

IMPACT D'UN BARRAGE ANTI-SEL SUR LA DYNAMIQUE
DE LA NAPPE SUPERFICIELLE D'UN BAS-FOND

Communication aux deuxièmes journées de l'eau au Sénégal
"EAU ET DEVELOPPEMENT"
(8-10 Décembre 1988)

B. DIAWARA (*), B. BARRY (**),
P. BOIVIN, J.P. MONTOROI, J. TOUMA, P. ZANTE (***).

- (*) Université Cheikh Anta Diop, Dakar.
(**) ISRA, Djibelor.
(***) ORSTOM, Dakar.

RESUME

L'étude de la nappe superficielle d'une vallée aménagée fournit des informations intéressantes sur son évolution chimique et sur ses mouvements.

Ces derniers sont responsables de l'entrée d'eau salée en amont du barrage anti-sel, limitant quelque peu son efficacité.

La connaissance de la perméabilité des formations alluviales est précieuse pour améliorer le dessalement des terres et mieux optimiser la gestion hydraulique du barrage. Des études complémentaires sont néanmoins nécessaires en vue d'une modélisation des phénomènes.

INTRODUCTION

Le Gouvernement sénégalais a mis en oeuvre une politique d'aménagement des bas-fonds rizicoles de Casamance, axée notamment sur la construction de petits ouvrages hydro-agricoles: les barrages anti-sels.

Les objectifs assignés sont les suivants:

- arrêter l'invasion des têtes de vallées par les eaux marines sursalées préservant ainsi les terres amont contre une dégradation plus dramatique,
- retenir les eaux pluviales actuellement déficitaires et les réguler en favorisant la riziculture inondée,
- sécuriser les récoltes,
- assurer le désenclavement des villages,
- réhabiliter les parcelles rizicoles dégradées par salinisation et acidification (BARRY, 1986).

Le coût relativement modique et la participation des villageois eux-mêmes aux travaux ont permis, depuis les cinq dernières années, la réalisation d'une trentaine d'ouvrages en basse et moyenne Casamance sous la houlette du PIDAC et des ONG (*).

Si ce mode d'aménagement connaît un engouement certain auprès des populations, il n'en demeure pas moins qu'il reste un certain nombre d'interrogations concernant la gestion de l'ouvrage, notamment durant la saison des pluies (USAID/SOMIVAC/ISRA, 1985).

Des études détaillées s'avèrent nécessaires pour améliorer notre connaissance du milieu, en particulier lorsqu'il s'agit de comprendre comment circulent les eaux de nappe et comment évoluent leur qualité en période sèche.

Le bas-fond aménagé de Katouré, situé à une dizaine de kilomètres au sud de Ziguinchor, fait l'objet de telles recherches menées conjointement par les chercheurs de l'ISRA et de l'ORSTOM. Dans le cadre de son travail universitaire en hydrogéologie, B. DIAWARA (1988) a apporté sa contribution en s'intéressant à la détermination de la perméabilité de ces formations alluviales. Cette étude a permis de dégager les premiers enseignements à propos du rôle que joue la digue, associée au barrage anti-sel, sur la circulation des eaux salées dans la vallée.

(*) Projet Intégré de Développement Agricole de la Casamance et Organismes Non Gouvernementaux.

HISTORIQUE DES TRAVAUX

Le bas-fond de Katouré appartient au bassin versant du Kamoboeul bolon, affluent principal de la rive gauche du fleuve Casamance (fig. 1). La superficie de ce bassin est d'environ 700 km², dont une bonne partie est occupée par des sols d'origine fluvio-marine (210 km²).

La vallée fluvio-marine du Kamoboeul a fait l'objet de plusieurs études (GERCA, 1963; ILACO, 1967) montrant la possibilité de développer la riziculture en y aménageant un barrage-écluse anti-sel.

