



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

19307

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR
LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

CENTRE INTERNATIONAL DE VIENNE
VIENNE/AUTRICHE

**ETUDE DE FAISABILITE POUR L'INSTALLATION D'UNE
UNITE D'EMBOUTEILLAGE D'EAU MINERALE ET DE
FABRICATION DE BOISSONS A JUS**

Etude Hydrogéologique

(Rapport Final)

Mai 1991

SO ED

SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
RESUME	I - II
INTRODUCTION	1
1. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU SITE	3
1.1. Géologie	3
1.2. Hydrogéologique	3
2. TRAVAUX REALISES	4
2.1. Les pompages d'essai	4
2.2. Analyses physico-chimiques et bactériologiques	11
3. CONDITIONS D'EXPLOITATION DU FORAGE	12
4. ESTIMATION DE LA RECHARGE	12
5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	12-13

ANNEXES

Annexe 1	: Figures
Annexe 2	: Mesures des niveaux
Annexe 3	: Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux

RESUME

Dans le cadre du projet de création d'une unité d'embouteillage d'eau minérale et de fabrication de jus de boisson, la Société Togolaise d'Etudes de Développement (SOTED) a été chargée de la réalisation des études hydrogéologiques comprenant des tests de débit sur deux forages existants et des analyses physico-chimique et bactériologique de l'eau des forages.

Les travaux de terrain se sont déroulés du 20 au 31 Octobre 1990. A l'issue des pompages de développement, le forage F2 d'une profondeur d'environ 52 m, s'est confirmé le meilleur des deux ouvrages.

L'"essai de puits" pratiqué sur ce forage avec des paliers de débit de 4, 6, 8 et 12 m³/h, a permis de déterminer le débit critique du forage à la date de l'essai à 6 m³/h. Cet essai a révélé en outre l'existence des pertes de charge importantes au niveau du complexe "aquifère/ouvrage".

Le test de longue durée a été réalisé avec un débit moyen de 5 m³/h durant 96 heures et a provoqué un rabattement stabilisé de 17 m. Les niveaux piézométrique initial et dynamique en fin du pompage se trouvent à 1,47 m et 18,60 m sous le sol. La remontée du niveau piézométrique est relativement rapide après l'arrêt du pompage et semble indiquer une bonne réalimentation de l'ouvrage.

En l'absence de piézomètre, les seules valeurs de la transmissivité calculées

sont de $4,24 \times 10^{-5}$ m²/s pour la descente et $3,85 \times 10^{-5}$ m²/s pour la remontée.

Le forage F2 peut être exploité à un débit de 5 m³/h, soit une ressource journalière de l'ordre de 60 à 100 m³/j à raison de 12 à 16 h de pompage par jour.

Aucune remarque particulière n'est à formuler sur le plan de la qualité physico-chimique de l'eau. Sur le plan bactériologique, la qualité de l'eau s'améliore avec la durée du pompage.

Enfin, il est recommandé de poursuivre l'étude hydrogéologique de l'aquifère de PANGALAM.

L'étude hydrogéologique complémentaire permettra de cerner toutes les données de cet aquifère dans le but d'exploiter toutes ces potentialités.

Les travaux à réaliser comprendront :

- des études préliminaires de photo-interprétation ;
- une investigation géophysique ;
- une campagne de forage, de reconnaissance et d'exploitation ;
- une campagne de pompage d'essai et d'analyse d'eau.

INTRODUCTION

En 1981, un groupe de promoteurs patronné par Monsieur AMOUZOU, Fondateur et Président Directeur Général de la Société Inter-Africaine de Transit et d'Affrètement (SITAF-TOGO), avait initié un projet de mise en bouteille de l'eau minérale à Pangalam, à 4 km de Sokodé, et à plus de 300 km de Lomé. Des études furent effectuées et un dossier de demande d'agrément au Régime du Code des Investissements a été adressé au Ministère du Plan. Mais aucune suite n'a été donnée à cette requête en raison des lacunes que comportaient toutes les études réalisées. Toutefois, ces dernières révélaient l'existence, à Pangalam, d'une nappe d'eau souterraine de qualité minérale comparable à celle de l'eau minérale vendue sous les marques "Volvic" et "Evian".

En 1986, une mission d'experts de l'ONUDI, chargés d'identifier au niveau national des projets industriels permettant de valoriser de l'amont à l'aval des ressources naturelles du Togo, a exhumé ce projet et souhaité des études complémentaires approfondies.

En 1988, l'ONUDI signe un contrat avec la SOTED pour la réalisation d'une étude de pré faisabilité de mise en bouteille d'eau minérale naturelle du Togo. Les conclusions de cette étude sont claires. La nouvelle unité d'embouteillage de l'eau minérale ne dispose que d'un marché très restreint : un peu plus de 50 % du marché domestique et 20 % du marché nigérien. En outre, l'étude hydrogéologique n'a pas été faite de telle sorte que les conclusions de l'étude de pré faisabilité ont passé sous silence les disponibilités en matière première (ressources en eau).

En vue d'avoir une idée exacte de l'importance des ressources en eau et de leurs exploitation possible, et d'améliorer la rentabilité financière du projet, l'ONUDI a proposé, après avoir obtenu l'avis de la Société VITTEL, la réalisation d'une étude d'appui comprenant une étude hydrogéologique et étude de marché de nouveaux produits à base de jus à intégrer au projet.

C'est donc la première partie - étude hydrogéologique - de l'étude d'appui qui fait l'objet du présent contrat. Les conclusions de la présente étude hydrogéologique, si elles sont satisfaisantes, permettront d'entamer l'étude de marché des nouveaux produits à base de jus à intégrer au projet.

Cette étude comprend les aspects suivants :

- réouverture des forages et contrôle de leur profondeur
- développement des forages

- pompage par paliers de débits croissants non enchainés
- pompage longue durée à débit constant sur le meilleur des deux forages
- prélèvements et analyses physico-chimique et bactériologique de l'eau des forages
- contrôle et surveillance des travaux.

1. Contexte géologique et hydrogéologique du site

1.1. Géologie

Dans ses grandes lignes, la géologie du site de PANGALAM est identique à celle du site de la ville de Sokodé qui est assez bien connue. Il s'agit des formations cristallophylliennes de type atacorien togolais. Les formations atacorienes sont des formations de couverture du socle constituées en particulier de schistes, micaschistes et quartzites et pouvant être par endroits pénétrés ou traversés par des filons de quartz.

Dans la région de Sokodé, les formations atacorienes comprennent essentiellement des micaschistes et des quartzites et peuvent quelquefois alterner avec les formations gneissiques et migmatitiques de socle de la Plaine Bénino-Togolaise qui les chevauche.

Pour ce qui est de la géologie de détail du site, les échantillons de roche recueillis en forage ont été décrits comme un gneiss, qualifié parfois de "schistoïde".

1.2. Hydrogéologie

Le site appartient au domaine granito-gneissique du milieu cristallophyllien fissuré. Ce domaine comprend généralement deux zones aquifères :

- Une première zone aquifère est constituée par la couche d'altération sablo-argileuse à perméabilité réduite, mais à porosité efficace et à capacité d'emmagasinement assez élevées.
- Une deuxième zone aquifère sous-jacente à la précédente beaucoup plus irrégulière, correspond aux fissures et fractures qui affectent la roche saine. Cette zone aquifère ne se rencontre qu'en certains points privilégiés et à des profondeurs variables. Elle présente une perméabilité plus élevée, mais sa capacité d'emmagasinement paraît plus faible que la zone d'altération sus-jacente. Le débit moyen des aquifères du domaine granito-gneissique en Afrique de l'Ouest est de l'ordre de 1 à 5 m³/h.

2. Travaux réalisés

Les travaux effectués sont essentiellement les pompages d'essais et les analyses physico-chimique et bactériologique des eaux.

2.1. Les pompages d'essai

Les essais ont été réalisés du 20 au 31 Octobre 1990.

2.1.1. Modalités des essais

Trois types de pompage d'essai ont été exécutés :

- Pompage de développement réalisé sur les deux forages, après leur ouverture et mesure de leurs profondeur et niveau piézométrique et destiné à nettoyer le trou du forage jusqu'à l'obtention d'une eau parfaitement limpide. Ce pompage a confirmé le forage F2 comme le meilleur des deux ouvrages et a précisé son débit. Le F1 s'est avéré sans intérêt pour une exploitation à un débit appréciable à long terme.

Les principales mesures enregistrées durant le développement continu de ce forage sont résumées dans le tableau suivant :

Heure	Temps depuis le début du développement	Débit (m ³ /h)	Niveau dynamique (m)	Observation
7H00 7H40	- 40 mn	- 4,8	- 74,8	- eau trouble
8H45	1H05	3,4	72,6	Changement de débit
12H45	4 H	2,5	69,8	Changement de débit
17H15	4H30	1,7	49,3	
	10H15			

Ainsi, le protocole proposé dans les termes de référence a été légèrement modifié par la suite pour mieux mettre l'accent sur le F2.

- Pompage par paliers de débit croissant non enchaînés dont le but est de déterminer le débit critique et les caractéristiques du forage F2. Ce pompage a comporté pour ce forage, une succession de quatre cycles "pompage remontée" de fréquence constante, une heure, et de débit constant mais croissant d'un cycle à l'autre. Sur le forage F1 à débit insignifiant, l'essai s'est arrêté au premier palier de 2,5 m³/h qui provoque déjà un rabattement trop important.
- Pompage longue durée à débit constant 5 m³/h sur le F2 et ayant pour objectif de préciser le fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère et ses caractéristiques hydrodynamiques. Ce pompage a duré 96 heures en continu et a été suivi de l'observation de la remontée du niveau piézométrique pendant 27 heures.

2.1.2. Mise en oeuvre des essais

Les différents pompages ont été mis en oeuvre grâce à une unité de pompage comprenant :

- un groupe électrogène
- une électropompe GRUNDFOS de 4 pouces, capable de fournir 15 m³/h à une hauteur manométrique totale de 60 mètres
- un tuyau de refoulement de diamètre 50/40 mm et d'une longueur totale de 80 mètres
- un ensemble d'outils de mesure de niveau et de débit (sondes électriques, chronomètres etc).

