

ECOLE INTER ETATS D'INGENIEURS
DE L'EQUIPEMENT RURAL
- OUAGADOUGOU - (BURKINA-FASO)

MEMOIRE DE FIN D' ETUDES

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

ADDUCTION EN EAU POTABLE

DE LA VILLE DE KAYA

ALIMENTATION EN EAU POTABLE

DU NOVICIAT DE PABRE

JUIN 85

KOUEVI Mawuvi KOUE
(T O G O)

R E A M B U L E

L'eau est un élément de première nécessité pour l'épanouissement de l'homme dans son environnement. Pour la rendre disponible, il faut investir pour la chercher où elle se trouve, la capter puis la mobiliser avant de s'en servir suivant les besoins qui s'imposent.

L'objet de ce mémoire se place dans ce cadre de vue, où après le captage de l'eau des forages, il faut étudier l'équipement d'exhaure pour la rendre utilisable.

-O-O-O-O-O-O-O-O-O-O-O-O-

INTRODUCTION

Ce document comporte deux parties :

- Renforcement du réseau d'adduction de KAYA :

Les puits et forages qui alimentent actuellement KAYA en eau potable, deviennent insuffisants pour satisfaire les besoins futurs de la ville estimés à $40 \text{ m}^3/\text{h}$. Pour renforcer l'adduction d'eau, 7 nouveaux forages, implantés par IWACO, ont mis en évidence la possibilité de satisfaire ce débit.

Le but de l'étude concerne l'équipement d'exhaure de ces forages (pompes, tuyaux...) pour déterminer précisément le débit récupérable et le réseau de refoulement des eaux sur un château d'eau.

- EQUIPEMENT D'UN FORAGE DU NOVICIAT DE PABRE :

Pour subvenir à ses besoins en eau, le noviciat de Pabré a financé un forage implanté par l'entreprise A.V.V. en avril 85. Le forage n'a pas fait l'objet d'essais de pompage.

*implanté
par
IWACO
révisé
par A.V.V.*

Cette étude consiste à équiper ce forage en pompe et tuyau pour refouler l'eau sur un réservoir, à partir d'un essai de pompage effectué au préalable.

PREMIERE PARTIE

**RENFORCEMENT DU RESEAU
D'ADDUCTION DE KAYA**

PREMIERE PARTIE

RENFORCEMENT DU RESEAU D'ADDUCTION D'EAU DE KAYA

I.- RENSEIGNEMENTS GENERAUX

A. PRESENTATION GENERALE -

Kaya est une ville située au centre-Est du BURKINA FASO, à 105 Km de OUAGADOUGOU, à 13°54' de latitude Nord et 1°52' de longitude Ouest.

Son climat est du type Nord Soudanien avec une saison sèche d'octobre à Mai et une saison des pluies de Juin à Septembre.

La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 700mm. Les extrêmes enregistrées sont 456mm en 1979 et 1008mm en 1943 -

B. POPULATION

Au début de 1980, la population de la ville de Kaya avoisinait 21.000 habitants. Le développement de la population est prévu avec un taux d'accroissement annuel de 4% de 1980 à 1990.

2% de 1990 à 2005

La ville est l'objet d'une immigration des populations des régions avoisinantes.

Les besoins en eau de la population sont estimés à 20l/j/hab.

C. ACTIVITES ECONOMIQUES

La ville de Kaya connaît des activités administratives, agricoles, pastorales et commerciales.

.../...

D. RESSOURCES EN ENERGIE -

La ville dispose du courant électrique fourni par la SONABEL 17 heures par jour de 6h à 23h.

E. RESSOURCES EN EAU

KAYA est bâtie sur un socle cristallin dont les formations cuirassées d'altération affleurent et créent des reliefs dans certains points de la ville. Cet affleurement est très prononcé au Nord de la ville.

Les ressources souterraines en eau offrent des possibilités d'approvisionnement en eau de l'agglomération.

Le barrage DIMASSA (existant), à une capacité de stockage très faible et tarit souvent en saison sèche. Il est utilisé à des fins agricoles et pastorales.

Le lac DEM, à 16 Km au nord de la ville, servira pour l'alimentation en eau potable de KAYA à partir de l'an 2005. C'est un lac naturel, permanent dont les capacités de stockage sont très importantes.

Une source d'eau existe également à KOUMBRI, à 15Km de la ville.

F. CAPACITE ET MOBILISATION DES EAUX POUR L'AEP-KAYA : DESCRIPTION DETAILLEE DE LA SITUATION ACTUELLE.

Avant Avril 84, le captage et la mobilisation des eaux pour l'approvisionnement en eau potable de la ville de KAYA, étaient faits sur 2 puits et un forage. Les puits, P_3 et P_4 profonds respectivement de 14m et 18,80m; et le forage FKa6, profond de 65m, sont situés en aval du barrage DIMASSA dans la zone appelée zone des Puits. Ils sont équipés en pompes immergées électriques de type KSB suivant :

Puits P_3 :

type CORA KSB 7-89/9

Points caractéristiques	$Q = 4m^3/h$	$H = 112m$
	$Q = 11m^3/h$	$H = 33m$

Puissance motrice = 3 Kw.

.../...

Puits P_4 :

Type URD KSB 152/9

$Q = 0,271/s$ $H = 99m$

$Q = 3,81/s$ $H = 49,50m$

FORAGE Fka6

type CORA KSB 4-77/19

$Q = 4 m^3/h$ $H = \text{inconnu}$

L'eau pompée de la zone des puits est refoulée vers un château d'eau qui sera décrit ultérieurement, par un système de refoulement-distribution.

L'immigration des populations vers la ville fait que le débit d'eau fourni par cette infrastructure devient insuffisant. Il s'impose alors la recherche d'autres ressources de mobilisation des eaux.

Un projet, dans le cadre du P.P.D. (Programme Populaire de Développement) est lancé dans ce sens, pour le renforcement de l'AEP de KAYA. L'étude et l'exécution du projet doivent durer un an. Le projet représente une valeur globale de 85.000.000F CFA financés par les Pays-Bas. Le financement est accordé au BURKINA sous forme de subvention. L'étude du projet est assurée par IWACO, un bureau d'études hollandais et l'exécution par l'entreprise P.O.N, une entreprise hollandaise également. Les travaux sont suivis par l'O.N.E.A.-OUAGADOUGOU.

Les études sur la recherche des points d'eau dans la ville ont donné une zone en amont du barrage, où sont implantés 7 forages : FKa 12, FKa 13, FKa 14, FKa 15, FKa 16, FKa 17 et FKa 18. Cette zone est appelée zone des forages.

Les coupes de tous ces forages sont en annexe 3. L'insuffisance d'eau constatée a suscité un équipement d'urgence en avril 84 de 2 forages : le FKa 12 et le FKa 13, pour soulager les besoins de la ville.

Le FKa 13 est abandonné par la suite à cause de son débit d'exploitation inférieur à $5m^3/h$, en faveur du FKa 14.

Le FKa 13 reste toujours équipé mais inexploité, le FKa 12 et le FKa 14 sont exploités provisoirement pour renforcer l'approvisionnement en eau de la ville.

.../...

L'équipement de ces forages est le suivant :

- FKa 12

Pompe type CORA KSB 7-103/22

Points caractéristiques $Q = 4\text{m}^3/\text{h}$ $H = 130\text{m}$

L'eau est refoulée directement sur le château d'eau par une conduite PVC $\varnothing 90/80,6$

- FKa 13

Pompe type CORA KSB A 310 N° 234365601

$Q = 13,3\text{ m}^3/\text{h}$ $H = 25\text{m}$

$Q = 4,8\text{ m}^3/\text{h}$ $H = 86\text{m}$

Le refoulement faisait tronc commun avec le $\varnothing 90/80,6$.

FKa 14

Pompe type CORA KSB 771/15

$Q = 4\text{m}^3/\text{h}$ $H = 88,5\text{m}$

$Q = 11\text{m}^3/\text{h}$ $H = 26,5\text{m}$

Refoulement direct sur le château par un PVC $\varnothing 160/143,2$
Ces pompes et conduites installées provisoirement dans la zone des forages, appartiennent exclusivement à l'ONEA. Elles ne sont pas mise en place par les fonds du projet. Elles seront enlevées lors de l'exécution effective du projet, ~~et~~ par l'ONEA pour d'autres utilisations.

Cette nouvelle situation d'approvisionnement en eau de la ville (exploitation de 2 puits P_3 et P_4 et 3 forages FKa6, 12 et 14) fournit une production journalière de $557\text{m}^3/\text{j}$

PRODUCTION D'ENERGIE POUR L'EXPLOITATION DES FORAGES

Zone des Puits :

Les pompes sont alimentées en énergie par le courant de la ville. Les temps de pompage sont :

P_3 - 16 heures

P_4 - 17 heures

FKa₆ - 17 heures.

.../...

L'électricité est fournie en Haute tension et un transformateur fournit l'énergie nécessaire pour le fonctionnement des pompes. Il existe un groupe électrogène de secours.

Les pompes sont commandées par un coffret électromécanique.

Zone des forages :

Les pompes sont alimentées provisoirement par des groupes électrogènes. Il est prévu un transformateur pour l'utilisation du courant de la ville.

Le temps de pompage dans les FKa12 et 14 est de 23h.

LE CHATEAU D'EAU

Volume de stockage = 200 m^3

Hauteur Sol-trop plein = 15 m

Hauteur Sol-radier = 10 m

Côté au sol : 125,70 (recueillie à l'ONEA-KAYA).

II. - OBJECTIFS DU MEMOIRE

Pour satisfaire les besoins en eau de la ville à l'échéance 20 ans, le débit à fournir est évalué à $40 \text{ m}^3/\text{h}$. Les essais de pompage effectués sur les forages implantés, ont mis en évidence la possibilité de satisfaire ce débit.

Le but du mémoire consiste à définir l'équipement d'exhaure à mettre en place (pompes, conduites...) pour refouler l'eau des forages au château et proposer une solution fiable pour une exploitation rationnelle de tout le système existant.

.../...

III. - DESCRIPTION TECHNIQUE DU PROJET .

A. - DOCUMENTS DISPONIBLES

- Résultats des essais de pompage (Annexe 1)
 - Coupes des forages (annexe 3)
 - Plan au 1/7500 de la zone des forages (annexe 2)
 - Plan de situation géographique au 1200.000
- Ces données sont fournies par IWACO.

B. - ETUDE TECHNIQUE DU PROJET

L'étude commence par un dépouillement des essais de pompage qui donne le débit d'exploitation maximum Q_m des forages. Dans le projet, tout forage dont le débit d'exploitation est inférieur à $5m^3/h$ est abandonné. A partir de ce débit, on fixe le débit réel à exploiter $Q < Q_m$ en fonction des capacités de la pompe choisie ; on peut alors dimensionner les conduites après le tracé du réseau d'aduction, puis calculer le point de fonctionnement des pompes.

1. DEPOUILLEMENT DES ESSAIS DE POMPAGE

Suivant le document disponible, une classification chronologique des essais s'avère nécessaire pour déterminer le jour, le temps et les débits de pompage de chaque forage. (voir annexe 4).

Le pompage marquant la descente dans le forage, est suivi d'une remontée. Pendant ce temps des observations sont faites dans les autres forages.

a - POMPAGE : COURBES CARACTERISTIQUES DES FORAGES

Les essais de Pompage suivent les règles suivantes :

Les essais doivent être effectués par paliers successifs de pompage à débit constant, le niveau de stabilisation étant atteint à chaque palier.

Les débits doivent être croissants.

Après un temps de repos, permettant à la nappe de retrouver son niveau initial, on effectue un nouveau pompage de plus longue durée au débit constant le plus élevé autorisé par les potentialités du forage et les capacités de l'équipement de pompage.

Lorsque le régime est transitoire, on peut effectuer les essais de pâliers pour les durées de pompage égales.

Mais le document dont je dispose ne respecte aucune de ces règles. Les essais peuvent être résumés ainsi : (voir tableau 1).

Remarques sur les essais -

- Les essais ne sont pas effectués par pâliers à débit constant ou à des durées de pompage égales.
- Pour un débit fixé, le niveau de stabilisation n'est pas atteint avant qu'on ne passe à un autre débit.
- Les essais de longue durée ne sont pas faits à débit constant.
- à part les forages FKa14...FKa18 où les essais sont effectués à débits croissants, les pompages dans le FKa 12 et FKa 13 sont faits à débits décroissants.

CONCLUSION

Compte tenu de ces remarques, on ne peut guère obtenir les courbes caractéristiques réelles des forages. Néanmoins certaines considérations peuvent permettre de fixer les débits maxima exploitables dans les forages.

AUTRES INCONVENIENTS

Dans ces conditions de pompage, on ne peut en aucun cas évaluer la transmissivité de la nappe. Bien que la remontée soit suivie jusqu'au niveau statique, on ne peut non plus évaluer la transmissivité une fois que le pompage n'est pas effectué à débit constant.

Si l'on tient à connaître la transmissivité de l'aquifère, il faut exécuter de nouveaux essais dans les conditions précitées.

b - INTERPRETATION DES RESULTATS :

ESTIMATION DES DEBITS D'EXPLOITATION

B.1. FORAGES POUR LESQUELS, LES DEBITS DE POMPAGE SONT CROISSANTS : FKa 14, ..., FKa 18.

On trace la courbe $Q \leftrightarrow \Delta$ de chaque forage

où Q = débit fixé en m^3/h

Δ = rabattement correspondant à Q , en mètre.

voir tableau de valeurs au tableau 2.

Les courbes caractéristiques sont présentées en annexe 5-a.

Chacune de ces courbes a une allure parabolique. Elle peut être assimilée à la courbe caractéristique du forage. Elle donne alors une idée sur le débit maximum exploitable au point de changement brusque de Pente.

Mais c'est la courbe $\Delta/Q \longleftrightarrow Q$ qui donne le débit exact exploitable

$$\Delta/Q = \text{rabattement spécifique en m/m}^3/\text{h}$$

Cette courbe est assimilée à une droite

$$\Delta/Q = B + CQ$$

où B et C sont les paramètres caractéristiques de l'aquifère.
(Pour la détermination de B et C voir Graphique 1)

En admettant un rabattement d'exploitation de 25% de la puissance de l'aquifère, le débit d'exploitation s'obtient de la formule de JACOB ($= BQ + CQ^2$) par

$$Q_e = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4C \Delta_e}}{2C}$$

où $e = 25\%$ de la puissance de la nappe

$$= \frac{1}{4}(\text{Profondeur du forage} - \text{Niveau statique})$$

Les valeurs sont données au tableau 1 et les courbes en annexe 5-b

Les courbes donnent les valeurs de B et C et par suite Q_e .
On obtient alors le tableau 3.

A ces débits d'exploitation, cela va sans dire que le FKa 18 est à abandonner ($Q_e < 5\text{m}^3/\text{h}$)

Une condition fondamentale reste à vérifier :
Pour éviter les risques de colmatage des ~~opérations~~ ^{crépines} par une oxydation des couches géologiques dans le temps, il faut que les crépines soient toujours noyées pour les débits d'exploitation fixés.

Le tableau donne plus de précision.

Commentaires :

La condition est bien vérifiée pour le FKa 14 et 17 mais ne l'est pas pour le FKa 15. Une aberration se produit au FKa 16.

Pour noyer la crépine du FKa 15, il faut pomper moins de $5\text{m}^3/\text{h}$ (La courbe $Q \leftrightarrow \Delta$ donne $3\text{m}^3/\text{h}$) automatiquement le FKa 15 est à abandonner.

La courbe $Q \leftrightarrow \Delta$ du FKa 16 ne donne pas un rabattement pour un débit de $22\text{m}^3/\text{h}$. Cela peut laisser croire que la méthode d'estimation des débits est douteuse. On peut démontrer qu'il en est pas ainsi. En effet, les valeurs théoriques des rabattements obtenues par la formule de JACOB $\Delta = BQ + CQ^2$ sont les suivantes (voir tableau 5)

Ces valeurs théoriques se rapprochent bien des valeurs réelles. A cet effet, on peut penser que les capacités de l'aquifère du FKa 16 peuvent atteindre $22\text{m}^3/\text{h}$. Seulement un essai de pompage à ce débit peut préciser les idées. Avec l'essai dont on dispose, on peut fixer le débit d'exploitation à $15\text{m}^3/\text{h}$ pour un rabattement de 7,12 m qui fixe le niveau dynamique à 21,75m. Ce qui noye largement la crépine.

En définitive, dans la zone des forages, où les essais de pompage sont effectués à débits croissants, 3 forages sont à équiper

N° FORAGE	Débit d'exploitation $Q_e(\text{m}^3/\text{h})$
FKa 14	16
FKa 16	15
FKa 17	9

b.2. FORAGES POUR LESQUELS LES DEBITS DE POMPAGE SONT DECROISSANTS :

FKa 12 et FKa 13;

FKa 12 - Malgré les conditions de pompage non réglementaires signalées plus haut, un avantage est qu'on ait obtenu un niveau de stabilisation à 10,89m de rabattement pour un débit de $8\text{m}^3/\text{h}$. Le niveau dynamique correspondant à ce débit 26,43m noye bien la crépine qui se trouve à 28m.

On peut alors fixer le débit d'exploitation à $8\text{m}^3/\text{h}$. De toutes façons dans l'exploitation effective du forage, on pompera moins pour plus de sécurité.

FKa 13. En tout état de cause, ce forage est à abandonner.

Les débits de pompage vont de 3 à $1,9\text{m}^3/\text{h}$ et il n'y a pas de niveau de stabilisation.

Au total alors 4 forages sont à équiper dans la zone des forages :

- le FKa 12 avec $Q_e = 8\text{m}^3/\text{h}$
- le FKa 14 avec $Q_e = 16\text{m}^3/\text{h}$
- le FKa 16 avec $Q_e = 15\text{m}^3/\text{h}$
- et le FKa 17 avec $Q_e = 9\text{m}^3/\text{h}$.

2. - INFLUENCES DES FORAGES LES UNS SUR LES AUTRES

Pendant qu'on effectue un pompage dans un forage, des observations sont faites dans tous les autres. Ces observations permettent de déterminer les actions des forages les uns sur les autres. En effet le tableau des observations se présente comme suit : (voir tableau 6).

