteur quand il se propose d'empêcher la diffusion de l'acide utilisé à des fins de décolmatage. Au sujet du décret du 17 - 3 - 72 est-ce qu'il est explicitement prévu que ces latrines, des puits perdus seraient aussi prohibés dans ces zones de protection.

Mr. OUDIN (Gabon)

- Le Giltex est un polyphosphate industriel, il contient une certaine dose de monophosphate ce qui fait que sa quantité est limitée dans l'eau potable puisque l'on limite les monophosphates à une certaine dose.

.../...

Mr. BREMOND (SPEPE)

- Il y a une publication qui a été faite par le C.I.E.H. et qui traite du colmatage par les éléments sablo-argileux et dans laquelle on trouve pas mal de renseignements sur ce produit qu'on appelle le Giltex.

Ce Giltex est hexamétaphosphate de sodium et sa qualité essentielle est de fluidifier les dépôts de façon à pouvoir les extraire par pompage. Je tiens à signaler qu'il existe bien d'autres produits qu'on appelle des superphosphates de sodium qui peuvent être utilisés dans le même but de détartrage par les dépôts de fer et où les phénomènes auraient exactement l'effet contraire de ce qui a été observé à Port-Gentil, c'est-à-dire qu'ils colmatent au lieu de décolmater.

En ce qui concerne les précautions sur l'utilisation de l'acide chlorhydrique pour détartrer un forage. Là encore je signale que dans le cadre du C.I.E.H. il a été diffusé un document intitulé "Amélioration par acidification d'un captage d'eau dans une formation calcaire".

L'acide chlorhydrique est un agent corrosif, non seulement il attaque le fer, mais il attaque également le calcaire. Or c'est ce qu'on veut, on veut qu'il attaque le fer, mais on ne veut pas qu'il attaque la crépine et c'est là qu'est la difficulté. On a trouvé un moyen qui consiste à employer en même temps qu'on injecte l'acide, un inhibiteur de corrosion sur acier. Il s'ensuit que le fer de la crépine n'est pas attaqué mais seulement les éléments d'hydroxyde ferriques qui sont sur la crépine. Il ne faut pas laisser l'acide trop longtemps en contact avec le milieu qu'on veut décolmater, car en moins de 40 minutes l'action de l'acide est terminée, le laisser plus longtemps est inutile d'autant plus qu'il peut former à partir des sulfates contenus dans le terrain, des gels qui vont boucher les pores de la formation.

Mr. OUDIN (Gabon)

- Le problème des puits perdus n'est pas explicitement signalé dans le texte du décret, mais le problème ne se pose pas car ce sont des terrains écartés et presque inaccessibles.

Mr. AMPAMBA (Gabon)

- En ce qui concerne la procédure administrative suivie pour prendre le décret en question. Le départ de ce texte est un contact entre les autorités de la mairie de Port-Gentil et les responsables de la SEEG. Je crois savoir que ce texte sous-entend que la SEEG, société concessionnaire qui a des forages sur le terrain doit le clôturer pour empêcher de nouveaux dépôts étant entendu que la mairie fera évacuer les anciens dépôts.

Mr. DAVID (Tchad)

- Je voudrais savoir pourquoi le Giltex a agi sur le forage de reconnaissance et non sur les forages d'exploitation. Est-ce que la zone de captage est différente, est-ce que c'est une affaire de temps et est-ce que le forage de reconnaissance se colmate à nouveau ?

Mr. OUDIN (Gabon)

- Je ne crois pas que le forage d'essai se colmate, il maintient à peu près son débit de 30 m³/h. Quant à la différence de l'effet du Giltext sur ce forage d'essai et les 3 autres forages, je ne peux donner d'explications. Ce qui se passe c'est que sur une surface relativement réduite (2 km de long sur 600 m de large), il y a 9 forages et ces 9 forages donnent de l'eau avec des doses de fer extrêmement variables et on ne peut pas délimiter les zones où il y a beaucoup de fer et les zones où il n'y a pas de fer. Ce qu'on peut dire c'est que le massif filtrant n'est pas forcément de même nature pour chacun d'entre eux et il n'est pas certain à priori qu'une technique de décolmatage efficace sur un forage le soit pour les autres.

Mr. DAVID (Tchad)

- Il semblerait donc qu'il existe des zones où il y a du fer et d'autres où il y en a moins. Est-ce que ces zones ont pu être détectées ? Est-ce que dans la nappe on a pu localiser des zones très ferrugineuses et d'autres qui le sont moins.

Mr. AMPAMBA (Gabon)

- Je crois qu'il n'a pas été possible de déterminer ces zones.

Mr. BREMOND (SPEPE)

- La nappe de Port-Gentil est une nappe d'eau douce qui flotte sur un front salé. Sur une coupe verticale on y trouve essentiellement des sables, mais il y a des intercalations horizontales sans solution de continuité de matières organiques, bois, tourbe, charbon, argiles etc... et il y a en profondeur un niveau horizontal plus généralisé qui est constitué par de l'argile qui isole la nappe exploitée du front salé qui est au-dessous. Effectivement dans chacun des 9 forages réalisés l'eau pompée présente des teneurs en fer différentes. Ces différences vont de 1 à 4 mais tout ça c'est la même chose. Et il faut voir l'origine des variations ponctuelles dans le fait que la zone qui a été captée se trouve un peu plus au-dessus ou un peu plus au-dessous ou en face d'un niveau de matières organiques. Il faut encore ajouter que le colmatage par le fer est lié au débit, il faut multiplier le débit par la teneur pour arriver à des quantités, et si ces quantités sont fortes le forage se colmatera plus rapidement que s'il y en a moins. Il y a très longtemps que le C.I.E.H. se préoccupe du colmatage par le fer et il y a une note sur la nappe de Tiaroye au Sénégal, qui traite de ces questions et qui a essayé de voir comment on pourrait lutter contre le fer non pas d'une manière curative, mais d'une manière préventive, c'est-à-dire de définir les caractéristiques d'un ouvrage de manière à retarder son colmatage à notre échelle.

Mr. LEGOURIERES (Cameroun)

- Quel est le niveau moyen de la nappe par rapport à l'océan à Port-Gentil, quelle est la profondeur des forages et quel volume retire-t-on de la nappe pour l'alimentation de Port-Gentil et quel est également le rabattement qui est observé dans les forages.

Mr. BREMOND (Gabon)

- A la saison des pluies, la nappe affleure et il y a des mares partout. A l'étiage la baisse du niveau statique est de l'ordre de 5 à 10 mètres. En hivernage la charge au-dessus du front salé est de l'ordre de 2 m à 2,50 m. On s'est maintenu assez loin du front salé de manière que même si le niveau statique baisse et en tenant compte aussi des rabattements on ait toujours sur le front salé un bourrelet d'eau douce qui apporte quand même sa charge sur le front salé inférieur.

En ce qui concerne les profondeurs des ouvrages, la hauteur de la nappe au-dessus du niveau argileux de base est de l'ordre de 30 m et les ouvrages ont entre 20 et 25 m de profondeur. Ils sont crépinés sur les 3 ou 4 mètres inférieurs. Les rabattements varient avec la saison, ils augmentent avec le colmatage et il est même arrivé que des forages soient dénoyés.

Mr. WINSTA (Gabon)

- A Nouakchott la question de la nappe de Port-Gentil a été discutée très largement. Il avait été prévu un programme d'étude au niveau du C.I.E.H. en collaboration avec la SEEG. J'aimerais savoir où en sont ces études.

Mr. LEMOINE (SOMIVAC)

- La nappe de Port-Gentil est un peu l'enfant chéri du C.I.E.H. puisque depuis très longtemps dans les conseils du C.I.E.H. on parle des problèmes de l'alimentation en eau de Port-Gentil. Et c'est un problème extrêmement difficile.

Je voudrais donc apporter quelques petites précisions. Après la réunion de Nouakchott nous avons eu l'occasion le Secrétaire Général et moi-même de venir à Libreville et à la requête de la SEEG nous étions allés à Port-Gentil pour nous pencher aussi sur le problème de la nappe. Or, ce qui m'a frappé lors de la visite à Port-Gentil, c'est que lors des différents essais de pompage qui ont été effectués on a pu constater que la teneur en fer s'accroît très fortement avec la profondeur, et ceci m'avait amené à l'époque à craindre, et je l'avais signalé à la SEEG, qu'en fait les nouveaux forages ne se colmatent plus vite que les anciens puits. Et je crois que les chiffres qui sont donnés dans le rapport de Mr. OUDIN montrent effectivement que le colmatage de ces forages est proportionnellement plus rapide que ceux des anciens puits. réalisés il y a maintenant 15 ou 20 ans. Ceci m'avait amené à proposer à la SEEG d'étudier la possibilité d'un drainage superficiel plutôt que d'avoir recours à un prélèvement dans la nappe

.../...

par une série de forages plus ou moins profonds. Je pense en effet que la caractéristique de cette nappe de Port-Gentil c'est qu'il s'agit d'exploiter une tranche d'eau de l'ordre de 2 m donc c'est tout à fait le cas d'écémage d'une nappe d'eau douce flottant sur une nappe salée. Je crois malheureusement qu'il n'a pas été possible d'aller plus loin dans ce sens, nous avons proposé à la SEEG à titre expérimental de mettre en place un drain d'une centaine de mètres de longueur alimentant l'un des puits existants qui aurait été utilisé comme puisard et je pense que cette solution mériterait quand même d'être essayée car j'ai lu dans le rapport de Mr. OUDIN qu'on a proposé un certain nombre d'explications possibles de l'origine du fer et en fait je crois que tout ceci ce sont des hypothèses, c'est un domaine dans lequel on patauge encore pas mal sur le plan technique et seule l'expérimentation de plusieurs procédés qui seront non pas concurrents mais complémentaires permettra peut-être de trouver enfin la solution donnant à la fois la sécurité de l'alimentation en eau de Port-Gentil et les débits dont on a besoin. Car dans l'état actuel des choses ce n'est pas la capacité de la nappe de Port-Gentil qui est en cause, c'est une région où il pleut beaucoup, où la nappe est alimentée régulièrement, c'est un problème de mise au point d'un système de captage.

Mr. AMPAMBA (Gabon)

- Je remercie Mr. LEMOINE et je pense que Mr. OUDIN a noté cette suggestion et puisque nous sommes en train d'étudier cette nappe, je crois que c'est l'occasion où jamais de faire toutes les expériences.

Mr. WILSON (OMS)

- Il me semble qu'une pièce très importante manque au dossier et qui donnerait les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau. Je voudrais savoir si cette analyse pourrait être fournie.

Mr. OUDIN (Gabon)

- Je ne l'ai pas ici mais je pourrai vous la fournir.

Mr. BREMOND (SPEPE)

- Je voudrais répondre à Mr. LEMOINE au sujet de la proposition qu'il a effectivement faite lors de son passage à Port-Gentil. En premier lieu je voudrais dire que la solution du drain est peut-être valable à Port-Gentil, mais ne résoudrait pas pour autant tous les problèmes de colmatage par le fer qui existent dans les autres forages qui sont dans les autres Etats. Je pense à la nappe de Tiaroye au Sénégal, à la nappe du Maëstrichtien du Dahomey, et aussi au Togo, au Niger, au Tchad etc...

Ce n'est pas seulement Port-Gentil qui pose des problèmes, c'est presque toutes les nappes de l'Afrique et il n'y a presque pas de nappes qui ne contiennent pas du fer dissous dans l'eau. A titre d'exemple je voudrais vous dire qu'ayant examiné 346 ouvrages qui

- exploitent 22 nappes qui se répartissent entre 11 âges géologiques du Jurassique au Quaternaire et dans 6 Etats membres du C.I.E.H., tous les eaux de ces forages contenaient du fer. Les quantités sont bien sûr extrêmement variables et elles vont de 1 à 1.000 (0,05 mg/l jusqu'à 50 mg/l et même plus). Si on essaie de rechercher comment se répartissent ces teneurs, on constate qu'il n'y a aucune relation avec l'âge géologique des terrain.

On a recherché également une relation entre la teneur en fer de l'eau et la nature de la nappe artésienne, subartésienne ou libre, équipée ou non de dispositif de pompage.

Les résultats de la recherche est que :

- 1/ les eaux des forages artésiens donnent moins de fer que tous les autres systèmes d'exploitation
- 2/ dans une même nappe les eaux profondes sont moins chargées en fer que les eaux superficielles
- 3/ les ouvrages équipés d'une pompe à main donnent des eaux plus chargées en fer.

En conclusion on peut dire qu'il y a une relation entre le taux de fer de l'eau et son mode de captage.

====oo0oo====

LE  ER DANS LES  AUX SOUTERRAINES

NOTE PRESENTEE PAR Mr. BREMOND
SECRETARIAT PERMANENT POUR L'ETUDE DES PROBLEMES
DE L'EAU
67, BOULEVARD HAUSSMANN
PARIS 8EME

I - INTRODUCTION :

L'examen de 346 analyses d'eau provenant de 22 nappes souterraines se répartissant entre 11 âges géologiques depuis le jurassique jusqu'au quaternaire et situées dans six Etats-Membres du C.I.E.H. : Côte d'Ivoire, Dahomey, Gabon, Mauritanie, Niger et Sénégal, a montré que pratiquement toutes les eaux contenaient du fer dissous. On serait presque tenté d'affirmer qu'il n'existe pas d'eau provenant de nappes souterraines sans fer dissous.