Les profondeurs et niveau piézométrique relevés avant la mise en route des essais sont les suivants pour chacun des deux forages :

	Profondeur	Niveau piézométrique
F1	79,60 m	11,40 m
F2	52,30 m	0,95 m

Le calendrier des essais est résumé dans le tableau ci-après

CALENDRIER DES ESSAIS

Désignation du forage	Naturee des opérations	Dates	Heure		Durée (Heure)	Débit (m ³ /h)
			Début	Fin		
F2	Développement	22/10/90	7H00	17H00	10	13,33 12,4 11,8 9,1
	Essai/paliers de débit non enchaînés	25/10/90	7H00 9H00 11H00 13H00	8H00 10H00 12H00 14H00	4	4,00 6,00 8,00 12,00
	Remontées	25/10/90	8H00 10H00 12H00 14H00	9H00 11H00 13H00 16H00	5	
	Essai longue durée	26/10/90 ou 30/10/90	7H00	7H00	96	5
	Remontée	30/10/90 ou 31/10/90	7H00	10H00	27	
F1	Développement	23/10/90	7H00	17 H	10	3,5 2,5
	Essai/paliers de débit non enchaînés	24/10/90	12H00	13H00	1	2,65
	Remontée	24/10/90	13H00	14H00	1	

2.1.3. Interprétation des essais

Le but des essais réalisés sur le site de PANGALAM est de contribuer à la connaissance de la structure de ce milieu aquifère, de son comportement hydraulique et de définir quelques règles pratiques concernant son exploitation éventuelle pour une unité d'embouteillage d'eau minérale et de fabrication de jus de boisson.

- Structure géologique du réservoir

L'interprétation des logs géologiques montre qu'après une dizaine de mètres d'altérations rougeâtres micacées, recoupées par des filons de quartz, les forages ont pénétré dans un gneiss altéré recoupé de filons de quartz jusqu'à une profondeur de 30 mètres environ avant de rencontrer la zone saine et fracturée de ce gneiss.

Le gneiss ainsi rencontré apparaît intensément fracturé et broyé (fractures assimilées à des crevasses et présence des éboulis selon la description de l'auteur de la coupe) au niveau du forage F2 et moins fissuré au droit du forage F1 où rien n'a apparemment été noté.

Les limites entre les différentes zones d'altérations, de socle fissuré et altéré, et de socle sain fracturé, ne sont pas bien marquées pour permettre de mieux caractériser et individualiser les différents niveaux du réservoir.

- Les venues d'eau

En cours de forage, de faibles venues d'eau ont été décelées au niveau de la couche d'altération dans la zone non saturée à partir de 6 m au forage F2.

Mais l'essentiel des venues d'eau a été observé dans les niveaux inférieurs altérés et fissurés sous-jacents. La nappe rencontrée par les forages dans ces niveaux fissurés est en charge sous la couche d'altérations sus-jacente. L'eau atteinte à 28 m et entre 34 et 46 m en F2, entre 10 et 19 m et à 37 m en F1, est remontée à 0,5 m et 8 m.

- Système aquifère et schéma hydraulique

A partir des éléments fournis par l'étude des logs géologiques et hydrogéologiques des deux forages F1 et F2, il est possible d'esquisser un schéma du système aquifère du site de PANGALAM comme suit.

- * 0 à 10 m : niveau supérieur d'altérations peu ou pas perméables dont l'épaisseur est d'environ 10 m. Dans le forage F2, l'épaisseur mouillée de

ce niveau est de 4 m. On peut penser qu'en période d'étiage, le niveau piézométrique peut descendre dans la zone fissurée sous-jacente

- * 10 à 30 m : première zone aquifère constituée par la roche fissurée et altérée.
- * 30 à 50 m : deuxième zone aquifère constituée par la roche saine fracturée. C'est la zone qui produit l'essentiel des débits. Elle présente des hétérogénéités latérales et verticales qui traduisent la variabilité des débits des venues d'eau entre les forages F1 et F2 et le long d'un même forage

Les deux zones aquifères recellent une même nappe "semi-captive" à "captive" sous le niveau supérieur.

On peut donc concevoir en première approximation, un modèle hydraulique de type bicouche au système aquifère de PANGALAM. Mais en réalité, il s'agit d'un aquifère hétérogène et plus complexe comprenant deux horizons qui peuvent se comporter comme deux aquifères bien distincts et selon les lois d'écoulement différentes : modèles des milieux poreux pour l'horizon fissuré et altéré et ceux des milieux purement fissurés pour l'horizon inférieur fracturé.

Les méthodes de résolution des équations régissant l'écoulement d'un fluide dans un milieu purement poreux ou strictement fracturé, sont donc à priori incompatibles avec cette complexité du schéma hydrogéologique de l'aquifère de PANGALAM.

Toutefois, les nombreuses zones de fracturation observées en cours de forage, permettent, en dépit de la complexité du schéma hydraulique réel de cet aquifère, de retenir la fonction d'écoulement de THEIS pour l'interprétation des pompages d'essai réalisés.

Aussi l'interprétation des données des essais sera faite en assimilant l'aquifère de PANGALAM à un milieu poreux équivalent.

- Interprétation graphique des essais par paliers

- * Détermination du débit critique

Sur le graphique (fig 3) sont reportés pour le forage F2, les rabattements, s , obtenus à l'issue de chaque palier de débit, Q , d'une durée d'une heure. La courbe obtenue ou courbe caractéristique représente la fonction $s = f(Q)$.

Elle s'infléchit à partir d'un débit de 6 m³/h qui représente ainsi le débit critique du forage F2 à la date de l'essai de pompage.

Dans ces conditions et compte tenu du comportement hydrogéologique des aquifères du milieu cristallophyllien fissuré, il a été retenu pour les essais de longue durée, un débit de 5 m³/h.

* Evaluation des pertes de charge

Sur la figure 3, on remarque que la courbe caractéristique obtenue à partir des quatre paliers de débit réalisés n'est pas une droite. La forme convexe de cette courbe traduit l'importance des pertes de charge quadratique au niveau du complexe "aquifère/ouvrage". Les différentes pertes de charge dues aussi bien à l'aquifère qu'au forage peuvent être calculées à partir de l'expression : $s = BQ + CQ^2$ avec :

- s = le rabattement total en un instant, t , donné
- BQ = perte de charge linéaire provoquée par l'écoulement laminaire dans l'aquifère et au voisinage du forage
- CQ^2 = perte de charge quadratique non linéaire provoquée par l'écoulement turbulent dans le forage, la crépine et le tubage

La droite débits/rabattements spécifiques (fig. 4) permet de déterminer les coefficients B et C de l'équation $S/Q = B + CQ$.

Pour le cas des essais réalisés sur F2, $B = 1,1$ correspondant à l'intersection de la droite avec l'axe des rabattements spécifiques et $C = \text{tg}\alpha = \frac{2,2}{12} = 0,183$.

L'équation de la courbe caractéristique représentative de l'essai sur F2 est donc : $S = 1,1 Q + 0,183 Q^2$, expression qui a permis de tracer la courbe calculée sur la figure 3. La superposition presque des courbes calculée et expérimentale permet de dire que l'essai par palier réalisé est correct.

Le rabattement essentiellement dû à la perte de charge linéaire est donné par l'expression $S = BQ$ qui est égal dans le cas présent à $S = 1,1 Q$. Les valeurs calculées ont donné la droite représentative de la figure 3. Pour chaque palier de débit, la valeur de la perte de charge quadratique CQ^2 est donnée par la différence entre la courbe caractéristique débit/rabattement et cette droite.

Pour un débit de 4 m³/h par exemple, la perte de charge linéaire est de 4,4 m de hauteur d'eau et la perte de charge quadratique de 4,50 m.

- Interprétation graphique de l'essai longue durée

* Courbe semi-logarithmique des abaissements

Les mesures de rabattement en fonction du log de temps de pompage (logt) observées dans le forage durant le pompage de 96 heures à un débit constant de 5 m³/h, ont été reportées sur diagramme semi-logarithmique (fig. 5). On y voit que les rabattements sont en pratique stabilisés après 180 000 secondes soit 50 heures, le ralentissement du rabattement commençant déjà vers 10 000 secondes.

Etant donné que la première venue d'eau la plus significative s'effectue vers 28 m de profondeur, il est fort probable que la stabilisation observée vers 18 m est due à un apport d'eau provenant de la drainance des niveaux supérieurs en cette fin de saison des pluies. Ceci pourrait être aisément vérifié par un pompage de contrôle en saison sèche où, les niveaux piézométriques seraient à la côte d'étiage des nappes. La durée de ce pompage serait de 60 à 72 heures maximum.

* Courbe semi-logarithmique de la remontée

Sur le diagramme (fig. 6) sont reportés les rabattements résiduels en fonction de $\text{Log de } 1 + \frac{TP}{TR}$ (tp = temps total du pompage et TR = temps écoulé depuis l'arrêt du pompage).

La durée d'observation de la remontée est insuffisante pour atteindre le niveau piézométrique initial.

On constate cependant un rétablissement relativement rapide des côtes initiales qui, dans une première approximation traduit des conditions de réalimentation satisfaisante. Au bout de 27 heures seulement d'observation de la remontée sur 96 heures de pompage en continu, il ne reste que 0,69 m pour atteindre le niveau piézométrique initial d'équilibre.

* Caractéristiques hydrodynamiques

A partir des diagrammes semi-logarithmiques de l'évolution des rabattements en fonction du temps durant et à l'arrêt du pompage (fig. 5 et 6), il est possible de calculer la transmissivité de l'aquifère de PANGALAM par la méthode de THEIS-JACOB

$T = \frac{0,183 Q}{i}$ avec T = transmissivité, Q = débit de pompage et i = pente de la partie rectiligne de la courbe.

L'application de cette méthode donne les valeurs suivantes pour la transmissivité de cet aquifère :

- Descente

$$\bar{T} = \frac{0,183 \times 5}{3\ 600 \times 6} = 4,24 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

- Remontée

$$T = \frac{0,183 \times 5}{3\ 600 \times 6,6} = 3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

Les valeurs de la transmissivité ainsi trouvées sont très comparables. Mais rappelons toutefois que les conditions d'application idéales de la méthode de THEIS ne sont pas remplies, car le milieu n'est pas totalement homogène. Cette valeur de transmissivité n'a donc qu'un caractère indicatif et comparatif. Elle décrirait plutôt les conditions hydrodynamiques quelques mètres autour du forage et ne refléterait pas l'ensemble de l'aquifère.

