

11198

REPUBLIQUE DU NIGER

COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN

--:--:--

ETUDE SUR LE VIEILLISSEMENT DES OUVRAGES
D'HYDRAULIQUE SOUTERRAINE

INWAGGEUR - KAOKAO - AKARANA
IBECETEN - EDEMBOUTEN

--:--:--

par

R. BREMOND

--:--:--

COMITE INTER-AFRICAINE D'ETUDES HYDRAULIQUES

Adresse provisoire : 31, Rue Marbeuf PARIS 8°

ETUDE SUR LE VIEILLISSEMENT DES OUVRAGES D'HYDRAULIQUE SOUTERRAINE

INWAGGEUR - KAOKAO - AKARANA - IBECETEN - EDEMBOUTEN

--:--:--

SOMMAIRE

- I - Déroulement de la mission.
- II - De l'importance de la nature géologique des formations aquifères sur le phénomène de l'ensablement des forages.
- III - De l'importance de l'étude du système de captage pour tenter d'immobiliser les éléments meubles de la formation.
- IV - De l'influence des conditions d'exploitation des ouvrages sur le phénomène de l'ensablement.
- V - De l'influence de la chimie des eaux sur la tenue des matériels constituant les systèmes de captage.
- VI - Conclusions générales et propositions.

ETUDE SUR LE VIEILLISSEMENT DES OUVRAGES D'HYDRAULIQUE SOUTERRAINE

INWAGGEUR - KAOKAO - AKARANA - IBECETEN - EDEMBOUTEN

-:-:-:-

ANNEXES

ANNEXE I	Nature géologique des formations captées
ANNEXE II	Système de captage des forages
ANNEXE III	Fiche signalétique du forage INWAGGEUR
" "	" " " EDEMBOUTEN
" "	" " " AKARANA
" "	" " " KAOKAO
" "	" " " IBECETEN
ANNEXE IV	Schéma-type d'équipement des installations de pompage

.../...

I - DEROULEMENT DE LA MISSION -

La mission a débuté par une étude sur dossiers détenus par le Bureau Technique du C.I.E.H. à Dakar, les entreprises de forages qui ont exécuté les ouvrages en cause et dénommés : Société l'Hydraulique Afrique et Société Africaine de Sondages, Injections et Forages, l'Office des Eaux du Sous-Sol, le Service des Travaux Publics à NIAMEY et la section de fonctionnement des forages de TAHOUA. Il a également été étudié les rapports hydro-géologiques du B.R.G.M. et pris contact avec l'I.R.H. de la Direction des Mines du Niger.

La mission s'est poursuivie par une tournée sur les ouvrages incriminés où il a été procédé à un certain nombre d'investigations qui ont porté sur la compatibilité des conditions d'exploitations des forages et des caractéristiques hydrauliques propres de ces derniers et sur les qualités physique et chimique de l'eau pompée en vue d'en rechercher l'influence sur le système de captage.

Les divers entretiens tant à NIAMEY qu'à TAHOUA se sont déroulés en présence de M. MOUSSA, Directeur de l'OFEDS. La tournée sur les forages comprenait en outre M.M. RABILLON, Chef du 2ème Arrondissement des T.P. à NIAMEY, RAMIREZ, Chef de Subdivision des T.P. à TAHOUA et GOROTITZA, Chef de la Section fonctionnement des forages à TAHOUA.

II - DE L'IMPORTANCE DE LA NATURE GEOLOGIQUE DES FORMATIONS AQUIFERES SUR LE PHENOMENE DE L'ENSABLEMENT DES FORAGES -

A l'exception du forage EDEMBOUTEN qui exploite une nappe contenue dans un calcaire d'âge turonien, tous les autres ouvrages captent la nappe qu'on a convenu d'appeler le Continental Intercalaire ou plus précisément les grès du TEGGAMA.

Rappelons que les grès sont des roches correspondant à d'anciens sables consolidés. La consolidation des grains de sable dépend de la nature du ciment qui les lie. Ce ciment peut être tel qu'il confère à la nouvelle roche une dureté exceptionnelle comme par exemple les quatzites. D'autres fois le ciment peut être insuffisant ou d'une nature telle que les grès sont faiblement consolidés, se délitent à l'air ou sous l'érosion mécanique provoquée par la mise en circulation de l'eau. M. GREIGERT a bien voulu nous préciser que les grès du TEGGAMA, dans de nombreux cas, se délitaient en sable, étaient peu ou mal consolidés.

Par ailleurs les formations captées ne sont pas homogènes d'un forage à un autre et peuvent même être hétérogènes dans un même ouvrage. C'est ce qui ressort de l'annexe I qui porte indication

.../...

pour chacun des ouvrages incriminés de la nature géologique des terrains captés. Il convient de noter que cette hétérogénéité se manifeste également au forage d'EDEMBOUTEN, bien que celui-ci exploite une nappe perméable en grand. Signalons enfin qu'il en est d'ailleurs de même pour l'ensemble des ouvrages actuellement réalisés au Niger.

Nous retiendrons que les formations aquifères du Niger, et plus particulièrement celles des forages étudiés, contiennent des éléments fins (INWAGGEUR - AKARANA - KAOKAO) et même des éléments colloïdaux (IBECETEN - AKARANA). Dans ces conditions la mise en exploitation des ouvrages a pour effet de provoquer la mobilisation de ces éléments sous l'action d'une mise en vitesse due aux pompes. Et toutes choses égales par ailleurs, cette mise en vitesse est d'autant plus élevée et donc susceptible d'entraîner des éléments plus gros ou plus nombreux que le débit pompé est plus grand.

L'entraînement des parties fines est facilité quand rien ne s'oppose à leur mobilisation ou autrement dit quand le système de captage mis en place dans la nappe n'est pas approprié au milieu capté : ouvertures des crépines trop grandes ou trop petites (dans ce dernier cas il y aura colmatage); gravier filtrant mal calibré, mal disposé autour de la crépine, de qualité médiocre, de granulométrie mal calculée, etc....

III - DE L'IMPORTANCE DE L'ETUDE DU SYSTEME DE CAPTAGE POUR TENTER D'IMMOBILISER LES ELEMENTS MEUBLES DE LA FORMATION -

L'annexe II porte divers renseignements sur les systèmes de captage réalisés. On constate :

a) Les forages IBECETEN et EDEMBOUTEN ont été mis en valeur par la méthode de l'autodéveloppement ou autrement dit sans massif de gravier additionnel.

Nous n'avons trouvé aucune étude sur les formations captées décidant du choix de cette méthode. En leur absence et en celle d'analyses granulométriques des formations crépinées nous ne pouvons que nous reporter aux coupes géologiques pour tenter de voir si la méthode de l'autodéveloppement répondait aux conditions existantes.

La nature géologique de la formation captée à EDEMBOUTEN autorise a priori la méthode de l'autodéveloppement. Il s'agit de formations relativement compactes; toutefois la présence du niveau de grès fins peut faire craindre des irrptions sableuses.

.../...

Les résultats obtenus tant à la réception provisoire qu'à la réception définitive du forage IBECETEN démontrent clairement que la méthode de l'autodéveloppement est en défaut. Rien ne s'oppose donc à la venue du sable et de l'argile constituant le niveau aquifère capté. Là est une des causes de l'ensablement de l'ouvrage.

b) Les forages INWAGGEUR et KAOKAO ont été développés avec mise en place d'un massif de gravier. Là encore nous n'avons trouvé aucune étude sur les formations captées décidant du choix de la méthode et déterminant la granulométrie du gravier mis en place.