La source productrice de fer est malaisée à circonscrire. La théorie nous renseigne sur le phénomène de la mise en solution du fer, de même que sur celui de sa précipitation. Les teneurs en fer dissous mesurées varient considérablement puisqu'elles passent de traces : 0,05 mg/l, à 50 mg/l, soit de 1 à 1000. La recherche des causes de ces variations de teneurs est complexe. La précipitation du fer est chose courante mais fort heureusement les colmatages provoquant des perturbations dans le fonctionnement des ouvrages sont limités. Dans ces derniers, les microorganismes bactéries du fer paraissent jouer un rôle prépondérant. Des procédés sont décrits pour tenter de remédier aux incidents provoqués par les dépôts ferriques (techniques de développement des puits).

II - CONNAISSANCES SUR LE FER :

1° - CARACTERISTIQUES IONIQUES DU FER :

Le fer est essentiellement connu sous les valences 2 et 3, valences auxquelles correspondent deux séries de sels : sels ferreux à partir de Fe^{2+} et sels ferriques à partir de Fe^{3+} . Il existe aussi des produits où la valence du fer est autre : 5 ou 6. Ils ne sont pas connus dans les eaux souterraines.

Dans un milieu aqueux, l'ion Fe^{2+} reste en solution pour des valeurs élevées du pH : de l'ordre de 6, tandis que Fe^{3+} est plus facilement précipité par hydrolyse et ce, aux environs de $pH = 2,3$. En précipitant, le fer ferreux ou ferrique est associé au groupe (OH^-) pour former des hydroxydes.

La mise en solution du fer est liée dans les eaux souterraines à la présence du gaz carbonique dissous : "Note sur l'agressivité des eaux naturelles novembre 1966 - R. BREMOND".

2° - PRECIPITATION DES HYDROXYDES :

La précipitation des hydroxydes est illustrée par les diagrammes des figures 1 et 2. L'hydroxyde ferreux $\text{Fe}(\text{OH})_2$ est obtenu pour des pH relativement élevés, 6 environ, et la précipitation est pratiquement complète à $\text{pH} = 7,8$.

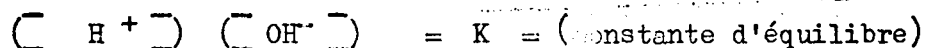
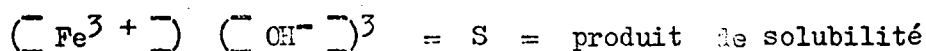
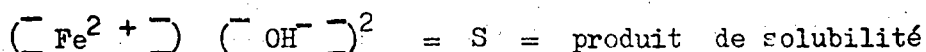
L'hydroxyde ferrique $\text{Fe}(\text{OH})_3$ est obtenu pour des pH acides, 2,3, et la précipitation est terminée à $\text{pH} = 3,4$.

Dans ces figures on remarque que l'ion ferreux Fe^{2+} ne peut exister que dans un sol non aéré et dans des conditions réductrices. Dans un sol normalement aéré et notamment dans ceux des nappes phréatiques, le fer ne peut exister qu'à l'état ferrique. Toutefois, en raison de la figure 2, l'ion ferrique Fe^{3+} a peu de chance de subsister car il est rare de trouver des pH inférieurs à 4. On ne rencontre des eaux fortement acides que dans des tourbières dont le pH est voisin de 4, ou dans certaines eaux de mines où le pH peut descendre jusqu'à 3.

Le pH joue un grand rôle dans les phénomènes de mise en solution du fer ou de précipitation des hydroxydes.

3° - PRODUITS DE SOLUBILITE DES HYDROXYDES :

La solubilité des hydroxydes est sous la dépendance des lois d'action de masse :



A une température donnée, S et K sont des constantes. Les produits de solubilité varient donc en fonction de la température et également des conditions de l'expérience. C'est pourquoi les produits de solubilité des hydroxydes calculés par les chercheurs varient de l'un à l'autre.

En milieu complètement désoxygéné, la valeur du produit de solubilité de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ est de : $2,4 \times 10^{-14}$.

D'autres valeurs se trouvent dans la littérature ; en fonction de la température, on a :

$$\text{à } 18^\circ : S. \text{ Fe}(\text{OH})_2 = 1,64 \times 10^{-14}$$

$$\text{à } 25^\circ : S. \text{ Fe}(\text{OH})_2 = 3,80 \times 10^{-15}$$

.../...

La valeur du produit de solubilité de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ varie entre 10^{-35} et 10^{-38} . Dans la littérature, en fonction de la température, on trouve :

$$\text{à } 18^\circ : S. \text{Fe}(\text{OH})_3 = 1,1 \times 10^{-36}$$

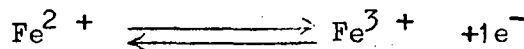
$$\text{à } 25^\circ : S. \text{Fe}(\text{OH})_3 = 6 \times 10^{-38}$$

C'est une valeur bien inférieure à celle du produit de solubilité de l'hydroxyde ferreux. Aussi, en pratique, il doit être extrêmement rare de constater la précipitation du fer sous la forme d'hydroxyde ferreux. C'est sous la forme d'hydroxyde ferrique que se trouvent le plus souvent les dépôts de fer.

Ainsi, dans les eaux naturelles, le fer est présent sous forme de Fe^{3+} , Fe^{2+} et d'ions $(\text{FeOH})^{2+}$. Pour mieux comprendre la précipitation des hydroxydes, il faut faire intervenir la notion du potentiel d'oxydo-réduction.

4° - POTENTIEL D'OXYDO-REDUCTION :

Le passage d'un ion ferreux en ion ferrique ou réciproquement se traduit par une perte ou un gain d'électron. On peut écrire :



On appelle un tel couple constitué par la forme oxydée et la forme réduite d'une même espèce chimique, un couple oxydo-réducteur ou couple redox. En général, il s'établit un équilibre entre le couple et les électrons et, une électrode plongée dans une solution contenant un tel couple prend un potentiel qui définit l'équilibre obtenu. Ce potentiel est le potentiel d'oxydo-réduction symbolisé par E_h et mesuré en volts. Il peut être négatif ou positif. S'il est négatif, cela montre un départ facile des électrons ou autrement dit, une oxydation facile. Pour faciliter les interprétations des mesures, on définit les potentiels d'oxydo-réduction par rapport à une électrode de référence.

La formule générale du E_h est donnée par l'équation de NERNST :

$$E_h = E_o + \frac{RT}{D \cdot F} \text{Log.} \frac{(\text{ox})}{(\text{Red})}$$

dans laquelle : R est la constante des gaz parfaits = 8,32 joules

T est la température absolue au degré Kelvin

D le nombre d'électrons

F = = 96500 coulombs

Log = logarithme népérien

Ox = minéraux oxydés

Red = minéraux réduits.

Pour le système Redox du couple : $Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + 1e^{-}$ la formule générale de NERNST devient, en passant des logarithmes népériens aux logarithmes décimaux et avec $D = 1$ électron :

$$Eh = Eo + \frac{2}{10^4} T \log \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]}$$

Dans cette formule, les variations de température ont un rôle insignifiant sur les résultats. En effet :

- si on fixe $\frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]} = 1$, $Eh = Eo$: une variation de température n'a aucun effet
- si on fixe $\frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]} = 10$, et si T augmente de $200^{\circ}C$, Eh n'augmente que de $0,04$ volt.

L'élément important est le pH qui conditionne l'état oxydé ou l'état réduit. Il s'en suit que le Eh varie avec le pH. La figure 3 illustre ce fait et donne les variations de Eh en fonction du pH. Sur cette figure sont tracées les deux courbes d'équilibre entre les 2 états Fe et Fe^{2+} et les 2 états d'oxydation Fe^{2+} et Fe^{3+} ainsi que la limitation des réactions en milieu aqueux donnée par les deux droites AA' et BB'. Le pH des eaux naturelles, très variable, se tient en général entre 4 et 9. Pour $pH = 7$, le Eh des eaux naturelles devrait être théoriquement compris entre $-0,41$ et $+0,82$ volt. Enfin, l'allure des courbes montre la forte influence du pH sur le Eh.

Si on considère la courbe $Fe^{2+}-3$, on remarque que Eh est d'abord indépendant du pH, jusqu'à une valeur de l'ordre de 2,4, c'est-à-dire tant que ce dernier n'atteint pas une valeur permettant la précipitation de $Fe(OH)_3$. Avec un $pH > 5$, le Eh devient négatif. Ces données théoriques s'harmonisent avec la pratique. Dans les eaux faiblement acides ou alcalines le fer est immédiatement oxydé à l'état trivalent Fe^{3+} : il se forme un précipité d'hydroxyde ferrique. Le fer bivalent n'est stable que dans les eaux fortement acides.

La notion de potentiel d'oxydo-réduction est à prendre en considération pour le maintien, par exemple en solution du fer des eaux souterraines. On peut en effet imaginer que maintenir dans un ouvrage exploitant une nappe à forte teneur en fer, un potentiel d'oxydo-réduction négatif, de l'ordre de $-0,41$ volt tendrait à empêcher la précipitation des hydroxydes ferriques.

Le fer présent dans les eaux souterraines est lié aux terrains HEM et CROPPER nous renseignent sur les équilibres qui en découlent.

5° -CHAMPS DE STABILITE THEORIQUES DES MINERAUX DE FER :

HEM et CROPPER ont effectué des études théoriques et de laboratoire ainsi que des expériences pratiques du comportement des eaux naturelles, qui ont montré que l'équilibre vis-à-vis de quelques-uns des minéraux ferrugineux que l'on trouve communément dans les roches sédimentaires peut être réalisé dans les eaux souterraines.

.../...

Les conditions à l'équilibre dans un système comprenant de l'eau, des ions dissous tels que carbonates et sulfates et des minéraux ferrugineux tels que l'hydroxyde ferrique, la sidérite, la pyrite sont calculés au moyen des constantes d'équilibre en tenant compte de l'équilibre de NERNST faisant intervenir le potentiel Redox. Il a été dressé le diagramme de la figure 4 qui montre, dans la gamme habituelle des eaux naturelles, sous quelles conditions d'Eh et de pH se trouvent stables les variétés communes d'ions ferreux.

L'examen du diagramme montre :

- dans le secteur où les lignes de solubilité du fer sont parallèles à la limite avec la zone $\text{Fe}(\text{OH})_3$ solide, le système serait en équilibre avec ce solide et le fer dissous est une fonction de Eh et de pH,

- lorsque les lignes de solubilité du fer sont verticales, le fer dissous serait en équilibre avec la sidérose et le fer dissous est une fonction de pH et de la somme des carbonates dissous disponibles,

- en présence de pyrite, l'oxydation du sulfure en sulfate peut se produire, libérant des ions ferreux mais le diagramme de l'équilibre n'est pas strictement applicable dans ce cas. Pour des pH et Eh très faibles, la pyrite peut être réduite pour donner H_2S et du fer ferreux.

Le fer en solution, d'après ce diagramme, est contrôlé par 4 variables quelque peu interdépendantes = Eh, pH, HCO_3 et SO_4 . Et l'utilisation du diagramme est expliquée comme suit :

- si une eau contient 1 mg/l de fer avec un pH de 7 et que l'Eh est + 0,1 volt, la phase dominante pour le fer dissous est l'hydroxyde ferrique si les teneurs en HCO_3 et SO_4 sont respectivement inférieures à 100 mg/l et à 10 mg/l,

- dans ce système, pour que la sidérose soit la phase dominante solide, il faut que l'Eh soit inférieur à + 0,1 volt,

- enfin, toujours dans ce système, pour que la pyrite soit la phase dominante solide, il faudrait que l'Eh soit d'environ - 0,16 volt, mais cette condition est moins vraisemblable que les autres possibilités,

- si on diminue 10 fois la concentration du fer, les lignes verticales de la concentration en fer sont décalées vers la droite d'une unité pH et le champ de stabilité pour la sidérose s'amenuise et disparaît à 0,01 mg/l de fer dissous,

- pour de faibles teneurs de bicarbonate, l'influence des équilibres des bicarbonates sur la teneur en fer n'est pas très importante en pH7,

- pour des teneurs importantes de bicarbonate, 1000 mg/l, la présence de 1 mg/l de fer dissous à pH7 ne serait pas possible à l'équilibre. Le pH devrait être plus petit, 6,2, pour permettre à 1 mg/l de fer de rester en solution,

- des variations de concentration des sulfures n'ont qu'un effet mineur sur la limite de stabilité de la pyrite.

En définitive :

- les qualités et quantités de fer dans une solution ou dans une eau dépendent du pH et de l'Eh de la solution, mais également de la composition chimique notamment les carbonates,

- dans la plupart des sols, le fer à l'état d'ions ne peut l'être qu'à l'état ferreux,

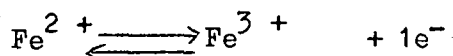
- dans la plupart des eaux naturelles le fer est à l'état réduit et non oxydé. Au contact de l'air, l'oxydation se produit entraînant la précipitation brute de l'hydroxyde.

Mais le fer peut entrer en combinaison avec de nombreux et variés minéraux présents dans les sols. Il forme ainsi des complexants ou des chélates. La présence de complexants ou de chélates modifie considérablement les équilibres.

6° - COMPLEXES ET CHELATES DU FER :

Ces composés prennent naissance quand un ion métallique, accepteur d'électrons, se combine avec un donneur d'électrons.

Le fer est un accepteur d'électrons :



les donneurs d'électrons sont le plus souvent le soufre, l'oxygène, l'azote. On distingue les complexes du fer et les chélates du fer. Ces derniers se différencient des premiers par la dépendance des électrons entre eux. Tous deux modifient considérablement les équilibres.

Les complexes du fer ont fait l'objet de nombreuses études. On peut citer les complexes ferro et ferrisiliciques, les silicates de fer, les complexes ferriphosphoriques.