2.2. Analyses physico-chimiques et bactériologiques

Des échantillons d'eau de forage ont été prélevés au début et à la fin du pompage longue durée par l'Institut National d'Hygiène du Togo pour des analyses physico-chimiques et bactériologiques. Les résultats de ces analyses ainsi que leurs commentaires sont donnés en annexe.

Sur le plan physico-chimique, aucune remarque particulière n'a été formulée. Sur le plan bactériologique on note une nette amélioration de la qualité de l'eau à la fin des 96 heures de pompage.

Il est à signaler que l'analyse physico-chimique n'est pas complète. En effet, les taux de sodium et de potassium n'ont pas été relevés en raison du fait que l'Institut National d'Hygiène du Togo ne dispose pas de matériel de recherche de ces éléments.

3. CONDITIONS D'EXPLOITATION DU FORAGE

Le rabattement stabilisé de 17 m mesuré à l'issue de l'essai longue durée, peut être considéré comme proche du rabattement qui serait obtenu en régime permanent d'exploitation. On peut alors envisager une exploitation quotidienne de 12 à 18 h du forage F2 à 5 m³/h, soit une ressource journalière de 60 à 100 m³/j. Dans cette hypothèse, le niveau dynamique peut être évalué à 20 m environ et ne dénegerait pas les parties les plus productives de l'aquifère.

Le débit de 5 m³/h qui vient d'être défini, résulte des conditions très ponctuelles. Le pompage de 96 heures sur le F2 n'a provoqué aucune réaction sur le F1 et un puits situé dans les environs immédiats de F2. On ne dispose donc pas d'informations sur l'extention de l'aquifère et le volume des réserves disponibles.

Il ne semble donc pas prudent d'envisager un projet d'exploitation de l'aquifère de PANGALAM à partir des seuls résultats du forage F2. Aussi un programme complémentaire de recherche par la réalisation de nouveaux forages s'avère indispensable avant toute prise de décision conséquente.

4. ESTIMATION DE LA RECHARGE

Concernant le renouvellement de la nappe de PANGALAM, l'indication la plus favorable est le rétablissement relativement rapide des côtes des niveaux piézométriques. La forme et l'étendue du bassin versant de la rivière PANJO, ainsi que la pluviométrie de la Région de Sokodé de l'ordre de 1 500 mm, constituent elles aussi des conditions hydroliques avantageuses.

L'aquifère de PANGALAM, du moins au droit du forage F2 sans altérations très argileuses, serait bien alimenté.

Comme tous les aquifères du milieu cristallophyllien à faible recouvrement, le renouvellement de la nappe de PANGALAM semble être assuré.

5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étude hydrogéologique qui vient d'être faite par la réalisation des pompages sur des forages existants ont permis :

- de confirmer le forage F2 comme le meilleur forage et pouvant être exploité à 5 m³/h pendant 12 à 18 heures par jour, soit une ressource journalière de 60 à 100 m³ par jour
- d'évaluer la transmissivité de l'aquifère dont la valeur n'a qu'un caractère indicatif et comparatif à $T = 4,24 \times 10^{-5}$ m²/s en descente et

$T = 3,85 \times 10^{-5}$ m²/s en remontée.

A priori, le débit du forage F2 laisse apparaître que son exploitation fournirait en moyenne 20 000 m³ d'eau par an ; ce qui paraît couvrir largement le volume du marché du projet estimé à 1 350 m³ d'eau (1).

Notons toutefois qu'il est toujours difficile à partir d'un forage unique de dégager toutes les caractéristiques d'un aquifère et en tirer les renseignements nécessaires pour son exploitation à long terme. De plus dans ce cas précis, il n'a pas été possible de calculer tous les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère sans disposer d'un piézomètre.

Ainsi, il est recommandé de poursuivre l'étude hydrogéologique de l'aquifère de PANGALAM.

L'objectif de l'étude complémentaire envisagée est d'améliorer les connaissances hydrogéologiques sur cet aquifère afin d'exploiter toutes ses potentialités et valoriser ainsi l'ensemble des études menées jusqu'ici sur ce site.

Pour ce faire, une analyse des photographies aériennes du site, complétée par une investigation de reconnaissance sur le terrain, permettra de rechercher tous les éléments géologiques et structuraux ayant une meilleure signification hydrogéologique.

Une investigation géographique précisera sur le terrain les observations faites sur les photographies aériennes et par l'étude de terrain.

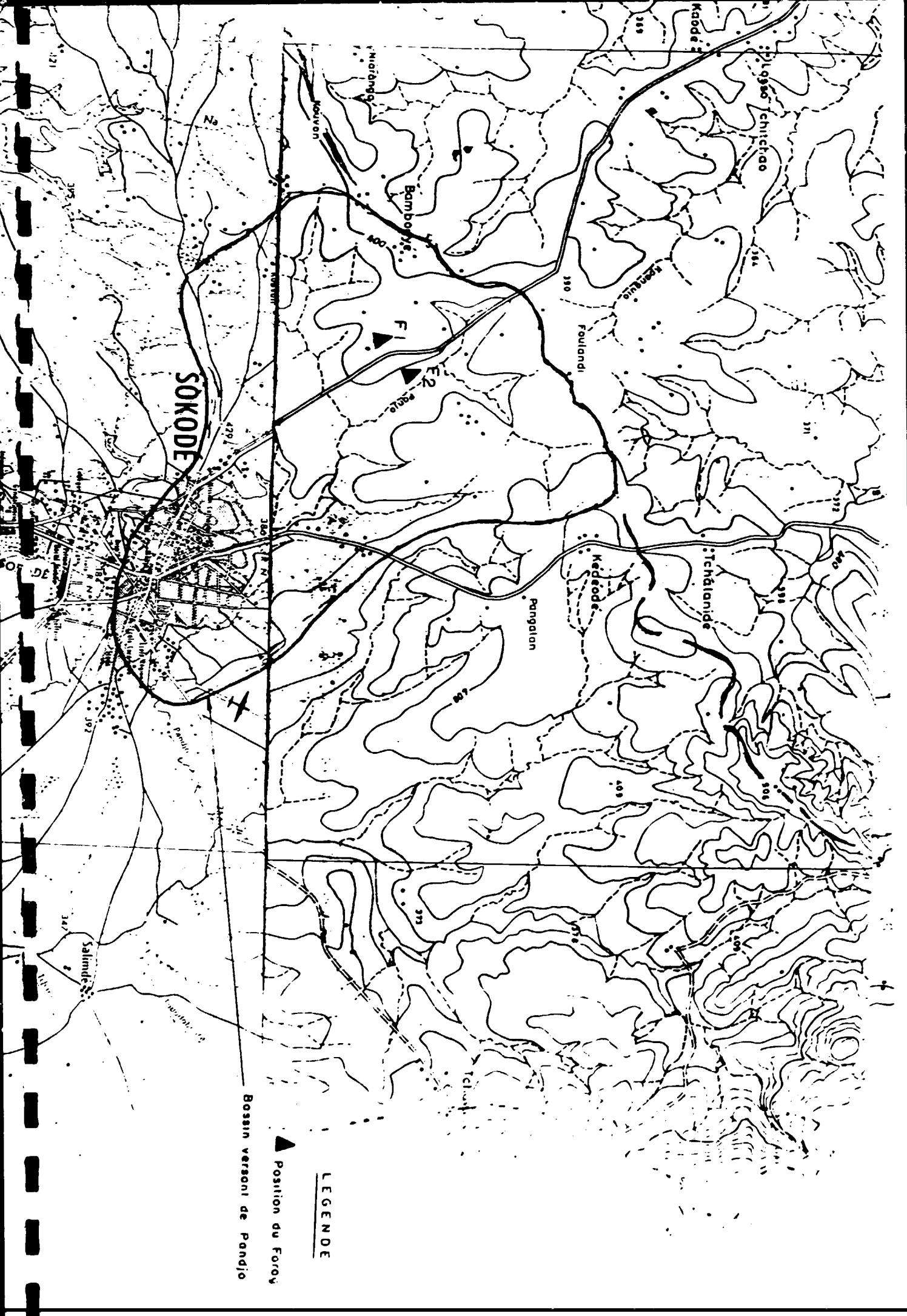
Une fois terminés ces travaux, il sera réalisé une campagne de forage de reconnaissance et d'exploitation, suivie d'une campagne de pompage d'essai et d'analyse dans les mêmes conditions que celles de la présente étude.

(1) Projet de mise en bouteille d'eau minérale au Togo Etude de préféabilité SOTED, Août 1988.

ANNEXES

A N N E X E 1

F I G U R E S



SOKODE

Position versant de Pandjo

▲ Position du Foroy

LEGENDE

COUPE DE FORAGE
VILLAGE :

SOKODE Promatec SA

Fig 1

PROFONDEUR		EQUIPEMENT		ENTREPRISE : E+M BOHR GMBH		F I.	
forée : 79.75 m	diam int. : 112 mm	Atelier : Bohr-ing	Date : 13 - 07 - 80		Débits Q foration : 4 320 m ³ /h Q critique (essai) : m ³ /h Rdbattement (au Q critique) : m		
finie : 79.70 m	diam ext. : 125 mm	Sondeur :					
soie : 68.45 m	tubage : 49.55 m						
	crépine : 30.15 m						
	ouverture : 1.20 mm						
	crépine : 30.15 m						
	PVC : à -visse						

Foration diamètre (mm)	Profondeur (m)	Coupe techniques	Niveau statique (m)	Avancement (m/h)	Echantillons		Description lithologique
					Profondeur	N°	
FM 216	10 11.3		8.10		5.00 m		Altérations Argilo-Sableuses 5.00 m
	17.00		VE=1000		10		Gneiss très altéré avec quartz 16.00 m
FM 165	20 22.55 25.55 28.55 30 31.55 34.55 37.55		VE=1800		20		Gneiss altéré avec quartz
	40 40.55 43.55 46.55 49.55 50				30		
	60 60.55				40		
	70 72.55		VE=4.320		50		Gneiss gris foncé à gris clair
	76.55 79.70				60		
					70		

Foration : FM marteau, à air, à boue, etc. ; VE : venues d'eau, = niveau statique

FORAGE I : SOKODE

Enonciation des couches

5.00 m	terre glaise brune
6.00 m	gneiss désagrégé avec du quartz
13.00 m	gneiss désagrégé
16.00 m	gneiss désagrégé avec un peu de quartz
19.00 m	quartz et un peu de gneiss
37.00 m	gneiss brun et gris foncé, un peu désagrégé
38.00 m	gneiss brun et gris foncé, un peu désagrégé
39.00 m	quartz
41.00 m	gneiss gris foncé
49.00 m	" " clair
53.00 m	" " foncé
54.00 m	" " clair
58.00 m	" " foncé
62.00 m	" " clair
72.00 m	" " foncé
79.75 m	" " clair avec quartz

Premier débit d'eau à 9.80 m, à 19.00 0,3 ls, à 37.00 m env. 0,5 ls augmente jusqu'à 72.00 m jusqu'à env. 1,2 ls.