En ce qui concerne le forage INWAGGEUR, d'après les comptes-rendus de chantier, il ressort que les jours précédant la réception provisoire de l'ouvrage l'eau pompée présentait une tache de sable de l'ordre de 3 mm dans l'échantillon d'un litre et il y avait encore du sable au moment de la réception provisoire, et cela au débit de 6 m³/h.

Il n'y a rien de spécial à signaler concernant le forage KAOKAO ce qui laisse supposer que le système de captage convient au milieu capté.

c) Le système de captage mis en oeuvre à AKARANA (double crépine) illustre, si besoin était, la nécessité de connaître le milieu capté autrement que par un examen visuel des cuttings et une interprétation de la marche du forage. Il a fallu ici doubler les crépines dès l'origine pour tenter de s'opposer à l'ensablement. S'il semble qu'à la réception de l'ouvrage l'eau pompée était satisfaisante - nous n'avons constaté aucune réserve - deux jours avant la livraison, au débit de 31 m³/h l'eau présentait une tache de 7 mm au démarrage.

Ces résultats montrent l'importance de la connaissance du milieu capté pour fixer le choix de la méthode de mise en valeur d'une formation aquifère et pour décider de la granulométrie du gravier à mettre en place et des dimensions des ouvertures des crépines. A ce sujet nous renvoyons à "l'Etude de l'Influence des caractéristiques technologiques des puits et forages sur leur rendement et leur longévité - 1ère partie - l'Ensablement" réalisée par le Bureau Technique du C.I.E.H. et qui vient d'être diffusée au Niger. Elle traite en détail cette question.

Rappelons que la connaissance du milieu capté impose l'analyse granulométrique des formations géologiques de ce milieu quand il est perméable en petit. Sans rentrer dans des détails techniques qui sont développés dans l'étude citée ci-dessus, signalons que :

.../...

1°) Les échantillons nécessaires à l'analyse granulométrique sont prélevés dans les cuttings du forage.

2°) Le prélèvement des échantillons, leur étiquetage, leur envoi au laboratoire est à faire par l'entrepreneur. Cela est d'ailleurs imposé dans le "Cahier des charges type pour l'exécution de forages d'eau entrepris sans prospection préalable" édité par le C.I.E.H et en usage au Niger. Le poids de l'échantillon doit être de l'ordre de 300 grammes.

3°) L'analyse granulométrique peut être réalisée par le laboratoire des sols du B.C.E.O.M. à NIAMEY. Il peut également être réalisé sur les lieux mêmes d'exécution des ouvrages si on possède la série des tamis.

4°) Sur la suggestion de M. GREIGERT on pourrait effectuer ces déterminations sur les cuttings des anciens forages ce qui préciserait quelque peu ce dont on peut espérer trouver comme variation dans l'espace et prévoir peut être la granulométrie des graviers dont il faudra disposer.

L'étude du système de captage pour tenter d'immobiliser les éléments meubles de la formation paraît urgente à mettre en oeuvre car à l'heure actuelle aucune des sociétés de forages installées au Niger : Société l'Hydraulique Afrique - SNECTA - HYDRA - BAKHALANY - Tchad Ltd, etc.... n'effectue d'analyses granulométriques.

IV - DE L'INFLUENCE DES CONDITIONS D'EXPLOITATION DES OUVRAGES SUR LE PHENOMENE DE L'ENSABLEMENT -

Une remarque préalable s'impose concernant l'équipement actuel des stations de pompage des forages.

1°) Aucun dispositif de mesure du niveau de la nappe n'existe ce qui est préjudiciable :

- à la connaissance de la nappe dans le temps. La mesure périodique du niveau statique de la nappe renseignerait sur sa stabilité ou sur son épuisement sous l'effet des pompes.

- à la connaissance du comportement de l'ouvrage dans le temps. La mesure périodique du niveau de pompage renseignerait sur les variations éventuelles du débit spécifique de l'ouvrage. Une diminution de sa valeur peut être l'indice d'un appauvrissement de la nappe, d'un colmatage des crépines, d'un envahissement par le sable. Sa connaissance ainsi que celle du débit de pompage est de nature à renseigner sur le comportement du groupe de

.../...

pompage dans le temps et à déterminer le degré d'usure de celui-ci. Cette connaissance est importante car elle permet de prendre en temps opportun et avant que la panne totale arrive les mesures propres qui s'imposent. Nous renvoyons pour plus de détails sur ce sujet à "l'Etude de l'influence des caractéristiques technologiques des puits et forages sur leur rendement et leur longévité-1ère partie - l'ensablement " déjà citée.

2°) Aucune installation n'est prévue pour connaître la qualité physique de l'eau pompée, ce qui est préjudiciable à une bonne exploitation de l'ouvrage et à une bonne utilisation des groupes de pompage.

Nous joignons en annexe IV un schéma-type d'équipement des stations de pompage des forages pour satisfaire au contrôle de la nappe, de la qualité physique de l'eau pompée et du fonctionnement des groupes de pompage. On trouvera dans le manuscrit "Contribution à l'interprétation des mesures de débit et de rabattement dans les nappes souterraines" (sous presse chez Gauthier-Villars) des détails sur l'intérêt que présente l'ensemble de ces contrôles.

Pendant la tournée il a été possible de modifier temporairement les installations pour connaître la qualité physique de l'eau pompée mais malheureusement il n'a pas été possible d'effectuer des mesures de niveaux statique et surtout dynamique de la nappe lors du pompage. Les mesures effectuées sont consignées dans l'annexe III sous forme de fiche signalétique des forages.

Rappelons qu'un ouvrage peut s'ensabler quand on exploite une nappe perméable en petit, si on pompe un débit supérieur à celui pour lequel il a été construit, débit caractérisé alors par une eau claire, limpide, sans éléments en suspension. Dans ces conditions un équilibre s'établit entre la vitesse de circulation de l'eau dans le terrain et la mobilité des éléments constituant ce terrain. Des pompages à un débit supérieur provoquent une accélération des vitesses de circulation de l'eau et par conséquent un déséquilibre de nature à provoquer des irrptions de sable à travers la crépine.

Les forages INWAGGEUR et EDEMBOUTEN sont équipés d'un groupe de pompage qui donne un débit supérieur à celui enregistré lors de la réception provisoire des ouvrages.

Forages	Débit de réception (m3/h)	Débit d'exploitation (m3/h)
INWAGGEUR	6	17,2
EDEMBOUTEN	5	20

.../...

Le forage INWAGGEUR donne du sable. Les conditions d'exploitation de l'ouvrage sont une cause de la présence du sable dans l'eau pompée.

On ne sait pas si le forage EDEMBOUTEN donne du sable. Il n'a pas été possible d'effectuer des mesures. La fiche signalétique donne tous renseignements utiles pour les effectuer ultérieurement.

Les conditions d'exploitation des forages AKARANA et KAOKAO ne sont pas susceptibles de provoquer des irrptions de sable.

AKARANA est un bon ouvrage.

KAOKAO débite du sable. Il faut rechercher ailleurs la cause de la venue de ce sable.

Le forage IBECETEM est fermé. Le groupe de pompage est démonté. Il n'a pu être effectué de mesures sur cet ouvrage.