Les chélates sont des combinaisons du fer avec des produits organiques et en particulier les acides humiques. Avec ces derniers on obtient des humates de fer où le fer ne se trouve plus sous sa forme cationique. Ils ne se comportent plus comme des sels.

Un milieu riche en matière organique et contenant en outre du CO₂ est susceptible de dissoudre une grande quantité de fer. Le fer est réduit si le pH est suffisamment acide. Ainsi il a pu être prouvé :

- l'existence de Fe (OH)₂ dans les sols acides

- l'existence de Fe³⁺ dans des sols très acides ou au voisinage des racines ou dans des zones de nitrification.

.../...

La présence de complexants permet au fer ferreux et au fer ferrique de se maintenir plus ou moins longtemps en solution dans des conditions physico-chimiques où sous forme de cations ils seraient précipités. Par oxydation les complexes sont détruits et le fer est libéré mais certains complexes ne s'oxydent que très lentement et le fer peut rester à l'état ferreux pendant plusieurs mois.

7° - CONCLUSIONS :

Le fer présente deux valences 2 et 3, auxquelles répondent respectivement deux séries de sels, les sels ferreux et les sels ferriques.

Dans un milieu aqueux, l'ion Fe^{2+} reste en solution pour des valeurs élevées du pH, de l'ordre de 6, tandis que Fe^{3+} est plus facilement précipité par hydrolyse et ce, dès $pH = 2,3$. Les hydroxydes formés sont très peu solubles et précipitent.

Dans un terrain, le fer ferreux ne peut exister que dans des conditions d'anaérobiose. Dans un sol normalement aéré, le fer ne peut être qu'à l'état ferrique et dans cet état, il n'a que fort peu de chance de subsister car il est rare de trouver des pH inférieurs à 4.

La présence de fer ferreux et de fer ferrique dans les terrains normalement aérés est sous la dépendance de composés du fer : complexants et chélates. Les chélates, combinaisons du fer avec des produits organiques, réduisent le fer. Les complexants permettent au fer ferreux et au fer ferrique de se maintenir en solution dans des conditions physico-chimiques où sous forme de cations ils seraient précipités. Par oxydation, les complexes sont détruits et libèrent le fer mais certains complexants ne s'oxydent que très lentement.

Le fer ferreux peut s'oxyder en fer ferrique et réciproquement, le passage d'un terme à l'autre est sous la dépendance du potentiel d'oxydo-réduction dont l'équation de NERNST donne la formule générale. Elle a permis de définir les champs de stabilité théoriques des minéraux de fer : hydroxyde ferrique, sidérite, pyrite. Le diagramme établi par HEM est de nature à renseigner très utilement pour la recharge artificielle des nappes souterraines. Dans l'étude en cause, la présence des composés du fer modifie considérablement les équilibres.

III - CONSTATATIONS :

Les analyses du fer dissous dans les eaux ont été exécutées soit in situ, soit au laboratoire du B.R.G.M. à Dakar. Dans tous les cas des précautions ont été prises pour éviter la précipitation du fer dans les bouteilles échantillons.

L'étude a porté sur 22 nappes se répartissant entre 11 âges géologiques depuis le jurassique jusqu'au quaternaire et dans six Etats-Membres du C.I.E.H., représentant au total 346 ouvrages étudiés.

NAPPES EXAMINEES D'APRES LEUR AGE ET LEUR SITUATION GEOGRAPHIQUE

1 - GRES DE TCHIREZRINE	NIGER
2 - GRES DE TEGAMA	NIGER
3 - CENOMANIEN	NIGER
4 - TURONIEN DU NIGER	NIGER
5 - TURONIEN DU GABON (inférieur)	GABON
6 - TURONIEN DU GABON (supérieur)	GABON
7 - MAESTRICHTIEN DU SENEGAL	SENEGAL
8 - MAESTRICHTIEN DU DAHOMEY	DAHOMEY
9 - PALEOCENE DU DAHOMEY	DAHOMEY
10 - PALEOCENE DE SEBIKOTANE	SENEGAL
11 - TERTIAIRE D'ABIDJAN	COTE D'IVOIRE
12 - TERTIAIRE DE COTE D'IVOIRE	COTE D'IVOIRE
13 - C.T. NIGER	NIGER
14 - C.T. SENEGAL	SENEGAL
15 - C.T. MAURITANIE	MAURITANIE
16 - C.T. DAHOMEY	DAHOMEY
17 - C.T. NIGER (Gogo)	NIGER
18 - ARENES GRANITIKUES	COTE D'IVOIRE
19 - SERIES DELTAIQUES DU TCHAD	NIGER
20 - QUATERNAIRE TIAROYE	SENEGAL
21 - QUATERNAIRE S/BASALTIQUE	SENEGAL
22 - QUATERNAIRE PORT-GENTIL	GABON

Nota : C.T. Continental Terminal.

1/ - Concentrations en fer dissous des eaux examinées

L'examen des analyses montre qu'il n'y a pratiquement aucun ouvrage qui présente une eau qui soit exempte de fer dissous.

Si on tente un classement du nombre d'ouvrages en fonction des teneurs croissantes en fer dissous on obtient le tableau suivant :

.../...

<u>Teneur en mg/l</u>	:	0,05 < 0,15 < 0,25 < 0,35 < 0,45 < 0,55 < 0,65 < 0,75
<u>Nombre d'ouvrages</u>	:	18 --- 52 --- 29 --- 20 --- 27 --- 17 --- 11 --- 9
		0,85 < 0,95 < 1 < 1,1 < 1,2 < 1,3 < 1,4 < 1,5
		8 --- 2 --- 3 --- 9 --- 6 --- 12 --- 1 --- 4
		1,6 < 1,7 < 1,8 < 1,9 < 2 < 2,1 < 2,2 < 2,3
		3 --- 1 --- 5 --- 0 --- 5 --- 0 --- 7 --- 4
		2,4 < 2,5 < 2,75 < 3 < 3,25 < 3,5 < 3,75 < 4
		0 --- 7 --- 13 --- 1 --- 11 --- 3 --- 1 --- 7
		4,5 < 5 < 5,5 < 6 < 7 < 8 < 9 < 10 < 15 < 20
		5 --- 10 --- 1 --- 3 --- 5 --- 2 --- 3 --- 2 4 3
		25 < 30 < 35 < 40 < 50
		3 --- 3 --- 1 --- 1 --- 4

Les teneurs en fer dissous varient considérablement puisqu'elles passent de traces (0,05 mg/l) à 50 mg/l, soit de 1 à 1000.

Du point de vue potabilité des eaux, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique en France fixe à 0,20 mg/l au maximum la teneur en fer dissous, ce qui impliquerait que les eaux de 246 ouvrages sur 346, soit 70 %, devraient être déferrisées avant consommation.

2/ - Tentatives de relation entre la teneur en fer dissous et l'âge géologique de la nappe

Le tableau ci-après qui tend à rechercher une relation entre le fer dissous et l'âge géologique de la nappe montre :

qu'il n'y a pas de relation entre l'âge géologique des diverses nappes et la teneur en fer des eaux y relatives échantillonnées. En effet, les teneurs maximales le sont aussi bien au Maestrichtien du Dahomey qu'au quaternaire de Port-Gentil ou dans les arènes granitiques du niveau de Korhogo. En ce qui concerne les teneurs minimales, à l'exception du quaternaire de Port-Gentil qui présente une teneur élevée, toutes les autres ont des valeurs semblables Il en est des teneurs moyennes comme des valeurs maximales.

.../...

NAPPES PAR AGE GEOLOGIQUE	Nombre d'ouvrages	Teneur en fer			Classement par teneur moyenne décroissante
		Maximale	Minimale	Moyenne	
Jurassique : grès de Tchirezrine	1	-	-	0,16	2
Crétacé : grès du Tégama	15	1,10	0,15	0,45	5
Cénomanién	7	5	0,23	1,21	14
Turonien : Niger	1	-	-	0,40	4
Inférieur au Gabon	4	0,23	0,03	0,14	1
Supérieur au Gabon	4	1,50	1,00	1,15	12
Maestrichtien Sénégal	57	10,70	0,23	2,50	18
Dahomey	26	50	0,05	5,24	20
Paléocène Dahomey	2	0,83	0,27	-	-
Sébikotane (Sénégal)	4	1,10	0,40	0,77	9
Tertiaire Continental Abidjan	13	0,73	0,07	0,34	3
Côte d'Ivoire	16	5	0,17	1,18	13
Continental Terminal Niger	16	4	0,23	0,96	11
Sénégal	2	50	7	-	-
Mauritanie	41	4,40	0,15	0,64	8
Dahomey	22	2,80	0,05	0,48	6
Gogo	10	3,30	0,23	1,73	15
Quaternaire séries deltaïques	12	5,30	0,70	2,07	17
Tiaroye	23	18	0,03	3,37	19
Dakar	16	3,20	0,10	0,61	7
Port-Gentil	15	50	3,50	22,50	22
Arènes granitiques niveau Korhogo	24	64	0,23	8,20	21
Arènes granitiques niveau Bouaké	13	7,30	0,17	1,74	16
Schistes birrimiens Côte d'Ivoire	11	2,30	0,17	0,80	10

3/ - Tentatives de relation entre la teneur en fer dissous et le type d'ouvrages :

Dans le tableau suivant, on a distingué entre les forages artésiens qui coulent naturellement, les forages subartésiens équipés d'une pompe à moteur ou d'une pompe à main et les nappes libres exploitées par forages ou par puits équipés ou non d'une pompe à moteur, d'une pompe à main ou de tout autre système.

TYPE D'OUVRAGES	NAPPE ET AGE GEOLOGIQUE	Nombre d'ouvrages	Teneur en fer	
			Maximale	Moyenne
FORAGES ARTESIENS	Jurassique : Grès de Tchirezrine au Niger	1	-	0,16
	Maestrichtien du Sénégal	3	1,10	0,71
	Maestrichtien du Dahomey	3	4,00	2,35
	Paléocène du Dahomey	2	0,83	0,55
	Continental Terminal du Niger	2	0,60	0,60
	Quaternaire : séries deltaïques du Tchad	12	5,30	2,07
FORAGES SUBARTESIENS Equipés d'une pompe à moteur	Crétacé : Grès du Tégama	6	0,75	0,48
	Cénomanien du Niger	2	1,50	1,12
	Turonien du Niger	1	-	0,40
	Turonien du Gabon (nappe infér)	4	0,23	0,14
	Maestrichtien du Sénégal	54	10,70	2,50
	Maestrichtien du Dahomey	3	3,20	2,27
	Paléocène : Sébikotane	4	1,10	0,77
	Continental Terminal du Niger	2	1,50	1,08
	Quaternaire Dakar	14	3,20	0,60
FORAGES nappes phréatiques équipés d'une pompe à moteur	Crétacé : Grès du Tégama	6	1,10	0,48
	Cénomanien du Niger	1	-	0,10
	Turonien du Gabon (nappe super.)	4	1,50	1,15
	Maestrichtien du Dahomey	1	-	0,23
	Tertiaire Continental d'Abidjan	13	0,73	0,34
	Continental Terminal du Niger	2	1,25	0,74
	Continental Terminal du Sénégal	2	50,00	-
	Continental Terminal de Mauritanie	8	0,35	0,14
	Continental Terminal du Dahomey	8	2,80	0,75
	Continental Terminal Gogo	4	1,30	0,56
	Quaternaire Dakar	2	0,50	0,36
	Quaternaire Tiaroye	23	18	3,37
				.../...

PUITS Equipés d'une pompe à moteur	Continental Terminal Gogo	6	3,30	2,50
FORAGES SUBARTESIENS Equipés d'une pompe à main	Maestrichtien du Dahomey	7	50	16,10
FORAGES nappes phréatiques	Arènes granitiques niveau Korho- go	8	30	6,65
Equipés d'une pompe à main	Arènes granitiques niveau Boua- ké	11	7,30	2,00
PUITS Equipés d'une pompe à main	Maestrichtien du Dahomey	4	1,70	1,07
	Continental Terminal du Dahomey	5	0,60	0,24
	Arènes granitiques niveau Korhogo	16	64	9,55
	Arènes granitiques niveau Bouaké	2	0,50	0,36
	Schistes Birrimiens - Côte d'Ivoire	11	2,30	0,80
PUITS sans pompe	Crétacé : Grès du Tégama	3	0,57	0,35
	Cénomaniens du Niger	4	5	1,53
	Maestrichtien du Dahomey	8	2,70	0,58
	Continental Terminal du Niger	10	4,00	1,06
	Continental Terminal de Mauritanie	33	4,40	0,70
	Continental Terminal du Dahomey	9	1,33	0,37
PUITS intersiphonné	Quaternaire de Port-Gentil	15	50	22,50

On peut établir les relations suivantes :

a) Dans une même nappe, les eaux des forages artésiens contiennent dans l'ensemble moins de fer dissous que les eaux des autres types d'ouvrages. En effet :

.../...