Ce tableau montre que les influences des forages les uns sur les autres sont négligeables, ~~presqu'~~ inexistantes. Vers la fin des pompages, la vitesse de descente dans les forages d'observation est presque nulle. Il n'y a pas d'interactions des nappes entre elles. On ne peut donc pas évaluer le coefficient d'em-margement des aquifères. Outre cet inconvénient, l'indépendance des nappes présente un grand avantage dans l'exploitation des forages. Les exploitations étant autonomes, elles peuvent durer dans le temps étant donné que les réserves en eau des nappes seront moins vite épuisées.

QUALITE DES EAUX : D'après les informations recueillies à KAYA, les eaux sont consommables sans risque de danger.

3. - TRACE DES RESEAUX D'ADDUCTION - CHOIX DE RESEAU

Deux types de tracé se dégagent pour amener l'eau des lieux de captage au château d'eau.

Tracé Type I (Annexe 6-a) : les eaux transitent par une bache de reprise avant d'être refoulées au château d'eau.

Tracé Type II (annexe 6-b) : les eaux des conduites secondaires sont collectées par une conduite principale qui les envoie directement au réservoir.

Le tracé de ces 2 réseaux est le même. La seule différence est constituée par la bache.

Après une étude détaillée de ces 2 réseaux, un choix a été fait en tenant compte de certaines exigences :

- afin de laisser une trace de chlore résiduel de 2mg/l dans l'eau livrée à la distribution, un traitement au chlore de l'eau pompée des forages s'avère nécessaire. Cette opération est une protection du réseau de distribution, contre les pollutions éventuelle.

- D'autre part ~~M'~~après le responsable O.N.E.A. KAYA, le PH de l'eau des forages peut des fois aller jusqu'à 9. Il faut alors penser à traiter également le PH de l'eau à 7.

Compte tenu de ces raisons fondamentales, le choix du réseau TYPE I ^{Pour permettre un temps de contact entre le chlore et l'eau.} s'impose. ~~X~~ Pourtant ce réseau ne paraît pas moins cher que le Type II. Comme le montrera la réflexion sur le coût des types de réseau, par la suite.

4. - CALCUL DES RESEAUX

Ce calcul comprend :

- Les dimensionnement~~à~~ des conduites
- Le choix de type de pompes ~~immergées~~ pour des forages
- Le calcul du point de fonctionnement des pompes qui donne le débit transité par les canalisations et par suite le débit total fourni par l'ensemble des forages.

En plus le dimensionnement de la bêche de reprise et la station de pompage bêche-chateau pour le réseau de type I.

a. RESEAU TYPE I

a-1 CHOIX DES POMPES

Le choix des pompes est conditionné par :

Le diamètre des forages :

La pompe doit avoir un diamètre maximal inférieur au diamètre du forage.

- Le débit de pompage : le débit de pompage doit être inférieur au débit d'exploitation offert par les capacités de la nappe, pour une exploitation durable des forages.

- ~~La~~ la hauteur manométrique nécessaire : la HMT de la pompe doit être supérieure à la H.M.T. calculée. (HMT = Hgeo + J) en effet on a (voir tableau 7.)

HMT nécessaire = $H_{geo} + J$

H_{geo} = N.S. dans le forage + dénivelée forage/bâche
+ Pression de sécurité

J = Pertes de charge totales dans les conduites

La côte de la bâche est à 340,00m

Les côtes des forages se trouvent sur les coupes de forage (annexe 3)

La pression de sécurité est fixée à 2m à cause de la variable possible du niveau statique pendant la saison des pluies.

Suivant le catalogue des pompes disponible, DIPAC LEBEN, (18 avenue DUTARTRE 78150, LE CHESNAY FRANCE tel 955.4110), le type de pompe convenable à tous les forages, est le LBS400L/8.4"

Diamètre max = 95mm

Puissance du moteur = 1,5 KW
courant triphasé 380 V - moteur 2900 tours/mn

a - 2 DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES

Le calcul des conduites consiste à fixer le diamètre $\varnothing$, à partir du débit à transiter avec une vitesse raisonnable.

Une vitesse faible favorise la formation de dépôts.

Une vitesse forte est érosive et est susceptible d'accroître l'importance du coup de bélier.

La vitesse acceptable est comprise entre 0,35m/s et 1,5m/s. On fixe le diamètre de la conduite pour le débit d'exploitation max des forages ; (compte tenu des caractéristiques de la pompe, ce débit est fixé à 12m³/h pour les forages FKa 14 et 16) ; avec une vitesse comprise entre la fourchette fixée.

Le Point de fonctionnement de la pompe vient ensuite préciser le débit réel des forages et la vitesse réelle dans les conduites.

DIAMETRE DES CONDUITES

Le tableau Diamètre-Longueur du réseau est donné en annexe 6-a. Les conduites sont en P.V.C. rigide.

a-3. CALCUL DES PERTES DE CHARGE DANS LES CONDUITES

Les pertes de charge unitaire dans les conduites sont obtenues par l'abaque de pertes de charge des PVC rigide établis pour chaque diamètre à partir de la formule de Colebrook.

.../...

Considérant que les tuyaux sont encrassés, le coefficient de rugosité $K = 0,1\text{mm}$

La Perte de charge totale : $J = 1,1 \text{ jL}$

Les pertes de charge singulières représentant 10% des pertes de charges linéaires.

Aux longueurs des conduites d'extrémité, partant des forages, est ajoutée la profondeur de la pompe pour tenir compte des pertes de charge dans le forage.

PROFONDEUR DE LA POMPE

La pompe doit être placée de manière qu'elle soit toujours noyée quelque soit le débit de pompage. Elle doit être également toujours placée en dehors des crépines pour éviter les venues de sable, préjudiciables à la pompe. Respectant ces conditions, la profondeur des pompes sont les suivantes :

FKa 12	-	63m
FKa 14	-	47m
FKa 16	-	53m
FKa 17	-	46m

a - 4 POINT DE FONCTIONNEMENT DES POMPES

Il est obtenu à partir
des caractéristiques de la pompe (Tableau 9)
des pertes de charge dans les conduites (Tableau 10)
et de la variation du plan d'eau dans le forage (Tableau 8)
Ce point est calculé pour différents cas de fonctionnement.

1er CAS : POMPES DEBITANT SEULES SUR LE RESEAU

Le point de fonctionnement est obtenu par l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe et de la courbe représentant la somme des pertes de charge des conduites en série et de la variation du plan d'eau (voir graphique 2).

2è CAS : Pompes fonctionnant en parallèle -

Les Pompes se trouvent à des points différents. Il faut donc les ramener en un même point avant de composer leurs caractéristiques. Cette opération consiste à retrancher des caractéristiques de chaque pompe, la variation du N.D(niveau dynamique) et les pertes

de charge de la conduite qui forme le point de jonction. Les hauteurs géométriques n'étant pas les mêmes, on retranche en plus de la pompe ayant la plus forte hauteur géométrique, la différence des Hgeo des 2 pompes.

Les pompes étant ramenées ainsi au même point, on peut composer leurs caractéristiques en ajoutant les débits à HMT constante.

Le point de fonctionnement est donné par l'intersection de la courbe composée et des pertes de charge de la conduite collectrice des eaux. (voir graphique 3).

Dans le couplage en parallèle, on détermine également le point de fonctionnement de chaque pompe par l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe ramenée au point commun et des Pertes de charge de la canalisation collectrice, la HMT étant lue sur la courbe non modifiée.

Les Points Q et HMT étant connus, on peut calculer ^{le rendement} ~~rendement~~ du moteur de la pompe

$$\text{Par } \eta = \frac{P_{\text{fournie}}}{P_{\text{consommée}}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot \text{HMT}}{P_{\text{moteur}}}$$

Tous les calculs sont menés ^{en} ~~en~~ annexe 7
suivis de tracés de courbes ^{en} ~~en~~ annexe 8
les résultats obtenus sont les suivants :

Pompe PFKa 14 Débitant seule sur le réseau

$$Q = 10,10 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{HMT} = 24,50 \text{ m}$$

$$\eta = 45\%$$

Pompe PFKa 16 débitant seule sur le réseau

$$Q = 9,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{HMT} = 27 \text{ m}$$

$$\eta = 47\%$$

Pompe PFKa 14 et PFKa 16 Couplés en parallèle

$$Q = 19,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{HMT} = 16,51 \text{ m}$$

$$\eta = 59\%$$

Pompe PFKa 17 Débitant seule sur le réseau

$$Q = 8,20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{HMT} = 31 \text{ m}$$

$$\eta = 46\%$$

Pompe du forage FKa 12

La bêche étant à côté du forage FKa 12, l'eau pompée est directement refoulée dans la bêche sans passer par une conduite. On peut alors considérer que les pertes de charge sont négligeables.

La pompe LBS 400L/8 choisie serait munie d'une vanne qui créerait une perte de charge de 17m (voir courbe) pour ramener le point de fonctionnement à $Q = 7\text{m}^3/\text{h}$, $H = 35\text{m}$ avec un rendement de 45%.

MODE DE FONCTIONNEMENT DES POMPES

Pour satisfaire le débit recommandé, toutes les pompes doivent fonctionner ensemble.

Les débits fournis par chaque forage sont (voir tableau 11

Les débits transités par les conduites donnent une vitesse acceptable - voir tableau 12

a-5 DIMENSIONNEMENT DE LA BACHE DE REPRISE

La bêche est dimensionnée pour un débit global de tous les forages de $35\text{m}^3/\text{h}$.

Le temps de retention de l'eau dans la bêche est pris égal à 1h, temps de contact du chlore avec l'eau.

Les dimensions de la bêche sont alors :

Longueur 6m

Largeur 5m

Profondeur 1,20m

a-6 CALCUL DE LA STATION DE POMPAGE - REFOULEMENT BACHE-CHATEAU

Côte du château d'eau

Cette donnée ne figure pas dans les documents IWACO, en bonne et due forme. J'ai dû mener une certaine démarche pour la retrouver.

J'ai recueilli à l'ONEA-Ouagadougou, les valeurs de côtes suivantes

FKa 12 100,00m

FKa 14 104,00m

Niveau d'entrée d'eau au château 135,70m.

.../...

Côte au sol = 125,70m (correspond à la valeur O.N.E.A.- KAYA recueillie) ces valeurs sont un nivellement par rapport à FKa 12. Elles ne correspondent pas aux côtes des forages fournies par IWACO (voir coupes des forages annexe 3) qui sont également un nivellement par rapport à FKa 12. En effet

Les valeurs IWACO sont FKa 12 = 340,00

FKa 14 = 344,00

Je vois que dans les 2 cas, les dénivelées sont les mêmes et que c'est simplement la côte d'origine affectée au FKa 12 qui diffère. J'en déduis qu'une translation de 240m permettra de trouver le niveau d'entrée au château à considérer dans cette étude. On trouve alors

Côte d'entrée d'eau au château = $240 + 135,70 = 375,70$ m

Hauteur d'eau dans le château = 5m.

Niveau d'eau moyen dans le château = $375,70 + \frac{5}{2} = 378,20$ m

LA BACHE DE REPRISE

Côte au sol = 340,00

La bache en enterrée à 1,20m -

Donc côte au fond = $340,00 - 1,20 = 338,80$ m

Il est bon que le débit pompé soit largement inférieur au débit apporté. Je fixe alors le débit refoulé à $30\text{m}^3/\text{h}$ à bache pleine, la hauteur d'eau ^{en 1h est $\frac{35\text{m}^3}{30\text{m}^2}$} = 1,17m

Côte niveau d'eau moyen = $338,80 + \frac{1,17}{2} = 339,39$ m

LA CONDUITE

Pour le débit de refoulement à $30\text{m}^3/\text{h}$; la conduite convenable est le $\varnothing 140/125,8$ car elle donne une vitesse acceptable de $0,67\text{m/s}$

LA POMPE DE REFOULEMENT

Hauteur géométrique = niveau d'eau moyen château - Niveau d'eau moyen bache
= $378,20 - 339,39 = 38,81$ m

Pertes de charge unitaire : $j = 0,0041172$

Pertes de charge totale = $J = 1,1L = 1,1 \times 0,0041172 \times 978$
= 4,43m

.../...

HMT nécessaire = $H_{\text{geo}} + J = 38,81 + 4,43 = 43,24\text{m}$

Pompe disponible

Pompe 6" à axe vertical série LEBEN

Type LB80R/20/4 $Q = 30\text{m}^3/\text{h}$ $H = 44\text{m}$

moteur 2900 t/mn

puissance ^{du} moteur = 8,4CV soit 11KW

diamètre d'encombrement 142mm

courant triphasé 380V

La station est dotée de 2 pompes de ce type, une seule travaillant à la fois.

a-7. LE PLANNING DE POMPAGE

Le temps de pompage dans les forages est laissé à la compétence du responsable ONEA-KAYA, qui est habilité à savoir l'évolution des besoins en fonction de la population dans le temps.

Il doit faire le planning de façon à minimiser le temps de pompage pour un gain d'énergie. Ce qui réduira les frais d'énergie à la charge de l'office.

a-8. REGULATION DES POMPAGES

Le pompage dans les forages est régulé par le niveau d'eau dans la bêche. La bêche est munie de 2 électrodes marquant un niveau haut et un niveau bas de telle façon que la pompe de refoulement reste noyée. Lorsque l'eau est au niveau bas ; les pompes se mettent en marche. Lorsqu'elle ~~est~~ atteint le niveau haut, les pompes s'arrêtent.

De la même façon le pompage dans la bêche est régulé par le niveau d'eau dans le château où 2 électrodes marquent également les 2 niveaux. Le niveau ^{bas} ~~haut~~ déclenche le fonctionnement de la pompe et le niveau ^{haut} ~~bas~~ arrête la pompe.

a-9. ACCESSOIRES DE L'EQUIPEMENT DES FORAGES

L'équipement des forages comprend, outre la pompe et les éléments de colonne :

- un coude pour diriger la sortie de l'eau du forage,

- un clapet anti-retour pour protéger le retour d'eau préjudiciable à la pompe
- une vanne de réglage de débits pour choisir les débits
- un compteur pour mesurer le débit pompé
- un manomètre pour mesurer la pression

En plus

- des groupes électrogènes de secours en cas de panne d'électricité
- un hangar pour salles des machines
- un tableau de commande des pompes
- une pompe doseuse ...

a-10. LE PROJET SATISFAIT-IL AUX BESOINS ?

Le débit du projet ajouté au débit de la structure existante satisfait largement aux besoins.

En effet, la zone des puits fournit $14\text{m}^3/\text{h}$ et le projet $35\text{m}^3/\text{h}$ alors que les besoins sont évalués à $40\text{m}^3/\text{h}$.

a-11. MODE DE FINANCEMENT

Le financement est fait d'un seul coup. Les forages sont tous équipés et exploités à la fois car un forage inexploité se colmate.

b - RESEAU TYPE II.

La procédure de calcul reste telle qu'elle est menée dans le calcul du réseau type I.

- Le tracé ne change pas ; seulement qu'il n'y a plus de bêche de reprise (voir annexe 6-b) donc pas de pompe de refoulement bêche-château
- Les conduites restent les mêmes donc les pertes de charge ne changent pas
- La pompe des forages change d'autant plus que la HMT nécessaire est plus élevée

Hauteur géométrique = Hgeo/FKa12 + Dénivelée

FKa12 - Entrée
d'eau au château (388,7-340)

- Type de pompe disponible

LBS 400L/21 ϕ_{max} = 95mm

Puissance^{du}/moteur = 3,7Kw

Les caractéristiques sont données au tableau 1.

Un calcul détaillé de ce type de réseau ne paraît pas indispensable.
Il a été fait pour pouvoir faire une comparaison des coûts.

Néanmoins le point de fonctionnement de la pompe pour chaque forage est déterminé pour montrer que le choix de pompe est judicieux.

(voir tableau 12).

Les courbes sont présentées à l'annexe 8 - Courbes n°s 6 à 9.

C. - REFLEXION SUR LE COUT DES 2 TYPES DE RESEAUX

La comparaison du coût des 2 ^{Projets} ~~projets~~ ne peut porter que sur les variantes marquant la différence entre les 2 types de conception. Les prix des équipements utilisés pour l'évaluation des coûts en CFA, Hors taxe, ~~de~~ datent du 01/09/77. Ces prix figurent dans le catalogue des pompes.

Réseau type I

<u>DESIGNATION</u>	<u>Prix unitaire</u>	<u>Prix total</u>
- 4 Pompes immergées LBS 400L/8	156.400	625.600
- 1 Pompe de refoulement LB80R/20/4		
1. Corps de pompe	113 500	113 500
1. Moteur électrique 3000t/mn 11Kw	151 250	151 250
- 1 Bâche de reprise(béton banchée) Volume 17m ³	100 000/m ³	1 700 000
Coût Partiel		2 590 350

.../...

RESEAU Type II

- 4 Pompes immergées
LBS400X/21

264 350

1 057 400

Il apparaît que le type de réseau type I est plus cher que le type II. Il est choisi pour des raisons qui ont été déjà évoqués.

2è PARTIE

//- EQUIPEMENT D'EXHAURE DE //- ORAGE :

NOVICIAT DE PABRE

2è PARTIEEQUIPEMENT D'EXHAURE DE FORAGE :NOVICIAT DE PABREI. - PRESENTATION GENERALE :

Pabré est un village situé à 22Km de Ouagadougou à 1°34' de longitude Ouest et 12°30' de latitude Nord, sur l'axe routier OUAGA-KONGOUSSI.

Son climat est du type Nord Soudanien avec une saison sèche de Novembre à Avril et une saison des pluies de Mai à Octobre.

Le village est le site de centres religieux dont le Noviciat Pabré est desservi en électricité par le réseau électrique de OUAGADOUGOU.

A/ RESSOURCES EN EAU DU VILLAGE -

Les Ressources souterraines en eau sont très faibles. Les puits existants tarissent souvent en saison sèche. Cette situation met le noviciat devant un énorme problème d'approvisionnement en eau potable.

B/ DESCRIPTION DE LA SITUATION ACTUELLE -

Le noviciat est un centre de formation et de retraite des soeurs (religieuses). Pour ses besoins en eau, il a essayé de mobiliser les eaux dans son voisinage sans grands résultats.

Il existe

- 3 puits dont 2 équipés en pompe immergée : un seul est fonctionnel et alimente actuellement les soeurs en eau.

- un forage, implanté en 1983 : le forage est abandonné à cause de l'insuffisance de débit pour son exploitation.

Une pompe immergée achetée pour équiper ce forage, ~~est~~ est restée inutilisée.