V - DE L'INFLUENCE DE LA CHIMIE DES EAUX SUR LA TENUE DES MATERIELS CONSTITUANT LES SYSTEMES DE CAPTAGE -

Nous donnons ci-dessous l'analyse ionique des eaux des forages EDEMBOUTEN, KAOKAO et INWAGGEUR établie par le Laboratoire de Chimie du B.R.G.M. à Dakar. On ne possède pas d'analyse ionique de l'eau du forage AKARANA. Il conviendrait de faire établir cette analyse à la prochaine occasion aux fins d'étudier son agressivité éventuelle.

Analyse ionique des eaux (en mg/litre)

Forage	Ca	Mg	Na	K	cl	SO ₄	CO ₃	CO ₃ H	Résidu sec
EDEMBOUTEN	15	5	287	-	92	245	-	363	860
KAOKAO	11,2	7,7	9	43	7,1	9,6	-	106	156
INWAGGEUR	12	14,4	11	8,1	7,1	35,4	-	65	150

L'examen de ce tableau montre que les eaux des forages KAOKAO et INWAGGEUR présentent une minéralisation faible et semblable, de l'ordre de 150 mg/litre de résidu sec. Il n'en est pas de même de l'eau du forage d'EDEMBOUTEN, beaucoup plus minéralisée, 860 mg/litre de résidu sec, ce qui d'ailleurs était prévisible étant donné la nature de la roche magasin essentiellement calcaire (calcaire du Turonien).

.../...

Dans le tableau ci-après nous indiquons les mesures effectuées in situ par nos soins pour l'étude de l'agressivité éventuelle des eaux.

Forage	EDEMBOUTEN	KAOKAO	INWAGGEUR	AKARANA
t (°)	36	34	32	36
pH	7,9	6,5	6,13	7,3
Résistivité (ohm/cm)	700	3800	5000	2000
Salinité Cl Na (mg/l)	550	très douce	très douce	200
TA = CO_3 (méq.l)	0,2	0	0	0
TAC = $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ (méq.l)	5,4	1,6	1	4,4
TH = Ca+Mg (méq.l)	0,8	1,6	1	4
CO ₂ libre (mg/l)	0	35	44	17
Fe (mg/l)	0,4	12	0,1	0,3

Le tableau suivant donne les calculs essentiels relatifs à la détermination de l'agressivité de l'eau.

.../...

Forage	EDEMBOUTEN	KAOKAO	INWAGGEUR	AKARANA (1)
force ionique :				
$\mu = 0,5(C_1 V_1^2 + C_2 V_2^2)$	23,02	4,52	6,03	14,55
Calcul des constantes avec $\mathcal{E} = \frac{\sqrt{\mu}}{1+0,9 \sqrt{\mu}}$	0,13	0,05	0,07	0,11
pH graphique = PH + \mathcal{E}	8,03	6,55	6,20	7,41
pH _s d'équilibre	8,03	8,50	8,70	7,50
CO ₃ H ₂ d'équilibre (n.mole)	0,13	0,01	0,005	0,20
Conclusion :				
i = pHg-pHs	0	- 1,95	- 2,50	- 0,09
CO ₂ libre est :	inférieur CO ₃ H ₂ éq.	supérieur CO ₃ H ₂ éq.	supérieur CO ₃ H ₂ éq.	légèrement supérieur à CO ₃ H ₂ éq.
nature de l'eau	légèrement incrustante	agressive	agressive	légèrement agressive

(1) L'absence d'analyse ionique ne permet pas de résoudre le problème de l'agressivité de l'eau. Nous avons tenté en fonction

de constituer l'analyse ionique mais

Forage	EDEMBOUTEN	KAOKAO	INWAGGEUR	AKARANA (1)
force ionique : $\mu = 0,5(C_1 V_1^2 + C_2 V_2^2)$	23,02	4,52	6,03	14,55
Calcul des constantes avec $E = \frac{\sqrt{\mu}}{1+0,9\sqrt{\mu}}$	0,13	0,05	0,07	0,11
pH graphique = PH + E	8,03	6,55	6,20	7,41
pH _s d'équilibre	8,03	8,50	8,70	7,50
CO ₃ H ₂ d'équilibre (m.mole)	0,13	0,01	0,005	0,20
Conclusion : i = pH _g -pH _s	0	- 1,95	- 2,50	- 0,09
CO ₂ libre est :	inférieur CO ₃ H ₂ éq.	supérieur CO ₃ H ₂ éq.	supérieur CO ₃ H ₂ éq.	légèrement supérieur à CO ₃ H ₂ éq.
nature de l'eau	légèrement incrustante	agressive	agressive	légèrement agressive

(1) L'absence d'analyse ionique ne permet pas de résoudre le problème de l'agressivité de l'eau. Nous avons tenté en fonction de nos mesures in situ de reconstituer l'analyse ionique, mais les hypothèses simplificatrices qui s'imposent entachent les résultats des réserves d'usage.

En conclusion :

- L'eau du forage EDEMBOUTEN n'est absolument pas agressive mais au contraire légèrement incrustante. On ne connaît pas l'importance que peut revêtir cette incrustation sur la crépine du forage faute de données sur la nappe comme nous l'avons déjà signalé. Après l'exécution des prescriptions portées sur

.../...

Deux solutions s'offrent pour tenter de remédier aux venues de sable et d'augmenter la durée de fonctionnement du forage.

La première consiste à diminuer le débit de pompage. Cette façon de procéder doit diminuer le volume des éléments meubles mobilisés par le pompage ainsi que la granulométrie de ces derniers. Il doit en résulter une moindre usure de la pompe et une diminution de l'action érosive des grains de sable sur les ouvertures de la crépine.

La détermination du nouveau débit de pompage doit **résulter d'essais de pompage tendant à obtenir** pour un débit donné une eau de qualité physique satisfaisante. On admet que cette condition est remplie quand la teneur maximum de matières en suspension dans l'eau au démarrage ne présente pas une tache de sable au fond de l'échantillon supérieure à 3 millimètres et que la durée de cette tache n'excède pas 4 minutes. En régime continu l'eau doit être exempte de toutes particules en suspension ou à la limite présenter une tache inférieure à 1 mm de grains de granulométrie au maximum de l'ordre de 1 à 2/10 de mm.

Cette solution implique d'étaler sur un plus grand nombre d'heures de pompage le volume d'eau journalier nécessaire aux besoins. Cela ne peut-être que bénéfique pour l'ouvrage. Toutefois il peut arriver au moment d'une concentration particulière de troupeaux ou en fin de saison sèche ou encore à d'autres occasions que le débit de pompage ainsi fixé soit inférieur aux volumes journaliers d'eau indispensables aux besoins. Cette situation ne peut être résolue alors que par la possibilité de diriger les troupeaux en supplément sur d'autres ouvrages susceptibles de les satisfaire.

L'adoption de cette solution n'empêche pas l'action agressive de l'eau sur la crépine de se poursuivre. Il n'y a pas de moyen pour l'éviter. Aussi tôt ou tard - il est difficile pour l'instant de définir un temps - l'ouvrage est voué à la destruction.

La seconde solution consiste à doubler les crépines. Pour ce faire on placera à l'intérieur des crépines du forage existantes une deuxième crépine, d'un diamètre plus petit, ici de l'ordre de 100 millimètres (4"), en matériau résistant à la corrosion. Entre les deux crépines on disposera du gravier de granulométrie appropriée aux fentes de la crépine intérieure. Mais cette opération provoque le plus souvent une augmentation des pertes de charge, c'est-à-dire que pour un même débit qu'actuellement pompé il y aura un rabattement plus important. Il n'y a pas de règles qui indiquent de combien sera ce rabattement supplémentaire. Il peut être le double, voire le triple de celui

.../...