Une étude générale des différentes composantes du milieu a été effectuée (groupement BCEOM/IRAT, 1980), en particulier dans la vallée de Nyassia et de Toubakouta, qui prolonge celle de Katouré. L'objectif est de mettre en valeur les sols de mangrove et de tannes, zones peu exploitées et peu soumises à des contraintes foncières. L'emplacement le plus favorable pour un barrage-écluse a été définie, sa construction n'étant pas encore réalisée à l'heure actuelle (Compte rendu table ronde, 1980).

Face à la situation catastrophique engendrée par les années sèches du début de la décennie actuelle, les villageois de Katouré ont décidé, avec l'appui du PIDAC, de barrer l'entrée des eaux marines en utilisant une ancienne piste pour la construction d'une digue en terre et d'un petit ouvrage en béton. Ce barrage anti-sel a été achevé en 1983 et mis en eau durant l'hivernage 1984.

Ce site est représentatif du bassin versant du Kamoboeul, du point de vue pédologique et hydrologique. Un programme de recherche scientifique a été élaboré, conjointement par l'ISRA et l'ORSTOM. Il bénéficie du financement de l'Action Thématique Programmée CNRS/INRA/ORSTOM/CIRAD: "Influence des couvertures pédologiques et végétales sur les bilans hydriques et minéraux des sols". C'est dans ce cadre que s'est effectuée l'étude détaillée des transferts hydriques dans la zone saturée.

LE CADRE NATUREL

Les conséquences sur le milieu de la récente sécheresse ont été largement décrites (ISRA/CRODT, 1986; ISRA/ORSTOM, 1988; LE PRIOL, 1983; MARIUS, 1985). Nous mentionnerons seulement les principaux faits: abaissement du niveau de la nappe superficielle; acidification des sols de mangrove et sursalure des eaux de surface; disparition de la mangrove et perte de terres rizicultivées.

Le déficit pluviométrique persiste à l'heure actuelle, bien que certaines années soient meilleures (1984, 85 et 88). Cependant, les totaux annuels de ces dernières, à Ziguinchor, restent toujours inférieurs à la moyenne 1931-88 (1408 mm) ou à la normale 1931-1985 (1424 mm).

D'un point de vue hydrogéologique, la nappe superficielle des formations du Continental Terminal affleure au niveau des bas-fonds. Elle est directement influencée par les eaux sursalées des bolongs.

Les sols de la vallée sont constitués par des dépôts sableux plus ou moins acidifiés et recouverts par une couche argileuse discontinue d'épaisseur variable. Les abords du marigot sont fortement salinisés.

METHODOLOGIE

En amont et en aval de la digue anti-sel, une partie de la vallée de Katouré est équipée d'un réseau piézométrique, comprenant une certaine de tubes pvc, crépinés sur le dernier mètre.

Des techniques hydrogéologiques ont été mises en oeuvre pour la détermination de la perméabilité du matériau, à la base de chaque piézomètre. La méthode de l'essai d'absorption, variante de l'essai "Le Franc" a été employée sur l'ensemble du réseau, tandis que la méthode du "slug test" ou du choc hydraulique n'a été testée que sur un lot plus limité de sites.

Ces techniques présentent plusieurs avantages: modicité de l'investissement; rapidité dans l'exploitation des données.

* Essai d'absorption

L'expérimentation consiste à produire une différence de charge, soit par pompage, soit par injection, dans un tubage de dimension connue et préalablement crépiné à la base. Cette zone d'écoulement doit se situer impérativement dans la zone saturée.

Au niveau de chaque piézomètre du réseau, un trou de tarière de 3 m de profondeur est creusé et est rempli par un tube pvc de 8 cm de diamètre et crépiné sur un mètre. Après stabilisation du niveau statique de la nappe, nous injectons de l'eau de façon à remplir le tube et à atteindre un régime d'écoulement permanent. Une fois celui-ci obtenu, l'alimentation est coupée et nous suivons le tarissement dans le tubage au cours du temps, jusqu'à l'équilibre hydrostatique.