1/ - MAESTRICHTIEN DU SENEGAL

Teneur en fer	forages artésiens	Forages subartésiens et pompe à moteur
Maximale	1,10	10,70
Moyenne	0,71	2,50

2/ - MAESTRICHTIEN DU DAHOMEY

Teneur en fer	Forages artésiens	Forages subartésiens et pompe à main
Maximale	4	50
Moyenne	2,35	16,10

3/ - CONTINENTAL TERMINAL DU NIGER

Teneur en fer	Forages artésiens	Forages subartésiens et pompe à moteur	Puits sans pompe
Maximale	0,60	1,50	4
Moyenne	0,60	1,08	1,06

b) Dans une même nappe, il semble que les eaux des nappes profondes, artésiennes ou subartésiennes, contiennent moins de fer que les eaux des nappes libres. En effet :

1/ - CRETACE : GRES DU TEGAMA

Teneur en fer	nappe profonde	nappe libre
Maximale	0,75	1,10
Moyenne	0,48	0,48

2/ - CENOMANIEN

Teneur en fer	nappe profonde	nappe libre
Maximale	1,50	5,00
Moyenne	1,12	1,53

3/ - TURONIEN DU GABON

Teneur en fer	nappe profonde	nappe libre
Maximale	0,23	1,50
Moyenne	0,14	1,15

4/ - CONTINENTAL TERMINAL DU NIGER

Teneur en fer	nappe profonde	nappe libre
Maximale	1,50	4,00
Moyenne	1,08	1,06

c) Dans une même nappe libre, les ouvrages équipés d'une pompe à moteur donnent souvent une eau moins chargée en fer que celle provenant des puits soumis à exhaure classique. Par exemple :

1/ - CENOMANIEN

Teneur en fer	ouvrages équipés d'une pompe à moteur	puits sans pompe
Maximale	-	5,00
Moyenne	0,10	1,53

2/ - MAESTRICHTIEN DU DAHOMEY

Teneur en fer	ouvrages équipés d'une pompe à moteur	puits sans pompe
Maximale	-	2,70
Moyenne	0,23	0,58

3/ - CONTINENTAL TERMINAL DU NIGER

Teneur en fer	ouvrages équipés d'une pompe à moteur	puits sans pompe
Maximale	1,25	4,00
Moyenne	0,74	1,06

4/ - CONTINENTAL TERMINAL DE MAURITANIE

Teneur en fer	ouvrages équipés d'une pompe à moteur	puits sans pompe
Maximale	0,35	4,40
Moyenne	0,14	0,70

d) Les ouvrages équipés d'une pompe à main paraissent donner des eaux dont les teneurs en fer dissous sont les plus élevées. Par exemple :

Nappes	Teneur en fer maximale	teneur en fer moyenne
Maestrichtien du Dahomey	50	16
Arènes granitiques niveau Korhogo	64	9,55
Arènes granitiques niveau Bouaké	7,30	2,00

e) Une mention spéciale doit être faite pour le quaternaire de Port-Gentil, exploité par puits dans lesquels on syphonne et où les teneurs en fer sont les plus importantes. Ces fortes teneurs sont sans rapport avec le type d'ouvrage ni le système d'exhaure à priori.

En conclusion, il semble qu'il y ait, à l'exception des ouvrages de Port-Gentil, une relation entre la teneur en fer et le type d'ouvrage et son équipement.

4/ Tentatives de relation entre la teneur en fer et la nature de la roche magasin :

La présence de fer dissous dans les eaux impliquant à priori la présence de fer dans le sol, il est apparu intéressant de tenter une corrélation avec la nature de la roche magasin.

La nature de la roche magasin est généralement définie par le géologue ou l'hydrogéologue chargé du contrôle des travaux. La définition qui en est donnée ne satisfait pas dans l'ensemble aux besoins qui se manifestent dans cette étude. Elle est essentiellement pétrographique, rarement minéralogique. Nous nous attacherons à relever la présence du fer dans les zones aquifères captées et plus particulièrement au droit de la crépine. Pour de nombreuses raisons, ces données sont de valeur inégale et souvent, l'absence d'indication ne sous-entend nullement l'absence de niveaux ferrugineux. Il n'est pas distingué la combinaison dans laquelle se trouve le fer et par suite, les horizons ferrugineux sont signalés sous des appellations simplifiées.

La corrélation enfin ne porte que sur les forages, seuls ouvrages dont on dispose d'une coupe géologique.

Il a été réalisé par nos soins quelques déterminations de teneurs en fer de cuttings et carottes. Ces mesures ont été faites sur des échantillons concernant des ouvrages cités dans l'étude et également d'autres ouvrages qui, bien que non cités intéressaient les nappes étudiées.

La corrélation : nature de la roche magasin - teneur en fer est rapportée dans les tableaux ci-après.

NAPPE ETUDIEE	Nature géologique de la formation captée	Nombre d'ouvrages étudiés	Eléments particuliers signalés dans les coupes géologiques	Teneur en fer de l'eau	
				maxi.	moy.
<u>FORAGES ARTESIENS</u>					
Grès de Tchirezrine : Niger	grès grossier à fin	1	rien à signaler	-	0,16
" "	"	3	" "	-	-
Paléocène du Dahomey	calcaire blanc	2	" "	0,83	0,55
Quaternaire : séries deltaïques du Tchad	sable plus ou moins argileux	11	argile	5,30	2,07
Quaternaire : séries deltaïques du Tchad	sable plus ou moins argileux avec passées d'hydroxyde de fer	1	hydroxyde de fer, argile	-	0,70
Maestrichtien Sénégal	sable plus ou moins argileux	3	pas de coupe	1,10	0,71
Maestrichtien Dahomey	sable	2	pas de coupe	2,80	1,50
" "	sable	1	mica - pyrite	-	4,00
Continental Terminal Niger	sable argileux	2	oolites ferrugineux et grès ferruginisés	0,60	0,60
<u>FORAGES SUBARTESIENS EQUIPES</u>					
<u>D'UNE POMPE A MOTEUR</u>					
Turonien du Niger	calcaire marneux	1	rien à signaler	-	0,40
Turonien du Gabon (nappe inférieure)	grès argileux, calcaire, marnes	3	rien à signaler	0,23	0,14
Turonien du Gabon (nappe inférieure)	grès argileux, calcaireux, marnes	1	nodules ferrugineux sur 2 m	0,03	-
<u>FORAGES SUBARTESIENS EQUIPES</u>					
<u>D'UNE POMPE A MOTEUR</u>					
Paléocène de Sébikotane	calcaire	4	rien à signaler	1,10	0,77
Quaternaire Dakar	sable blanc et jaune	13	" "	1,16	0,76
Quaternaire Dakar	sa" " "	1	" "	1,20	-
Maestrichtien Sénégal	sable plus ou moins argileux	55	pyrite, hématite, limonite	10,70	2,50
Maestrichtien Dahomey	sable	10	mica - pyrite	3,20	2,27

Grès du Tégama	grès et sable	6	mica - argile	0,75	0,48
Cénomanién	grès et argileux	2	mica	1,50	1,08
Continental Terminal Niger	sable argileux	2	mica - ferrugineux - pyrite	1,50	1,08
<u>FORAGES PHREATIQUES EQUIPES</u>					
<u>D'UNE POMPE A MOTEUR</u>					
Turonien du Gabon	marnes, argiles, sables et grès	4	rien à signaler mais teneur en fer des cuttings supérieure à celle des cuttings de la nappe inférieure	1,50	1,15
Quaternaire Dakar	sable blanc et jaune	2	rien à signaler	0,50	0,36
Tertiaire Continental d'Abidjan	sable blanc, blanc et crème. Quelquefois niveaux argileux	13	rien à signaler	0,73	0,34
Tertiaire Continental du bassin de Côte d'Ivoire	sable blanc, blanc et crème. Quelquefois niveaux argileux	6	rien à signaler	2,70	0,90
<u>FORAGES PHREATIQUES EQUIPES</u>					
<u>D'UNE POMPE A MOTEUR</u>					
Quaternaire de Gogo (Niger)	sable jaune dunaire	4		1,30	0,56
" " "	" " "	6		3,30	2,50
Grès du Tégama	grès et sable	5	ferrugineux	0,60	0,36
" "	" "	1	mica	-	1,10
" "	" "	3	-	0,57	1,35
Cénomanién	grès argileux	1	mica	-	1,10
"	" "	4	-	5,00	1,53
Continental Terminal Niger	sable argileux	2	ferrugineux	1,25	0,74
" " "	" "	10	-	4,00	1,06
Continental Terminal Mauritanie	sable	6	rien à signaler	0,35	0,18
" " "	"	2	ferrugineux	0,30	0,24
" " "	"	33	-	4,40	0,70
Continental Terminal Dahomey	sable argileux	8	mica	2,80	0,75
" " "	" "	14	-	1,33	0,33
Quaternaire Tiaroye	sable	23	niveaux de latérite	18	3,37
Quaternaire Port-Gentil	sable	15		50	22

L'examen de ces tableaux montre que globalement, les teneurs en fer sont les plus faibles dans les formations où il n'est pas signalé d'éléments ferreux, tout au moins en ce qui concerne les nappes captives, artésiennes ou non. Il en est différemment dans les nappes libres. Un examen plus détaillé s'impose.

—o—o—o—o—o—o—o—o—o—o—

B I B L I O G R A P H I E

- 1 - R. BREMOND - Note sur l'Agressivité et la Corrosivité des eaux naturelles - novembre 1966 -
- 2 - G. SIRJEAN et R. COLAS - Encyclopédie des eaux de consommation - Editeur G. SIRJEAN - 19, rue Erlanger - PARIS 16° - 1956 -
- 3 - A. MORETTE - Précis d'hydrologie - Editeur MASSON -
- 4 - J. HALLOPEAU - Les équilibres carboniques dans les eaux - Revue : TERRE et EAUX n° 35 - 4° trimestre 1960 - 1er trimestre 1961 -
- 5 - R. COUTRIS - Le traitement des eaux agressives - Revue : Techniques et Sciences municipales - n° 10 - octobre 1963 -
- 6 - J. RODIER - L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau - Editeur DUNOD - 1966
- 7 - R. GIRARD - Essai de théorie générale des eaux douces - Revue : l'EAU - mars et avril 1960
- 8 - R. GIRARD - Action des sels sur l'équilibre des eaux calcaires - Revue : CEBEDEAU - juin - juillet 1962 -
- 9 - R. GIRARD - La corrosion des métaux ferreux par les eaux naturelles - Revue : L'EAU - mars et avril 1963 -
- 10 - R. GIRARD - Le problème de la corrosivité des eaux naturelles - Revue Corrosion et Anticorrosion Vol. 12 n° 8 - décembre 1964 -
- 11 - SEGALEN - Le fer dans les sols - 1964 -
- 12 - R. BREMOND - Les techniques de développement des puits - 1964 -
- 13 - R. BREMOND - Amélioration par acidification d'un captage d'eau dans une formation calcaire - janvier 1962 -