On utilise actuellement au Niger un appareil de carottage électrique dit monocâble. Cet appareil donne une courbe de P.S et une courbe de résistivité. Cette dernière délimite les formations et est très influencée par les formations envahies. On utilise de plus en plus des appareils à 2 ou 3 courbes de résistivité. Ils permettent par comparaison entre les courbes d'évaluer l'influence de l'invasion et de préciser quelque peu les zones résistantes de faible épaisseur. Sans entrer dans des détails techniques développés, signalons que l'emploi de ces derniers appareils est susceptible d'apporter une contribution non négligeable à la situation actuelle.

Il est très possible en effet que l'utilisation de cet appareil apporte une nette amélioration dans la détermination des zones aquifères les plus favorables. Il est possible aussi qu'il ne fasse que confirmer les résultats déjà obtenus, c'est-à-dire que les améliorations obtenues soient négligeables par rapport à ceux obtenus avec l'appareil monocâble. C'est pourquoi nous suggérons son utilisation à titre d'essai au moins sur les nouveaux ouvrages à entreprendre. Le B.R.G.M. à Dakar possède un de ces appareils à trois courbes de résistivité et une courbe de P.S et peut se prêter à l'essai conseillé.

DAKAR, le 8 Décembre 1964


R. BREMOND

c) Le pompage dans le puits ne permet pas d'avoir une représentation réelle de l'eau débitée par le forage. Si le forage débite une eau chargée de sable, celui-ci se dépose au fond du puits. L'aspiration de la pompe est située bien au-dessus du fond du puits et par suite du diamètre de ce dernier, 2,50 m, la vitesse d'appel en pompage est insuffisante a priori pour provoquer la remontée des éléments fins.

Pour connaître si effectivement le forage débite du sable il convient lors du curage du puits d'examiner avec grande attention les dépôts retirés qu'il convient de ne pas confondre avec ceux ayant pu être apportés de l'extérieur.

On pourra ainsi vérifier la teneur en sable de l'eau débitée par le forage dans le puits quand ce dernier aura été préalablement vidé.

d) Ce n'est que lorsque ces prescriptions auront été accomplies qu'on pourra conclure sur le problème de l'envahissement par le sable dans cet ouvrage.

e) Dans un autre ordre d'idée signalons que dans les conditions actuelles il arrivera très souvent que la pompe fonctionne dénoyée et crée tous les inconvénients relatifs à cet état de fait. Il faut envisager un système arrêtant le fonctionnement de la pompe quand il n'y a plus suffisamment d'eau dans le puits.

- pompe ALTA F 140, 18 turbines, débitant 20 m³/h sous 90 mètres de hauteur manométrique à la vitesse de 2.200 tm.
- moteur Vendevre Z 2P, puissance 28 CV à la vitesse de 1466 tm
- rapport de transmission 1 à 1,5

3°) Pompages antérieures -

D'après les documents mis à notre disposition par l'O.F.E.D.E.S. Le débit de pompage depuis novembre 1963 s'établit à la moyenne de 20 m³/h. Il en a été de même en Juin 1964.

Ce débit est 4 fois supérieur à celui de la livraison de l'ouvrage.

4°) Essais du 8 Novembre 1964 -

Par suite de conditions locales majeures, présence de 7 à 800 têtes de bétail, il n'a pas été possible de procéder à un essai de débit.

5°) Observations -

a) Le forage débite dans un puits et le groupe de pompage est installé sur le puits.

b) Il est réputé que lorsqu'on pompe le niveau de l'eau dans le puits s'abaisse jusqu'à dénoyer la pompe. Il faut alors arrêter le pompage et attendre que le puits se remplisse à nouveau pour recommencer de pomper. C'est ce qui se passe à EDEMBOUTEN et confirme que le débit de pompage est supérieur à celui du forage mais on ne sait pas de combien. On ne sait pas si le débit du forage s'est amélioré dans le temps ou si au contraire il a diminué ou s'il est resté stable.

Pour tenter de déterminer le débit de l'ouvrage il faudrait procéder ainsi qu'il suit :

- vider le puits
- dimensionner le puits. Nous donnons ci-joint le croquis du puits tel qu'il découle des archives détenues au 2ème Arrondissement des T.P. à YANTALA. On aurait cependant intérêt à vérifier les mesures.
- mesurer le temps de remplissage du puits et calculer le débit du forage.

.../...

Fiche signalétique forage EDEMBOUTEN

1°) Caractéristiques hydrauliques forage EDEMBOUTEN -

Réception provisoire : 21 décembre 1953

Débit (m ³ /h)	Rabatement (m)	Débit spécifique (m ³ /h/m)	N.S. (m)	N.P. (m)	Haut des crépines (m)
5	57	0,1	18	75	145

2°) Groupe de pompage -

a) En Août 1959 il a été placé une pompe ALTA F 230, 9 turbines, débitant 15 à 18 m³/h sous 80 mètres de hauteur manométrique à la vitesse de 1430 tm. Elle était entraînée par un moteur Venduvre Z 1P, puissance 14 CV à la vitesse de 1430 tm, rapport de transmission 1 à 1,5.

Ce groupe de pompage n'a jamais bien fonctionné. Sa puissance était insuffisante. En effet, avec un rapport de 1 à 1,5 la pompe aurait dû tourner à la vitesse de 2145 tm ce qui correspondait à un débit de l'ordre de 25 m³/h. Dans ces conditions la puissance nécessaire aurait dû être d'environ 40 à 45 CV.

b) En avril 1960 le moteur Z 1P a été changé par un moteur Z 2P, puissance 28 CV à la vitesse de 1.466 tm. Le rapport de transmission est resté 1 à 1,5.

Le maintien du rapport de transmission, trop élevé pour les conditions existantes, a causé de nombreux déboires. Il y a eu des ruptures d'arbre de la pompe par suite du fonctionnement de cette dernière dénoyée.

c) En fin 1961 début 1962, le groupe de pompage a été modifié et en particulier le rapport de transmission a été ramené de 1 à 1. En 1962 et 1963 le débit moyen de pompage a varié entre 35 et 40 m³/h, soit un débit 8 fois supérieur à celui de la réception provisoire du forage.

d) Le 18 novembre 1963 a été installé le groupe de pompage provenant du forage IBECETEN. C'est celui actuellement en place. Il est constitué par :

.../...

ETUDE SUR LE VIEILLISSEMENT DES OUVRAGES D'HYDRAULIQUE SOUTERRAINE

SYSTEMES DE CAPTAGE DES FORAGES

Forage	zone crépinée		Crépines	ouverture (mm)	% vide	développement	granulométrie du gravier(mm)	Volume du gravier (m ³)
	de (m)	à (m)						
EDEMBOUTEN	145,50	154,50	5"5/8 COOK Armco	1 mm	18,4	autodévelop.	-	-
IBECETEN ⁽¹⁾	167	182	d° Armco	1 mm	18,4	d°	-	-
	213	234	d°	1 mm	18,4	d°	-	-
IN WAGGEUR ⁽²⁾	102	114	6" LAYNE Armco	1 mm	2,4	massif de gravier	1 à 2 mm	3,5
AKARANA	182	200	6" LAYNE Armco	2 mm	4,8	d°	2 à 4 mm	7
	182	200	4" MAREP mat.plast.	1 mm	?	d°	1 à 2 mm	?
KAO KAO	110	128	6" LAYNE Armco	1 mm	2,4	d°	1 à 2 mm	6,4

OBSERVATIONS

- (1) Présence de sable et d'argile/à la réception provisoire et à la réception définitive de l'ouvrage dans l'eau
- (2) Présence de sable dans l'eau à la réception provisoire de l'ouvrage.