Théoriquement, cette courbe est une exponentielle amortie (CASSAN, 1980). La pente de la droite $-\log(z/h) = at + b$, où z représente, au temps t , la hauteur d'eau au dessus du niveau statique et h la hauteur d'eau initiale après arrêt de l'alimentation), est directement proportionnelle à la valeur recherchée de la perméabilité (fig. 2).

* "slug test" ou choc hydraulique

Cette méthode est simple à réaliser sur le terrain et est bien adaptée à la détermination des paramètres hydrodynamiques des aquifères faiblement perméables, en particulier leur transmissivité.

L'essai consiste à suivre, dans un tube, la descente du niveau d'eau H en fonction du temps, après avoir provoqué une brusque variation de ce niveau à l'aide d'un barreau plein.

Le principe et le traitement des données sont décrits par PETIT et VAUBOURG (1982). Il s'agit de tracer la courbe $H/H_0 = f(t)$ en coordonnées semi-logarithmiques et de la comparer à un réseau de courbes types exprimées en variables adimensionnelles de la forme (COOPER et al, 1967, 1973):

$$H/H_0 = f(\alpha, \beta) \text{ avec } \alpha = S \cdot R_p^2 / R_c^2 \text{ et } \beta = T \cdot t / R_c^2$$

H_0 représente le niveau d'eau initial après immersion du barreau,

R_p et R_c sont les rayons du forage respectivement au niveau de la couche aquifère et du plan d'eau libre (en mètres: dans notre étude $R_p = R_c$),

T et S sont respectivement la transmissivité (en m^2/s) et le coefficient d'emmagasinement (sans dimension) de l'aquifère,

t est le temps écoulé lorsque le niveau d'eau est à la cote H .

La superposition de la courbe expérimentale à une des courbes types fournit les valeurs α et β qui permettent de déterminer S et T . On estime qu'il faut atteindre $H/H_0 = 0.3$ pour effectuer une détermination satisfaisante. En toute rigueur, cette méthode nécessite que le forage traverse la totalité de la profondeur de l'aquifère. Notons que l'interprétation de ce type d'essai est plutôt délicate, notamment pour les faibles valeurs du coefficient d'emmagasinement (PETIT et VAUBOURG, 1982)

Connaissant la puissance b de l'aquifère (considérée, ici comme étant égale à la hauteur du tubage située sous le niveau statique de la nappe), nous déduisons la valeur de la perméabilité du matériau au voisinage du tubage, par l'expression suivante: K (cm/s) = T (cm²/s) / b (cm).

Ce type d'essai suppose plusieurs hypothèses au départ: aquifère homogène, isotrope, d'épaisseur constante, d'extension latérale illimitée. Elles sont en partie remplies dans notre cas.

RESULTATS

Les valeurs de perméabilité, obtenues par le test d'absorption (fig. 3), montrent une forte variabilité spatiale, de type aléatoire. Elles sont comprises entre 10^{-4} et 10^{-6} cm/s.

La variabilité texturale des dépôts alluviaux pourrait être à l'origine de cette hétérogénéité de la perméabilité. Une étude complémentaire de la granulométrie des sables est en cours.

Les résultats, enregistrés par la méthode du "slug test", confirment les ordres de grandeur, mais seulement sur un nombre limité de piézomètres. En effet, cette méthode s'est révélée, dans l'ensemble, inopérante et peu adaptée aux formations de la vallée.

Des mesures de drainabilité, effectuées sur des sols similaires par la méthode dite du "trou de tarière" ou méthode d'ERNST, corroborent également ce fait (BCEOM/IRAT, 1980). La perméabilité est évaluée à 2 m/jour, (écart-type: 1 m/jour), soit environ $2,3 \cdot 10^{-5}$ cm/s (écart-type: $1,2 \cdot 10^{-5}$ cm/s).

Les cartes piézométriques (fig. 4), à différentes dates, indiquent qu'il existe, durant la saison sèche, un écoulement souterrain d'eau chargée, de l'aval vers l'amont. Cette circulation s'opère vers les zones dépressionnaires, créant des poches de salinité.