- Un château d'eau stocke l'eau fournie par le puits

Les dimensions du château sont

Volume de stockage = 25m³

Diamètre moyen 4,00m

hauteur sol-trop plein = 9,00m
 hauteur sol-radier = 7,00m
 hauteur conduite d'amenée = 9,50m

- Un nouveau forage vient d'être implanté en Avril 85. Le but des travaux envisagés consiste à équiper ce forage en Pompe et tuyaux pour refouler au réservoir existant.

C/ ACTIVITES ECONOMIQUES DU NOVICIAT

Les soeurs pratiquent le jardinage et le petit élevage de porcs, lapins et volailles. Ces activités représentent leurs principales sources financières.

Depuis le tarissement des puits, ces activités ont regressé la surface des jardins et le nombre d'animaux sont considérablement réduits.

D/ BESOINS EN EAU DU NOVICIAT

Le nombre de personnes vivant au noviciat est réparti comme suit :

- 40 personnes en formation d'Octobre à Juin
- 100 personnes pendant les retraites de Juillet à Septembre

Les besoins en eau ne sont pas chiffrés en tant que tels. Les soeurs souhaitent disposer de l'eau pour remplir quotidiennement le réservoir en place. Elles affirment qu'avec le réservoir rempli, elles arrivent à subvenir à tous les besoins journaliers tant agricoles, pastoraux, qu'humains.

Cette affirmation mérite un peu de réflexion puisqu'elle veut dire un besoin journalier de 25 m³. Personnellement, je pense que c'est trop grand. Seule une enquête profonde peut préciser les choses. De toutes les façons c'est le débit exploitable dans le forage et le temps de pompage qui fixeront le volume à stocker dans le réservoir.

E/ SITUATION FUTURE

L'eau du forage viendra renforcer la quantité déjà fournie par le puits existant. Les soeurs disposeront alors d'une quantité considérable d'eau pour augmenter les surfaces des jardins et augmenter le nombre de bêtes qu'elles élèvent.

F/ OBJECTIFS DE L'ETUDE -

Le forage a une profondeur de 68,5m et un diamètre de 113mm. Il n'a pas fait l'objet d'essais de pompage. Il est prévu d'équiper le forage ~~est~~^{en} pompe immergée électrique et en tuyaux de refoulement.

Pour cela j'ai effectué un essai de pompage et un nivellement Forage-réservoir, avant de procéder à un dépouillement pour adopter la pompe existante avec un dimensionnement de l'équipement d'exhaure.

II. - DESCRIPTION TECHNIQUE DE L'ETUDE

A/ ESSAIS DE POMPAGE

1. MATERIELS

- L'équipement amené sur le terrain pour les essais comprend :
- une chèvre, un palan, une poulie, un treuil dont l'ensemble constitue le pivot de tout le montage de pompage.
 - Une pompe 4" immergée électrique ($Q = 6m^3/h$, HMT = 96m) dont les potentialités dépassent celles présumées de la nappe.
 - une vanne de réglage de débits permettant de fixer les points de fonctionnement relatifs aux capacités de l'aquifère. La vanne sert à fixer les débits de pompage.
 - des conduites de refoulement comportant 7 tuyaux de 6m 1 tuyau de 3m, 1 coude et une extrémité. Ces conduites permettent d'introduire la pompe à 48m de profondeur dans le forage
 - un tuyau souple rejetant l'eau à 100m du forage afin d'éviter tout retour de l'eau pompée qui perturberait les mesures.
 - un groupe électrogène fournissant de l'énergie électrique pour le fonctionnement de la pompe.

.../...

Un disjoncteur permet de contrôler l'alimentation de la pompe en courant électrique.

- une poubelle de 62l et un chronomètre pour mesurer les débits par la méthode volumétrique. On chronomètre le temps t nécessaire pour remplir la poubelle. Le débit de pompage $Q = \frac{62}{t}$ en l/s ou $\frac{62 \times 3600 \cdot 10^{-3}}{t}$ (en m³/h)
t(en seconde)

- une sonde et un decamètre servant à mesurer le niveau d'eau dans le forage. La sonde n'est pas graduée - le decamètre lui est attaché et permet de lire le niveau d'eau. Les mesures sont prises par rapport au tubage du forage.

La sonde est à 2 fils. Le contact des électrodes avec l'eau est signalé par un milliampèremètre alimenté par 2 piles.

Outre les équipements de pompage, je dispose également d'une mire, d'un trépied et d'un niveau pour mesurer la dénivelée du château d'eau par rapport au forage.

2. - EXECUTION DES ESSAIS

Jeudi 25/4/85. Montage de l'équipement de Pompage - Le niveau statique est noté à 20,20m.

Vendredi 26/4/85

un essai à blanc est exécuté pour déterminer approximativement la valeur de débits à atteindre aux différents pâliers de pompage.

Le procédé pratique est le suivant :

- La sonde est plongée dans le forage à une profondeur de manière à assurer la protection de la pompe. On coupe le disjoncteur si le niveau de descente de l'eau atteint la profondeur fixée afin que la pompe ne soit pas dénoyée.
- La vanne est ouverte progressivement (tout en suivant la descente dans le forage) pour choisir un débit
- après quelques heures de stabilisation du rabattement, on repère le tour de vanne correspondant au débit max enfin, on choisit les débits de pâliers en dessous de cette valeur.

A l'essai à blanc, après vérification de la bonne marche des équipements de pompage et de mesures, le débit fixé est pris comme débit de pâlier à $Q = 2\text{m}^3/\text{h}$ avec une descente de 37,50 après 4h de pompage, soit un rabattement de 17,30m.

La descente dans le temps n'a pu être notée.

Le forage est ensuite laissé au repos pendant 10 heures.
Le lendemain les essais ont repris.

Il est prévu faire la longue durée le samedi 27/4/85 pendant 24h et suivre la remontée le dimanche pendant 24h également. Mais des incidents intervenus au cours du pompage ont bouleversé ce programme pré-établi.

Les mesures et les incidents sont fournis à l'annexe 9 Les résultats sont les suivants :

Date en heure	temps de pompage	débit de pompage (m ³ /h)	rabattem. (m)
Samedi 27/4/85			
de 6h à 17h 10	11h 10'	1,74	15,75
de 18h à 19h 20	1h 20	1,70	13,25
Dimanche 28/4/85			
de 8h 10 à 4h 10	20h	2,10	23,60
Lundi 4h 10 à 7h 45	Remontée pendant 3h 35'		

Ce temps de remontée n'est pas assez mais je devais arrêter pour pouvoir faire le nivellement avant la fin de ma mission prévue à ce jour.

3. DEPOUILLEMENT

Le dépouillement sert à déterminer

- les réglages optima d'exploitation du forage : débit et temps de pompage, position optimum de la pompe.
- les caractéristiques hydrologiques de la nappe aquifère : transmissivité et coefficient d'emmagasinement.

a. COURBE CARACTERISTIQUE DU FORAGE -

Cette courbe présentée à l'annexe 10, courbe n° 1 est tracée à partir des valeurs données au tableau 13. Il est également tracé la courbe rabattement (annexe 10 - courbe n°2) spécifique $\Delta/Q \leftrightarrow$ débit Q (valeurs au tableau 13).

b. DEBIT DE POMPAGE

La courbe spécifique donne un débit exploitable de $1,70 \text{ m}^3/\text{h}$ -
 Comme il a été précisé au chapitre précédent, le débit exploitable
 calculé par $Q_e = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4C \Delta_e}}{2C}$ donne $1,60 \text{ m}^3/\text{h}$ avec

$$\Delta_e = \frac{1}{4} (68,5 - 20,20) = 12,08\text{m}, \quad B = 3,05 \text{ et } C = 2,8$$

c. Temps de Pompage

Il est déterminé à partir de la courbe de descente dans le
 forage $\Delta = f(\log t)$ au débit constant de $2,1 \text{ m}^3/\text{h}$ (voir annexe 11
 courbe n°2)

Le temps de pompage est choisi dans la partie linéaire de la
 courbe. Le décrochage obtenu après 850mn de pompage limite le temps
 de pompage à 14h.

d. POSITION OPTIMUM DE LA POMPE

Les conditions préjudiciables à la pompe doivent être évitées.
 La pompe doit être toujours noyée et placée hors des crépines pour
 éviter les venues de sable.

Pour un débit de pompage de $1,70 \text{ m}^3/\text{h}$, le rabattement est
 de 13m, soit 33,20m de descente et la crépine se trouve à 45,23m
 On placera la pompe à 44m de profondeur.

.../...

e/ TRANSMISSIVITE

Par définition, c'est le débit qu'une couche aquifère peut fournir sur toute son épaisseur et sur un mètre de largeur. Elle est déterminée par l'approximation de JACOB

$$m^2/s \rightarrow T = 0,183 \frac{Q \leftarrow m^3/s}{\Delta_2 - \Delta_1 \leftarrow m}$$

La transmissivité est donnée par les courbes de descentes

$\Delta = f(\log t)$ et de remontée $\Delta = \log\left(\frac{t_P + t}{t}\right)$ (annexe 11) Les courbes de descente donnent $3,44 \cdot 10^{-5} m^2/s$ et $5,53 \cdot 10^{-5} m^2/s$ et la remontée $7,12 \times 10^{-5} m^2/s$.

C'est la remontée qui donne exactement la transmissivité de la nappe mais comme le temps de remontée est assez court, elle ne peut que préciser l'ordre de grandeur $\approx 10^{-5} m^2/s$ soit $0,1 cm^2/s$.

f. COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT

C'est le rapport entre le volume de l'eau gravifique et le volume global de la formation aquifère.

Il est évalué à l'aide d'un piézomètre par $S = 2,25 \frac{t_0}{r^2}$

T = transmissivité de la nappe, en m^2/s

t_0 = point de la droite de Jacob pour lequel $\Delta = 0$, en seconde

r = distance entre le piézomètre et le forage, en m

Par faute de piézomètre, le coefficient d'emmagasinement n'a pu être évalué.

4. - POMPE ET EQUIPEMENT D'EXHAURE

Pompe existante = Pompe immergée électrique 4" GUINARD dont une seule caractéristique est connue : au rendement maximum

$\eta = 70\%$, $Q = 2m^3/h$ et HMT = 76m.

a. POINT DE FONCTIONNEMENT DE LA POMPE

Ne disposant pas de la courbe caractéristique, on considère qu'au rendement max le produit $Q \times H = Cste$.

On obtient les points caractéristiques présentés au Tableau 14.

$$\begin{aligned} \text{Hauteur géométrique} &= \text{Niveau statique} + \text{Dénivelée château-forage} \\ &+ \text{niveau max de refoulement de l'eau} \\ &+ \text{Pression de sécurité} \end{aligned}$$

$$\text{Niveau statique} = 20,20\text{m}$$

La nivellement effectué donne une dénivelée sol château-forage = 1,99m et distance forage château = 350m

Le niveau max de refoulement d'eau par rapport au sol du château est 9,50m

La Pression de sécurité est fixée à 1m

La hauteur géométrique est alors égale à 32,69m Pour déterminer le point de fonctionnement, on tient compte de la variation du niveau d'eau dans le forage (voir tableau 15).

b. LA CONDUITE

Deux alternatives ont été étudiées pour le choix de la conduite.

1°) - Conduite Ø26/33

Pertes de charge dans la conduite (Calmont et Lechapt)

$$J = 1,1L a \frac{Q^n}{D^m}$$

Le tuyau est en acier non revêtu $K = 2\text{mm}$

$$a = 1,863 \cdot 10^{-3}$$

$$n = 2$$

$$m = 5,33$$

$$L = \text{Distance château/forage} + \begin{matrix} \text{Profondeur} \\ \text{pompe} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{hauteur} \\ \text{tuyau d'amenée} \end{matrix}$$

$$= 350 + 44 + 9,50$$

$$= 403,50\text{m}$$

$$\text{HMT} = H_{\text{geo}} + J = 32,69 + 2,3208 \cdot 10^8 Q^2$$

(Voir tableau des pertes de charge au tableau 16)

Le tracé des courbes en annexe 10 courbe n°3

Le Point de fonctionnement obtenu est :

$$Q = 1,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{HMT} = 93\text{m}$$

La vitesse dans la conduite = 0,86 m/s est acceptable.

2°) CONDUITE $\varnothing 33/42$ ^{même} nature que le précédent
 $HMT = 32,69 + 6,5128 \cdot 10^7 Q^2$

Les valeurs sont présentées au tableau 17

Le tracé des courbes en annexe 10 courbe n°4

Point de fonctionnement obtenu

$$Q = 2,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$HMT = 73\text{m}$$

CHOIX DE LA CONDUITE

Compte tenu du débit exploitable calculé et les points de fonctionnement obtenus, je choisis le $\varnothing 26/33$ qui fournit un débit $Q = 1,64 \text{ m}^3/\text{h}$ avec une HMT = 93m et un rabattement de 12m. Je pense ainsi Préserver la sécurité de la Pompe qui est démunie de tout système de régulation. On peut aussi choisir le $\varnothing 33/42$ si on pense que le forage ^{peut} fournir plus que le débit calculé. Il serait en ce moment muni d'une vanne qui permettrait un choix de débit entre 1,6 à $2,80 \text{ m}^3/\text{h}$.

Dans l'un ou dans l'autre cas, à la sortie du forage, se trouve un point haut où est placé une ventouse qui purge l'air dissout dans l'eau.

5. - PLANNING DE POMPAGE

débit de pompage = $1,64 \text{ m}^3/\text{h}$

temps de pompage = 12h de 18h le soir à 6h le lendemain

volume d'eau récupéré = $1,64 \times 12 = 19,68 \text{ m}^3/\text{h}$

On peut pomper pendant 14h au maximum sans inconvénients
 dans ce cas on aura un volume de $23 \text{ m}^3/\text{h}$.

.../...

QUALITE DE L'EAU DU FORAGE

Des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées au laboratoire sur un échantillon de l'eau du forage.

Les résultats sont les suivants :

Analyses physiques

Titre alcalimétrique complet T.A.C. = 21°F

Nitrates $\text{NO}_3 = 1,77\text{mg/l}$

Nitrites $\text{NO}_2 = 0$

Ammoniaque $\text{NH}_4 = 0,154\text{ mg/l}$

P.H. = 6,30 (valeur évaluée sur le terrain au papier $\text{PH} \approx 7$)

Conductivité = 533 S/cm

température = 28°C (30°C sur le terrain)

oxygène dissous = 1,20mg/l

Turbidité = 1

Chlorures = 5,75 mg/l

Ces qualités physiques sont admissibles

Analyses bactériologiques

La détermination de la teneur en matière organique de l'eau par l'oxydation au KMnO_4 en milieu alcalin donne 2,19 mg/l

L'eau est donc moyennement contaminée - la limite de la non-contamination étant fixée à 2mg/l.

Cette contamination peut provenir des interventions sur le forage.

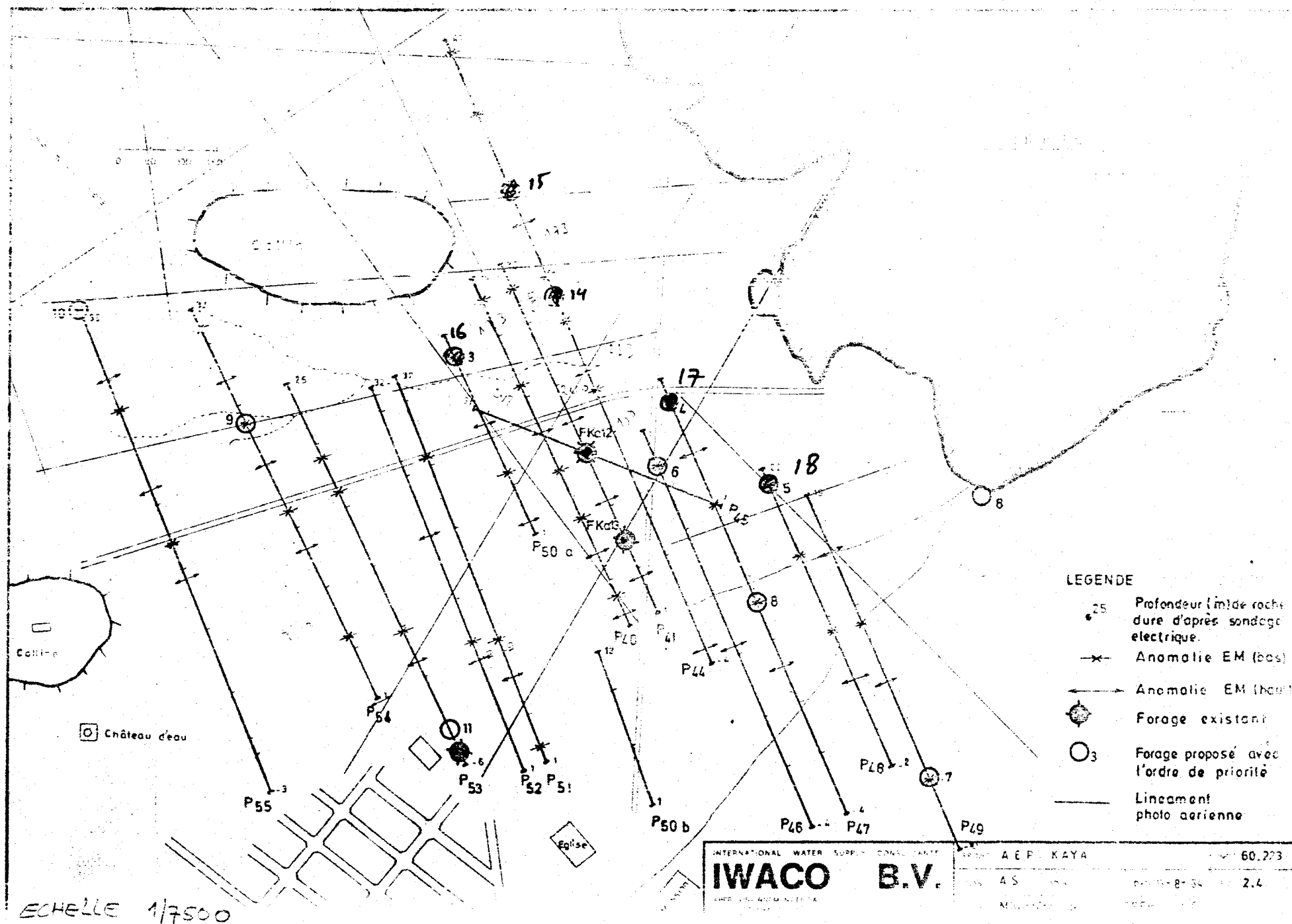
Les matériels ramassés au sol, donc pollués, pⁿlogés dans le forage peuvent le contaminer.