—o—o—o—o—o—o—o—o—o—o—

FIGURE 1

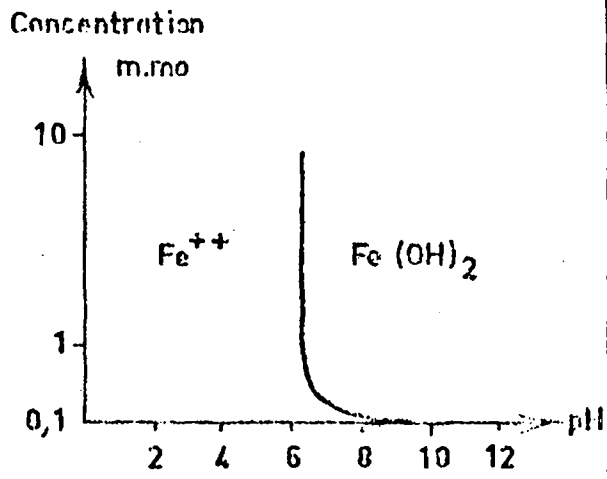


DIAGRAMME DE PRECIPITATION DE
Fe(OH)₂ A PARTIR DE L'ION FERREUX
Fe⁺⁺

FIGURE 2

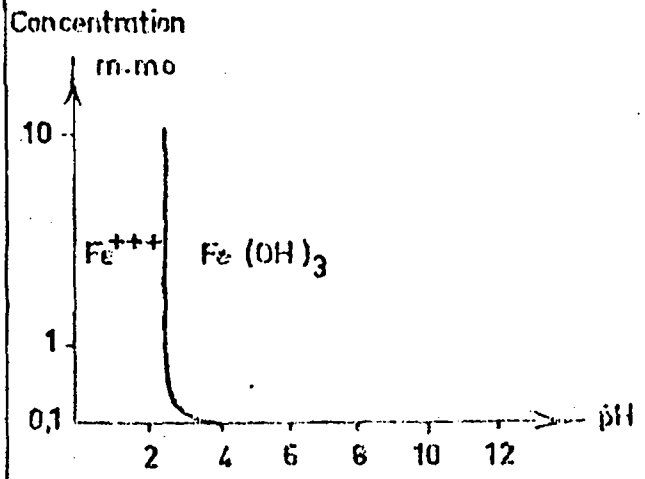
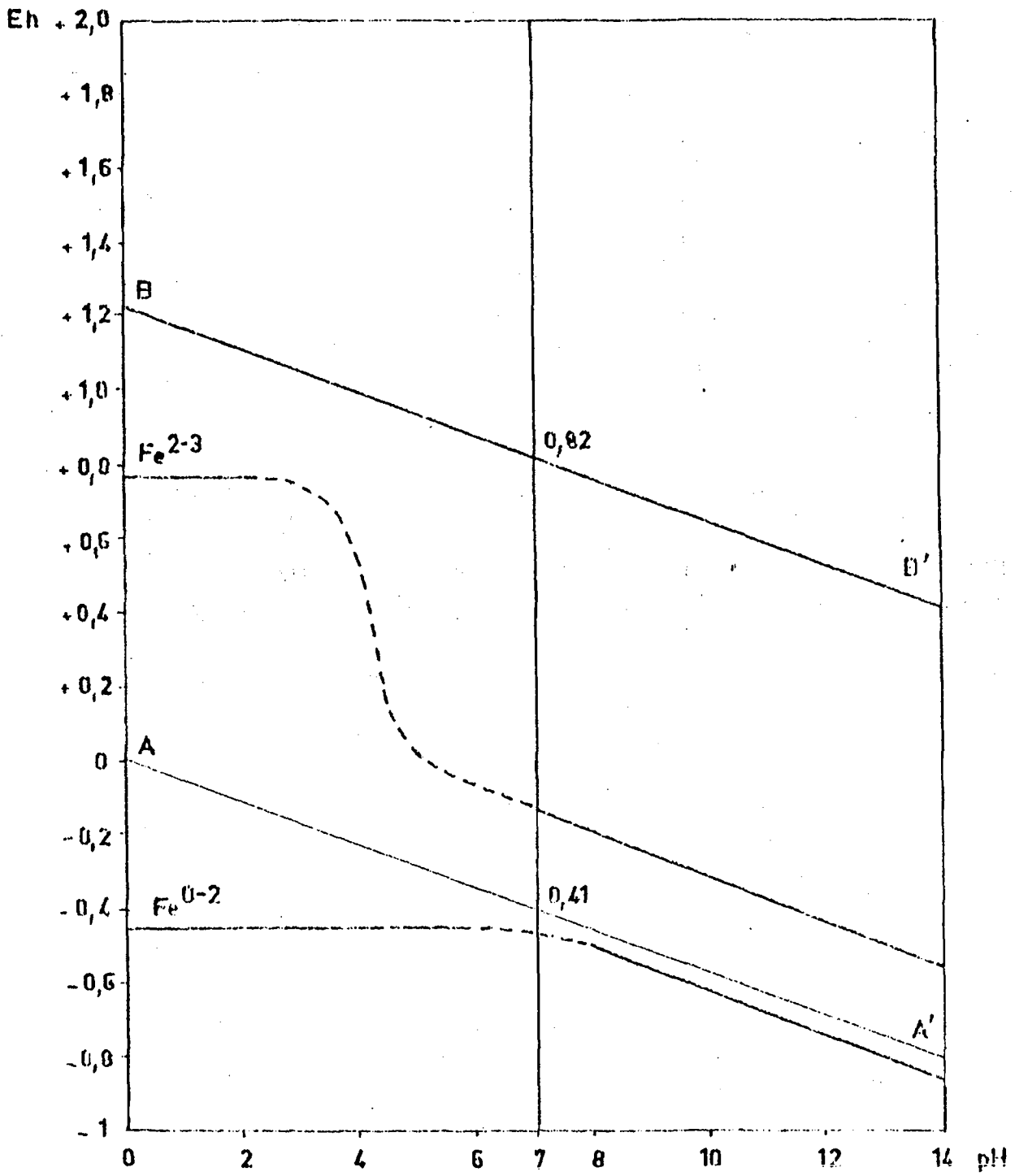


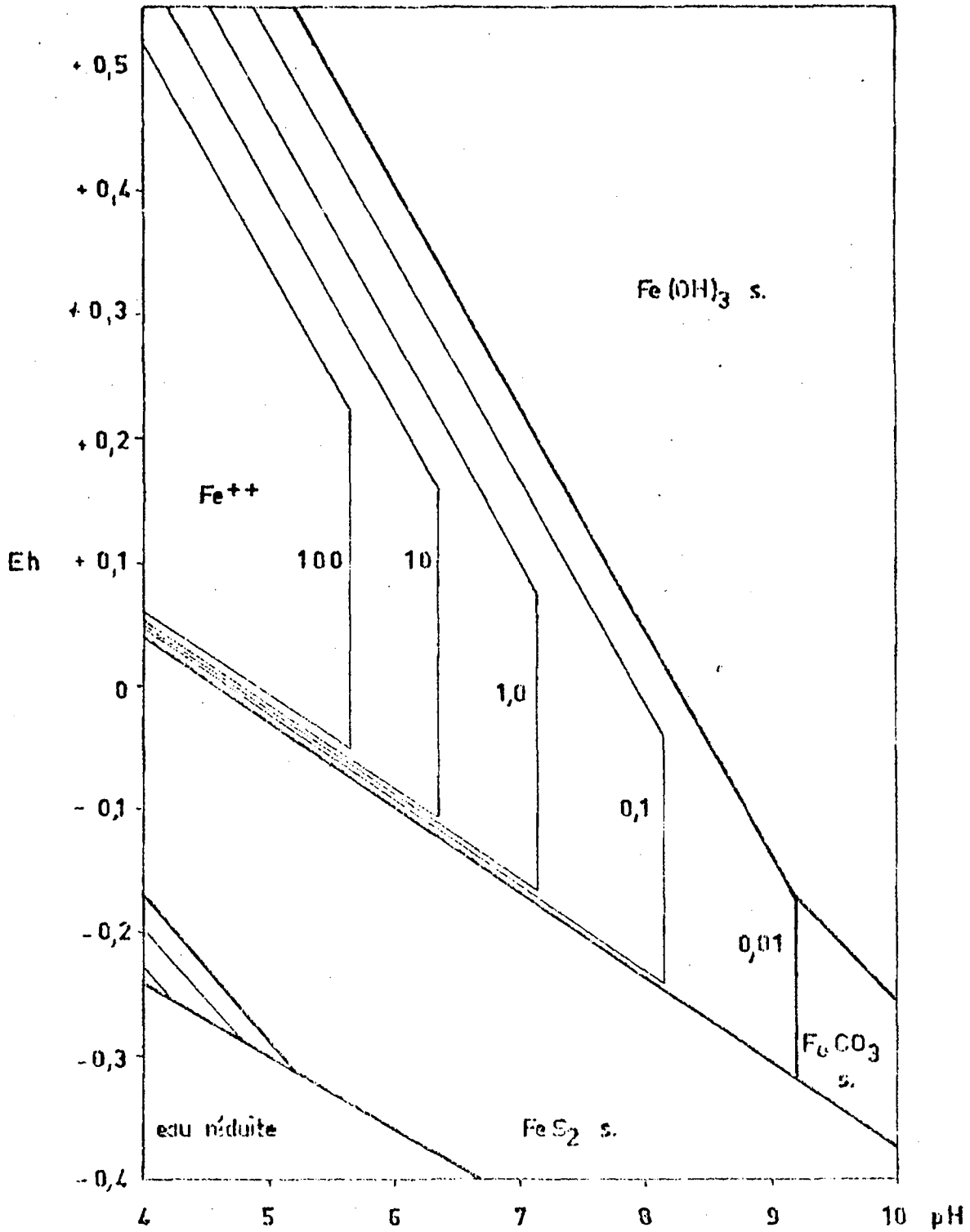
DIAGRAMME DE PRECIPITATION
DE Fe(OH)₃ A PARTIR DE L'ION FERRIQUE
Fe⁺⁺⁺

FIGURE 3



VARIATION DE Eh EN FONCTION DE pH.
d'après D. MASON (1952)

FIGURE 4



FER DISSOUS EN FONCTION DU pH ET DU Eh.

CARBONATES EN $\text{CO}_3\text{II} = 100$ ppm

SULFURES EN $\text{SO}_4 = 10$ ppm

d'après J.D. HEM et W.H. CROPPER.

ALIMENTATION EN EAU POTABLE DANS LES CENTRES GERES PAR LA
SOCIETE D'ENERGIE ET D'EAU DU GABON

---:---:---:---:---:---:---:---:---:---

1 - CENTRES ALIMENTES EN EAU POTABLE

Le 1er Octobre 1972, les centres dotés d'un réseau de distribution d'eau potable gérés par la S.E.E.G. sont les suivants :

- LIBREVILLE
- PORT-GENTIL
- LAMBARENE
- MOANDA
- NIEM
- BITAM
- MOUILA
- FRANCEVILLE
- GAMBA
- N'TOUM.

Pour chacun de ces centres, nous allons faire un bref rappel historique de leur alimentation en eau potable.

1-1 - LIBREVILLE

C'est en 1935 que débutèrent les premiers travaux qui devaient doter LIBREVILLE d'une distribution en eau potable.

Cette alimentation en eau potable était réalisée par le captage des sources :

- BATAVIA
- GUE-GUE
- PEYRIE
- AREMBO
- N'KEMBO.

Suite à l'augmentation des besoins en 1953 - 1954, trois forages ont été exécutés à des profondeurs de 150 à 200 m et en 1960 la source dite de l' "Aviation" a été captée.

En 1961 - 1962, trois nouveaux forages durent être effectués pour suivre l'augmentation de la consommation.

C'est en 1964 - 1965 que la S.E.E.G. nouvellement créée a entrepris la réalisation de trois autres forages et la mise au point définitive du projet d'adduction d'eau à partir de la N'ZEME à N'TOUM.

La première tranche réalisée en 1966 - 1967 consistait en la création d'un barrage sur la N'ZEME, d'une station de traitement de 5.000 m³/jour, d'une conduite de refoulement en fonte ductile de 450 mm de diamètre entre N'TOUM et le PK 6, d'un réservoir de 1.500 m³ en ce point.

.../...

La seconde tranche réalisée en 1969 a consisté en le doublement de la station de traitement de N'TOUM portant sa capacité à 10.000 m³/jour et la création d'un second réservoir au PK 6.

La station de traitement de N'TOUM est une station DEGREMONT équipée de deux pulsators et huit filtres aquazur et le traitement comprend :

- une floculation - décantation
- une filtration
- une chloration - neutralisation.

En 1969, l'étude de la troisième tranche de N'TOUM a été entreprise et les travaux correspondants seront exécutés à partir de fin 1973.

En 1972 a été créée sur la conduite reliant N'TOUM à LIBREVILLE une station de surpression permettant de faire passer le débit de cette conduite de 410 m³/h à 570 m³/h.

Dans le tableau ci-dessous, nous faisons apparaître l'évolution de la production depuis 1950

217.000 m ³	en 1950
340.000 m ³	en 1955
625.000 m ³	en 1960
1.120.000 m ³	en 1965
3.183.000 m ³	en 1970
4.050.000 m ³	en 1972.

Le 1er Octobre 1972 :

- la longueur du réseau était de 161,757 km
- le nombre de branchements particuliers de 4.092
- le nombre de branchements industriels de 4
- le nombre de bornes fontaines de 40.

1-2 PORT-GENTIL

L'alimentation en eau potable de PORT-GENTIL date de 1951. Elle était réalisée à cette époque par trois chaînes de puits siphonnés exécutées au centre de l'île. Les eaux étaient traitées par une station comprenant :

- une aération
- une floculation
- une décantation statique
- une filtration
- une chloration.

Du fait de l'augmentation de la consommation, une cinquième chaîne de puits a été réalisée en 1967.

Etant donné le nombre de puits créés et comme les besoins augmentaient constamment un forage profond d'essai a été réalisé. Après un fonctionnement correct de deux ans, huit forages ont été exécutés entre Septembre 1969 et Septembre 1971.

.../...

La station de traitement a été doublée par une station DEGREMONT comprenant :

- une flocculation décantation par pulsator
- une filtration
- une chloration - neutralisation.

L'eau des forages contenant une assez grande quantité de fer, une aération a été prévue et sera réalisée en 1973.

Dans le tableau ci-dessous, nous faisons apparaître l'évolution de la production et de la consommation depuis 1951 :

	1951	1956	1961	1966	1971
Production en m ³ /an	256.000	412.000	937.539	1.417.390	2.255.162
Consommation en m ³ /an	236.657	347.060	731.699	1.160.423	1.785.377

Le 1er Octobre 1972 :

- la longueur du réseau était de 64,395 km
- le nombre de branchements particuliers de 1.167
- le nombre de branchements industriels de 4
- le nombre de bornes fontaines de 53.

1-3 - LAMBARENE

L'alimentation en eau potable de ce centre date de 1963. Elle était réalisée à partir d'une source pérenne de débit variable suivant les saisons et une prise d'eau sur l'OGOUE.

Les eaux sont traitées avec une station CHABAL comprenant :

- une décantation statique
- une filtration
- une chloration - neutralisation.

Le débit nominal de la station est de 18 m³/h.

La production en 1971 était de 90.626 m³.

Au 1er Octobre 1972 :

- la longueur du réseau était de 11,017 km
- le nombre de branchements particuliers de 99
- le nombre de branchements industriels de 2
- le nombre de bornes fontaines de 13.

.../...

1-4 - MOANDA

L'alimentation en eau potable de ce centre date de 1964.

Au début, l'eau était achetée par la S.E.E.G. à la COMILOG.

Depuis 1971, une prise d'eau a été exécutée dans le MBERECE et les eaux sont traitées par une station DEGREMONT comprenant :

- une floculation décantation par pulsator
- une filtration par filtres sous pression
- une chloration - neutralisation

La capacité de cette station est de 20 m³/h.

La production en 1971 était de 71.802 m³.

Au 1er Octobre 1972

- la longueur du réseau était de 8,251 km
- le nombre de branchements particuliers de 92
- le nombre de bornes fontaines de 6

1-5 - OYEM

L'alimentation en eau potable de ce centre date de 1965 et est réalisée à partir d'une prise d'eau dans un étang des Eaux et Forêts.

Les eaux sont traitées dans une station DEGREMONT comprenant :

- une floculation décantation par pulsator
- une filtration par filtres sous pression
- une chloration - neutralisation

Le débit nominal de la station est de 10 m³/h.

La production en 1971 était de 65.041 m³.

Au 1er Octobre 1972 :

- la longueur du réseau était de 7,825 km
- le nombre de branchements particuliers de 116
- le nombre de branchements industriels de -
- le nombre de bornes fontaines de 2.