CONCLUSION

Ce type d'aménagement a une fonction anti-sel uniquement pour les eaux de surface. Il n'empêche nullement l'intrusion des eaux salées profondes en saison sèche. Cette constatation limite sensiblement l'efficacité de l'ouvrage en ce domaine. Il importe, cependant, de nuancer ce propos, car, si cette salinisation par la nappe et par l'évaporation est effective, elle n'intéresse que la zone située immédiatement en amont du barrage. C'est pourquoi, il sera préférable de ne pas bâtir ces ouvrages trop en amont des vallées pour éviter ce type de contamination.

Les autres rôles assignés à ces barrages sont pleinement remplis, notamment en ce qui concerne le stockage des eaux de pluies.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARRY B., 1986.
Situations des aménagements hydro-agricoles des terres salées de basse Casamance. IIIème séminaire sur les aménagements hydro-agricoles et systèmes de production, 16-19 Décembre 1986, Montpellier.
- BCEOM/IRAT, 1980.
Etude économique et technique du barrage du Kamomboeul. Ministère Equipement Rural.
- CASSAN M., 1980.
Les essais d'eau dans la reconnaissance des sols. Ed. Eyrolles.
- COOPER H.H., BREDEHOEFT J.D., PAPADOPOULOS I.S., 1967.
Response of a finite diameter well to an instantaneous charge of water. Water Res. Research, vol. 3, 1, 263-269.
- COOPER H.H., BREDEHOEFT J.D., PAPADOPOULOS I.S., 1973.
On the analysis of "slug test" data. Water Res. Research. vol. 9, 4, 1087-1089.
- DIAWARA B., 1988.
Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe des formations fluvio-marines du bolong de Katouré. D.E.A. Géol. Appliquée, UCAD, Dakar.
- GERCA, 1963.
Les sols de la vallée de Nyassia et de Guidel. Aménagements hydro-agricoles en Casamance. Rapports..
- ILACO, 1967.
Aménagements hydro-agricoles en Casamance. Rapport de gestion des casiers de Médina et de Ndieb (1965-1967).
- ISRA/ORSTOM, 1988.
Mise en valeur des mangroves au Sénégal. Rapport final. C.C.E., Contrat T.S.D. A 104 (MR).
- ISRA/CRODT, 1986.
Actes du séminaire "L'estuaire de la Casamance: environnement, pêche, socio-économie". 19-24 juin 1986, Ziguinchor.
- LE PRIOL J., 1983.
Synthèse hydrogéologique du bassin sédimentaire casamançais. Ministère de l'Hydraulique, Dakar.

MARIUS C., 1985.