Cette contamination n'est pas pathogène étant donné que l'on boit cette eau sans risque de danger. Il faut vivement veiller à la protection du forage contre les microbes - Ce n'est que par ce moyen qu'on peut conserver la potabilité de l'eau sans dépenser pour les traitements.

.../...

LES ANNEXES

ANNEXE 2 PLAN AU 1/7500 DE LA ZONE DES FORAGES



ANNEXE 3

COUPES DES FORAGES .

REPUBLIQUE DE HAUTE-VOLTA
INVENTAIRE DES RESSOURCES
HYDRAULIQUES

FICHE DE FORAGE

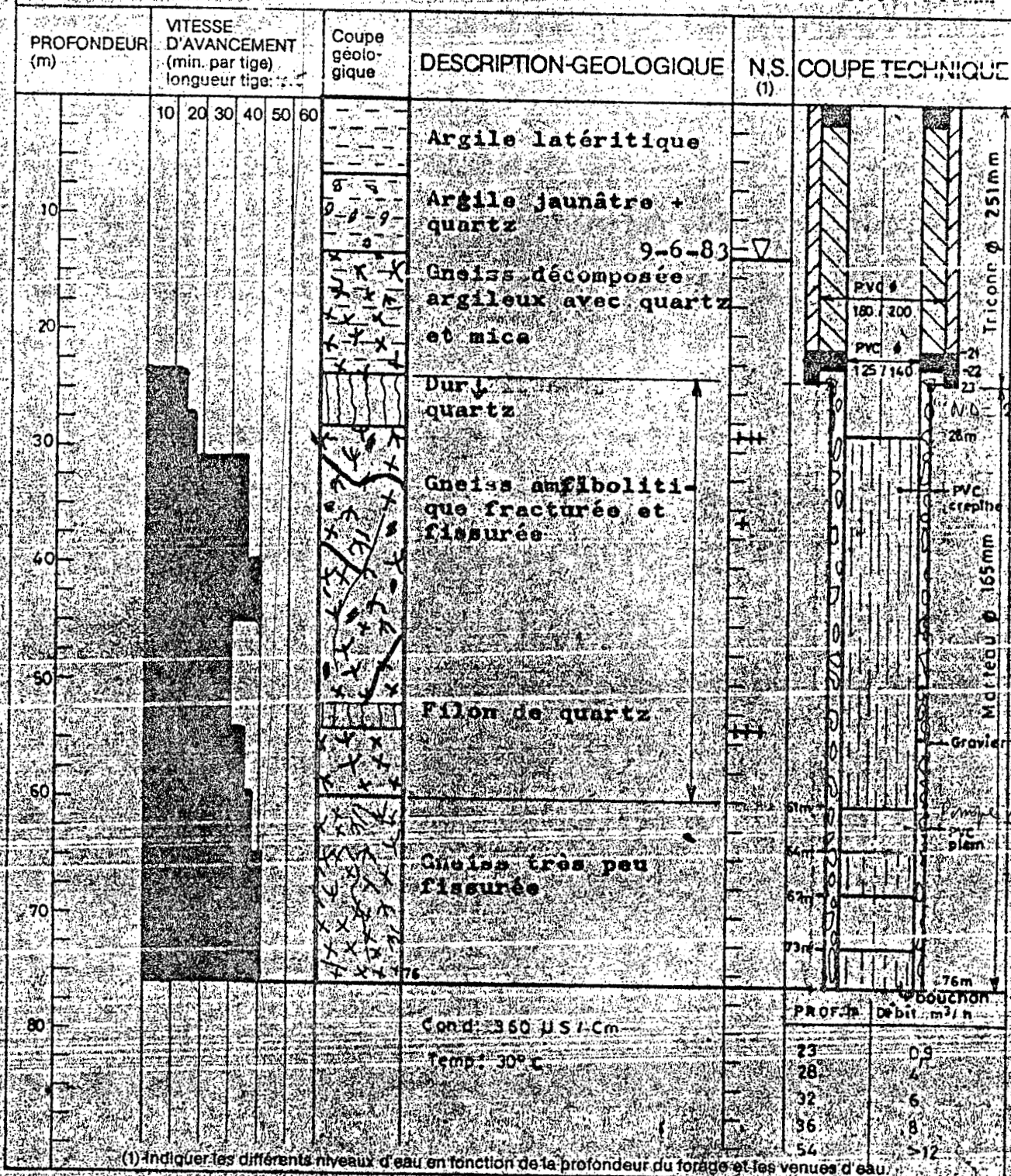
N° I.R.H.

N° provisoire: F KA 12
Sous-préfecture: Kaya
Canton: Kaya
Village: Barrage Dim.
Lieu dit:
Photo aérienne n° 7930

Longitude: X = 1°04'0
Latitude: Y = 13°05'N
Côte/sol: Z = 340
Carte 1/200.000
Mission: ND-30-XI
Géophysique: P44 m 14.4

Financement: Les Pays-Bas
Propriétaire: ONE
Maître d'œuvre: IWACO
Entreprise: FORAFRIQUE
Type de machine: Marteau fond de trou
Sondeur:
Date de travaux 8/9-6-83

Massif filtrant: nature: latérite roulée
granulométrie: 2-5mm
Equipement: PVC Diam: Int: 110mm
Ext: 110mm



IWACO B.V.

N° provisoire: **FKA 13**
Sous-préfecture: **Kaya**
Canton: **Kaya**
Village: **Kaya**
Lieu dit: **Barrage Dimassa**
Photo aérienne n°: **7930**

Longitude: X = **1°04'0**
Latitude: Y = **13°05'N**
Côte/sol: Z = **340**
Carte 1/200.000 **ND-30-XI**
Mission: **P4 1m7**
Géophysique:

Financement: **Les Pays-Bas**

Date des travaux **9 à 11-6-83**

Propriétaire: **ONE**

Maître d'œuvre: **IVACO**

Entreprise: **FORAPRIQUE**

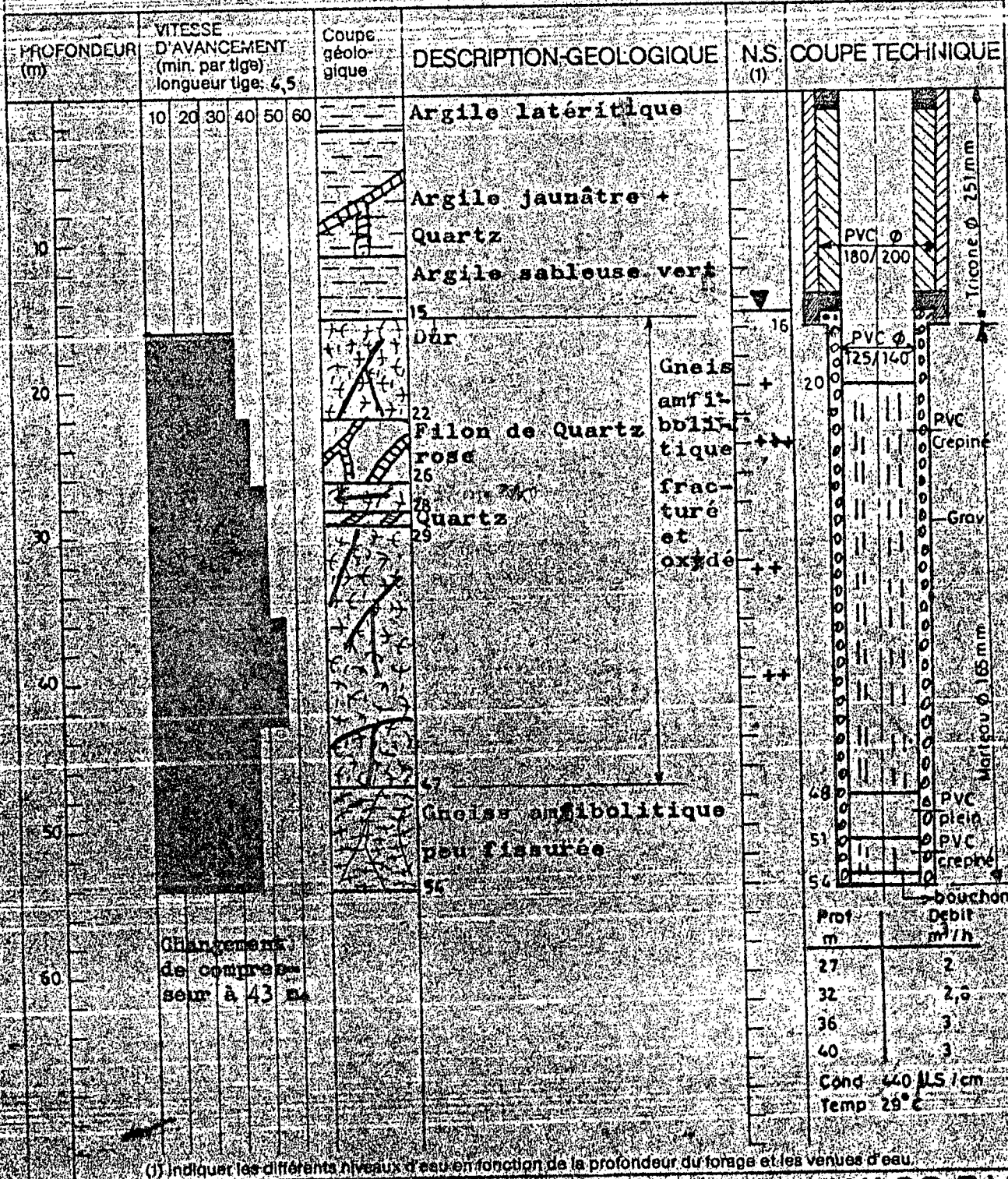
Type de machine: **Marteau fond de trou**

Sondeur:

Massif filtrant nature: **Latérite roulée**
granulométrie: **3-8 mm**

Equipement: **PVC Diam. Int. 125 mm**
Ext. 140 mm

Debit estimee: **3 m3/h**



IVACO B.V.

Village: Kaya

N° I.R.H. :

Prov. : Sanm. long

Dépt. : Kaya

FICHE DE FORAGE

N° I.R.H.

N° provisoire:
Sous-préfecture:
Canton:
Village:
Lieu dit:
Photo aérienne n°:

FKa 14
Kaya
"
"
"

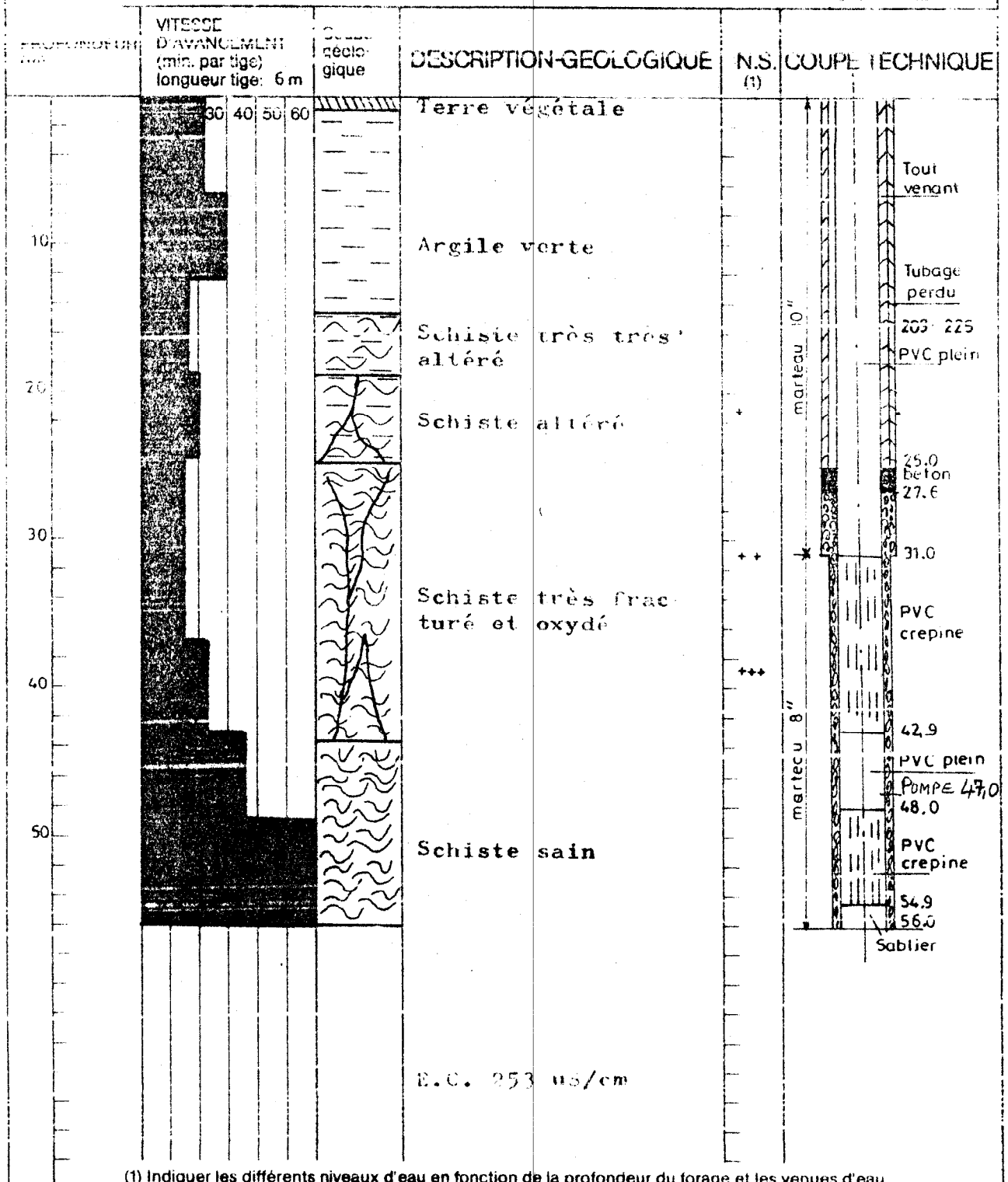
Longitude X = 1°5'
Latitude Y = 14°45'15"
Cote/sea = 384 m
Carte 1/200.000
Mission:
Géophysique: 1/42

Équipement:
Propriétaire:
Maître d'œuvre:
Entreprise:
Type de machine:
Société:

Paye-Has
ONE
IWACO
FORAFRIQUE
CYCLONE
ST Pierre

Débit 20m³/h Date: 17-18/12/81 en 5,7/85

Massif filtrant : nature: Gravier 50% Terre
granulométrie: 1 2 3
Equipement: PVC Ø Ext: 160 mm
Int: 151 mm



Village: Kaya

N° IRH :

Prov. : Sanmatenga

Dép. : Kaya

Date: 19.2.

FICHE DE FORAGE

N° I.R.H.

N° provisoire:
Sous-préfecture:
Canton:
Village:
Lieu dit:
Photo aérienne n°:

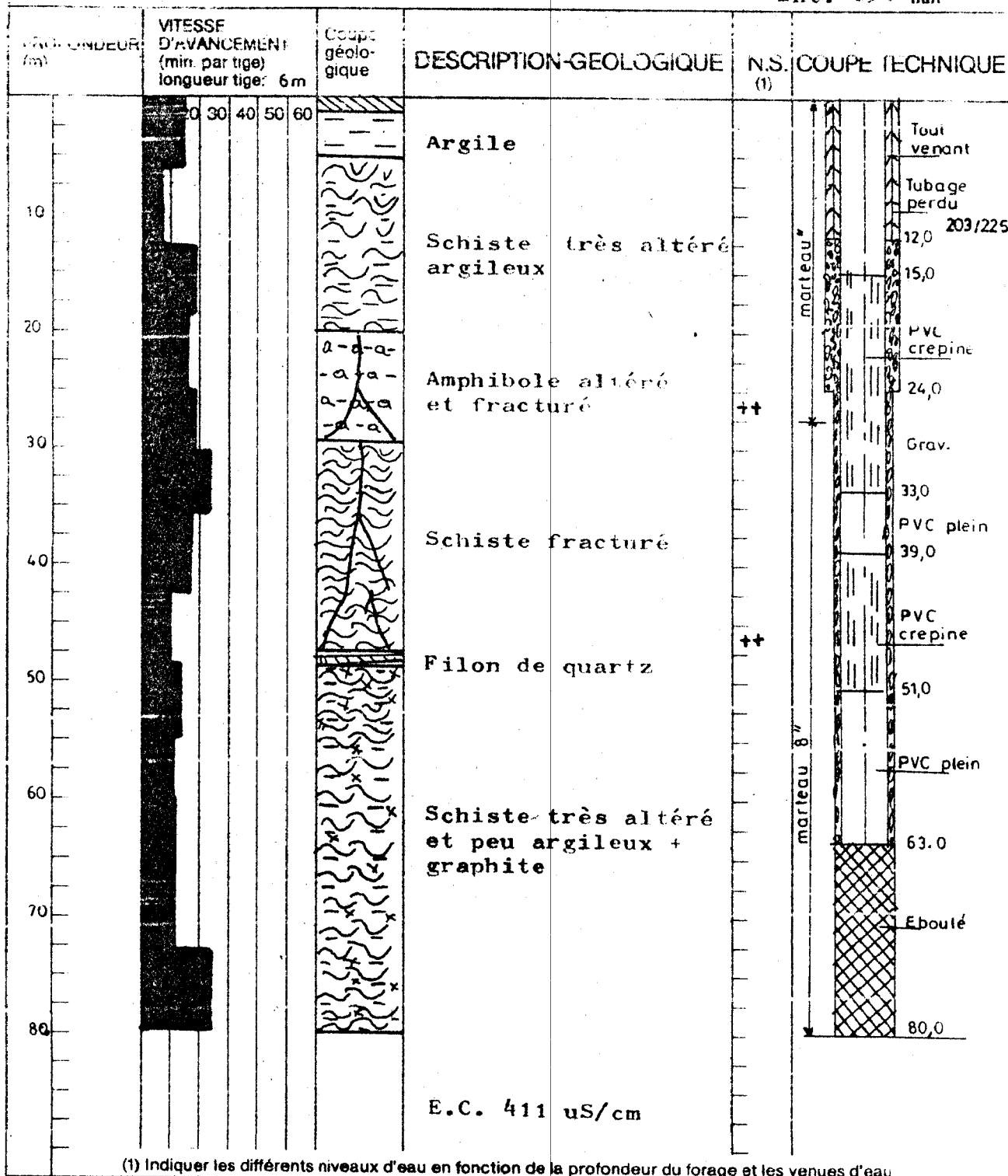
FKa 15
Kaya
"
"
"

Longitude: X = 1° 5'
Latitude: Y = 14° 45' 5"
Côte/sol: Z = 342.8
Carte 1/ 200 000 ND-30-XI
Mission:
Géophysique: P44M05

Financement: Pays-Bas
Propriétaire: ONE
Maître d'œuvre: IWACO
Entreprise: FORAFRIQUE
Type de machine: CYCLONE
Géomètre: ST Pierre

Débit 10m³/h Date: 17-20/12/84

Massif filtrant: nature: Grav. Alluv.
granulométrie: 2 mm
Equipement: PVC Ø Ext: 160 mm
Int: 101 mm



Village: Kaya N° IRH : Prov. : Sanmatenga Dép. : Kaya Échelle : 1:500		FICHE DE FORAGE		N° I.R.H.	
		N° provisoire: FKa 16 Sous-préfecture: Kaya Canton: " Village: " Lieu dit: " Photo aérienne n°		Longitude: X = 1° 51' Latitude : Y = 14° 45-51' 5" Côte/sol : Z = 343.5 m Carte 1/ 200.000 ND-30-XI Mission: Géophysique: P50M15	
Financement: Pays-Bas Propriétaire: OND Maitre-d'œuvre: IWACO Entreprise: FORAFRIQUE Type de machine: CYCLONE Sondeur: ST Pierre		Débit 16m³/h		Date: 20-21/12/85	
		Massif filtrant { nature: Grav. Alluv. granulométrie: - 6 mm		Equipement: PVC Ø Ext: 160 mm Int: 150 mm	

PROFONDEUR (m)	VITESSE D'AVANCEMENT (min. par tige) longueur tige:	Coupe géologique	DESCRIPTION-GEOLOGIQUE	N.S. (1)	COUPE TECHNIQUE
10	0 30 40 50 60	4 0	Lat. carapace		Tubage perdu 203/ 225
			Argile verte		Tout venant
			Schiste altéré + argile		PVC plein
			Schiste fracturé et oxydé		17 argile
			Filon de quartz		19.0
			Schiste fracturé et oxydé		19.30
					N.D. 21.75m
					24.35
					PVC crepine
					Grav.
20			Idem mais peu fissuré		
			Amphibole très fracturé et oxydé	+++	48.35
			Amphibole sain et sec		PVC plein
					Pompe 53
					54.35
30					PVC crepine
					60.35
					62.0
40					Sablier
50					
60					
70					

E.C. 319 uS/cm

(1) Indiquer les différents niveaux d'eau en fonction de la profondeur du forage et les venues d'eau.