ETUDE SUR LE VIEILLISSEMENT DES OUVRAGES
D'HYDRAULIQUE SOUTERRAINE

NATURE GEOLOGIQUE DES FORMATIONS CAPTEES

Forage	Zone captée		Nappe	Nature géologique de la formation captée
	de (m)	à (m)		
EDEMBOUTEN	145.50	154,50	Calcaire Turonien	Calcaire gréseux et marne calcaire
	167	182		Marne calcaire, grès fin
IBECETEN	213	234	grès du Teggama	Sable grossier, sable avec passées argileuses, marnes sableuses
IN WAGGEUR	102	114	d°	Grès (grains atteignant 4 mm) - Sable fin
AKARANA	182	200	d°	Sable fin à liant argileux
KAO KAO	110	128	d°	Grès et sable avec grain inférieur à 1 mm.

Les formations captées sont hétérogènes d'un ouvrage à l'autre et aussi dans l'ouvrage lui-même. On constate la présence d'éléments fins et de roches susceptibles de donner des produits colloïdaux (argile).

FICHE SIGNALÉTIQUE FORAGE AKARANA

1°) Caractéristiques hydrauliques forage AKARANA -

Réception provisoire : 26. 12. 1959

Débit m ³ /h	Rabatement (m)	Débit spécifique (m ³ /h/m)	N.S. (m)	N.P. (m)	Haut des crépines (m)
30,8	5,7	5,3	82	87,70	182

2°) Groupe de pompage -

Pompe Alta F 140, 18 turbines, débitant 20 m³/h environ sous 90 m de hauteur manométrique à la vitesse de 2.200 tm.
Moteur Vendeuvre Z 2P, puissance 28 CV à la vitesse de 1.466 tm.
Rapport de transmission 1 à 1,5
Mise en service : 25 Janvier 1963

3°) Pompages antérieurs -

D'après les documents mis à notre disposition par l'O.F.E.D.E.S le débit de pompage s'établit depuis l'origine à Juin 1964 à la moyenne de 16 m³/h et en juin 1964 à la moyenne de 19 m³/h.

4°) Essais du 9 novembre 1964 -

Temps minute	Vitesse		Débit m ³ /h	Qualité physique de l'eau
	moteur (tm)	pompe (tm)		
1ère	-		18	eau claire, quelques grains de sable grossier
2ème	1525			eau légèrement trouble, tache 4 mm, sable noir
3ème	1550			eau claire, tache 5 mm
4ème	1575			tache 1 mm
5ème	1575			" 0,5 mm
6ème	1575			" 0,5 mm

.../...

Temps minute	Vitesse		Débit (m ³ /h)	Qualité physique de l'eau
	Moteur (tm)	Pompe (tm)		
9ème	1530			tache de 2 mm grain de 1 mm
10ème	"			" 1 mm
11ème	1535			" 2 mm
12ème	"			" 2 mm
13ème	"			" 1 mm
14ème	1525			" 2 mm
15ème	1530			" 1 mm
16ème	1535			" 1 mm
17ème	"			" 1 mm
18ème	"			
19ème	1530			
20ème	1535			

De ces renseignements il ressort que :

- Le groupe de pompage installé présente des caractéristiques bien supérieures à celles qui découlent de la réception provisoire de l'ouvrage. On pompe un débit trois fois supérieur à celui correspondant à la livraison de l'ouvrage.
- Les conditions d'exploitation de l'ouvrage sont de nature à provoquer le phénomène de l'ensablement. Là est une cause de la présence du sable dans l'eau pompée.

FICHE SIGNALETIQUE FORAGE IN WAGGEUR

1°) Caractéristiques hydrauliques forage IN WAGGEUR -

Réception provisoire : 5 Janvier 1957

débit (m ³ /h)	Rabattement (m)	débit spécifique (m ³ /h/m)	N.S. (m)	N.P (m)	Haut des crépines
6	1	6	88	89	102

2°) Groupe de pompage -

Pompe ALTA F 140, 21 turbines, débitant 20 m³/h environ sous 105 mètres de hauteur manométrique à la vitesse de 2.200 tm.

Moteur VENDEUVRE Z 2P, puissance 28 CV à la vitesse de 1.466 tm.

Rapport de transmission : 1 à 1,5

Mise en service : décembre 1961

3°) Pompages antérieurs -

D'après les documents mis à notre disposition par l'O.F.E.D.E.S le débit de pompage s'établit depuis l'origine à juin 1964 à la moyenne de 17 m³/h et en juin 1964 à la moyenne de 15 m³/h.

4°) Essais du 8 Novembre 1964 -

Temps minute	Vitesse		Débit (m ³ /h)	Qualité physique de l'eau
	Moteur (tm)	pompe (tm)		
1ère	1.520		19,8	dépôt de rouille
2ème	"			eau trouble, marron, sable, argile
3ème	1.525		Il est de 17,20 m ³ /h quand on dé- bite dans le résér- voir.	eau s'éclaircit : tache de 10 mm
4ème	"			eau claire, tache de 3 mm, grains de 1 mm
5ème	"			tache de 6 mm
6ème	"			-
7ème	"			tache de 3 mm
8ème	"			tache de 2 mm

.../...

FICHE SIGNALÉTIQUE FORAGE IBECETEN1°) Caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage -

Réception provisoire le 4 Août 1953

Débit m ³ /h	Rabatement m	Débit spécifique m ³ /h/m	N.S m	N.P. m	Haut des crépines m
40	11	4	70	81	213

2°) Groupe de pompage -

Pompe ALTA F 140, 18 turbines, débitant 20 m³/h environ sous 90 m de hauteur manométrique à la vitesse de 2.200 tm.

Moteur Vendevre Z 2P, puissance 28 CV à la vitesse de 1.466 tm.

Rapport de transmission 1 à 1,5

3°) Observations -

- a) L'ouvrage est fermé. Le groupe de pompage est démonté.
- b) Aucun essai n'a pu être effectué.

SCHEMA-TYPE D'EQUIPEMENT DES INSTALLATIONS DE POMPAGES

I - CONTROLE DE LA NAPPE - (figure 1)

- Mesure du niveau statique (nappe au repos)
- Mesure du niveau de pompage (groupe de pompage en fonctionnement).

- Emploi de la ligne d'air -

Description de l'appareil :

L'appareil comprend un tube métallique, généralement en cuivre ou en laiton, d'un diamètre de 6 à 10 mm, ouvert à l'extrémité qui plonge bien au-dessous du niveau de la nappe. En général, cette extrémité est fixée au-dessus du dernier bol de la pompe. En surface le tube est relié à un manomètre gradué en mètres d'eau. Il est terminé par un embout muni d'une valve type chambre à air qui permet la fixation d'une pompe à air comprimé.