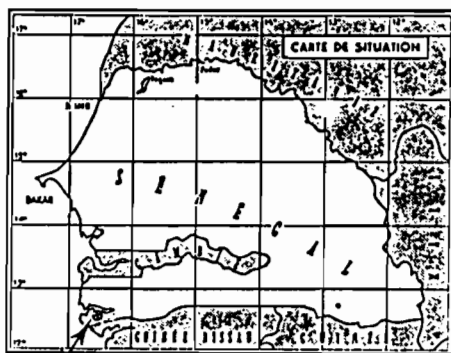
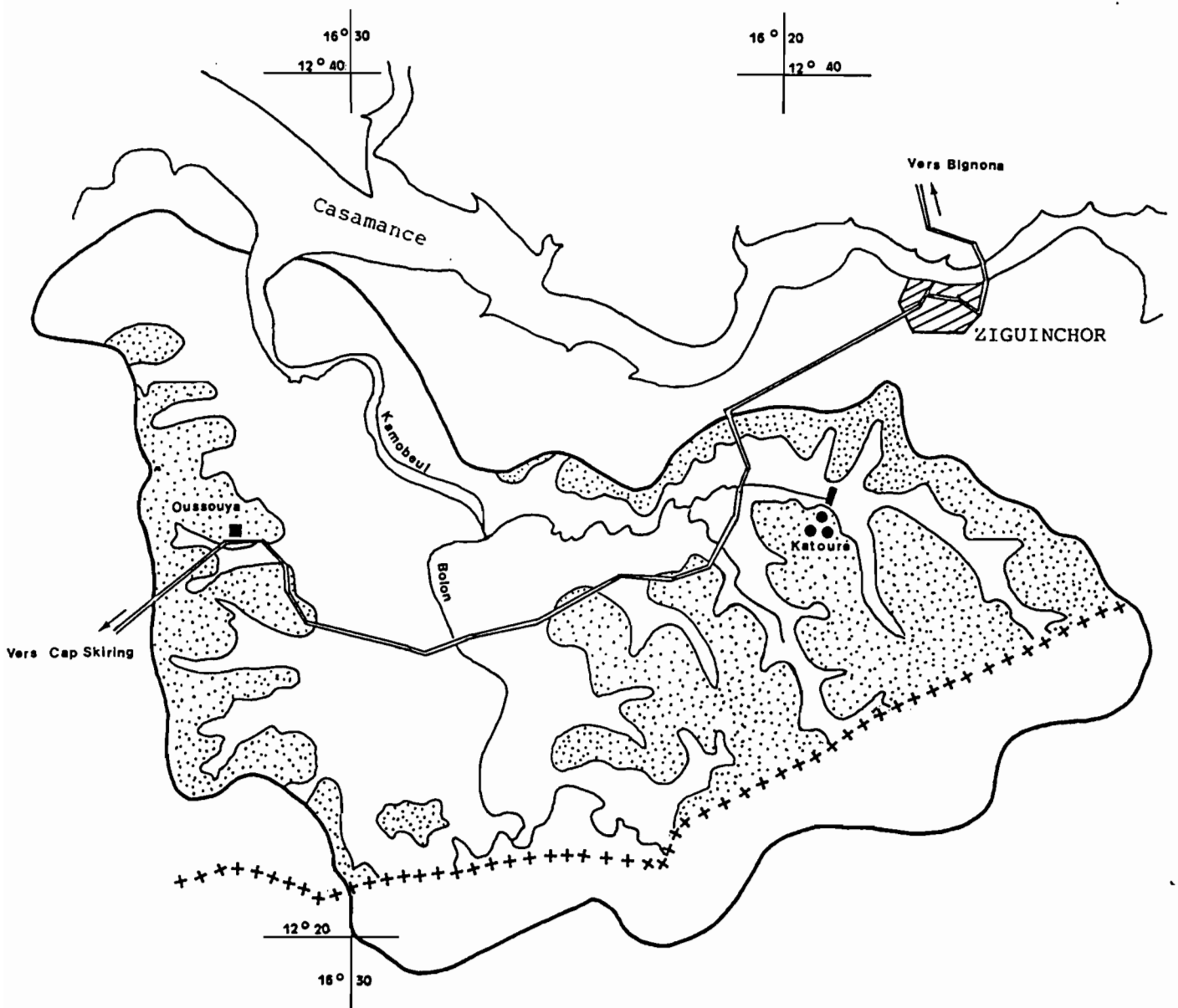
Mangroves du Sénégal et de la Gambie. Ecologie, Pédologie, Géochimie, Mise en valeur et aménagement. Trav. et Doc. ORSTOM, 193.

PETIT V., VAUBOURG P., 1982.

Détermination des caractéristiques hydrodynamiques des milieux aquifères peu perméables. Slug test et pulse test. Rapport BRGM, 82 SGN 943 EAU.

USAID/SOMIVAC/ISRA, 1985.

Actes de la IIème Table Ronde sur les barrages anti-sel, 12-15 juin 1985, Ziguinchor.