Village: Kaya N° IRH : Prov. : Sanmatenga Dép. : Kaya Fig. : 3.4.		FICHE DE FORAGE		N° I.R.H.	
N° provisoire: FKa 17 Sous-préfecture: Kaya Canton: Village: Lieu dit: Photo aérienne n°:		Longitude: X = 1°5' Latitude: Y = 14°45' Côte/sol: Z = 144 Carte 1/200.000 NO 402 NI Mission Géophysique			
Financement: Pays-Bas Propriétaire: ONÉ Maître-d'œuvre: IWACO Entreprise: FORAFRIQUE Type de machine: CYCLONE Sondeur: ST Pierre		Débit 18m ³ /h Date: 21 et 26/12/84 Nature: Grav. Alluv. Massif filtrant: granulométric: 0 - 0 mm Equipement: PVC Ø Ext: 100 mm Int: 75 mm			

PROFONDEUR (m)	VITESSE D'AVANCEMENT (min. par tige) longueur tige: 6m	Coupe géologique	DESCRIPTION-GEOLOGIQUE	N.S. (1)	COUPE TECHNIQUE
0	20 30 40 50 60				Tubage perdu
10			Schiste très altéré et fracturé	+	PVC plein 203/225
20			Andésite très fracturée et oxydée	++	15.0 17.0 19.30
30			Amphibole fracturé		24.0 ND=24
40			Amphibole sain et dur	+++	PVC crepine
50			Filon de quartz		Grav
60			Amphibole fissuré et oxydé		Pompe 46 PVC plein 48.0
			Amphibole très fracturé et oxydé		PVC crepine 54.0
			Amphibole sain		PVC plein 60.0
70			E.C. 320 uS/cm		

(1) Indiquer les différents niveaux d'eau en fonction de la profondeur du forage et les venues d'eau

IWACO B.V.

FICHE DE FORAGE

N° I.R.H.

Village : Pabré

N° IRH : -

Prov. : Oubritenga

Dép. : Ouagadougou

N° provisoire: P1

Sous-préfecture: -

Canton: -

Village: -

Lieu dit: -

Photo aérienne n°: -

Nov. Pabré

Longitude: X =

Latitude: Y =

Côte/sol: Z =

Carte 1/ 200.000

Mission:

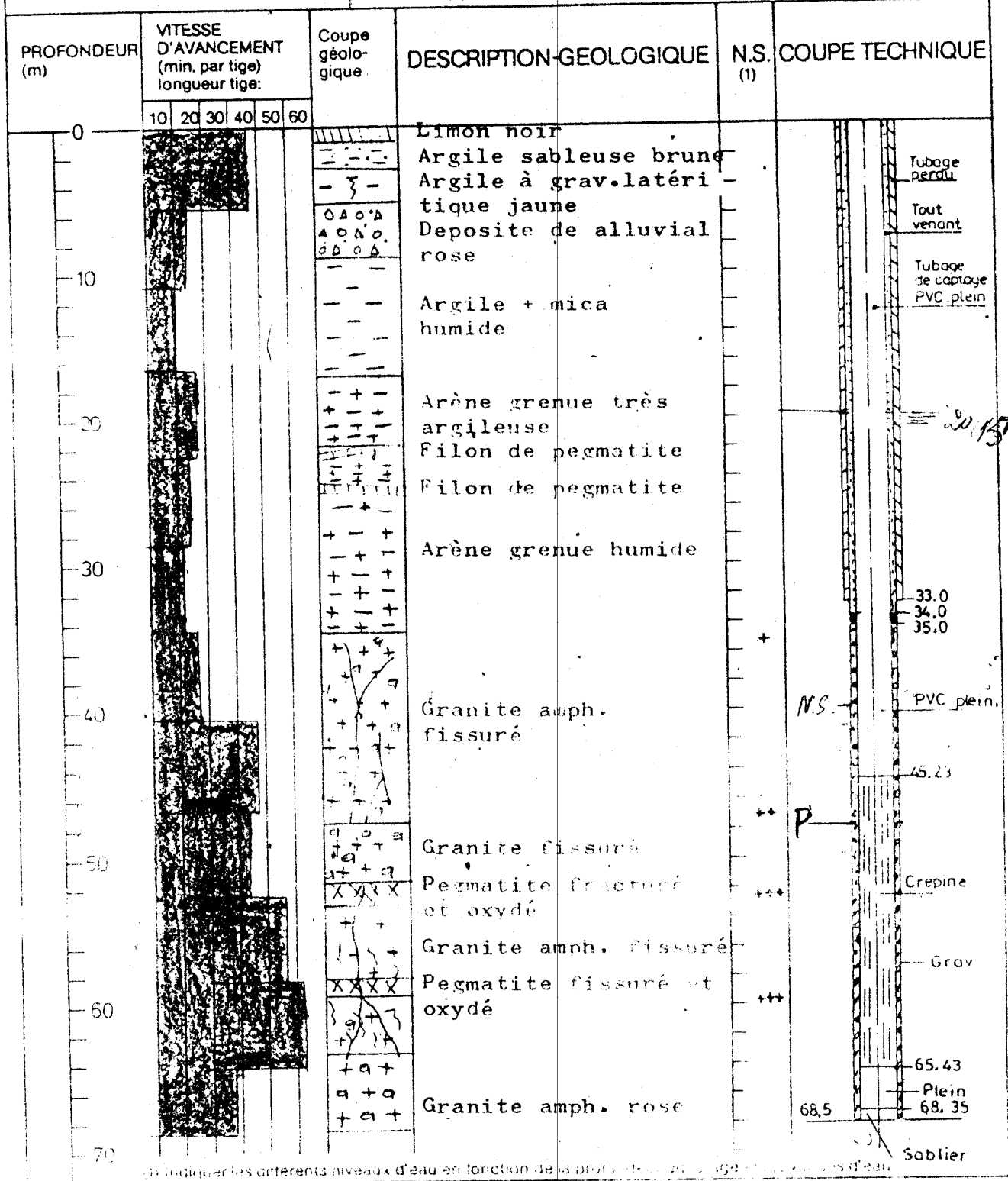
Géophysique: P1M22

Financement: NOVICIAT
 Propriétaire: NOVICIAT
 Maître-d'œuvre: IWACO
 Entreprise: AVV
 Type de machine: STENUICK
 Sondeur: Paul

Débit 3m³/h Date: 18-21/04/85

Massif filtrant { nature: Granite concassé
 granulométrie: 3 - 8 mm

Equipement: PVC Ø Ext: 125 mm
 Int: 113 mm

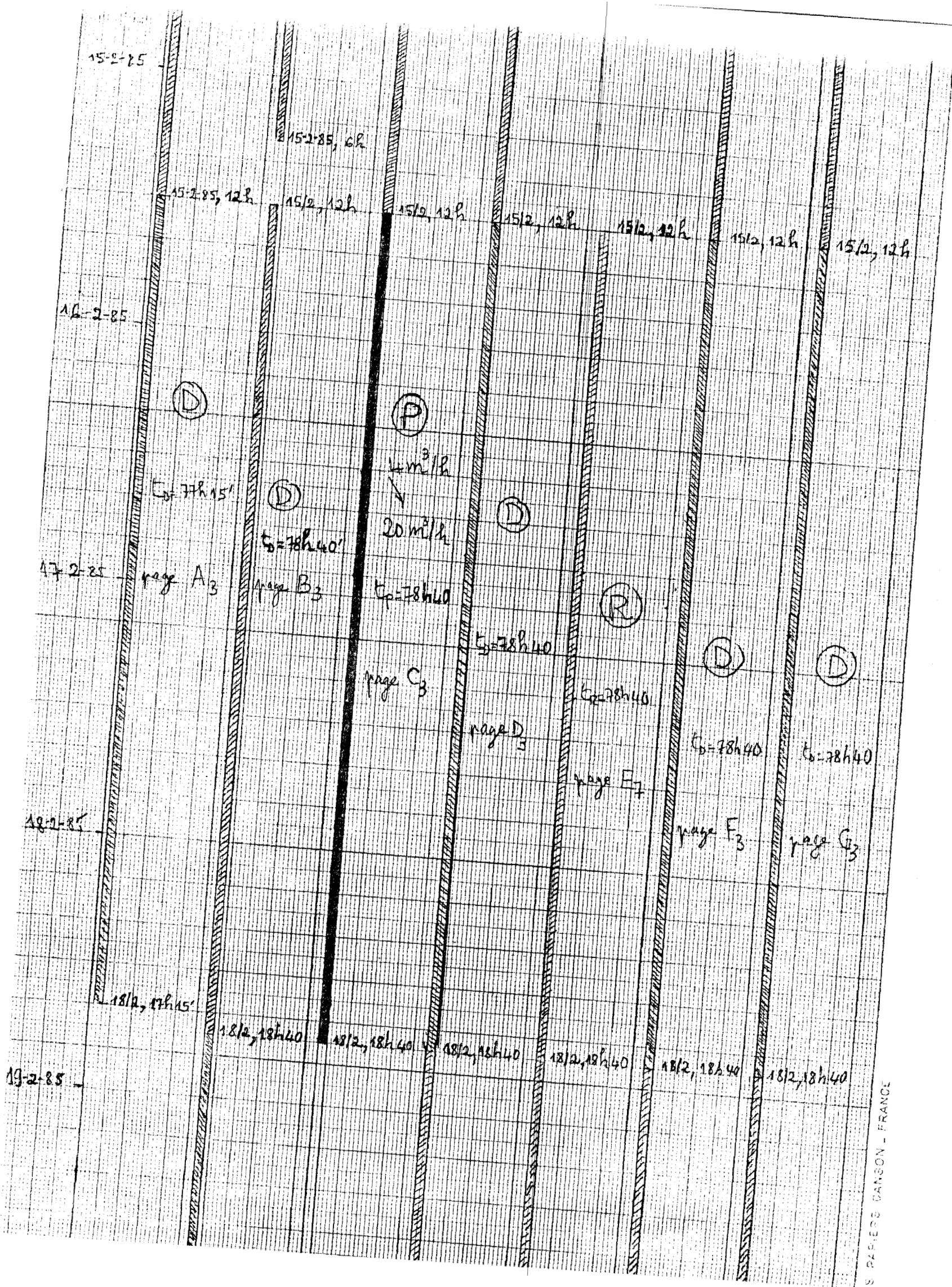


IWACO B.V.

ANNEXE 4

CHRONOLOGIE DES ESSAIS DE POMPAGE

DATE	FKA 12	FKA 13	FKA 14	FKA 15	FKA 16	FKA 17	FKA 18
19-9-84	19-9-84, 8h (P) $2.7 m^3/h$ $2 m^3/h$ $t_p = 12h$ page A5 19-9-84, 20h (R) $t_R = 12h$ page 19	19-9-84, 8h (D) $t_D = 12h$ page B15 19-9-84, 20h					
20-9-84	20-9-84, 8h (D) $t_D = 12h$ page A7 20-9-84, 20h	20-9-84, 8h (P) $3 \times 1.9 m^3/h$ $t_p = 12h$ page B11 20-9-84, 20h (R) $t_R = 12h$ page B13					
21-9-84		21-9-84, 2h					
12-2-85	12-2-85, 8h 40' (D) $t_D = 75h20'$ page A1	12-2-85, 8h 40' (D) $t_D = 69h20'$ page B1	12/2, 8h 40'	12/2, 8h 40'	12/2, 8h 40' (P) $3 m^3/h$ $16.2 m^3/h$ $t_p = 24h$ page E1	12/2, 8h 40'	12/2, 8h 40'
13-2-85			(D) $t_D = 75h20'$ page C1	(D) $t_D = 75h20'$ page D1		(D) $t_D = 75h20'$ page F1	
14-2-85					(R) $t_R = 24h$ page E6		(D) $t_D = 75h20'$ page G1



20-2-85

Ca-72h
Page C10

(D)

(D)

25

(D)

Ca-96h35

Ca-73h55

Ca-99h55

(D)

Page F5

Page

21-2-85

page D5

Ca-110h35

20

Page E5

(R)

21/2, 18h40

21/2, 20h35

21/2, 20h35
21/2, 20h35
Ca-95h10
Page G7
22/2, 5h45

22-2-85

Ca-20h30

(R)

Ca-38h35

22/2, 9h45

page B5

15

Page C5

(D)

Ca-130h35

23-2-85

10

Page F5

(R)

23/2, 9h45

23/2, 9h45
23/2, 9h45
Ca-8h50
Page D7
23/2, 18h05

23/2, 9h45

Ca-40h45

5

24-2-85

(R)

Ca-21h

Page D10

Page G10

25-2-85

①
 $t_p = 93h55$

Page C₁₄

②

$t_p = 120h45$

Page E₁₁

26-2-85

③
 $t_p = 87h55$

Page D₁₂

27-2-85

27/2, 7h10

27/2, 7h10

27/2, 7h10

27/2, 7h10

④

⑤

$t_p = 26h50$

Page C₁₆

⑥

$3m^3/h$

$15m^3/h$

$t_p = 72h$

28-2-85

Page B₇

Page F₉

28/2, 11h

28/2, 10h

28/2, 10h

28/2, 10h

28/2, 15h

28/2, 15h

28/2, 15h

28/2, 15h

1-3-85

2-3-85

25

(D)

2/3, 7h 10'

$t_p = 136h50$

(R)

$t_p = 135h30$

Page D₁₄

Page G₁₃

(R)

$t_p = 72h$

3-3-85

20

(D)

$t_p = 159h$

Page B₉

(R)

$t_p = 159h$

Page C₈

(D)

page F₁₅

$t_p = 159h$

Page F₁₃

4-3-85

15

5/3, 24h

5-3-85

10

5/3, 7h 20'

5/3, 8h 30'

(P)

5 m³/h

$t_p = 10h 11'$

page G₁₅

5/3, 18h 44'

(R)

$t_p = 35h 16'$

Page G₁₇

6-3-85

5

6/3, 6h 30'

6/3, 8h 30'