18.780

Forages effectués par :

E + M
BOHR-GMBH - TOGO
B.P 4790 I.C.B LOME.

Entre 9,80 à 19,00 m	:	Q = 1,08 m ³ /h
37 m	:	Q = 1,8 m ³ /h
72 m	:	Q = 4,320 m ³ /h.

COUPE DE FORAGE VILLAGE

SOKODE Promatec S.A.

Fig 2

F 2

PROFONDEUR

forée : 52.80 m
finale : 52.80 m
socle : 44.50 m

EQUIPEMENT

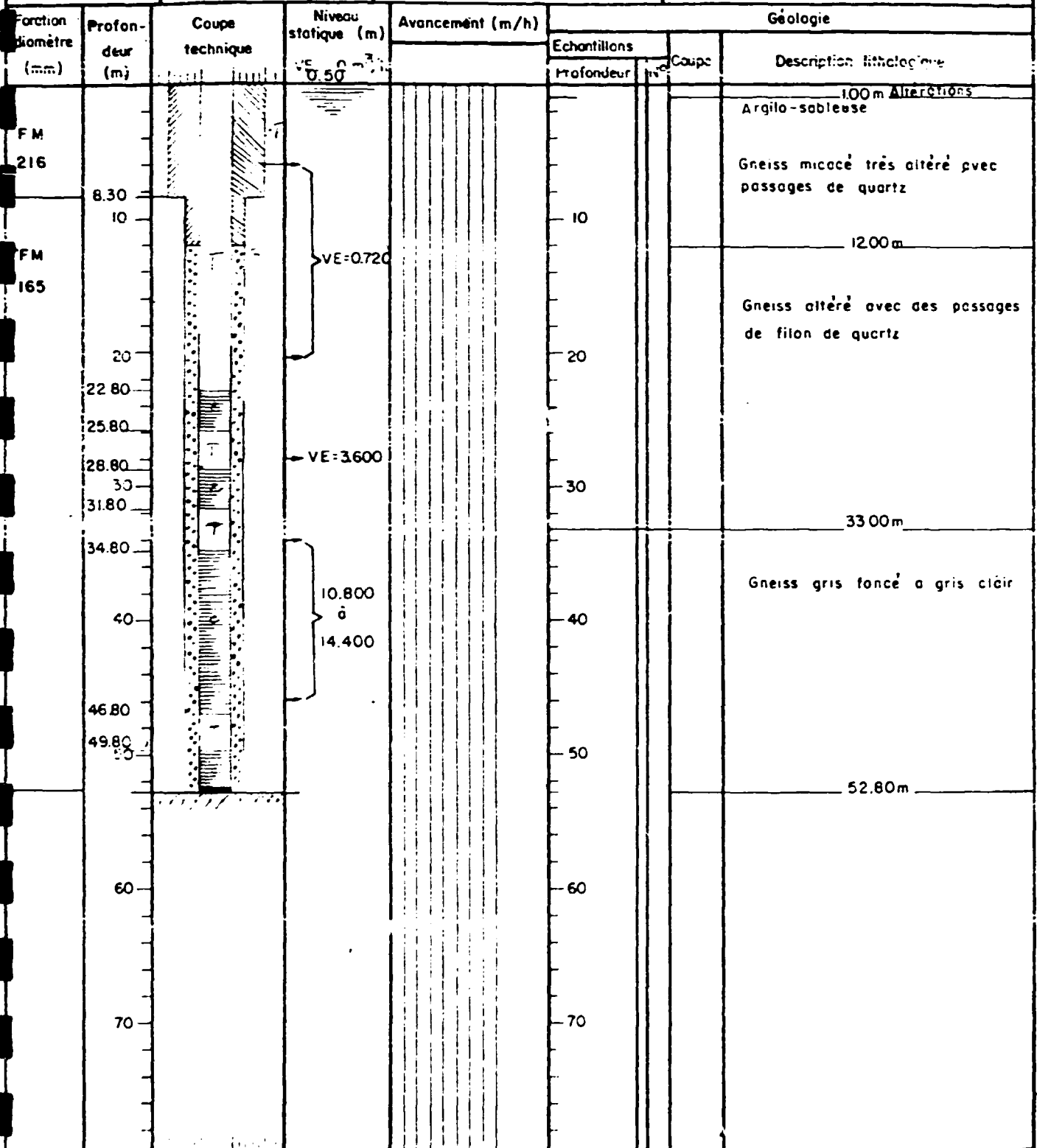
diam. int. : 112 mm
diam. ext. : 125 mm
tubage : m
crépine : m
ouverture : mm
crépine : mm
PVC : collé-visse

ENTREPRISE : E + M BOHR-GMBH

Atelier : Bohr-ing
Sondeur :
Date : 17 - 07 - 80

Débits

Q foration : 10,8 ~~Q~~ 14,4 m³/h
Q critique (essai) : 6,00 m³/h
Rdbattement (au Q critique) : 13,10 m



Foration : FR rotary, FM marteau, a air, b boue, e es... VE venues d'eau, Niveau statique

FORAGE II : SOKODE

Enonciation des couches

1.00 m	terre glaise brun-rouge
5.00 m	gneiss fortement désagrégé avec beaucoup de mica
12.00 m	gneiss désagrégé brunâtre, avec du quartz
18.00 m	gneiss gris-bleuâtre avec traces de désagrégation
23.00 m	quartz
26.00 m	gneiss gris-bleuâtre avec de légères traces de désagrégation
29.00 m	gneiss avec haute quantité de quartz
30.00 m	gneiss brun, désagrégé
33.00 m	gneiss bleu-gris
34.00 m	- gris clair
37.00 m	- - foncé
41.00 m	- - clair
44.00 m	- - clair et foncé
46.00 m	- - clair, fortement crevassé (léger éboulis)
52.00 m	- - foncé

Le gneiss de ce forage est schistoïde et contient légèrement de mica.

Premier débit d'eau à 6.00 m, jusqu'à 20 m env. 0,2 ls, à 28.00 m env. 1 ls, de 36.00 à 46.00 m augmentation du débit à 3-4 ls.

17.7.80

Forages effectués par :

E + M

BOHR-GMBH - TOGO

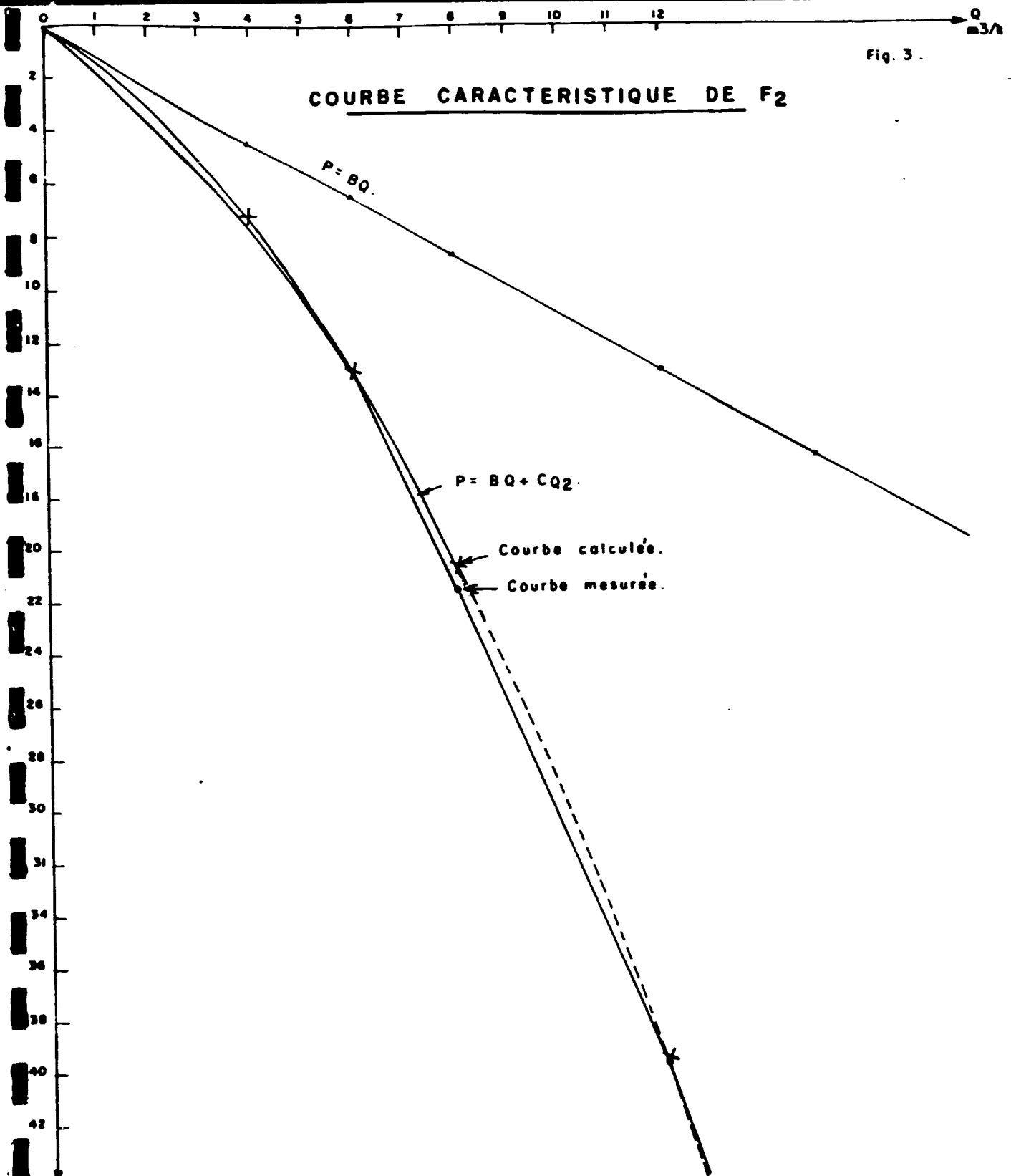
B.P. 4790 I.C.B. LOME.