KAMOBÉUL BOLON

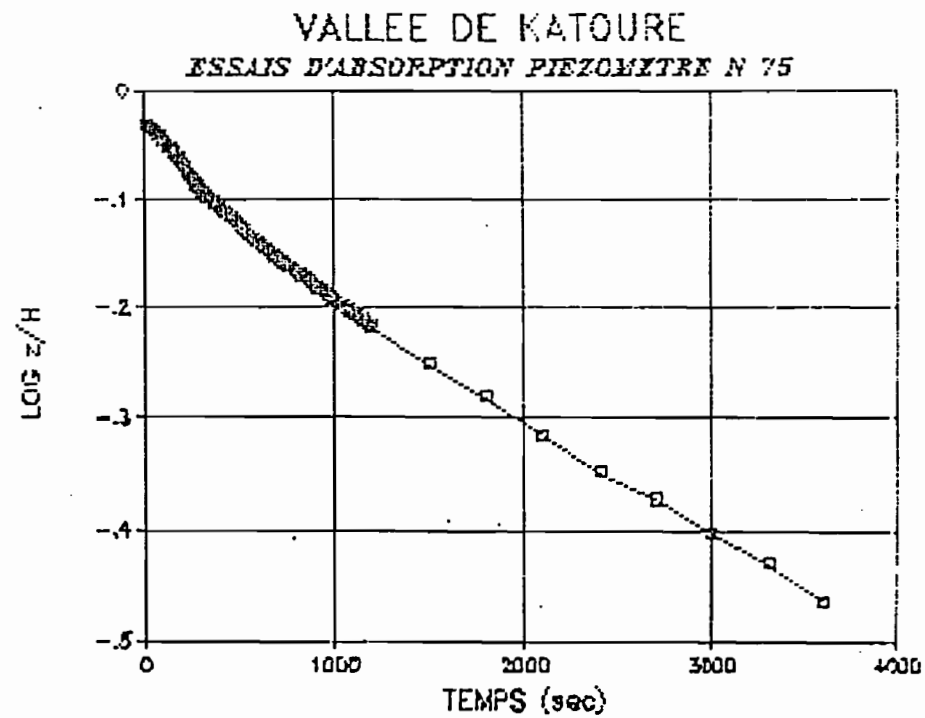
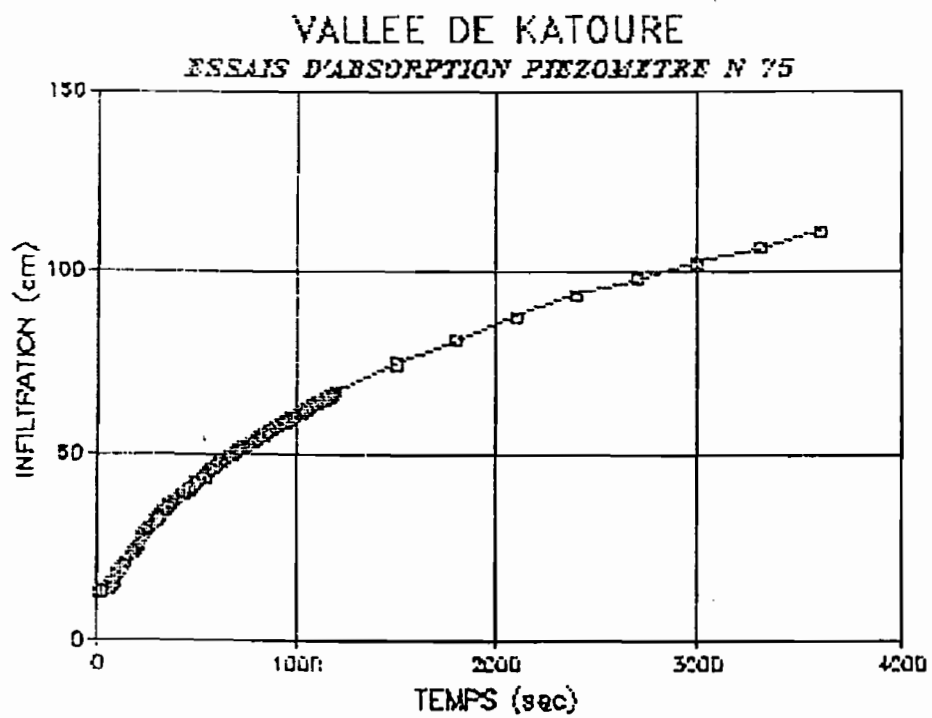
- ~ Limite du bassin versant
- == Route bitumée
- +++ Frontière avec la Guinée-Bissau
- / Barrage anti-sel
- ▨ Plateaux sur continental terminal