7/3/85

Co = 12h

Page D₁₆

0/3, 20h 30

Ⓡ

Co = 12h

Page D₂₀

17/3, 8h 30

0/3, 6h 00

7/3, 6h 10

17/3, 6h 30

7/3, 6h 10

LEGENDE

Ⓢ

POMPAGE

Ⓡ

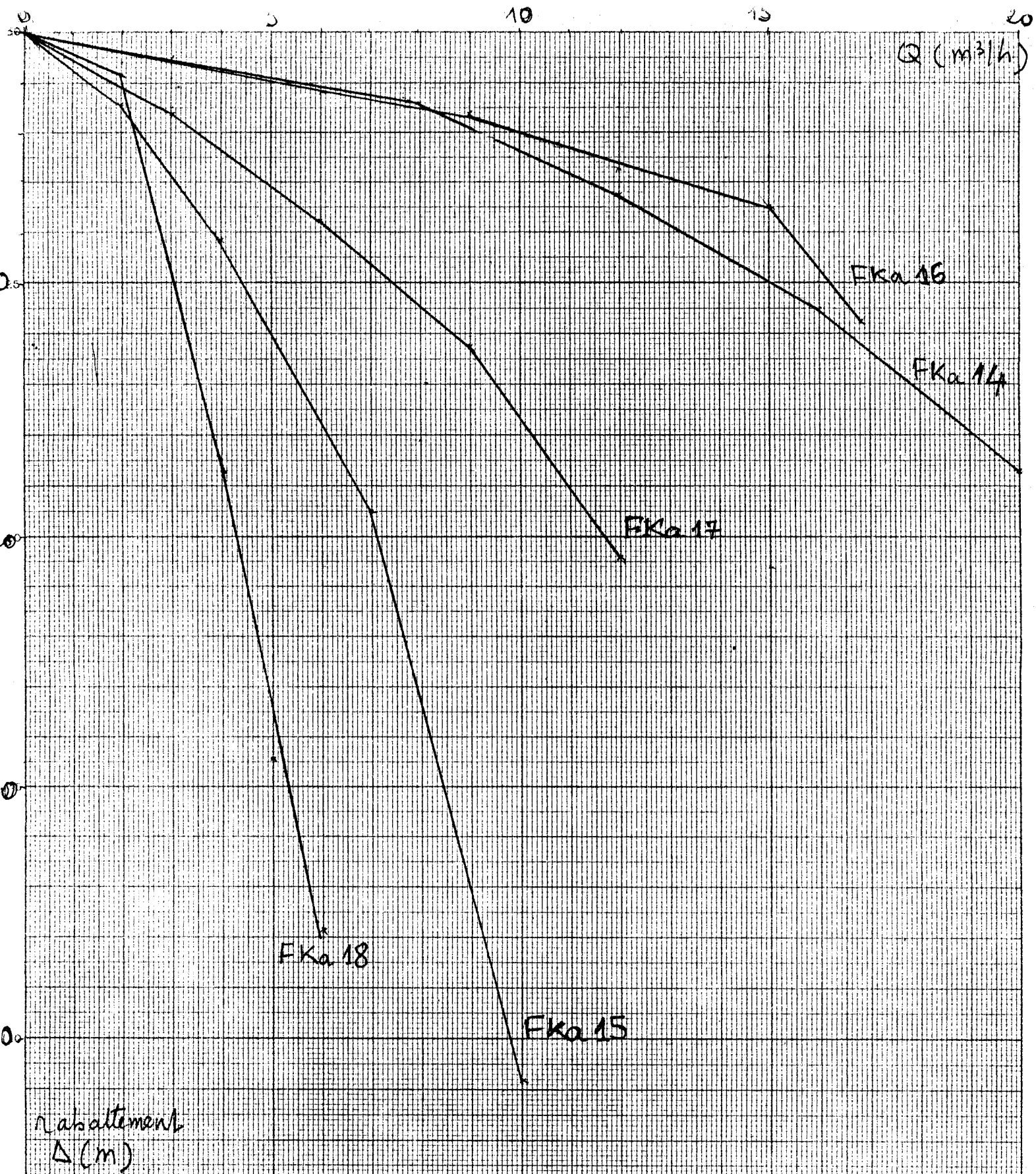
REMONTÉE APRES POMPAGE

Ⓢ - Ⓡ

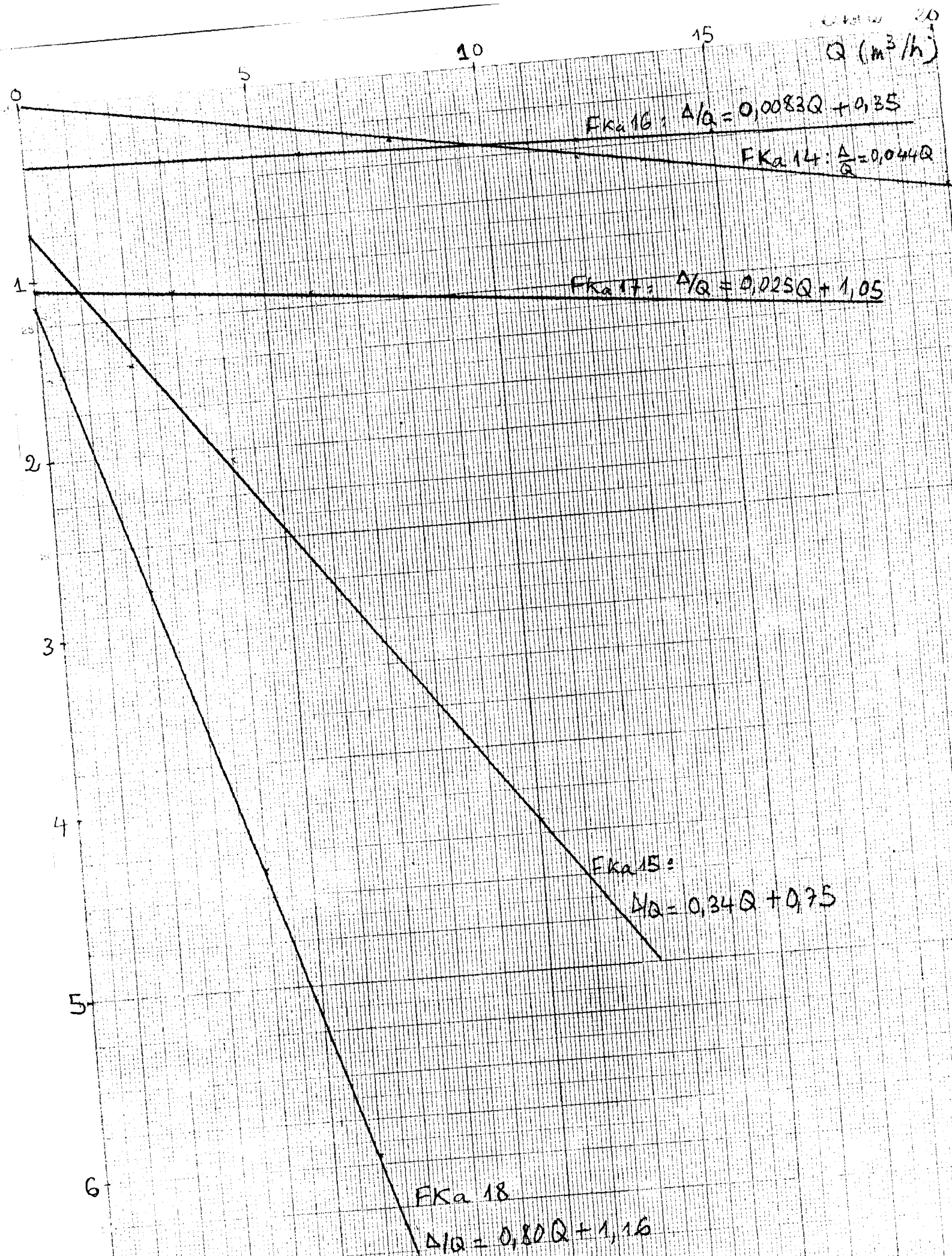
OBSERVATIONS

ANNEXE 5

TRACE DES COURBES



ANNEXE 5-a : COURBES $Q \leftrightarrow \Delta$ DES FORAGES
 (m^3/h) (m)



A/Q (m³/h)
Rabattements

ANNEXE 5-6: COURBES $A/Q \leftrightarrow Q$

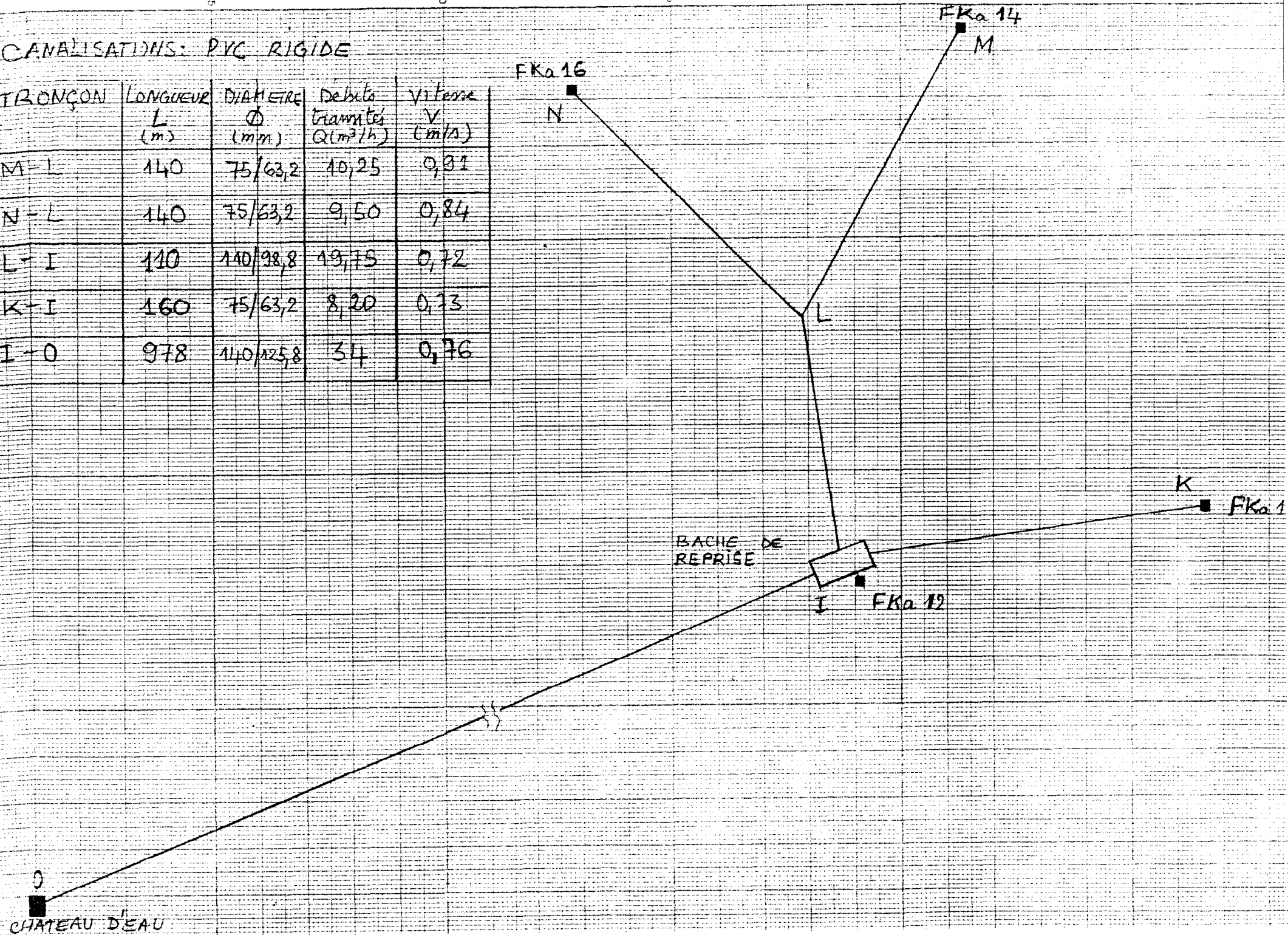
ANNEXE 6

TRACE DES RESEAUX

ANNEXE 6-a TRACE DE RESEAU TYPE I ECHELLE 1/2000

CANALISATIONS: PVC RIGIDE

TRONÇON	LONGUEUR L (m)	DIAMETRE Ø (mm)	Débits transmis Q (m³/h)	Vitesse V (m/s)
M-L	140	75/63,2	10,25	0,91
N-L	140	75/63,2	9,50	0,84
L-I	110	140/98,8	19,75	0,72
K-I	160	75/63,2	8,20	0,73
I-O	978	140/125,8	34	0,76



CANALISATIONS: PVC RIGIDE

INCON	LONGUEUR L(m)	diamètre D (mm)	débits transites Q (m³/h)	vitesse V (m/s)
- L	140			
- L	140			
- I	110			
- I	160			
- D	978			

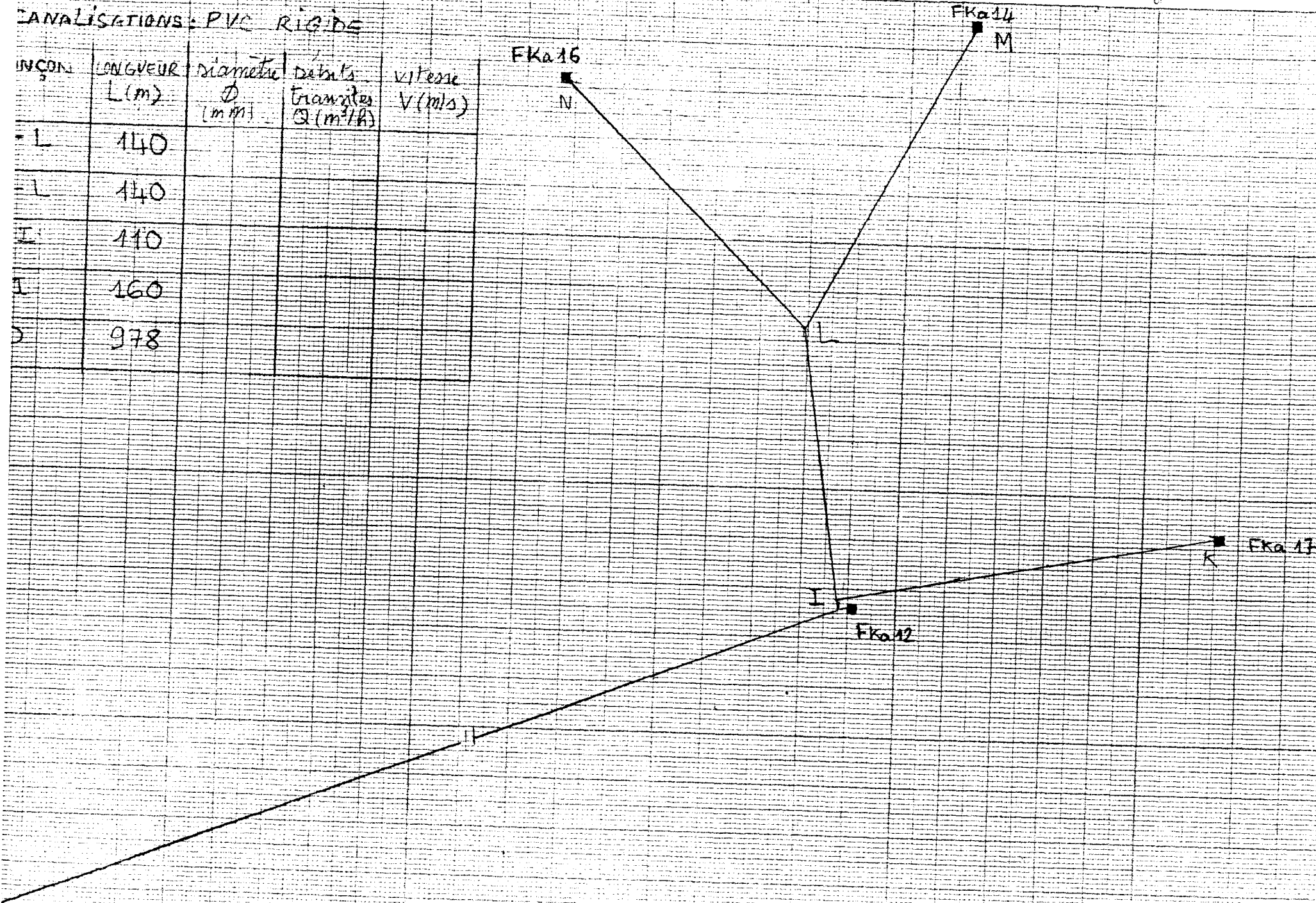


TABLEAU DE DONNEES

1. POINT DE FONCTIONNEMENT (Q, H, P) DE LA POMPE
PFA 14 DEBITANT SEULE SUR LE RESEAU.

$J = \text{Pertes de charge totales} = \text{Perte de charge M-L} + \text{Perte de charge L-I}$

Q (m³/h)	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$J(M-L) + J(L-I) = J$ (m)	0,99	1,40	1,86	2,36	2,95	3,60	4,31	5,05	5,89
$J + \Delta$ (m)	2,79	3,60	4,36	5,26	6,55	7,80	9,21	10,55	12,79

$J = \text{Pertes de charge}$

$J + \Delta = \text{perte de charge} + \text{variation du niveau dynamique}$

$H_{\text{geo}} = \text{Niveau statique} + \text{Dénivelée} + \text{Pression de sécurité}$

$$= 10,51 + 4 + 2$$

$$= 16,51 \text{ m}$$

Les mesures de niveau sont prises pendant la rotation de la pompe. Le nivellement est effectué à l'aide d'une lunette de niveau.