1-6 - BITAM

L'alimentation en eau potable de ce centre date de 1969 et est réalisée à partir d'une prise d'eau sur la MVEZE.

Les eaux sont traitées par une station DEGREMONT comprenant :

- une floculation décantation par pulsator
- une filtration par filtres sous pression
- une chloration - neutralisation.

Le débit nominal de cette station est de 10 m³/h.

La production en 1971 était de 13.278 m³.

.../...

Au 1er Octobre 1972 :

- la longueur du réseau était de 8,622 km
- le nombre de branchements particuliers de 59
- le nombre de branchements industriels de 1
- le nombre de bornes fontaines de 3.

1-7 - MOUILA

L'alimentation en eau potable de ce centre date de 1969 et est réalisée à partir d'une prise d'eau sur la NGOUNIE.

Les eaux sont traitées par une station DEGREMONT comprenant :

- une floculation décantation par pulsator
- une filtration par filtres sous pression
- une chloration - neutralisation

Le débit nominal de cette station est de 10 m³/h.

La production en 1971 était de 53.570 m³.

Au 1er Octobre 1972 :

- la longueur du réseau était de 7,920 km
- le nombre de branchements particuliers de 70
- le nombre de branchements industriels de -
- le nombre de bornes fontaines de 5.

1-8 - FRANCEVILLE

L'alimentation en eau potable de ce centre date de 1969 et est réalisée à partir d'une prise d'eau de la MPASSA.

Les eaux sont traitées par une station DEGREMONT comprenant :

- une floculation décantation par pulsator
- une filtration par filtres sous pression
- une chloration

Le débit nominal de cette station était de 10 m³/h.

En 1972, une seconde station de traitement a été construite à la suite de l'augmentation des besoins. Cette nouvelle station a une capacité de 20 m³/h.

La production en 1971 était de 59.434 m³.

Au 1er Octobre 1972 :

- la longueur du réseau était de 23,352 km
- le nombre de branchements particuliers de 170
- le nombre de branchements industriels de -
- le nombre de bornes fontaines de 3.

1-9 - GAMBA

L'alimentation en eau potable de ce centre date de 1969.

L'eau brute est fournie par SHELL - GABON à partir d'un forage. Elle est traitée par une station DEGREMONT comprenant :

- une aération
- une filtration
- une chloration - neutralisation

Le débit nominal de cette station est de 50 m³/jour.

La production en 1971 était de 20.046 m³.

Au 1er Octobre 1972 :

- la longueur du réseau était de 3.862 m
- le nombre de branchements particuliers de 177

1-10 - N'TOUM

L'alimentation en eau potable de ce centre date de 1970. Elle est réalisée à partir de la station de traitement de N'TOUM alimentant LIBREVILLE.

La consommation en 1971 était de 11.374 m³.

Au 1er Octobre 1972 :

- la longueur du réseau était de 2,303 km
- le nombre de branchements particuliers de 8.

2 - TRAITEMENT DES EAUX

Comme il a été vu précédemment chaque centre alimenté en eau est doté d'une station de traitement.

Le rôle de la station est de rendre l'eau apte à la consommation tant au point de vue physico-chimique qu'au point de vue bactériologique. Les eaux sont généralement très colorées et contiennent du fer ce qui nécessite un traitement aussi complet que possible.

Dans toutes les stations, les eaux sont chlorées à l'aide d'hypochlorite de calcium. Celui-ci est ajouté à la sortie des filtres et en quantité telle qu'en tous points du réseau de distribution, il y ait au moins 0,1 mg/l de chlore libre.

L'utilisation d'hypochlorite de calcium en satisfaisant à la norme de 0,1 mg/l de chlore libre en tous points du réseau, permet de garantir une eau bactériologiquement potable et les résultats d'analyses effectuées par les Services de la Santé indiquent que l'eau distribuée est bactériologiquement pure.

En dehors de LIBREVILLE, il n'y a jamais eu de problèmes causés par le coût de l'eau distribuée. Après la mise en fonctionnement de la station de N'TOUM, l'eau avait un goût désagréable dû aux chloro-phénols. Ce goût provenait d'une réaction entre l'eau et le produit utilisé pour la protection intérieure des conduites en fonte de l'adduction. Il a été éliminé par l'utilisation du sulfate d'ammonium formant avec l'hypochlorite de calcium des chloramines.

Certaines personnes se plaignent de l'odeur de chlore de l'eau à la sortie du robinet. Ce phénomène ne peut pas être évité si l'on veut obtenir en tous points du réseau 0,1 mg/l de chlore libre car la perte de chlore dans les châteaux d'eau implique que la dose de chlore soit plus forte en début de réseau.

Dans le but de pouvoir suivre plus attentivement la qualité bactériologique de l'eau distribuée dans tous les centres, la S.E.E.G. a prévu de se procurer le matériel nécessaire pour effectuer les "tests colofom".

A l'aide de milieux de culture sélectifs, cette méthode d'utilisation simple mais relativement coûteuse permet de déterminer si une eau est polluée ou non. Ces mesures devraient pouvoir être entreprises dans quelques mois.

3 - PRINCIPAUX PROJETS

Le principal projet d'alimentation en eau est le doublement des installations de production de N'TOUM. Ce projet comprend la réalisation :

- une station de traitement de 20.000 m³/jour
- une conduite de 600 mm ou de 800 mm entre N'TOUM et LIBREVILLE(40km)
- un réservoir semi-enterré de 10.000 m³
- une extension du réseau de distribution par 18 km de conduite et diamètre compris entre Ø 150 et Ø 700 mm
- un barrage sur le Haut-Assango avec prise d'eau
- une conduite de réalimentation de la N'ZEME à partir de l'ASSANGO, conduite de 500 mm sur 5 km.

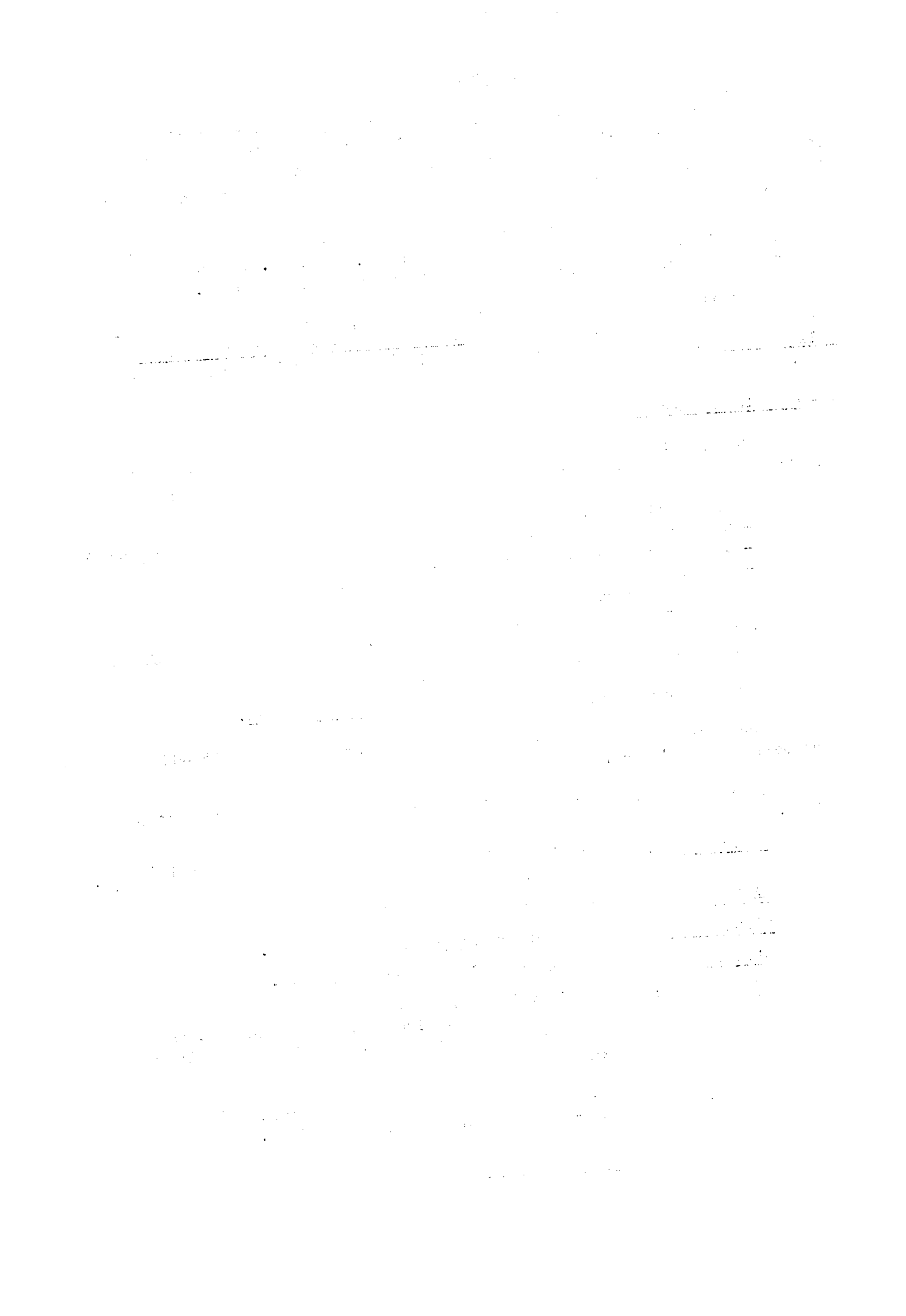
Ces différents travaux seront réalisés en 1974 et 1975.

Une extension de la production et de la distribution de PORT-GENTIL est actuellement à l'étude.

Pour les Centres Ruraux, plusieurs projets sont sur le point d'être réalisés.

- TCHIBANGA : l'alimentation en eau de ce centre sera réalisée en 1973.
- MAKOKOU : elle sera réalisée en 1974.
- KOULAMOUTOU : elle sera réalisée au début de 1974.
- M'VENGUE : elle devrait être réalisée en 1974.
- OYEM : les installations de production sont utilisées actuellement à la limite de leur possibilité, une extension est à l'étude et devrait intervenir en 1974.

Les alimentations en eau potable des centres de NDJOLE, NDENDE et ensuite LASTOURVILLE devraient être entreprises à partir de 1975.



DISTRIBUTION DE L'EAU et SPECT SANITAIRE

DANS LA REPUBLIQUE GABONAISE

---:---:---:---:---:---:---

EXPOSE DE Mr. MINSTA MI OWONO

DIRECTEUR DE L'ENVIRONNEMENT

LIBREVILLE

---:---:---

Les problèmes que pose l'eau sur son utilisation quotidienne et son alimentation dans le milieu rural de la République Gabonaise, dépendent en grande partie de l'Environnement géographique du Territoire. Schématiquement, on peut dire que le Gabon est divisé, en trois zones hydrographiques sensiblement distinctes recouvrant une superficie de 267.000 km².

- La première qui va de l'équateur au Nord, prolongée par le Sud Cameroun et le Nord-Ouest de la République populaire du Congo.
- La deuxième qui commence sous l'équateur pour s'allonger au Sud et au Sud-Ouest du pays, elle borde le littoral de l'Océan Atlantique.
- La troisième comprend les régions de l'Est et Sud-Est de l'Ogooué-Lolo et du Haut-Ogooué.

Ce partage repose sur des différences spécifiques :

- La première zone est un réseau hydrographique très dense grâce à son relief cristallin et à son couvert forestier très épais (c'est une zone de futaies). Dans cette partie du Territoire, les problèmes de l'eau ne se posent pas du point de vue quantité, mais du point de vue sanitaire ; la proximité des puits villageois en majorité traditionnels, à côté des agglomérations, témoigne des risques de pollution, d'infection et éventuellement de contagion.

- La deuxième zone possède les mêmes caractéristiques géographiques que la précédente à des différences près ; malgré la présence d'un couvert végétal, cette zone est parsemée de savanes, de montagnes cristallines (Mont de Chaillu et Mont de Mayumba) et de grands lacs le long du littoral de l'Atlantique. Dans les savanes, l'apport d'eau est assez faible, mais important dans la zone des lacs du littoral Atlantique.

- La troisième zone est celle des plateaux, au couvert végétal clairsemé, pauvre, les points d'eau sont loin des agglomérations et leur recherche impose aux villageois une longue marche à pied.

Pour l'ensemble du Territoire on peut conclure que :

- Le climat est chaud et humide avec des faibles variations de température et un degré très élevé d'humidité atmosphérique.

.../...

- Un relief accidenté. En dehors des basses zones côtières et quelques savanes, la végétation couvre 90 % de la superficie du Territoire.

- Un réseau hydrographique très dense, ce qui témoigne l'apport d'une bonne quantité appréciable :

- 2 m à 3 m/an de hauteur de pluie. Mais les problèmes de l'eau se posent de vue approvisionnement et du point de vue qualité.

Le Département de l'Environnement a eu à demander aux services techniques des travaux d'eau, des statistiques et des calendriers d'études, concernant à la fois, l'alimentation en eau des villages ruraux, les méthodes de lutte bactériologique et les procédés chimiques pouvant améliorer la qualité gustative de l'eau potable. L'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.), sous l'égide du Ministère de la Santé Publique, nous a fourni des statistiques sur les travaux réalisés depuis 1961, et les études prévues pour la période de 1971 - 1980. Les statistiques sont en fait vieilles, car elles remontent vers les années lointaines de 1961 - 1962. Cependant leur nature réaffirme l'insuffisance actuelle de l'alimentation en eau de nos villages ruraux. Ces statistiques soulignent que sur 39 Centres urbains, 10 sont pourvus d'un réseau d'adduction d'eau comme l'indique le tableau ci-contre :

C E N T R E S	B O R N E S Fontaines installées	B O R N E S Fontaines en service
Libreville	33	33
Port-Gentil	47	47
Lambaréné	15	14
Franceville	6	6
Moanda	6	6
Mouila	5	5
Oyem	5	0
Bitam	5	0
Gamba	0	0
Tchibanga	0	0

(Les deux derniers centres ont chacun un réseau d'adduction d'eau mais les bornes fontaines ne sont pas encore installées).