Fonctionnement :

Quand avec la pompe à air comprimé on comprime l'air dans le tube de laiton, l'aiguille du manomètre primitivement à zéro, indique la pression ou hauteur d'eau "h" dans le tube. Connaissant la hauteur totale verticale du tube "H" - ne pas oublier de la mesurer - entre ses deux extrémités, on obtient par différence la profondeur jusqu'à l'eau "l".

$$\text{On a : } l = H - h$$

II - CONTROLE DU DEBIT - (figure 2)

Mesure des volumes d'eau pompée par compteur

- Montage des compteurs -

Le compteur doit être placé sur une plate-forme fixe et parfaitement horizontale. On disposera sous le compteur un support approprié.

On doit également tendre à ce que les filets d'eau pénètrent normalement à la section d'arrivée et sortent du compteur de la même manière. Cela implique que les compteurs soient branchés sur une conduite rectiligne horizontale. En ce qui concerne les compteurs à gros débits on conseille que la longueur de la conduite avant et après le compteur soit respectivement comprise entre 5 et 10 fois et 2 et 5 fois le diamètre de la conduite.

.../...

De ces renseignements il ressort que :

- Le groupe de pompage installé présente des caractéristiques ne lui permettant pas de débiter un débit supérieur à celui pour lequel l'ouvrage a été livré. Cela est d'ailleurs confirmé par les débits moyens des pompes antérieurs.
- L'essai du 8 novembre 1964 montre que le débit de pompage dans des conditions de fonctionnement qui ne paraissent pas avoir variées a diminué. Si on calculait, avec une vitesse moteur de 1535 tm qui correspond à une vitesse pompe de 2302 tm, au débit de 12 m³/h, la hauteur manométrique totale de la pompe on obtiendrait 119 mètres ce qui est incompatible avec l'installation. Il faut donc admettre une diminution de rendement de la pompe ou autrement dit une usure importante de cette dernière. Cette conclusion est compatible avec la qualité physique de l'eau pompée.
- Les conditions d'exploitation de l'ouvrage ne sont pas de nature à provoquer le phénomène de l'ensablement.

Temps minute	Vitesse		Débit (m ³ /h)	Qualité physique de l'eau
	Moteur tm	Pompe tm		
9ème	1500			eau plus claire
10ème	1500			particules jaunes et noires argileuses, granulométrie 4 à 5 mm
11ème	1525	2261		particules jaunes et noires argileuses, granulométrie 1 à 2 mm
12ème	1535	2285		tache de 15 mm, sable fin, argile jaune et noire
13ème	1538			tache de 15 mm, eau trouble
14ème	1535	2274		tache de 5 mm, eau trouble, granulométrie 3mm
15ème	1525			" de 6 mm
16ème	1535			" de 15 mm, sable fin blanc
17ème	1535	2331		" de 5 mm, éléments grossiers 4 mm
18ème	1535			" de 1 mm
19ème	1535	2334		" de 2 mm
20ème	1535			" de 6 mm, grains de 1 à 2 mm
21ème	1535			" de 3 mm
22ème	1535	2334		" de 8 mm, grains de 5 × 2 mm
23ème	1535			" " " 4 × 3 mm
24ème	1535			-
25ème	1535	2330		eau presque claire, tache de 1 mm
26ème	1535			-
27ème	1535			eau claire, tache de 3 mm
28ème	1535	2322		-
29ème	1535			eau claire, tache de 1 mm
30ème	1535	2334		-
31ème				eau claire, tache de 1 mm
32ème				
33ème				
37ème				eau claire, tache de 1 mm
38ème				d°
39ème				d°

.../...

FICHE SIGNALETIQUE FORAGE KAO KAO

1°) Caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage -

Réception provisoire : 22. 4. 1960

Débit (m ³ /h)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m ³ /h/m)	N.S. (m)	N.P. (m)	Haut des crépines (m)
31,6	7,50	4,20	74,15	81,65	110

2°) Groupe de pompage -

Pompe ALTA F140, 17 turbines, débitant 20 m³/h environ sous 85 m de hauteur manométrique à la vitesse de 2.200 tm.

Moteur Vendeuvre Z 2P, puissance 28 CV à la vitesse de 1466 tm.

Rapport de transmission 1 à 1,5

Mise en service : 21 juin 1962

3°) Pompages antérieurs -

D'après les documents mis à notre disposition par l'O.F.E.D.E.S le débit de pompage s'établit depuis l'origine à juin 1964 à la moyenne de 15 m³/h et en juin 1964 à la moyenne de 18 m³/h.

4°) Essais du 8 novembre 1964 -

Temps minute	Vitesse		débit (m ³ /h)	Qualité physique de l'eau
	moteur tm	pompe tm		
1ère	-		12	eau noire, 6 mm sable grain fin
2ème	1500			" " dépôt ferrugineux
3ème	1500			" très noire
4ème	1500	2250		eau plus claire, 3 mm particules noires
5ème	1500			eau trouble
6ème	1500			" " 1 mm sable
7ème	1500	2250		" " 1mm particules ferrugineuses
8ème	1500			" " particules argileuses jaunes et noires, ocre.

.../...

Temps minute	Vitesse		Débit (m ³ /h)	Qualité physique de l'eau
	moteur (tm)	pompe (tm)		
7ème	1580	2372		tache 0,5 mm
8ème	"			"
9ème	"			"
10ème	"	2333		"
11ème	"			"
12ème	"			néant
13ème	"	2373		néant
14ème	"			tache 0,5 mm
15ème	"			"
16ème	"	2369		tache 0,5 mm sable très fin, 0,1 mm
17ème	"			"
18ème	"			"
19ème	"			néant
20ème	"			tache 0,5 mm sable très fin
21ème	"			" "
22ème	"	2351		" 1mm "
23ème	"			" 1,5 mm "
24ème	"			" 1 mm "
25ème	"	2376		" 1 mm "
26ème	"			" 0,5 mm "
27ème	"			" 0,5 mm "

De ces renseignements il ressort que :

- Le groupe de pompage installé présente des caractéristiques ne lui permettant pas de débiter un débit supérieur à celui pour lequel l'ouvrage a été livré. Cela est confirmé par les débits moyens des pompes antérieures et par l'essai effectué le 8 novembre 1964.
- La qualité physique de l'eau pompée montre que l'ouvrage est excellent.
- Les conditions d'exploitation de l'ouvrage ne sont pas de nature à provoquer le phénomène de l'ensablement.

On évitera d'installer les compteurs proches des appareils susceptibles de provoquer de la turbulence : coudes - té - clapets - vannes etc.... et qui pourraient aussi altérer la précision des indications.

Les compteurs doivent toujours être remplis d'eau et on suggère à cet effet que le tuyau de sortie soit courbé vers le haut. On réalise couramment l'installation indiquée sur la figure n° 2.

III - CONTROLE DE L'EAU - (figure 3)

Contrôle de la qualité physique de l'eau pompée.

- Montage du tuyau de décharge -

Le tuyau de décharge est monté après le compteur comme l'indique la figure 3. Son diamètre sera égal à celui du tuyau de distribution. Il sera placé à une hauteur telle que, horizontal il permette le prélèvement des échantillons d'eau.

Ce tuyau sera muni d'une vanne afin que le débit passant par ce tuyau soit toujours égal à celui qui normalement passe dans la conduite de distribution. A cette fin il y aura aussi une vanne sur la conduite de distribution. Pour diriger l'eau sur la conduite de décharge il faudra au fur et à mesure qu'on ferme la vanne de la conduite de distribution ouvrir la vanne de la conduite de décharge. On veillera à ce que pendant cette opération la somme des pressions sur les deux conduites soit toujours égale à celle de la conduite de distribution, quand cette dernière fonctionne normalement. On munira à cet effet les deux conduites d'un manomètre. Il n'est pas nécessaire que les manomètres restent à demeure. On peut ne les installer qu'au moment des mesures de contrôle.