Entre 6 et 20 m : Q = 1,720 m³/h
28 m : Q = 3,600 m³/h

Entre 34 à 46 m : Q = 10,800/14,400 m³/h.

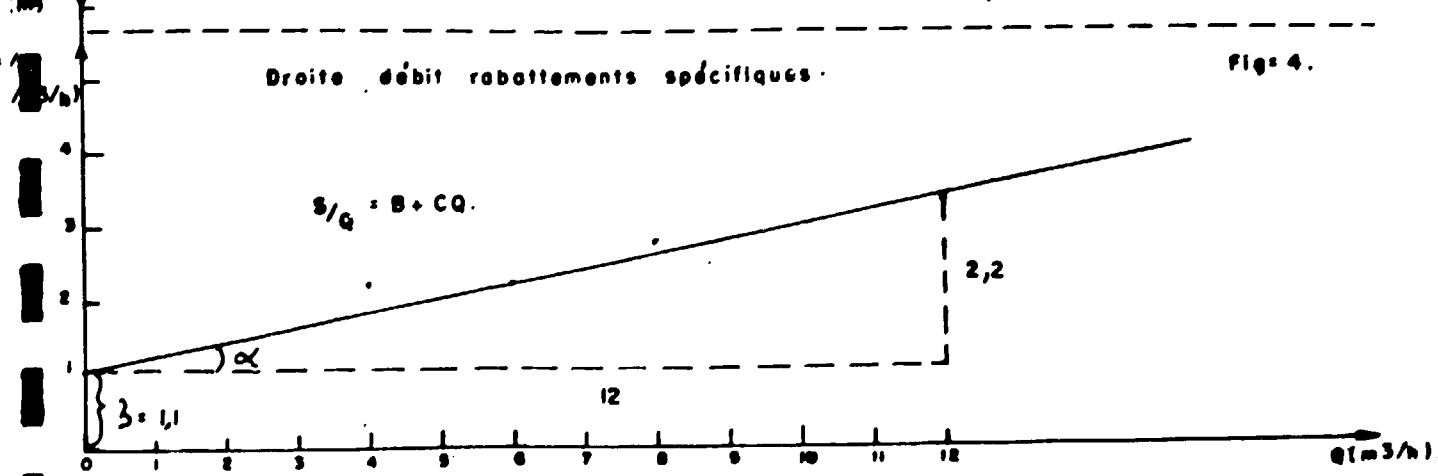
Fig. 3.

COURBE CARACTERISTIQUE DE F2



Droite débit rabattements spécifiques.

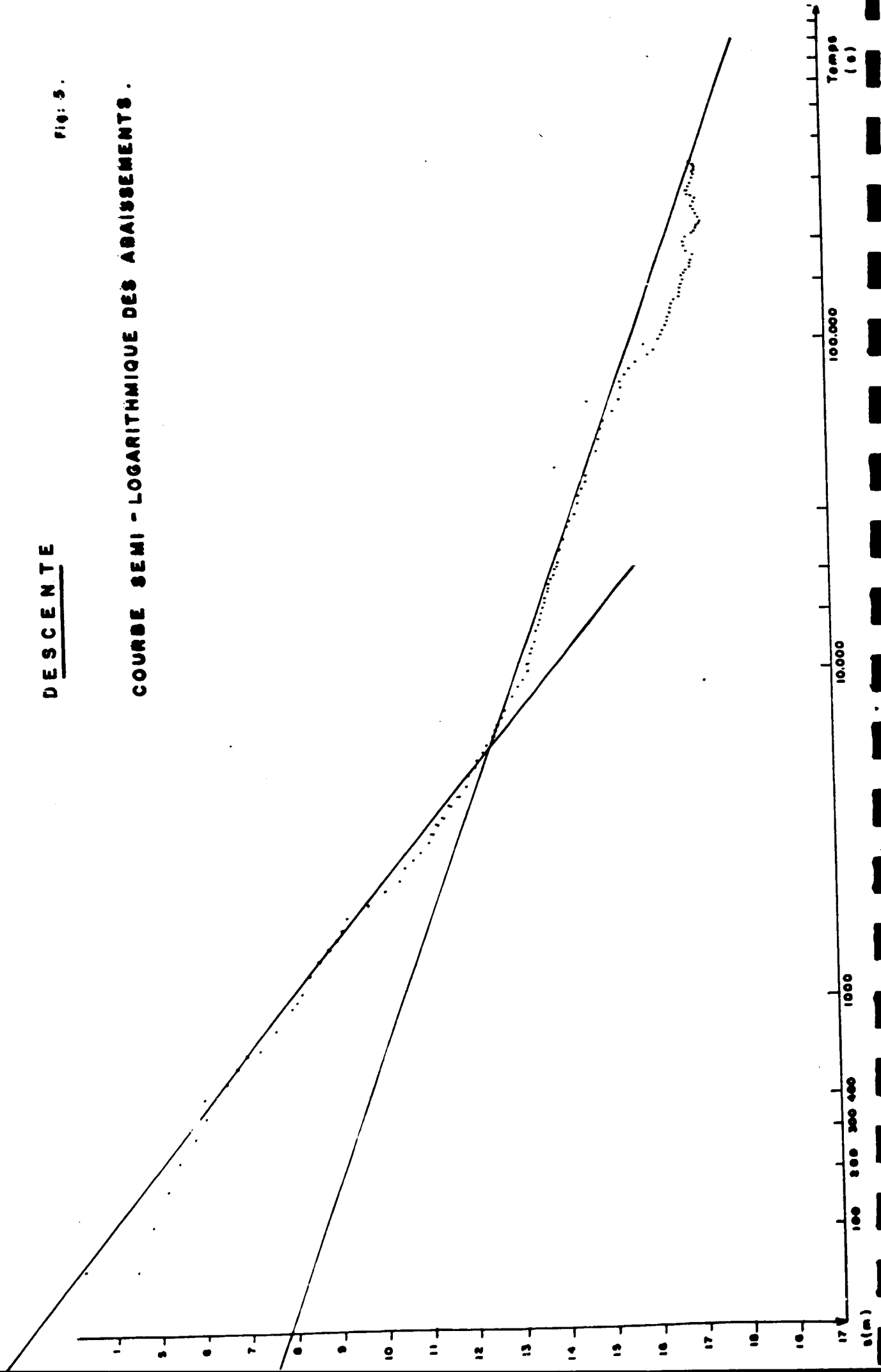
Fig. 4.



DESCENTE

Fig. 5.

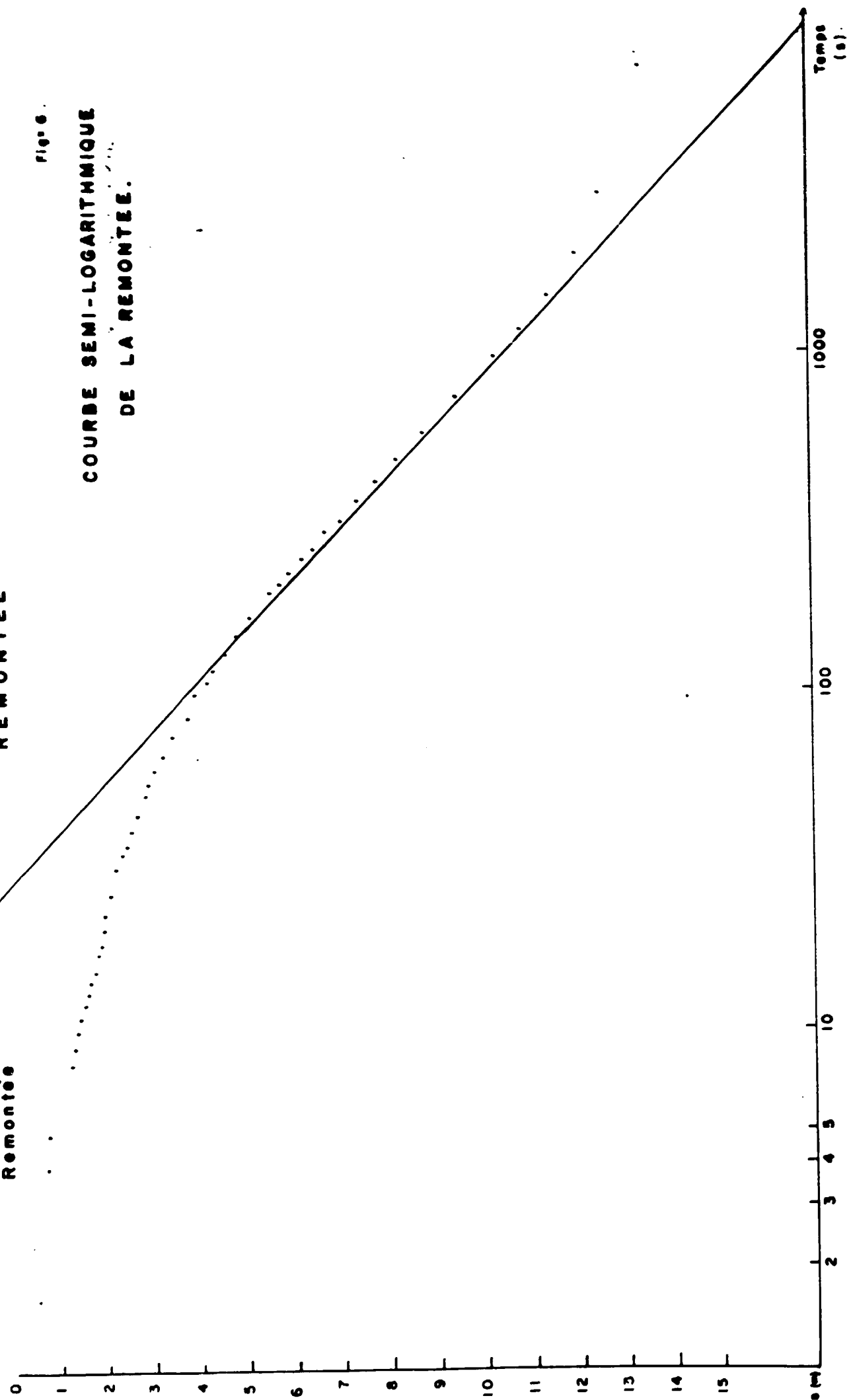
COURBE SEMI-LOGARITHMIQUE DES ABAISSSEMENTS.