Le pourcentage de la population recevant l'eau à domicile est de 8 %, comme vous le constatez, c'est un pourcentage faible.

Port-Gentil, la Capitale économique de notre pays, compte 4.710 abonnés sur 5.240 du territoire (il s'agit là des chiffres de 1962).

Sur 122 bornes fontaines installées en zones urbaines, 9 % ne fonctionnent pas.

Dans les centres ruraux et les zones rurales, 4.513 villages gabonais s'alimentent encore, comme je l'ai souligné plus haut, à l'eau des sources, des marigots et des puits ; ces points d'eau sont plus souvent éloignés des habitants ; les distances à parcourir sont longues et demandent aux habitants une marche pénible à pied. Ces mêmes points sont pollués en général, et donnent naissance à des maladies d'origine hydrique telles que :

- la fièvre typhoïde et paratyphoïde
- la dysenterie bacillaire
- l'amibiase
- le paludisme
- la diarrhée
- et d'autres maladies similaires.

A l'heure actuelle nous assistons à une recrudescence de certaines épidémies telles que :

- la furonculose
- la typhoïde
- la rougeole
- etc...

La plupart sont d'origine hydrique. Les objectifs fixés par l'O.M.S. soulignent que dans la période de 1971 - 1980, l'eau doit être fournie sous-conduite dans les habitations, à proximité au moins 40 % des habitants des villages ; les 60 % restants devant avoir accès à des fontaines publiques à proximité de chez eux.

Le pourcentage de la population rurale disposant d'eau sous-conduite devrait en outre passer à 20 % au cours de cette même période.

Bref, un effort considérable est encore à faire pour atteindre cet objectif. Cependant le service national d'Assainissement (le S.N.A.), rattaché à l'O.M.S., avait procédé dans le cadre de la seule ville de Libreville, à l'aménagement des puits artificiels (PK 30 et PK 31) et de certains captages (PK 5). Le manque des cadres moyens et l'absence d'une main d'oeuvre locale qualifiée, sont à présent les difficultés que rencontre le S.N.A., dans ses travaux d'aménagement des puits et des captages artificiels ; il faut ajouter à cela l'esprit imperceptible et réfractaire des habitants. Une solution consisterait donc à encourager, parallèlement aux travaux d'adduction d'eau potable sous-conduite, les forages des puits artificiels en zones rurales.

Les autres difficultés rencontrées, proviennent de la mauvaise répartition spatiale de nos agglomérations rurales ; le gouvernement gabonais a préconisé à cet égard une politique de regroupement des villages et de création de gros bourgs et de postes de croissance en vue de fixer la population, de faciliter l'alimentation en eau des villages ruraux et d'alléger aussi les coûts des travaux d'adduction d'eau.

.../...

Pour le moment on est encore loin d'atteindre les améliorations escomptées par l'O.M.S. à la période de 1971 - 1980.

La Capitale économique, Port-Gentil, qui est la seconde ville côtière du pays, a un cas spécial. La Société d'Energie et d'Eau du Gabon (la S.E.E.G.) est l'organisme qui s'occupe principalement des questions d'eau de cette ville ; mais on sait entre autres choses que le sous-sol de Port-Gentil limite les puits à 5 mètres en moyenne, son eau souterraine est salée et contient des éléments ferreux. Les difficultés techniques rencontrées par la S.E.E.G. dans le forage des puits à Port-Gentil avaient été largement exposées à Nouakchott par M. Février et le C.I.E.H. a prévu un programme d'études pour la nappe souterraine de PORT-GENTIL.

La Société d'Energie d'Eau du Gabon nous a fourni un document qui complète celui-ci et sous-titré, "document B". Ce document donne :

1°) - Les principaux centres gérés par la S.E.E.G.

avec l'historique de l'alimentation en eau de chaque centre.

Cette première partie rappelle les méthodes et les techniques utilisées par la SEEG pour chaque centre, et donne un aperçu sur la production de chacun d'eux.

2°) - Le traitement des eaux par la S.E.E.G.

il s'agit des procédés physico-chimiques et sanitaires employés pour le traitement de l'eau potable, et la lutte contre sa pollution.

3°) - Le 3ème point concerne les principaux projets de certains centres, prévus pour deux ans.

---oooOooo---

DISCUSSION
=O=O=O=O=O=O=

Mr. WILSON (CMS)

- Je tiens à tranquiliser l'orateur au sujet de l'assistance de l'OMS au Gabon dans le domaine de l'assainissement de l'eau potable. Il est vrai qu'il a signalé le départ de Mr. PASCAL, mais il faut vous dire que cet ingénieur avait atteint la limite d'âge de 60 ans et que par conséquent il devait partir à la retraite. L'OMS a fait le nécessaire et déjà le gouvernement gabonais a été informé qu'un autre ingénieur sera bientôt au Gabon. L'orateur a aussi évoqué l'absence de cadres moyens et supérieurs, je puis l'assurer que l'OMS est prête si le Gabon dispose d'un candidat à lui **financer** ses études, soit à l'EIER, soit dans n'importe quel autre établissement similaire se trouvant en Afrique et nous sommes aussi prêts à lui donner une bourse de spécialisation dans le domaine de l'hydraulique urbaine et du Génie sanitaire à Rabat au Maroc, **pourvu que le gouvernement en fasse la demande** et que cette demande se trouve sur la liste prioritaire du Gouvernement. Je dois aussi informer les délégués qu'en consultant de l'OMS pour les questions de techniques sanitaires et particulièrement pour les techniques d'exploitation d'usines d'eau potable est passé par le Gabon et il a visité un certain nombre de pays de la région en vue de fixer le site où sera placée une école inter-états pour les techniciens exploitants des installations d'eau potable et d'égout ce qui signifie qu'à brève échéance on pourra former ces cadres intermédiaires moyens dont on a tant besoin en Afrique francophone. Certains pays anglophones disposent déjà de ce genre de facilités. J'ai été extrêmement sensible aussi au fait que l'orateur a insisté sur un aspect qui a été un peu trop négligé qui est l'aspect des adductions et distributions d'eau potable.

En effet nous savons tous que la plupart des maladies qui sévissent dans ces pays sont d'origine hydrique et que par conséquent un soin particulier devrait être apporté aux problèmes de désinfection. Ceci me permet de faire une digression quand on a parlé du problème de désinfection des eaux de puits, il y a un aspect extrêmement important qui est la désinfection du puits et de ses accessoires avant sa mise en service. Il ne suffit pas de dire que les eaux souterraines sont en général peu polluées s'il n'y a pas de sources de pollution extérieures ; nous savons que par le fait même de la présence de l'homme nous avons introduit des éléments pathogènes. Je suis à votre disposition pour vous donner des informations au sujet de l'assistance que l'OMS peut apporter dans le domaine de l'eau soit dans les zones urbaines soit dans les zones rurales.

Mr. KATAKOU (Togo)

- Mr. MINSTA a insisté tout à l'heure sur le regroupement des villages autour des points d'eau, c'est un aspect qui m'intéresse, je voudrais savoir quels ^{sont} les résultats de cette politique préconisée par l'Etat gabonais.

.../...

Mr. MINSTA (Gabon)

- Nous sommes actuellement dans la première phase de cette politique, c'est-à-dire création de comités qui ont pour but d'informer la population de la nécessité technique et politique de ces regroupements.

Mr. AMPAMBA (Gabon)

- Le développement de l'habitat rural se manifeste au long des voies de communication ou autour des points d'eau. Ce peut être un fleuve qui est en même temps une voie de communication ou simplement une source. Il a été préconisé bien avant l'indépendance une politique de regroupement. Cela favorisait le recensement des gens, mais cette politique s'est heurtée à une énorme résistance de la population, car les villageois qu'on déplaçait se retrouvaient dans les conditions qu'ils venaient d'abandonner. Actuellement il s'agit d'aboutir administrativement au même but mais en même temps faire en sorte qu'il y ait un progrès. Le progrès consistant en un ensemble d'équipements sociaux économiques parmi lesquels il y aurait l'eau et peut-être l'électricité.

Mr. KAKADIE (Côte d'Ivoire)

- Je voudrais porter à la connaissance des délégués que nous avons en Côte d'Ivoire une école des assistants d'assainissement et que nous pouvons former le premier niveau des personnels dont nos pays ont besoin pour affronter les problèmes d'assainissement. Nous avons déjà des élèves d'autres pays.

La côte d'Ivoire est un pays essentiellement agricole mais dans certains zones on peut déjà parler de problèmes de pollution et en ce moment nous cherchons comment affronter ces problèmes d'environnement dans les meilleures conditions. Par exemple nous avons dans la capitale même pas mal d'industries qui sont très polluantes et la question nous préoccupe beaucoup. Egalement à l'intérieur du pays où nous faisons une politique de décentralisation des industries, nous avons des problèmes graves de pollution. Nous avons beaucoup de difficultés à faire accepter par les industriels qu'ils rejettent les effluents avec les qualités requises parce qu'il y a une espèce de chantage. De même pour l'agriculture nous employons beaucoup d'engrais et d'insecticides et il se pose le problème de la pollution des eaux de surfaces et des eaux souterraines. Nous avons donc là des études très précises à mener et je pense tout de suite au code de l'eau qui doit aborder les questions. Je souhaiterais que Mr MINSTA nous trace l'organisation de la direction de l'environnement et nous dise quelles sont ses attributions à l'échelon du pays.

Mr. MINSTA (Gabon)

- A la conférence de Stockholm le concept d'environnement a été défini en 5 points :
 - utilisation rationnelle des ressources naturelles (protection, conservation et gestion des ressources)
 - pollution biologique
 - pollution chimique
 - déséquilibres physiques

.../...

- déséquilibres sociaux (l'exode rural par exemple est un aspect social de l'environnement)

Pour établir un service technique qui s'occupe de tout ceci il y a d'énormes difficultés. J'ai beaucoup de difficultés pour rassembler les données de tous les départements et aussi je suis en conflit avec certaines compétences. Dans une première phase je vais m'appuyer sur les services traditionnels compétents en leur demandant de m'envoyer des statistiques, des études en vue d'analyser les problèmes.

Mr. CALES (C.I.E.H.)

- Je reviens sur le problème du regroupement des habitants des zones rurales et en ce qui concerne l'alimentation en eau des villages. Je voudrais poser plusieurs questions à Mr. MINSTA :
- Taille minimum des bourgs ainsi créés
- Quel est leur équipement en infrastructure en particulier pour l'alimentation en eau ?
- Est-il prévu une installation de stérilisation et de quel type ?
- Est-ce qu'il y a eu des réalisations et quel en a été le résultat ?

Mr. MINSTA (Gabon)

- Pour le moment l'importance de ces villages est très variable. Actuellement la plupart de ces villages s'alimentent encore à partir de sources ou de marigots sans équipements techniques. Pour les grands centres (Lambaréné, Tchibanga, etc...), il existe un réseau d'adduction d'eau dans le cadre de la SEEG. Dans d'autres centres il est prévu des réseaux d'adduction dans le cadre de l'OMS. Pour les villages proprement dits il n'y a pas d'adduction d'eau.

Mr. AMPAMBA (Gabon)

- En ce qui concerne les zones rurales il n'y a pas encore de réalisations. Le programme est d'aboutir d'ici 1980 à avoir dans chaque village une adduction d'eau et l'électricité dans la mesure où les consommations le justifieraient. En ce qui concerne directement l'alimentation des villages je dois dire qu'actuellement nous sommes en train d'élaborer un programme qui intéresse les régions sud et sud-est du territoire là où il y a des problèmes de ressources en eau.

Mr. LEROUX (Niger)

- Quel est le pourcentage des localités du Gabon alimentées à partir des eaux souterraines ?

Mr. OUDIN (Gabon)

- Il n'y a que trois stations alimentées à partir des eaux souterraines, c'est Port-Gentil, Gamba et Libreville.

.../...

Mr. WILSON-(CMS)

- Je voudrais apporter quelques précisions complémentaires. Mr. MINSTA a parlé abondamment des objectifs mondiaux pour la nouvelle décennie et très souvent il a dit qu'il ne pensait pas que ces objectifs pouvaient être atteints au Gabon. Je m'empresse de le rassurer encore, le Gabon n'est pas le seul pays qui ne pourra pas faire face à ces objectifs. Mais ce ne sont pas des choses qui ont été établies à la légère. Nos pays neufs sont très sensibles à un phénomène très inquiétant qui est l'écart grandissant entre les pays développés et ceux qui le sont un peu moins. Si un effort délibéré, soutenu n'est pas fait par ces pays ; je pense qu'on finira par arriver à des situations catastrophiques. Et l'eau est un des secteurs d'activité qui est le plus vital non seulement pour la santé mais aussi pour le développement de l'économie. Le plus souvent les firmes qui veulent s'installer s'inquiètent d'abord de savoir si elles peuvent trouver de l'eau. Ceci est un facteur économique extrêmement important. Sur le plan purement sanitaire, notre objectif c'est de voir diminuer les budgets de médicaments, d'extension d'hôpitaux pour toucher à la cause de ces maladies. Comme tout le monde le sait, les plus répandues ce sont les maladies hydriques et fécales, donc cela définit clairement le secteur d'activité. En somme on ne demanderait pas un gouvernement, un effort financier surhumain, mais d'essayer par des mesures concertées, planifiées, en évitant toutes rivalités ministérielles, de résoudre ce problème dans les délais les plus courts. Actuellement le développement des services d'approvisionnement publics en eau constitue un indice de classification des pays et nous sommes tous sensibles à ce genre de classification. L'orateur a parlé aussi du problème de la pollution et il a aussi parlé des problèmes que créait une industrialisation sauvage. Je dois avouer que beaucoup de pays nantis profitent de la faiblesse des structures légales des pays neufs pour s'installer à son compte en laissant après eux des dommages parfois irréparables.