On veillera à ne pas placer les manomètres directement sur la conduite mais par l'intermédiaire d'un petit tuyau de prise de charge muni d'un robinet afin de ne mettre l'aiguille du manomètre en tension qu'au moment des contrôles. Les manomètres sont placés avant les vannes.

IV - FICHE DE CONTROLE DES FORAGES -

Cette fiche doit comporter :

- le nom de l'ouvrage et éventuellement si on le désire ses coordonnées
- l'installation de pompage. Celle-ci est faite pour durer. Toutefois des modifications peuvent intervenir dans le temps; augmentation de la longueur de la pompe, enlèvement des turbines, etc... Ces modifications changent les caractéristiques de la pompe. Il faut le signaler.

.../...

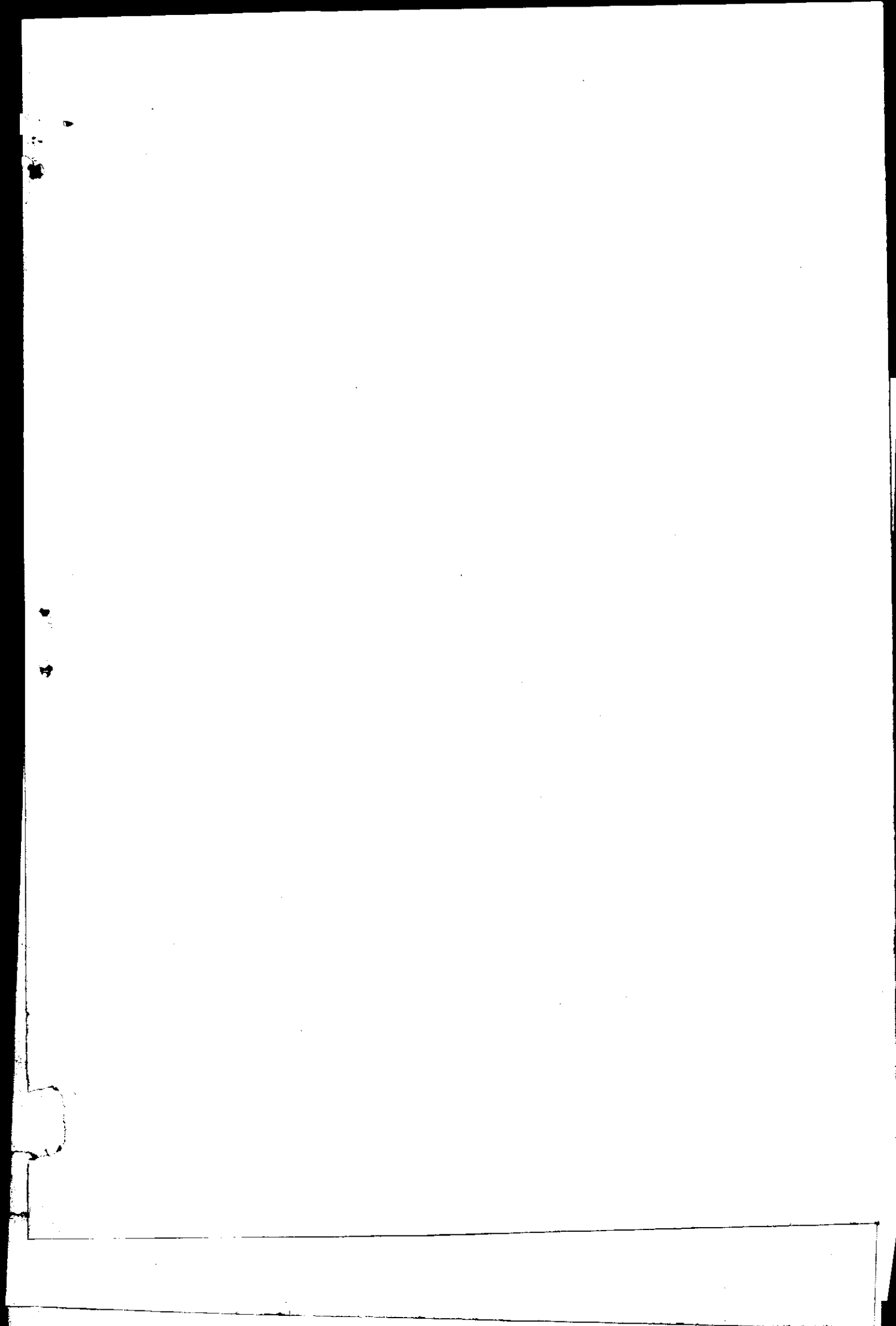
- les caractéristiques hydrauliques du forage. Ce sont celles de la réception provisoire de l'ouvrage d'où l'importance de ces dernières qui serviront de référence pour les contrôles,
- les caractéristiques hydrauliques du forage lors de l'installation du groupe de pompage. Elles permettent de contrôler le groupe de pompage,
- les contrôles périodiques : débit, rabattement, N.S, N.P, débit spécifique, vitesse du moteur, vitesse de la pompe, pression sur le manomètre de la conduite de service,
- les contrôles de la qualité physique de l'eau :
 - au jour de la réception provisoire,
 - au jour de l'installation du groupe de pompage
 - lors des contrôles périodiques.

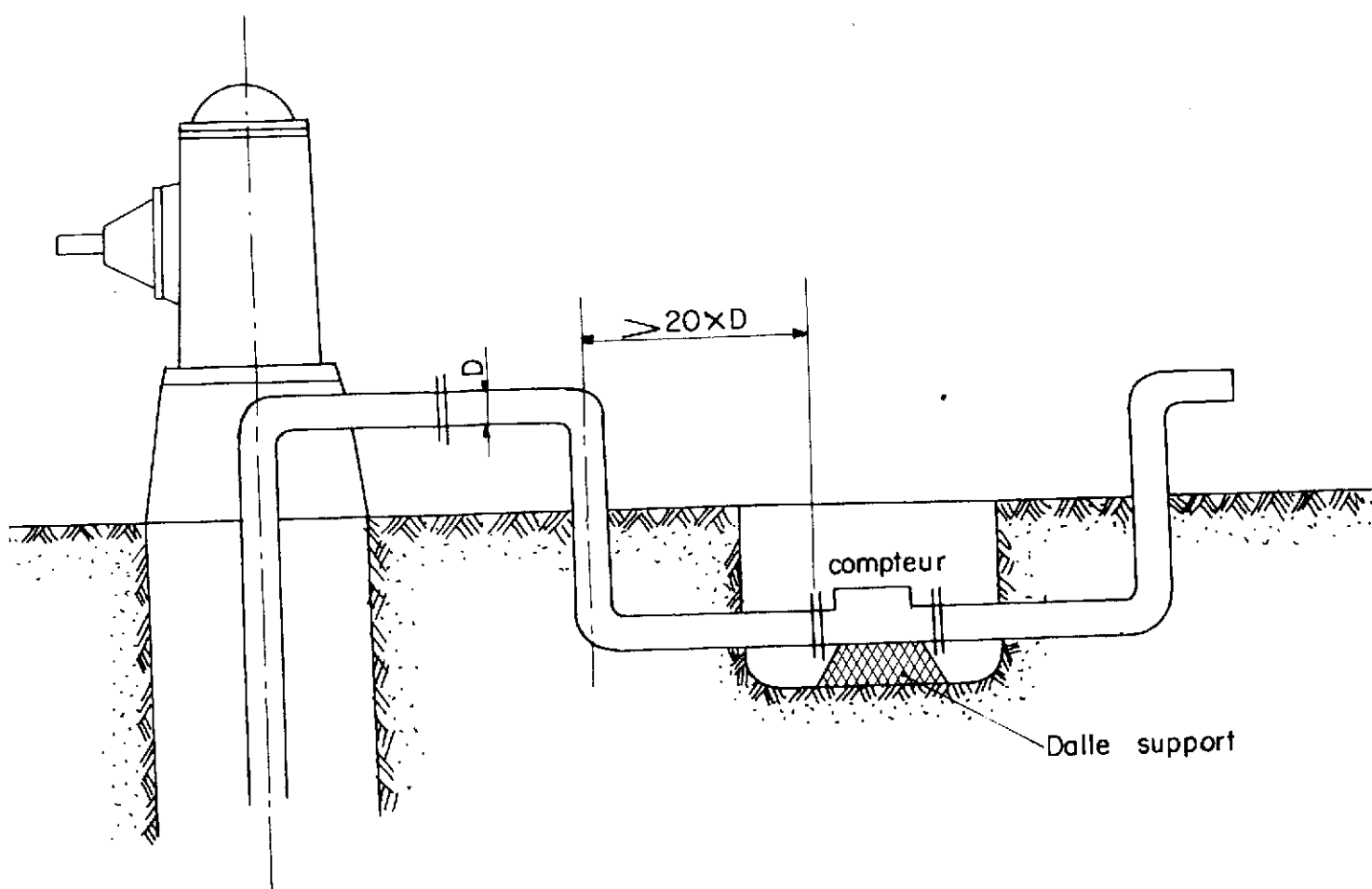
FORAGE DE :