Point de fonctionnement

$$Q = 10,10 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{HMT} = 24,50 \text{ m}$$

$$\eta = \frac{\text{Puis utile}}{\text{Puis consommé}} = \frac{2QH}{P_m} = \frac{9,81 \times 10,40}{3600 \times 1,5} = 45\%$$

2. POINT DE FONCTIONNEMENT (Q, H, P) DE LA POMPE
PFA 16 DEBITANT SEULE SUR LE RESEAU

Q (m³/h)	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$J(M-L) + J(L-I) = J$ (m)	1,02	1,44	1,91	2,43	3,04	3,71	4,44	5,21	6,06
$J + \Delta$ (m)	2,82	3,64	4,41	5,28	6,24	7,51	8,94	10,31	11,86

$$H_{\text{geo}} = 14,63 + 3,50 + 2 = 20,13 \text{ m}$$

POINT DE FONCTIONNEMENT $Q = 3,50 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\text{HMT} = 27 \text{ m}$$

$$\eta = 47\%$$

3 POINT DE FONCTIONNEMENT DE PFKa17 DEBITANT SEULE SUR LE RESEAU

$Q(m^3/h)$	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$J[K-I] (m)$	1,03	1,44	1,93	2,45	3,05	3,73	4,46	5,24	6,10
$J[K-I] + \Delta_{(m)}$	7,23	9,04	11,23	13,35	15,60	19,13	22,56	26,14	/

Pompe LBS 400 L/8

$$H_{geo} = 11,56 + 4 + 2 = 17,56 m$$

Point de fonctionnement : $Q = 8,20 m^3/h$; $HMT = 31m$; $\rho = 46\%$

4 POINT DE FONCTIONNEMENT DES POMPES PFKa 14 et PFKa 16 COUPLEES EN PARALLELE.

Pompe LBS 400 L/8

Caractéristique Pompe PFKa 14 en L = Caractéristique en M

- Caractéristique Conduite $\{J[M-L] + \Delta_{14}\}$
avec variation N.D

Caractéristique Pompe PFKa 16 en L = Caractéristique en N

- $\{J[N-L] + \Delta_{16}\}$ - Différence de hauteur géo

Différence de hauteur géométrique = $20,13 - 16,51 = 3,62 m$

$Q(m^3/h)$	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$J[M-L] + \Delta_{14}$	2,73	3,51	4,25	5,12	6,37	7,58	8,95	10,25	12,44
$J[N-L] + \Delta_{16}$	2,76	3,55	4,30	5,14	6,06	7,29	8,68	10,01	11,51
$J[N-L] + \Delta_{16} + 3,62 m$	6,38	7,17	7,92	8,76	9,68	10,91	12,30	13,63	15,13

4. DIMENSIONNEMENT DE LA BACHE DE REPRIQUE

$$\text{Volume} = \frac{\text{debit}}{\text{temps}} = \frac{35 \text{ m}^3/\text{h}}{1 \text{ h}} = 35 \text{ m}^3$$

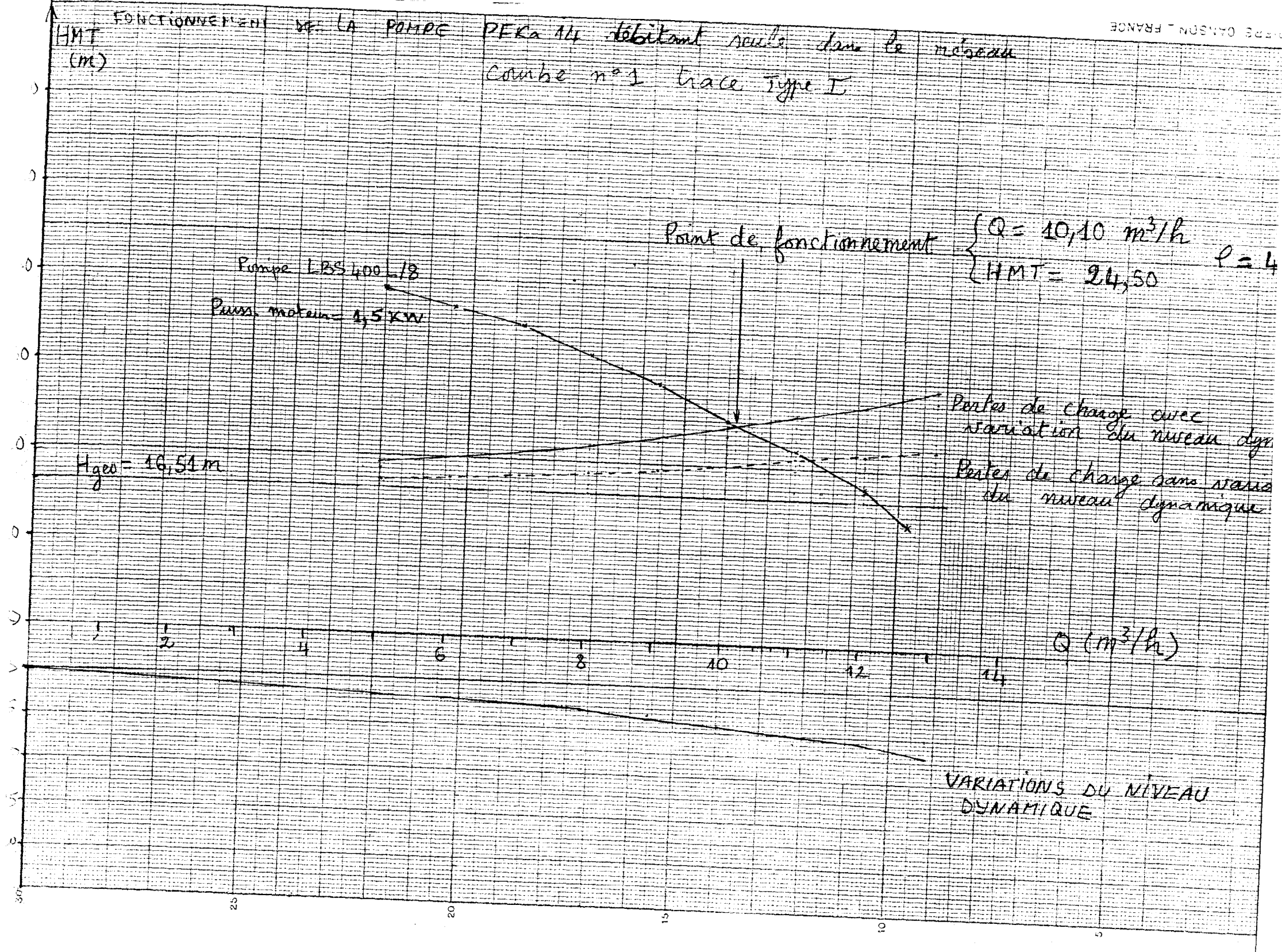
Pour une profondeur de 1,20 m

$$\text{Surface} = \frac{35}{1,20} = 29,17 \text{ m}^2$$

on prend longueur = 6 m et largeur = 5 m

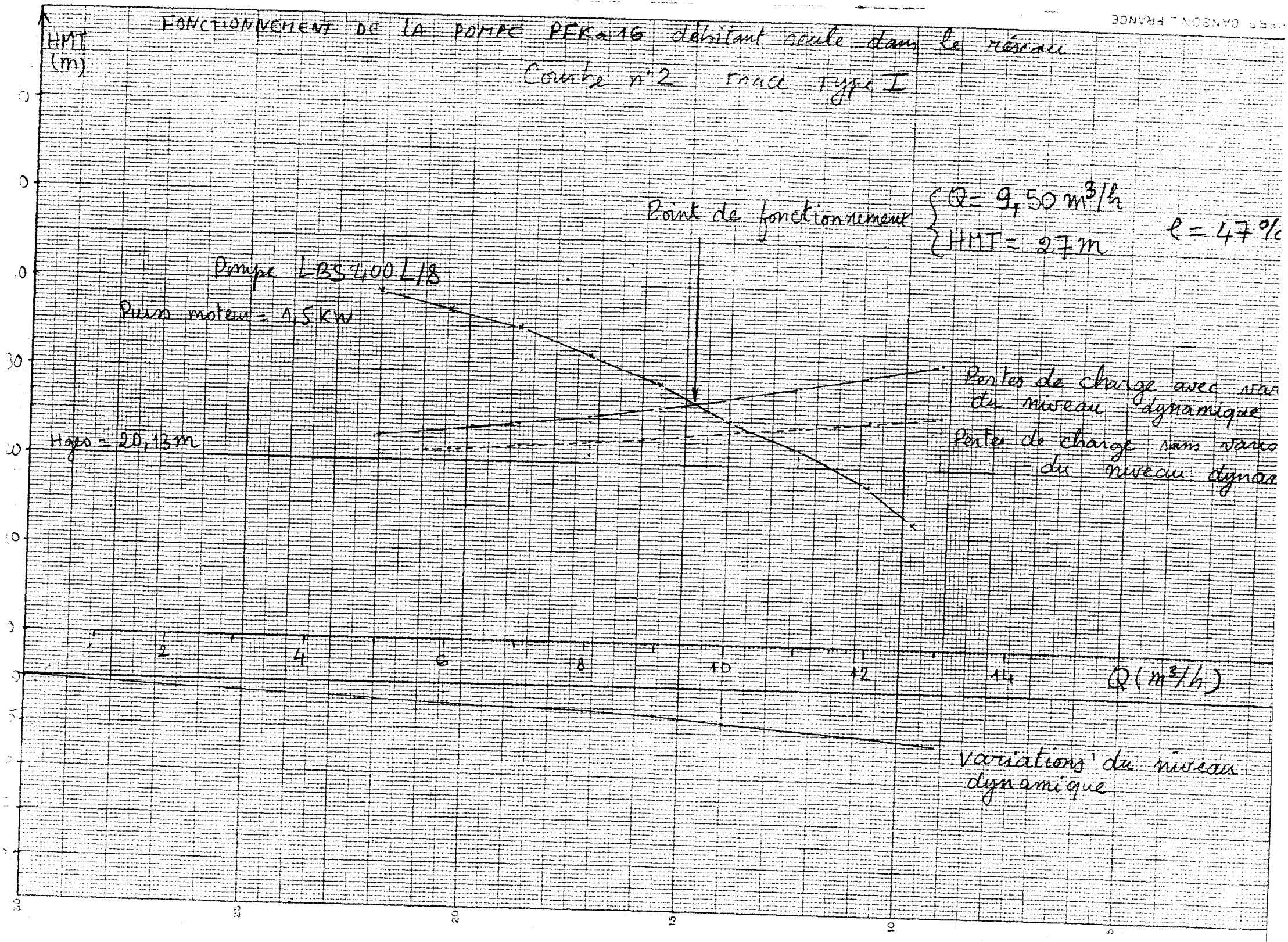
ANNEXE 8
COURBES CARACTERISTIQUES - KAYA

FONCTIONNEMENT DE LA POMPE PERA 14 débitant seule dans le réseau
Courbe n°1 trace Type I



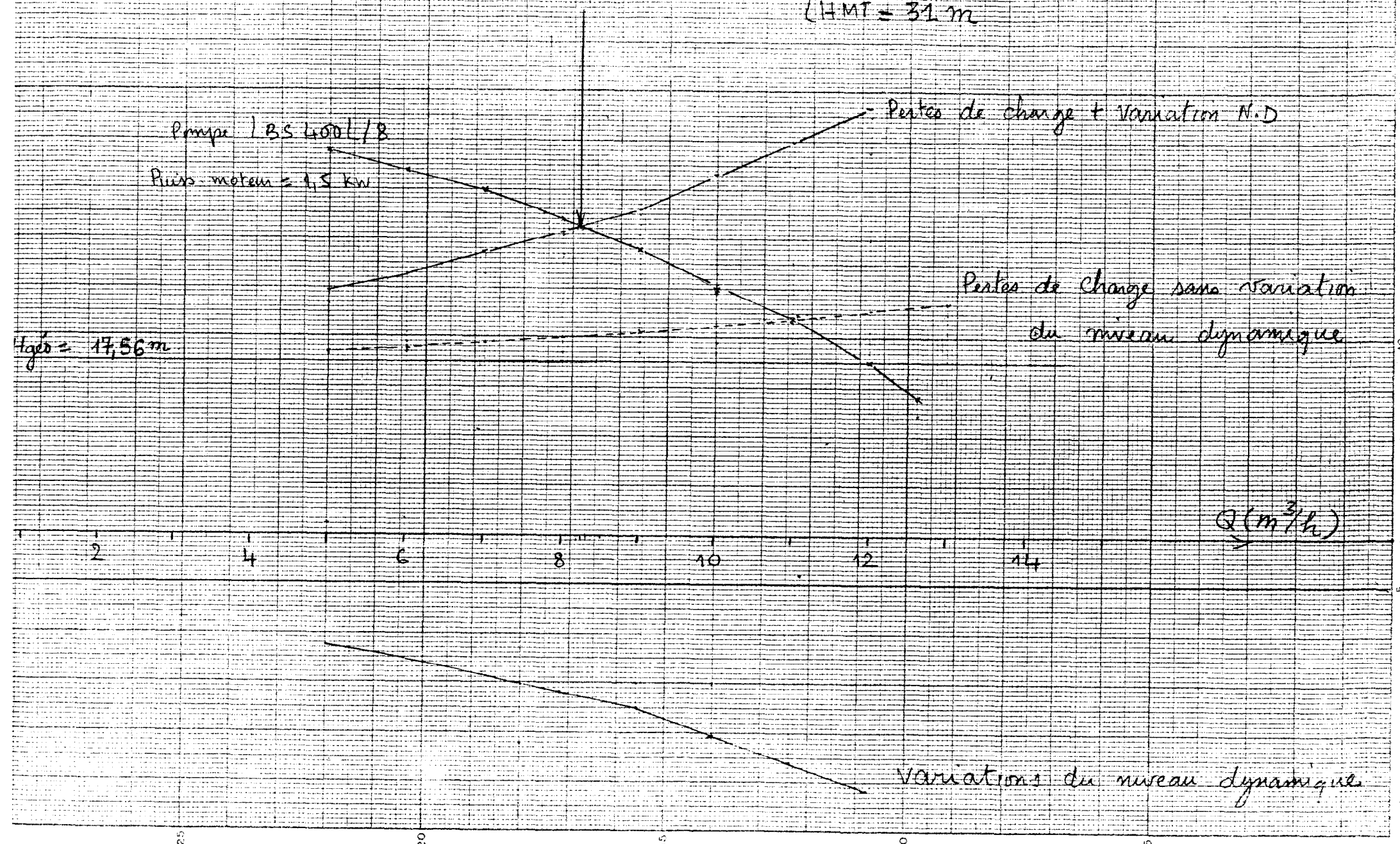
FONCTIONNEMENT DE LA POMPE PEKA 16 débitant seule dans le réseau

Courbe n°2 race type I



FONCTIONNEMENT DE LA POMPE PF Ka 17 débitant seule dans le réseau
courbe n°3 Trace Type I

Point de fonctionnement $\begin{cases} Q = 8,20 \text{ m}^3/\text{h} \\ \text{HMT} = 31 \text{ m} \end{cases} \quad \eta = 46\%$



POINT DE FONCTIONNEMENT DE LA POMPE PFKa12 DÉBITANT
SEULE DANS LA BACHE
Courbe n°4, trace type I

Point de fonctionnement
 $Q = 7 \text{ m}^3/\text{h}$
 $H_{HT} = 3.5 \text{ m}$
 $P = 4.5\%$

Pentes de charge
qui créent la vanne

$H_{ges} = 17.54 \text{ m}$

Pentes de charge négligées

1M)
m) FONCTIONNEMENT DES POMPES

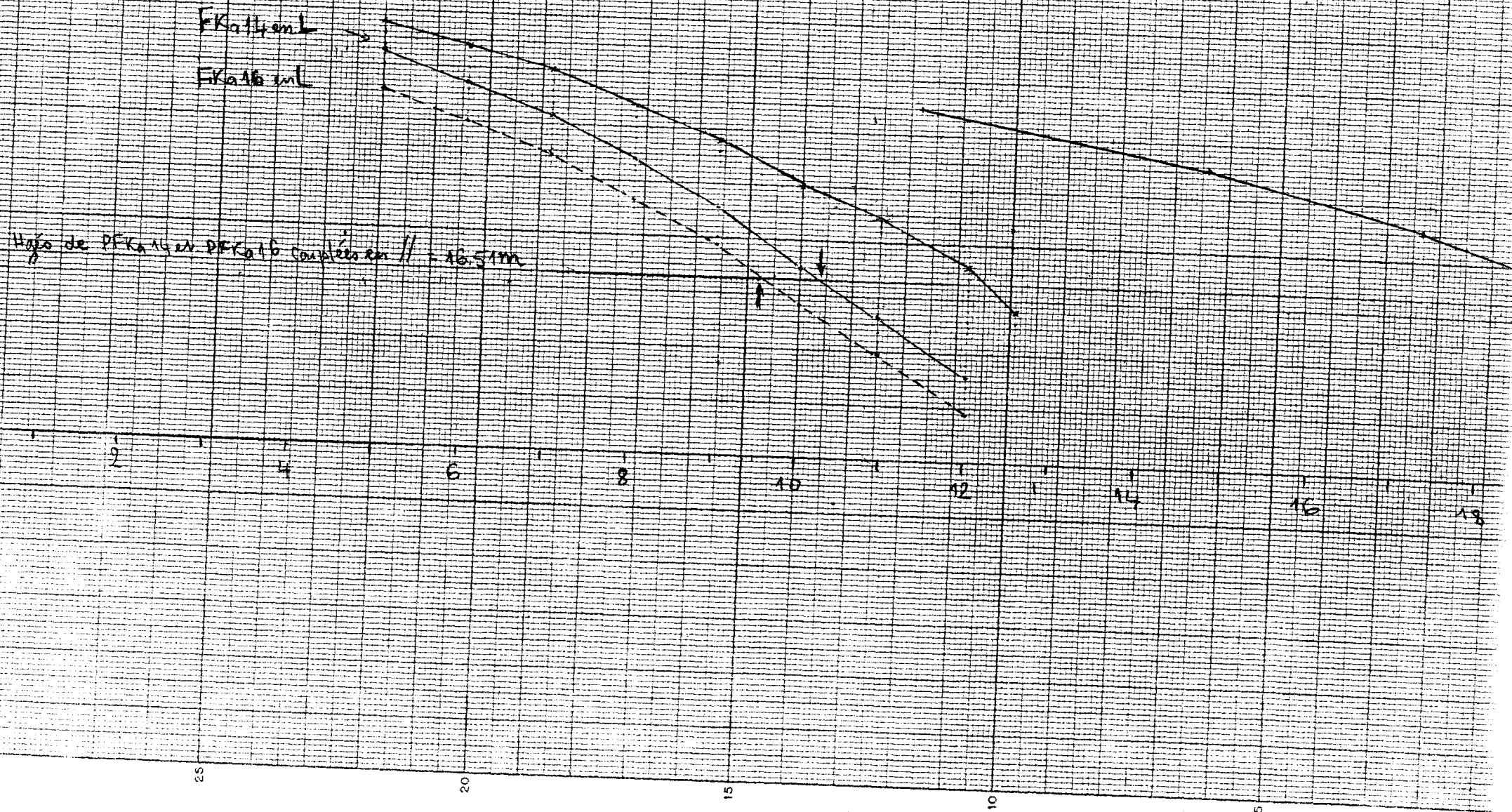
PFKa14 & PFKa16

Couplées en parallèle

Courbe n°5 trace type I

Point de fonctionnement des pompes seules
dans le montage en parallèle

{ PFKa14 : $Q = 10,95 \text{ m}^3/\text{h}$ $H = 24,50 \text{ m}$ $\eta = 45\%$
PFKa16 : $Q = 9,50 \text{ m}^3/\text{h}$ $H = 27 \text{ m}$ $\eta = 47\%$