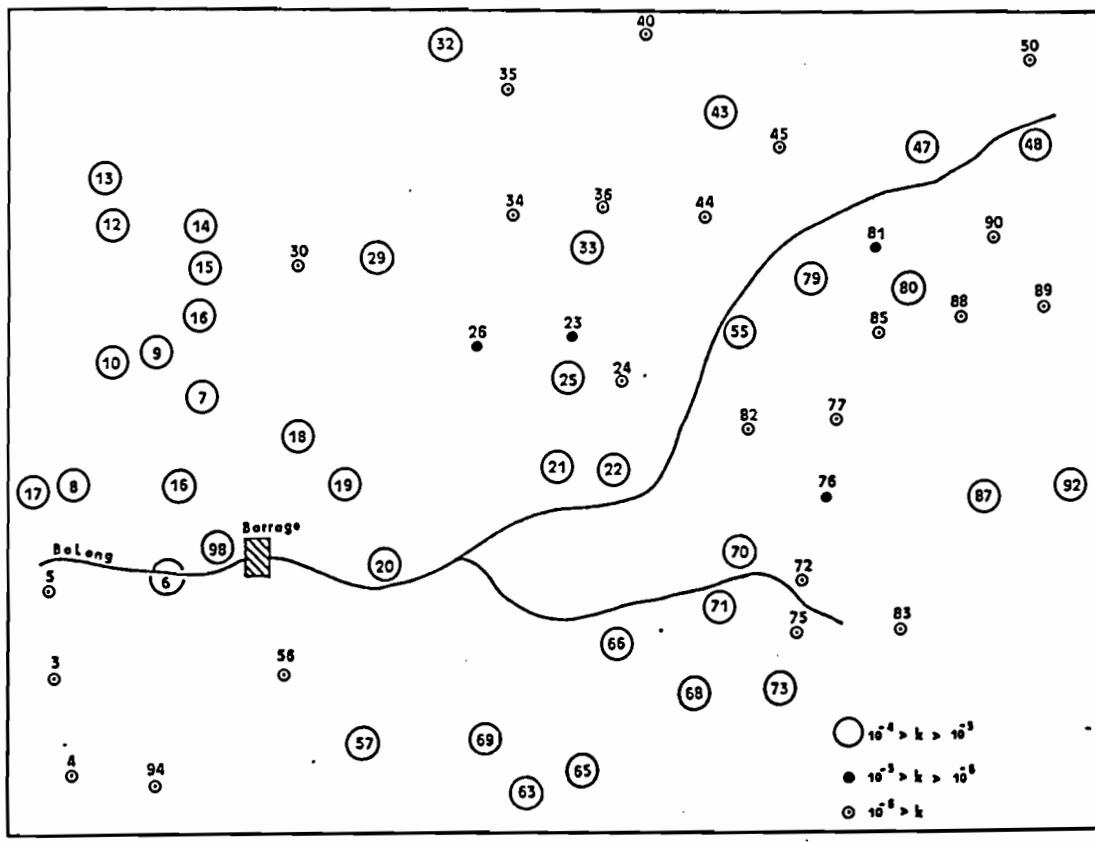
Echelle:



Fig. 1: CARTE DE SITUATION: BASSIN VERSANT DU KAMOBÉUL BOLON

Fig. 2. Essai d'absorption (d'après DIAWARA, 1988)





Echelle: 1:55 m

Fig. 3. Perméabilité de l'aquifère (essais absorption, en cm/S) -
 Bas-fond de Katouré (d'après DIAWARA, 1988).

56 n° piézomètre