C'est en ce sens que l'initiative du C.I.E.H. soutenue par les délégués des Etats membres pour la constitution d'un code de l'eau et la protection de l'environnement dans ce domaine est une chose absolument opportune.

En ce qui concerne le problème des puits traditionnels et des puits forés, l'OMS adopte une solution réaliste. En ce sens qu'une première étape serait d'utiliser les techniques et connaissances locales pour essayer d'améliorer ce qui existe, en essayant le plus possible d'intéresser et d'encadrer les populations, ou bien un état est prêt à se lancer dans un programme à long terme avec investissements coûteux et budget d'entretien et alors il est libre d'adopter le système des puits forés avec moteur, pompes, etc... Mais nous pensons que dans un souci de réalisme des solutions transitoires comme les puits traditionnels améliorés vont constituer encore pendant longtemps pour nos faibles économies la solution.

En ce qui concerne le Gabon, d'ici 2 ou 3 mois, un projet financé par le PNUD va débiter et ces travaux concernent les égouts de Libreville.

.../...

Mr. AUBAME (Gabon)

- Je voudrais ajouter au sujet du regroupement des villages que jusqu'ici les gens s'installaient de façon assez anarchique, mais dans un proche avenir les services que j'ai l'honneur de diriger qui sont ceux de l'aménagement du territoire, vont se pencher sur ce problème d'une façon beaucoup plus technique. C'est-à-dire que les gens s'installeront là où nos études auront montré que l'on peut s'installer avec le maximum de bien-être.

Mr. N'GASSAM (Cameroun)

- Les problèmes de potabilité de l'eau qu'ont soulevé les représentants du Gabon, sont exactement les mêmes que ceux du sud-Cameroun. Surtout au-dessus de l'isohyète 1000 mm où les eaux de surface sont abondantes. Nous essayons dans la mesure du possible de capter les sources les plus proches des villages et dans le sud-ouest plus accidenté, nous réalisons des adductions d'eau gravitaire et nous installons des bornes fontaines dans les villages. Nous essayons d'avoir un point d'eau pour 500 habitants et dans les régions qui sont très peuplées, nous prévoyons un point d'eau pour 2.500 habitants.

Dans le sud-ouest du Cameroun on a regroupé les villages et ceux-ci pouvaient atteindre 15.000 habitants. Ces villages ont tenu 4 à 5 ans et actuellement nous assistons à un éclatement car ces regroupement avaient été faits sans tenir compte des conditions économiques et de l'éloignement des points d'eau et des zones de cultures. Dans le cadre du plan quinquennal nous allons agir de façon à mieux tenir compte de toutes ces conditions.

Mr. LEMOINE (SOMIVAC)

- En ce qui concerne la purification de l'eau pour les villages, des essais ont été faits, au Dahomey, de filtres à sables très simples pour arriver à une première clarification de l'eau qui est prélevée parfois directement dans les rivières pour alimenter en eau les villages. La direction du Génie Rural du Dahomey a eu pas mal de difficultés pour l'utilisation rationnelle de ces filtres par les habitants des villages. Et il y a certainement un travail d'études et de recherches à faire dans ce domaine pour arriver à améliorer les conditions sanitaires des distributions d'eau dans les villages. La filtration n'assure pas une purification totale au même titre que le ferait la chloration mais nous avons vu qu'il y avait une certaine résistance de la population à la chloration, donc la filtration pourrait déjà apporter une amélioration considérable à la qualité de l'eau qui est fournie.

La deuxième question que je voulais aborder concerne la formation. Le délégué de Côte d'Ivoire nous a signalé l'existence d'une école pour la formation de techniciens spécialistes des installations de traitement d'eau, Mr. WILSON dans son exposé a fait également allusion à l'existence de l'E.I.E.R. et je voulais apporter quelques précisions sur la nature de l'enseignement qui est donné à l'EIER

dans le domaine du génie sanitaire. Les élèves reçoivent une formation de base en chimie des eaux et en bactériologie, épidémiologie, parasitologie et ensuite il y a un cours assez détaillé concernant le traitement des eaux potables et le traitement des eaux usées. Bien entendu, sont aussi abordés tous les problèmes techniques concernant la réalisation d'un réseau d'adduction d'eau potable et d'un réseau d'assainissement. Le problème est de trouver un ou deux candidats qui aient le niveau suffisant pour pouvoir suivre les cours et puisque l'OMS est prête à fournir des bourses, le Gabon pourrait trouver là la solution au problème soulevé par Mr. MINSTA dans son exposé.

Mr. N'GASSAM (Cameroun)

- Mr. LEMOINE a mis l'accent sur le traitement physique de l'eau par filtration sur le sable. Mais le grand problème c'est que les villageois sont incapables de nettoyer le filtre eux-mêmes et les services nationaux éprouvent beaucoup de difficultés pour assurer l'entretien.

Mr. WILSON (OMS)

- Pour reprendre ce que Mr. LEMOINE vient de dire, l'E.I.E.R. est une école d'ingénieurs pas une école de techniciens. Donc si l'on désire former des techniciens ce n'est pas à l'E.I.E.R. qu'il faut les envoyer.

Mr. LEMOINE (SOMIVAC)

- Puisqu'on a parlé des techniciens, je voulais simplement apporter un complément d'information. A Ouagadougou, il existe également le centre de techniciens de l'hydraulique agricole de Saria qui est un établissement inter-états dont le statut est proche de celui de l'E.I.E.R. Il y a donc là des possibilités de formation de techniciens.

Mr. DAVID (Tchad)

- Je voudrais simplement signaler qu'il existe une école analogue à celle de Saria à Fort-Lamy.

Mr. N'GASSAM (Cameroun)

- Parmi une cinquantaine de techniciens que nous avons actuellement en service, je crois que quarante sont sortis de Saria.

Mr. KATOUKOU (Togo)

- Nous avons une école de formation des cadres moyens au Togo, l'Ecole Nationale d'Agriculture qui est à peu près analogue à celle de Saria.

EXPOSE DE Mr. COLIN (FORACO)

Je voudrais tout d'abord remercier Monsieur le Secrétaire Général d'avoir permis à une Société française de présenter ici le matériel qu'elle fabrique. Toutefois je ne voudrais pas que cette intervention prenne le caractère d'une intervention publicitaire.

Je pense que tous les participants ici présents ont pris connaissance des notices techniques concernant le matériel proposé, et que j'avais envoyées auparavant à Monsieur GAGARA.

Je me permettrai tout d'abord d'attirer votre attention toute particulière sur la "L.C.P.C. FORACO", utilisée comme sondeuse de reconnaissance hydraulique.

Cette unité a été inventée et conçue en association avec le laboratoire central des Ponts et Chaussées, dépendant du Ministère de l'Équipement français. Elle possède quatre formations de base : la poussée, la rotation (en cela elle est classique), la vibration et la vibropercussion en cela elle diffère de toutes les machines existant au monde et permet de ce fait de trouver des modes de forages inconnus jusqu'à ce jour, pouvant résoudre des problèmes complexes difficilement solubles par les moyens conventionnels.

Le forage de reconnaissance hydraulique se fait exclusivement à l'air en utilisant des tiges double-tube qui permettent de récupérer instantanément, sans arrêter le forage, des échantillons, carottes ou cuttings, non pollués et de faire ainsi une coupe géologique parfaite avec la récupération totale des matériaux.

Du fait que l'on fore à l'air par l'intermédiaire d'un tube, on a en permanence un "air lift" installé et donc possibilité de rester à l'avancement chaque formation individuellement, d'avoir une notion du débit et, ce qui est très important, des échantillons d'eau pour analyse.

Ainsi, pour tous les problèmes délicats où le forage rotary avec boue bentonitique empêche de tester convenablement les nappes aquifères, d'en déterminer au stade de la reconnaissance le nombre, le débit et la qualité de l'eau, nous pouvons vous offrir une méthode toute nouvelle, originale, qui permet de réaliser le forage dont rêve l'hydrogéologue.

Ainsi, pour tous les problèmes côtiers où il est important de déterminer les franges d'eau douce et d'eau salée, c'est la seule méthode applicable donnant des résultats significatifs.

Je voudrais vous signaler que, avec le procédé dont je viens de parler, dans les terrains tendres, nous arrivons à des vitesses de carottage de 40 m/heure, dans des granites durs, de 8 à 10 m/heure et dans des grès les plus durs et abrasifs, de 5 à 6 m/heure.

Parallèlement à cette nouvelle technique, notre société construit depuis plusieurs années des foreuses du modèle techno (SIS 56 et SM 70) du type rotary. Les premières machines ont été montées sur des tracteurs agricoles type FORD 5.000, utilisant la prise de force du véhicule, mais il est évident que l'on peut monter cette machine sur tout autre véhicule possédant une puissance suffisante et une prise de force.

Ces engins de forage ont été conçus en reprenant à leur base les problèmes de forage, tant ceux inhérents au forage proprement dit que ceux relatifs au déplacement.

- Avoir une sonde capable des meilleures performances de forage, permettant d'utiliser toutes les techniques de forage et de choisir celles des mieux adaptées au terrain.

- Utiliser un système porteur pouvant l'amener à pied d'oeuvre, quelles que soient les difficultés du terrain. Tels étaient les buts à atteindre.

Comme je l'ai déjà dit, la force motrice nécessaire à la sondeuse est fournie par le moteur du véhicule - ou par un moteur auxiliaire dans la version sur skid.

La chaîne cinématique simple de la rotation du train de tiges permet d'obtenir un couple très élevé - 1 000 M kg pour le SM 70, admettant l'utilisation de la tarière dans certains cas particuliers, et autorisant l'exécution de forages d'eau dans des diamètres supérieurs à 300 mm au tricone jusqu'à des profondeurs supérieures à 100 m. Des diamètres supérieurs peuvent être évidemment obtenus par système d'élargissage.

Je n'insisterai pas plus longtemps sur les caractéristiques de ces machines qui vous sont décrites dans les notes techniques en votre possession, les discussions auxquelles nous assistons ne permettent pas d'avoir le temps nécessaire pour développer le sujet : je regrette qu'il n'y ait pas la possibilité de projeter quelques diapositives, ainsi qu'un film que j'avais prévu à votre intention.

- J'allais oublier - et je m'en excuse de vous parler d'une toute nouvelle machine appelée Hydro 72, construite à partir du même élément mécanique SM 70, mais complétée d'un deuxième mat de 14 m, télescopique, permettant le gerbage de tiges par largeurs de 9 m, et la descente de tubages classiques de cette longueur.

Ce deuxième mat est équipé d'un treuil hydraulique de 5 tonnes à chute libre, permettant l'utilisation éventuelle du battage au câble, et la descente de tubages profonds. Je suis à votre disposition pour toute question que vous pourrez me poser et je vous remercie de votre attention.

NOTE SUR LA SONDEUSE "LCPC/VPRH"

La Société FORACO a mis au point en association avec l'Etat Français une unité de forage de conception entièrement nouvelle.

De par sa novation, cette unité permet d'envisager des forages de reconnaissance d'un type nouveau qui apporteront à la recherche géotechnique, minière, hydraulique, une information qui apparaîtra de plus en plus indispensable à l'ingénieur, à l'hydrogéologue responsable d'une recherche.

Cette sonde de reconnaissance est à la fois une sondeuse conventionnelle pouvant aller en carottage au câble à plus de 1000 mètres de profondeur, et, lorsqu'on emploie la vibro-percussion ou vibro-rotation, une unité révolutionnaire pour la reconnaissance des sols entre 0 et 150 mètres.

Le Sénégal, le Tchad, la Haute-Volta, le Niger, le Mali, ont à l'heure actuelle à faire face à des problèmes vitaux de recherche d'eau. De nombreuses études ont été faites avec des moyens conventionnels dans leurs zones désertiques. L'utilisation de la "L.C.P.C." comme moyen nouveau de prospection permettrait de résoudre beaucoup de problèmes dans des zones où les moyens conventionnels n'apportent que des informations fragmentaires.

LA RECHERCHE EN ZONE DESERTIQUE

Nous ne voulons parler que de la recherche de points d'eau à faible profondeur entre 0 et 150 mètres.

Cette unité travaillant à l'air, donc étant autonome, et donnant des informations immédiates et rapides sur la coupe complète des terrains et la nature des nappes d'eau, il est possible d'envisager un mode nouveau d'exploration hydraulique qui serait la recherche systématique par forage d'une zone désertique aussi grande soit-elle.

Un forage tous les kilomètres carrés pourrait être implanté et ensuite, en suivant les informations, la maille serait éventuellement resserrée. Cette méthode permettrait, mieux que toutes les méthodes géophysiques, de déterminer, dans une zone donnée, les ressources en eau avec son analyse et une information absolument complète et sans surprise.

Le prix de revient de cette exploration devrait être, pour une information pour une fois précise, inférieur aux méthodes conventionnelles.

La société est en mesure de fournir, outre le matériel, le personnel d'encadrement (géologues et foreurs) nécessaires à une mission expérimentale.