Remontée

REMONTEE

Fig. 6.
COURBE SEMI-LOGARITHMIQUE
DE LA REMONTEE.



ANNEXE 2

MESURES DES NIVEAUX

POMPAGE D'ESSAI PAR PALIERS DE DEBIT SUR LE FORAGE F2

- PREMIER PALIER - DEBIT : 4 m³/h

- Date d'essai : 25/10/90
- Heure début : 7 H
- Profondeur crépine : 45 m
- Niveau d'eau de départ : 1,13 m

DESCENTE

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	Débit (m ³ /h)
25/10/90	7H00	0	1,13	0	0
	1	60	4,75	3,62	4,675
	2	120	5,23	4,1	4,188
	3	180	5,32	4,19	3,398
	4	240	5,26	4,13	3,67
	5	300	6,01	4,88	5,423
	6	360	6,32	5,19	4,099
	7	420	6,34	5,21	
	8	480	6,38	5,25	
	9	540	6,48	5,35	3,873
	10	600	6,59	5,46	
	12	720	6,83	5,7	
	14	840	6,87	5,74	
	16	960	7,24	6,11	4,117
	18	1080	7,82	6,69	
	20	1200	8,08	6,95	
	22	1320	8,26	7,13	
	24	1440	8,44	7,31	
	26	1560	8,59	7,46	
	28	1660	8,75	7,62	
	30	1800	8,85	7,72	
	33	1980	9,02	7,89	4,093
	36	2160	9,2	8,07	
	39	2340	9,32	8,19	
	42	2520	9,44	8,31	
	45	2700	9,58	8,45	4,102
	48	2880	9,72	8,59	
	51	3060	9,9	8,77	
	54	3240	9,96	8,83	
	57	3420	10	8,87	4,079
8H00	3600	10,06	9,93	4,079	

POMPAGE D'ESSAI PAR PALIERS DE DEBIT SUR LE FORAGE F2

- PREMIER PALIER - DEBIT : 4 m³/h

- Date d'essai : 25/10/90
- Heure début : 8 H
- Profondeur crépine : 45 m
- Niveau d'eau de départ : 10,06 m

REMONTÉE

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Robette-ment (m)	Débit (m ³ /h)
25/10/90	8H00	0	10,06	0	
	1	60	7,49		
	2	120	6,68		
	3	180	6,22		
	4	240	5,82		
	5	300	5,48		
	8	480	4,72		
	11	660	4,21		
	14	840	3,8		
	17	1020	3,48		
	20	1200	3,21		
	25	1500	2,88		
	30	1800	2,6		
	35	2100	2,41		
	40	2400	2,25		
	45	2700	2,11		
50	3000	2,02			
55	3300	1,93			
9H00	3600	1,96			

POMPAGE D'ESSAI PAR PALIERS DE DEBIT SUR LE FORAGE F2

- DEUXIEME PALIER - DEBIT : 6 m3/h

- Date d'essai : 25/10/90
- Heure début : 9 H
- Profondeur crépine : 45 m
- Niveau d'eau de départ : 1,96 m

DESCENTE

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rabette-ment (m)	Débit (m3/h)
25/10/90	9H00	0	1,96	0	-
	1	60	6,86	4,9	6,057
	2	120	7,06	5,1	
	3	180	7,56	5,6	
	4	240	7,98	6,02	5,697
	5	300	8,35	6,39	
	6	360	8,94	6,98	6,342
	7	420	9,48	7,52	
	8	480	9,92	7,96	
	9	540	10,23	8,27	6,166
	10	600	10,78	8,82	
	12	720	11,1	9,14	
	14	840	11,55	9,5	6,101
	16	960	11,95	9,99	
	18	1080	12,3	10,34	
	20	1200	12,67	10,71	6,247
	22	1320	12,9	10,94	
	24	1440	13,22	11,26	
	26	1560	13,42	11,46	5,995
	28	1660	13,68	11,72	
	30	1800	13,81	11,85	
	33	1980	13,98	12,02	6,062
	36	2160	14,05	12,09	
	39	2340	14,2	12,24	
	42	2520	14,35	12,39	5,981
	45	2700	14,5	12,54	
	48	2880	14,63	12,67	
	51	3060	14,76	12,8	6,062
	54	3240	14,88	12,92	
	57	3420	15	13,04	
		10H00	3600	15,09	13,13

POMPAGE D'ESSAI PAR PALIERS DE DEBIT SUR LE FORAGE F2

- DEUXIEME PALIER - DEBIT : 6 m³/h

- Date d'essai : 25/10/90
- Heure début : 10 H
- Profondeur crépine : 45 m
- Niveau d'eau de départ : 15,09 m

REMONTEE

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rebette-ment (m)	Débit (m ³ /h)
25/10/90	10H00	0	15,09	0	
	1	60	11,24		
	2	120	10,14		
	3	180	9,41		
	4	240	8,81		
	5	300	8,29		
	6	360	7,98		
	8	480	7,12		
	10	600	6,51		
	12	720	6,08		
	14	840	5,66		
	16	960	5,23		
	18	1080	5		
	20	1200	4,72		
	22	1320	4,45		
	24	1440	4,16		
	26	1560	4		
	28	1680	3,89		
	30	1800	3,75		
	35	2100	3,38		
40	2400	3,18			
45	2700	2,92			
50	3000	2,78			
55	3300	2,6			
11H00	3600	2,51			

POMPAGE D'ESSAI PAR PALIERS DE DEBIT SUR LE FORAGE F2

- TROISIEME PALIER - DEBIT : 8 m3/h

- Date d'essai : 25/10/90
- Heure début : 11 H
- Profondeur crépine : 45 m
- Niveau d'eau de départ : 2,51 m

DESCENTE

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rabette-ment (m)	Débit (m3/h)
25/10/90	11H00	0	2,51	0	-
	1	60	10,49		
	2	120	11,11		
	3	180	11,45		
	4	240	11,94		
	5	300	12,38		
	6	360	12,8		
	7	420	13,18		
	8	480	13,54		
	9	540	14,46		
	10	600	14,96		
	12	720	15,33		
	14	840	15,89		
	16	960	16,27		
	18	1080	16,72		
	20	1200	17,08		
	22	1320	17,49		
	24	1440	17,98		
	26	1560	18,64		
	28	1660	19,22		
	30	1800	19,6		
33	1980	20,2			
36	2160	20,8			
39	2340	21,33			
42	2520	21,99			
45	2700	22,23			
48	2880	22,85			
51	3060	23			
54	3240	23,56			
57	3420	23,86			
	12H00	3600	23,98		

POMPAGE D'ESSAI PAR PALIERS DE DEBIT SUR LE FORAGE F2

- TROISIEME PALIER - DEBIT : 8 m3/h

- Date d'essai : 25/10/90
- Heure début : 12 H
- Profondeur crépine : 45 m
- Niveau d'eau de départ : 23,98 m

REMONTÉE

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rabatement (m)	Débit (m3/h)
25/10/90	12H00	0	23,98		
	1	60	18,91		
	2	120	17,09		
	3	180	15,5		
	4	240	14,25		
	5	300	13,45		
	6	360	12,64		
	8	480	11,25		
	10	600	10,08		
	12	720	9,1		
	14	840	8,37		
	16	960	7,93		
	18	1080	6,98		
	20	1200	6,47		
	22	1320	6,2		
	24	1440	5,95		
	26	1560	5,67		
	28	1680	5,4		
	30	1800	5,15		
	33	1980	4,77		
36	2160	4,52			
39	2340	4,44			
42	2520	4,28			
45	2700	4,08			
48	2880	3,98			
51	3060	3,72			
54	3240	3,59			
57	3420	3,42			
	13H00	3600	3,35		

POMPAGE D'ESSAI PAR PALIERS DE DEBIT SUR LE FORAGE F2

- QUATRIEME PALIER - DEBIT : 12 m³/h

- Date d'essai : 25/10/90
- Heure début : 13 H 00
- Profondeur crépine : 45 m
- Niveau d'eau de départ : 3,35 m

DESCENTE

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rabatte-ment (m)	Débit (m ³ /h)
25/10/90	13H00	0	3,35	0	-
	1	60	10,84	7,49	11,07
	2	120	12,85	9,5	13,012
	3	180	14,47	11,12	11,684
	4	240	15,65	12,3	11,98
	5	300	16,58	13,23	
	6	360	17,46	14,11	
	7	420	18,11	14,76	11,943
	8	480	19,91	16,56	
	9	540	20,15	1,8	
	10	600	21,22	17,87	11,868
	12	720	23,24	19,89	12,154
	14	840	24,99	21,64	12
	16	960	26,44	23,09	11,849
	18	1080	27,98	24,63	11,292
	20	1200	29,44	26,09	11,812
	22	1320	30,73	27,38	12,317
	24	1440	31,91	28,56	12,794
	26	1560	32,89	29,54	11,905
	28	1680	33,21	29,86	
	30	1800	34,58	31,23	
	33	1980	35,69	32,34	11,868
	36	2160	36,27	32,92	
	39	2340	37,75	34,4	11,25
	42	2520	38,39	35,04	
	45	2700	39,33	35,98	11,052
	48	2880	40,02	36,67	
	51	3060	40,95	37,6	11,3
	54	3240	41,8	38,45	
57	3420	42,43	39,08		
14H00	3600	43,04	39,69		