- POMPE : marque..... type..... nombre de turbines
 débit caractéristique..... sous.....mètres de H.M.T
 à la vitesse de.....
 profondeur de l'aspiration
 hauteur du refoulement extérieur
 hauteur manométrique totale.....
 - MOTEUR : marque..... type.....
 puissance caractéristique..... à la vitesse de
 - Rapport de transmission : longueur de la ligne d'air H....
 - Caractéristiques hydrauliques du forage : Réception provisoire
 le
- | Débit
(m ³ /h) | Rabatement
(m) | Débit spécifique
(m ³ /h/m) | N.S.
(m) | N.P.
(m) |
|------------------------------|-------------------|---|-------------|-------------|
| | | | | |
- Caractéristiques hydrauliques avec le groupe de pompage :
 date de l'installation :
- | Débit
(m ³ /h) | Rabatement
(m) | Débit spécifique
(m ³ /h/m) | N.S.
(m) | N.P.
(m) |
|------------------------------|-------------------|---|-------------|-------------|
| | | | | |
- Vitesse du moteur Vitesse de la pompe
- Contrôles périodiques :
- | Débit | Rabatement | Débit spécifique | N.S. | N.P. |
|-------|------------|------------------|-------|-------|
| | | | | |
- Vitesse du moteur Vitesse de la pompe
 pression sur le manomètre de la conduite
- Contrôles de la qualité physique de l'eau pompée : Remontée
 tache de sable (mm) Temps mis pour le remontée (minutes)

 durée (minute) tache de sable en régime permanent

 granulométrie des éléments à la remontée.....
 en régime permanent





CROQUIS D'INSTALLATION D'UN COMPTEUR D'EAU

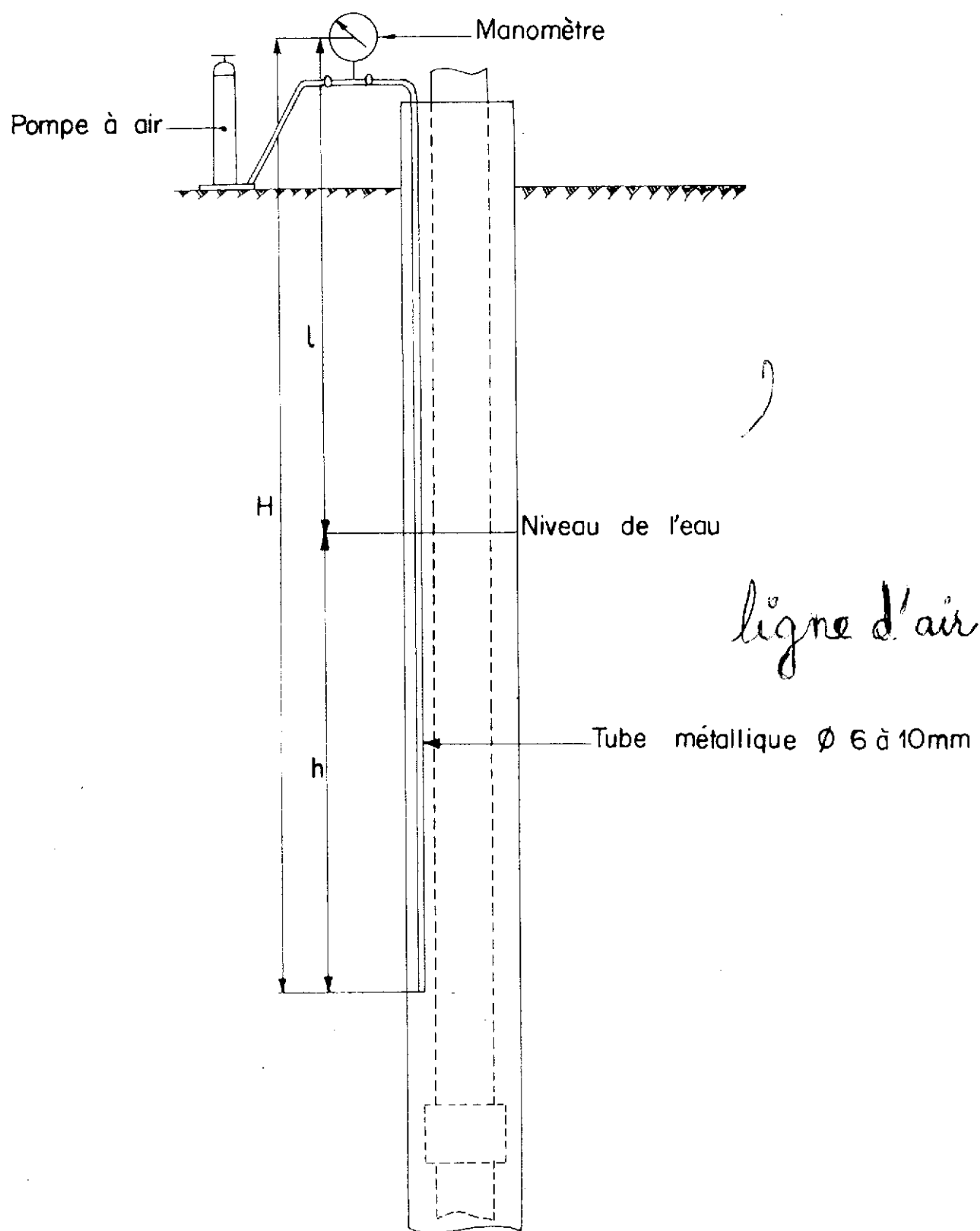


Fig. 1