POMPAGE D'ESSAI PAR PALIERS DE DEBIT SUR LE FORAGE F2

- QUATRIEME PALIER - DEBIT : 12 m³/h

- Date d'essai : 25/10/90
- Heure début : 14 H
- Profondeur crépine : 45 m
- Niveau d'eau de départ : 43,04 m

REMONTÉE

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rebette-ment (m)	Débit (m ³ /h)
25/10/90	14H00	0	43,04	-	
	1	60			
	2	120			
	3	180			
	4	240			
	5	300			
	6	360			
	8	480		22,15	
	10	600		20,47	
	12	720		19,11	
	14	840		17,18	
	16	960		15,8	
	18	1080		14,46	
	20	1200		13,45	
	22	1320		12,37	
	24	1440		11,53	
	26	1560		10,5	
	28	1680		10,03	
	30	1800		9,36	
	35	2100		8,27	
	40	2400		7,33	
45	2700		6,63		
50	3000		5,85		
55	3300		5,42		
	15H00	3600	5,11		
	15	4500	4,17		
	30	5400	3,52		
	45	6300	3,19		
	16H00	7200	2,98		
26/10/90	7 H	54000	1,47		

POMPAGE D'ESSAI LOGUE DUREE SUR LE FORAGE F2

- DESCENTE - DEBIT : 5 m³/h

- Durée pompage : 96 Heures (4 jours)
- Date : du 26 au 30/10/90
- Profondeur crépine : 45 m
- Niveau d'eau de départ : 1,47 m

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	Débit (m ³ /h)
26/10/90	7H00	0	1,47	0	0
	1	60	5,96	4,49	5,046
	2	120	6,29	4,82	
	3	180	6,6	5,13	5,094
	4	240	6,9	5,43	
	5	300	7,27	5,8	
	6	360	7,53	6,06	
	7	420	7,77	6,03	
	8	480	8	6,53	
	9	540	8,25	6,78	
	10	600	8,45	6,98	
	12	720	8,8	7,33	
	14	840	9,15	7,68	
	16	960	9,47	8	4,95
	18	1080	9,69	8,22	
	20	1200	9,93	8,46	
	22	1320	10,12	8,65	
	24	1440	10,32	8,85	
	26	1560	10,49	9,02	
	28	1680	10,6	9,13	
7H30	1800	10,75	9,28		
33	1980	11,25	9,78	5,275	
36	2160	11,59	10,12		
39	2340	11,97	10,5		

(Suite 1)

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rabatte-ment (m)	Débit (m ³ /h)	
26/10/90	7H42	2520	12,07	10,6	5,108	
	45	2700	12,26	10,79		
	48	2880	12,4	10,93		
	51	3060	12,6	11,13		
	54	3240	12,72	11,25		
	57	3420	12,82	11,35		
	8H00	3600	12,93	11,46		
	5	3900	13,14	11,67		
	10	4200	13,32	11,85		
	15	4500	13,43	11,96		
	20	4800	13,53	12,06	5,02	
	25	5100	13,67	12,2		
	30	5400	13,72	12,25		
	35	5700	13,8	12,33		
	40	6000	13,92	12,45		
	45	6300	14	12,53	5,121	
	50	6600	14,08	12,61		
	55	6900	14,15	12,68		
	9H00	7200	14,25	12,78		
	10	7800	14,35	12,88		
	20	8400	14,48	13,01		
	30	9000	14,63	13,16		5,275
	40	9600	14,73	13,26		
	50	10200	14,81	13,34		
	10H00	10800	14,87	13,4		
	10	11400	14,9	13,43		
	20	12000	14,95	13,48		
	30	12600	15	13,53		
	40	13200	15,03	13,56		
	50	13800	15,09	13,62	5,009	
11H00	14400	15,13	13,66			
10	15000	15,16	13,69			

(Suite 2)

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	Débit (m ³ /h)
26/10/90	11H20	15600	15,2	13,73	5,05
	30	16200	15,24	13,77	
	40	16800	15,26	13,79	
	50	17400	15,3	13,83	4,973
	12H00	18000	15,32	13,85	
	10	18600	15,36	13,89	
	20	19200	15,39	13,92	5
	30	19800	15,45	13,98	
	40	20400	15,48	14,01	
	50	21000	15,54	14,07	5,149
	13H00	21600	15,58	14,11	
	30	23400	15,58	14,11	
	14H00	25200	15,67	14,2	4,983
	30	27000	15,75	14,28	
	15H00	28800	15,83	14,36	
	30	30600	15,9	14,43	5,016
	16H00	32400	15,98	14,51	
	30	34200	16,02	14,55	
	17H00	36000	16,1	14,63	5,036
	30	37800	16,12	14,7	
	18H00	39600	16,17	14,73	
	30	41400	16,2	14,08	5,05
	19H00	43200	16,27	14,91	
	20H00	46800	16,38	14,99	
	21H00	50400	16,46	15,02	5,009
	22H00	54000	16,49	15,13	
	23H00	57600	16,6	15,33	
	24H00	61200	16,8	14,77	5,009
	1H00	64800	16,24	15,49	
	2H00	68400	16,96	15,51	
3H00	72000	16,98	15,52		
4H00	75600	16,99	15,62		
5H00	79200	17,09			

(Suite 3)

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	Débit (m ³ /h)	
27/10/90	6H00	82.800	17,18	15,71	5,029	
	7H00	86.400	17,35	15,88		
	8H00	90.000	17,65	16,18		
	9	93.600	17,75	16,28	4,973	
	10	97.200	17,87	16,04		
	11	100.800	17,86	16,39	4,957	
	12	104.400	17,92	16,45		
	13	108.000	17,96	16,49	5,05	
	14	111.600	18	16,53		
	15	115.200	18,03	16,56		
	16	118.800	18,05	16,58	4,986	
	17	122.400	18,1	16,63		
	18	126.000	18,15	16,68	5,003	
	19	129.600	18,16	16,69		
	20	133.200	18,2	16,73	4,986	
	21	136.800	18,31	16,84		
	22	140.400	18,31	16,84	4,986	
	23	144.000	18,35	16,88		
	24	147.600	18,37	16,9	4,986	
	28/10/90	1 H	151.200	18,39		16,92
		2	154.800	18,38	16,91	5,003
		3	158.400	18,45	16,98	
		4	162.000	18,53	17,06	5,003
		5	165.600	18,56	17,09	
6		169.200	18,57	17,01	5,003	
7		172.800	18,6	17,13		
8		176.400	18,6	17,13	5,003	
9		180.000	18,61	17,14		
10		183.600	18,48	17,01	5,003	
11		187.200	18,49	17,02		
12		190.800	18,44	16,97	5,003	
13		194.400	18,4	16,93		
14		198.000	18,42	16,95	5,003	
15		201.600	18,45	16,98		
16		205.200	18,5	17,03		

(Suite 4)

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rebette-ment (m)	Débit (m ³ /h)
28/10/90	17H00	208.800	18,61	17,14	5,097
	18	212.400	18,67	17,2	
	19	216.000	18,72	17,25	
	20	219.600	18,77	17,3	4,96
	21	223.200	18,78	17,31	
	22	226.800	18,77	17,3	5,07
	23	230.400	18,77	17,3	
	24	234.000	18,75	17,28	
	1 H	237.600	18,72	17,25	
	2	241.200	18,7	17,23	
	3	244.800	18,69	17,22	5,04
	4	248.400	18,65	17,18	
	5	252.000	18,64	17,17	4,909
	6	255.600	18,65	17,18	
	7	259.200	18,69	17,22	5,016
	8	262.800	18,69	17,22	
	9	266.400	18,67	17,2	
10	270.000	18,61	17,14		
11	273.600	18,52	17,05		
28/10/90	12	277.200	18,53	17,06	4,905
	13	280.800	18,53	17,06	
	14	284.400	18,53	17,06	
	15	288.000	18,53	17,06	5,019
	16	291.600	18,59	17,12	
	17	295.200	18,59	17,12	
	18	298.800	18,59	17,12	
	19	302.400	18,63	17,63	
	20	306.000	18,65	17,18	5,003
	21	309.600	18,64	17,17	
	22	313.200	18,68	17,21	5,06
23	316.800	18,7	17,23		
24	320.400	18,63	17,16		
30/10/90	1 H	324.000	18,67	17,2	

(Suite 5)

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rebette-ment (m)	Débit (m ³ /h)
30/10/90	2	237.600	18,58	17,11	
	3	331.200	18,53	17,06	
	4	334.800	18,6	17,13	
	5	338.400	18,62	17,15	
	6	342.000	18,66	17,19	
	7	345.600	18,62	17,15	

POMPAGE D'ESSAI LOGUE DUREE SUR LE FORAGE F2

REMONTÉE

- Durée : 27 Heures
- Date : du 30 au 31/10/90
- Profondeur crépine : 45 m
- Niveau d'eau de départ : 18,62 m

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Rabette-ment résiduel (m)	$\frac{1 + t_p}{tr}$
30/10/90	7H00	0	18,62	17,15	
	1	60	15	13,53	5761
	2	120	14,21	12,74	2881
	3	180	13,61	12,14	1921
	4	240	12,98	11,51	1441
	5	300	12,37	10,9	1153
	6	360	11,88	10,41	961
	8	480	11,08	9,61	721
	10	600	10,35	8,88	577
	12	720	9,81	8,34	481
	14	840	9,35	7,88	412
	16	960	8,94	7,47	361
	18	1080	8,6	7,13	321
	20	1200	8,3	6,83	289
	22	1320	8	6,53	262
	24	1440	7,76	6,29	241
	26	1560	7,55	6,08	222
	28	1680	7,34	5,87	206
	30	1800	7,14	5,67	193
	35	2100	6,7	5,23	165
	40	2400	6,41	4,94	145
	45	2700	6,14	4,67	129
	50	3000	5,89	4,42	116
	55	3300	5,78	4,31	105
	8H00	3600	5,53	4,06	97
	10	4200	5,37	3,9	83
	20	4800	5	3,53	73
	30	5400	4,77	3,3	65
	40	6000	4,65	3,18	58
	50	6600	4,5	3,03	53
9H00	7200	4,4	2,93	49	
15	8100	4,25	2,78	43	
30	9000	4,13	2,66	39	

REMONTÉE

Date	Heure	Temps depuis le début du pompage (secondes)	Profondeur du niveau dynamique (m)	Robette-ment résiduel (m)	$\frac{i + tp}{tr}$
30/10/90	9H45	9900	4,02	2,55	35
	10H00	10800	3,94	2,47	33
	30	11700	3,78	2,31	30
	11H00	14400	3,67	2,2	25
	30	16200	3,54	2,07	22
	12H00	18000	3,47	2	20
	30	19800	3,39	1,92	18
	13H00	21600	3,32	1,85	17
	30	23400	3,25	1,78	15
	14H00	25200	3,18	1,71	14
	30	27000	3,12	1,65	13
	15H00	28800	3,06	1,59	13
	30	30600	3	1,53	12
	16H00	32400	2,97	1,5	11
	30	34200	2,93	1,46	11
	17H00	36000	2,89	1,42	10
	30	37800	2,85	1,38	10
	18H00	39600	2,83	1,36	9
	30	41400	2,8	1,33	9
	19H00	43200	2,75	1,28	9
	30	45000	2,73	1,26	8
	20H00	46800	2,7	1,23	8
	6H00	82800	2,23	0,76	5
	30	84600	2,21	0,74	5
7H00	86400	2,2	0,73	5	
8H00	90000	2,18	0,71	4	
9H00	93600	2,17	0,7	4	
10H00	97200	2,16	0,69	4	

A N N E X E 3

**RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES
ET BACTERIOLOGIQUES DES EAUX**

INSTITUT NATIONAL D'HYGIÈNE

DEPARTEMENT D'HYDROLOGIE

RAPPORT D'ANALYSES CHIMIQUES DE L'EAU

N° de référence 103 à 104 / I.E.R. / 90

Origine Direction de Service de l'Hydraulique

Date et heure de prélèvement 25/10/90 à 15 heures 8

Date et heure d'arrivée au laboratoire 24 / 10 / 90 à 21 heures

Date du début d'analyse 25 / 10 / 90 à 7 heures

Echantillons : N° 1 Forage F1 Schodé

N° 2 Forage F2 Schodé

N° 3 _____

N° 4 _____

N° 5 _____

N° 6 _____

CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES ET PHYSIQUES

Méthodes	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Aspect	Normal	Normal				
Couleur	Claire	Claire				
Odeur	Néant	Néant				
Saveur						
Température °C	Oxymètre	28	29,5			
pH sur le terrain	pH-mètre	6,8	6,8			
pH au laboratoire	"	6,6	6,6			
Résistivité Ohm/cm	Conductimètre	2500	3300			
Turbidité unité NTU						

CONTROLE DE LA STERILISATION

Chlore libre total mg/l

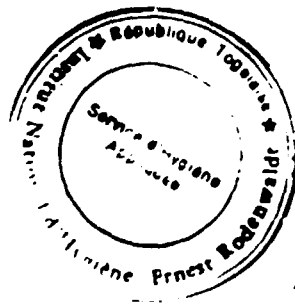
Chlore résiduel total

CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

T.A. °F
 T.A.C °F
 Dureté totale °F
 CO₂ libre mg/l
 CO₂ contre marbre mg/l
 Oxygène dissous mg/l
 O₂ cédé per KMnO₄ mg/l
 Ion ammonium mg/l
 Ion nitrite mg/l
 Ion nitrate mg/l
 Chlorures mg/l
 Sulfates mg/l
 Phosphates mg/l
 Silicates mg/l
 Calcium mg/l
 Magnésium mg/l
 Sodium mg/l
 Potassium mg/l
 Manganèse mg/l
 Fer mg/l
 Autres déterminations

Alcalimétrie	00	00				
"	21	20				
Complexométrie	20,8	20,5				
Alcalies alcalines	4,15	0,25				
Nessler	00	00				
Dembelli	00	00				
Salicylate	00	00				
MOhr	17,75	17,75				
Néphélogétrie	00	00				
Complexométrie	53	52,8				
"	15,24	17,18				

CONCLUSION: Pas de remarques particulières sur le plan physico-chimique.



Le Chef du Département
Eni E. NIMON
 Pharmacien Chef du Service
 d'Hygiène Appliquée

INSTITUT NATIONAL D'HYGIÈNE

DÉPARTEMENT D'HYDROLOGIE

RAPPORT D'ANALYSES CHIMIQUES DE L'EAU

N° de référence 107/I.E.R./90

Origine Forage F2 SOKODE

Date et heure de prélèvement 30/10/90

Date et heure d'arrivée au laboratoire 30/10/90 à 7heures

Date du début d'analyse 30/10/90

Echantillons : N° 1 Forage F2

N° 2 _____

N° 3 _____

N° 4 _____

N° 5 _____

N° 6 _____

CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES ET PHYSIQUES

Méthodes	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Aspect	Visuelle Normale					
Couleur	" Normale					
Odeur	Odorat Néant					
Saveur						
Température °C						
pH sur le terrain						
pH au laboratoire	pH-mètre 7					
Résistivité Ohm/cm	Conductimètre 3333					
Turbidité unité NTU						

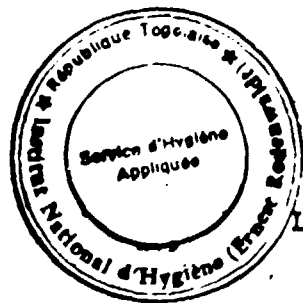
CONTROLE DE LA STERILISATION

Chlore libre total mg/l						
Chlore résiduel total						

CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

T.A. °F	Alcalimétrie	00				
T.A.C °F	"	21				
Dureté totale °F	Complexométrie	21				
CO ₂ libre mg/l						
CO ₂ contre marbre mg/l						
Oxygène dissous mg/l						
O ₂ cédé par KMnO ₄ mg/l	Milieu alcalin	3,7				
Ion ammonium mg/l	Nessler	00				
Ion nitrite mg/l	Zambelli	00				
Ion nitrate mg/l	salicylate	00				
Chlorures mg/l	Mohr	31,95				
Sulfates mg/l	Néphélométrie	12,5				
Phosphates mg/l						
Silicates mg/l						
Calcium mg/l	Complexométrie	56				
Magnésium mg/l	"	16,94				
Sodium mg/l						
Potassium mg/l						
Manganèse mg/l						
Fer mg/l						
Autres déterminations						

CONCLUSION : Pas de remarques particulières sur le plan physico chimique



Dr. A. D. V. Y. B.
Médecin - Hygiéniste
Lomé

Le Chef du Département
[Signature]

INSTITUT NATIONAL D'HYGIENE

DEPARTEMENT D'HYDROLOGIE

ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

N° de référence 200 à 201 / I.E.R. / 90

Origine Direction du Service de l'Hydraulique

Date et heure de prélèvement 23/10/90 à 15 H 00 par I. E. R.

Conditions de conservation et de transport Bonnes

Date et heure du début d'analyse 25 / 10 / 90

Echantillons :

- N° 1 Forage M Sokodé
- N° 2 Forage K2 Sokodé
- N° 3 _____
- N° 4 _____

Milieux de culture	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Germes totaux par ml				
- 24 H à 37°				
- 48 H à 28°				
- 72 H à 20°				
Nutrient Agar + TTC.	10000	70000		
" " "	340000	250000		

Indices de souillure fécale

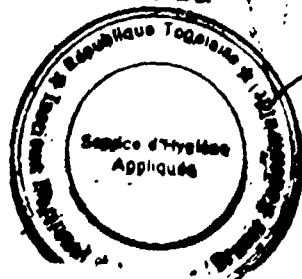
- Coliformes totaux/100ml	Bouillon lactosé, Ind	4	1100		
- Coliformes fécaux/100ml	Test de Mackerle	00	00		
- Identification : <u>E.coli</u>	Galerie biochimique	00	00		
- Streptocoques fécaux	Rothe + D-Coccosel	00	23		
- Cl. sulfite-réducteurs					

Autres recherches

Staphylocoques	Chapman	00	00		
Salmonelles	Sélénite + Hektoen	00	00		

CONCLUSION: Sur le plan physico-chimique, il n'y a pas de remarques particulières. Quant à la bactériologie, on peut espérer une meilleure qualité après plusieurs heures de pompage, ce que justifie la variation des résultats.

LE CHEF DU DEPARTEMENT



Eni E. NIMON
Pharmacien Chef du Service
d'Hygiène appliquée

INSTITUT NATIONAL D'HYGIENE

DEPARTEMENT D'HYDROLOGIE

ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

N° de référence 205 / I. E. R. 1980

Origine Direction du Service de l'Hydraulique

Date et heure de prélèvement 30/10/80 par Service Hydraulique

Conditions de conservation et de transport _____

Date et heure du début d'analyse 30/10/80

Echantillons :

- N° 1 Forage FA School
- N° 2 _____
- N° 3 _____
- N° 4 _____

Milieux de culture	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Germes totaux par ml				
- 24 H à 37°				
- 48 H à 28°				
- 72 H à 20°				

Nutrient	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Agar + TTC	CC			
" " " " 1000				

Indices de souillure fécale

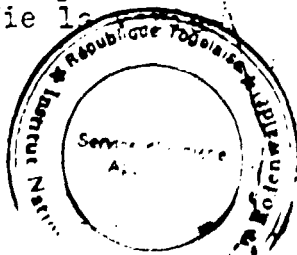
- Coliformes totaux/100ml	Bouillon lactosé	CC			
- Coliformes fécaux/100ml	Test de MacConkie	CC			
- Identification : <u>E.coli</u>	Galerie biochimique	CC			
- Streptocoques fécaux	Rothe + D-Saccosol	4			
- Cl.sulfito-réducteurs					

Autres recherches

Staphylocoques	Chapman	CC			
Salmonelles	Sélénite + Hektoen	CC			

CONCLUSION: Sur le plan physico-chimique, il n'y a pas de remarques particulières. Quant à la bactériologie, on peut espérer une meilleure qualité après plusieurs heures de passage, ce que justifie la réalisation des résultats.

LE CHEF DU DEPARTEMENT



[Signature]
ERIC NIMON
Pharmacien Chef du Service
d'Hygiène appliquée