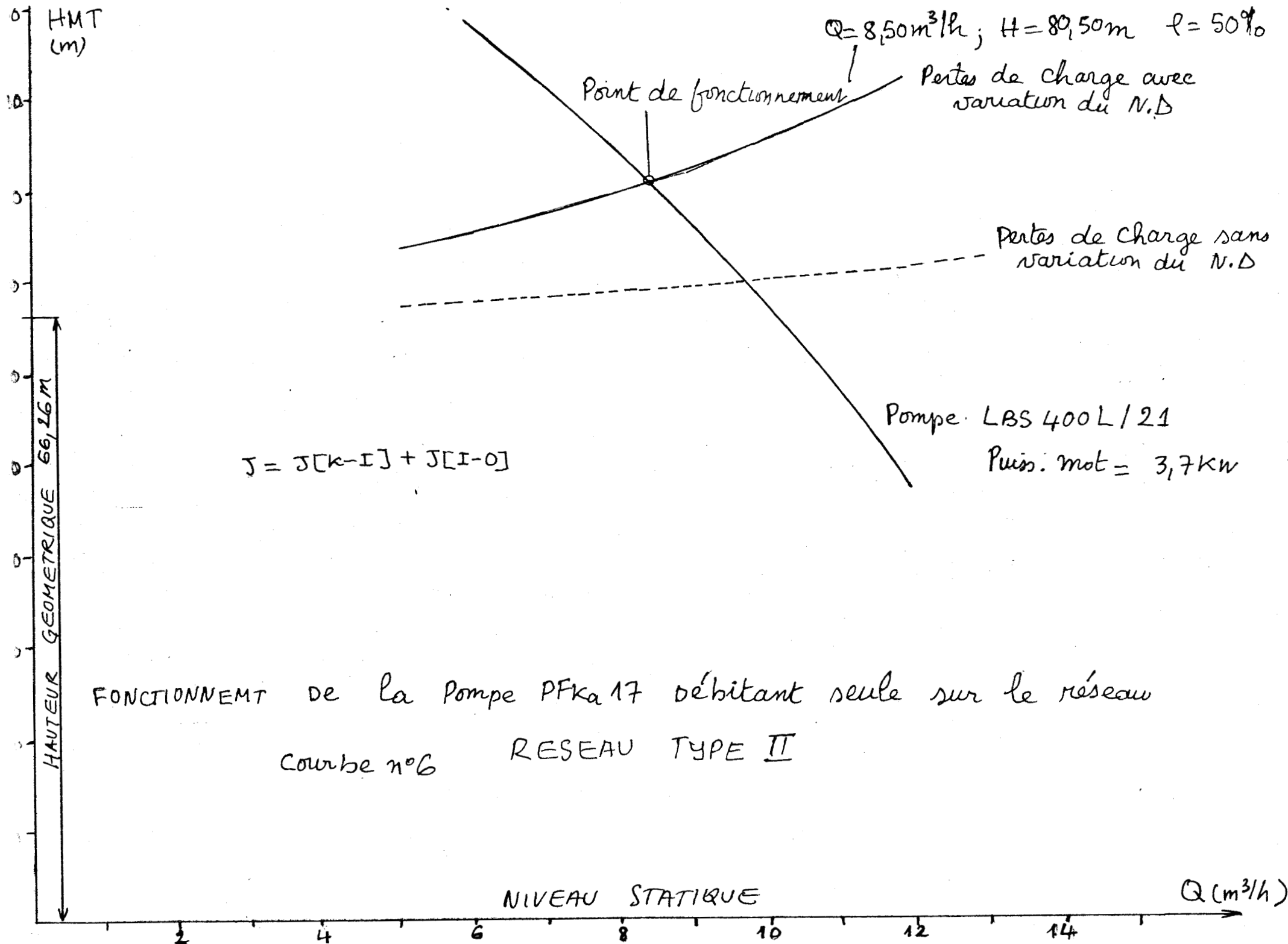


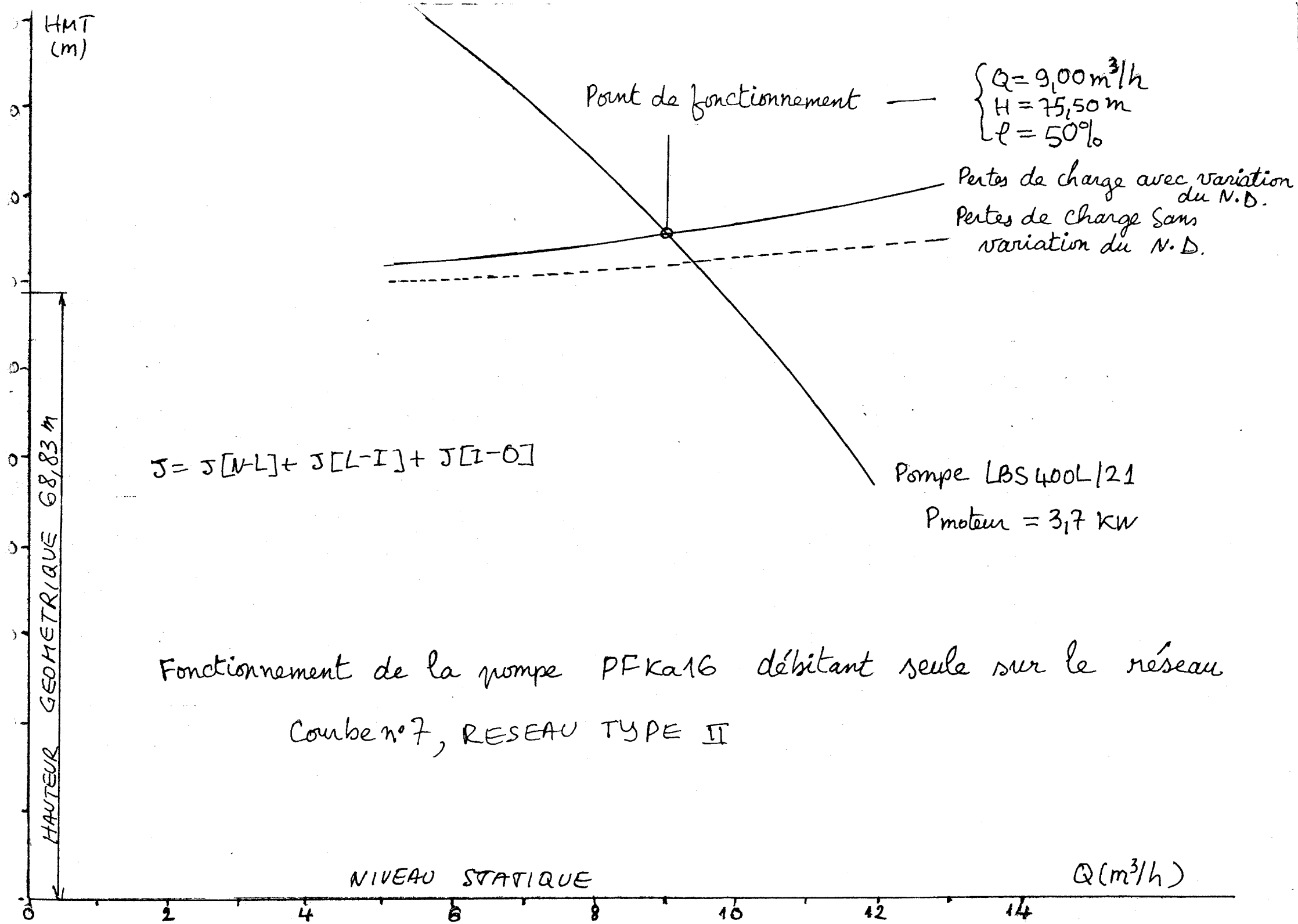
Point de fonctionnement des
Pompes PFKa 14 et PFKa 16
couplées en parallèle

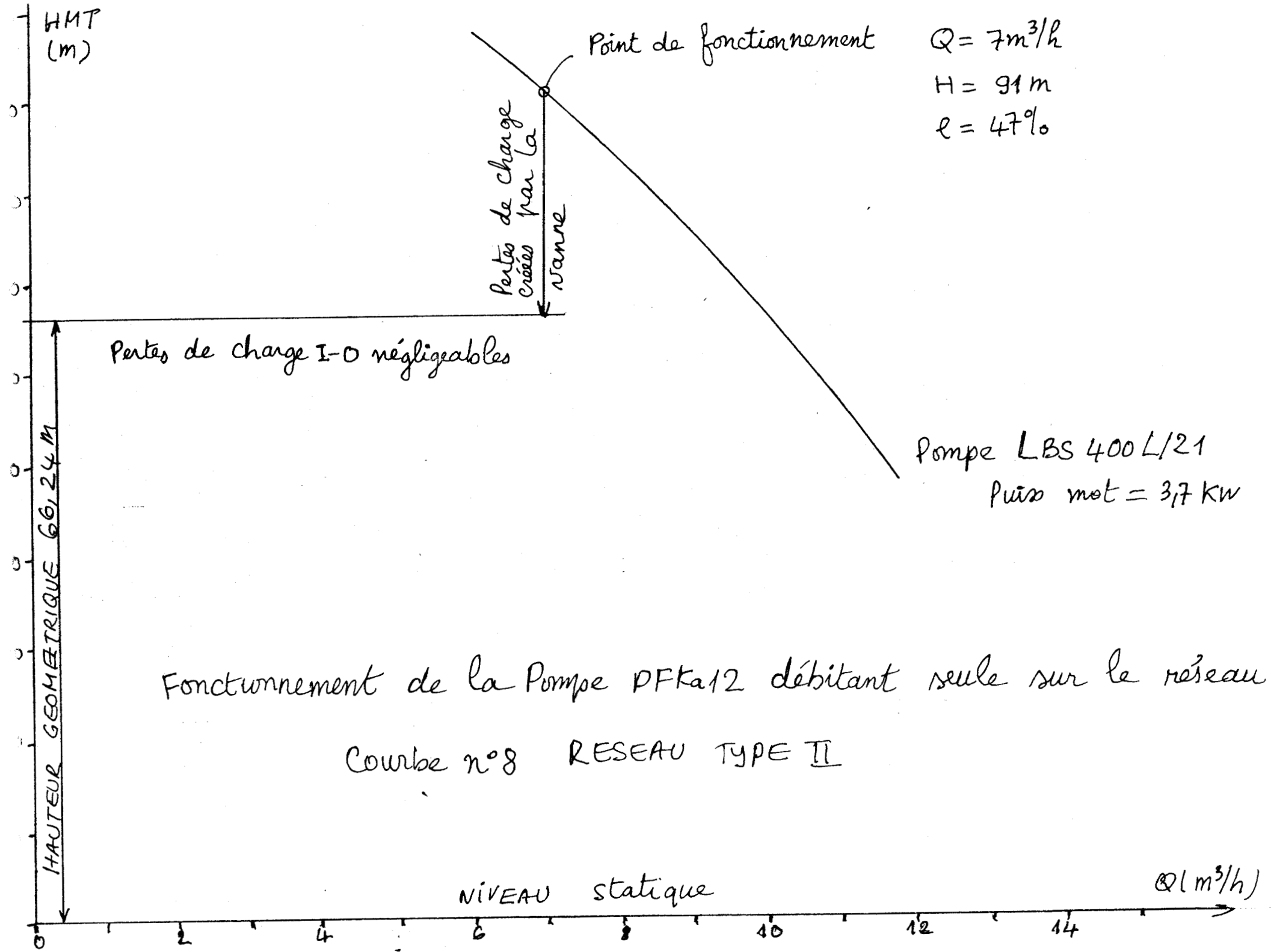
$$\begin{cases} Q = 19,75 \text{ m}^3/\text{h} \\ H = 16,51 \text{ m} \\ \eta = 59\% \end{cases}$$

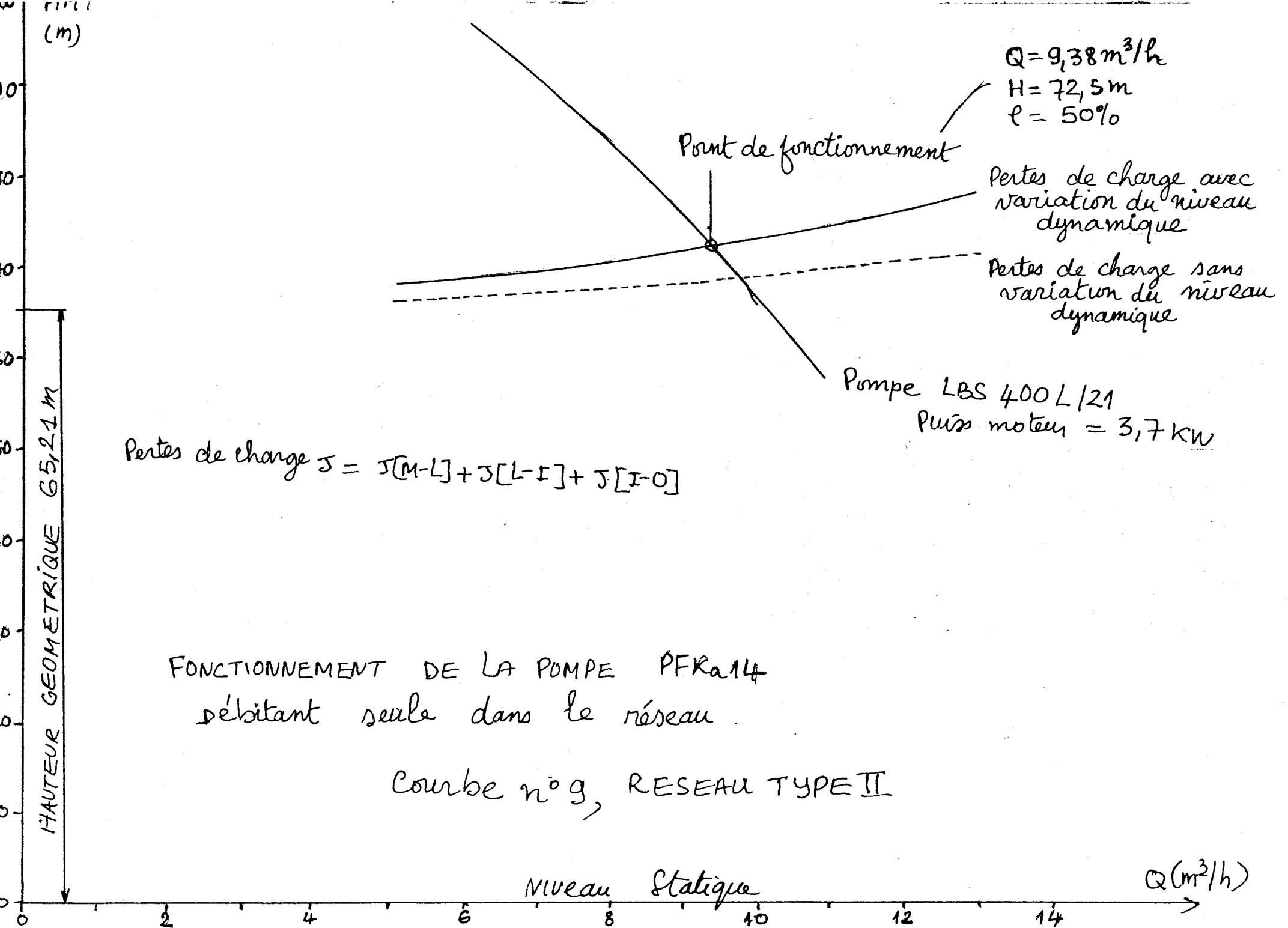
Pertes de charge dans la canalisation
 $L-I$ négligeables

20 22 24 26 28 30 32 $Q (\text{m}^3/\text{h})$









ANNEXE 9
RESULTATS DES ESSAIS DE
POMPAGE - PABRE .

600 2100 1740 1740 1740

0.175: 0.175 24 24 24

0.175: 0.175 24 24 24

N.S. = 20 20

Temp (mm)	0.175 24 24	0.175 24 24
0	20.90	0
1	21.05	2.15
2	21.20	2.25
3	21.35	2.35
4	21.50	2.40
5	21.65	2.45
6	21.80	2.50
7	21.95	2.55
8	22.10	2.60
9	22.25	2.65
10	22.40	2.70
11	22.55	2.75
12	22.70	2.80
13	22.85	2.85
14	23.00	2.90
15	23.15	2.95
16	23.30	3.00
17	23.45	3.05
18	23.60	3.10
19	23.75	3.15
20	23.90	3.20
21	24.05	3.25
22	24.20	3.30
23	24.35	3.35
24	24.50	3.40
25	24.65	3.45
26	24.80	3.50
27	24.95	3.55
28	25.10	3.60
29	25.25	3.65
30	25.40	3.70
31	25.55	3.75
32	25.70	3.80
33	25.85	3.85
34	26.00	3.90
35	26.15	3.95
36	26.30	4.00
37	26.45	4.05
38	26.60	4.10
39	26.75	4.15
40	26.90	4.20
41	27.05	4.25
42	27.20	4.30
43	27.35	4.35
44	27.50	4.40
45	27.65	4.45
46	27.80	4.50
47	27.95	4.55
48	28.10	4.60
49	28.25	4.65
50	28.40	4.70
51	28.55	4.75
52	28.70	4.80
53	28.85	4.85
54	29.00	4.90
55	29.15	4.95
56	29.30	5.00
57	29.45	5.05
58	29.60	5.10
59	29.75	5.15
60	29.90	5.20

Temp (mm)	NIM	L'ac
60	34.40	14.10
70	34.45	14.15
80	34.52	14.22
90	34.58	14.28
105	34.72	14.42
120	34.80	14.50
130	34.83	14.53
140	34.85	14.55
160	35.10	14.80
240	35.20	14.90
300	35.40	15.10
360	35.50	15.20
420	35.60	15.30
480	35.70	15.40
540	35.80	15.50
600	35.92	15.62
660	36.05	15.75

Incident Fermeture de la
d'anne par un enfant qui
pensait arrêter un gorgillage
d'eau - les menues ont perturbés
le repérage d'un autre de l'air
de p'air à 1,70 m³/h.

DATE : 27 avril 1975
 LIEU : L'Étang de la Chapelle
 ALTITUDE : 1570 m³/h.

Date Samedi 27 avril 1975

Heure de début 18h00 Fin 19h00

NE = 2150 m

Temps de pompage

ps (mn)	N (m)	Δ (m)	
0	21,50	0	le temps pour atteindre la corde, Un fort décrite, brisa la corde ampoule dans sa diapositive (2sh) Puis une pluie violente s'abattit sur la région (2sh).
1	26,70	5,20	
2	28,35	6,85	
3	28,80	7,40	
4	29,52	8,02	
5	30,10	8,60	les résultats de ce pompage se sont bien améliorés que d'habitude, la consommation de la nappe car le temps de pompage plus.
6	30,64	9,14	
7	31,10	9,60	
8	31,45	9,95	
9	31,95	10,45	
10	32,10	10,60	Néanmoins on peut à un moment que l'eau de la corde caractéristique du barrage.
12	32,30	10,80	
14	32,52	11,02	
16	32,95	11,45	
18	32,85	11,40	
20	33,02	11,52	
22	33,40	11,90	
24	33,55	12,05	
26	33,65	12,10	
28	33,65	12,15	
30	33,65	12,15	
35	33,72	12,22	
40	33,72	12,22	
45	33,80	12,30	
50	33,95	12,45	
55	34,30	12,80	
60	34,45	12,95	
70	"		
80	"		

La sonde ne laisse plus
 de l'eau dans la nappe.

MATE: dimanche 28 avril 1975

HEURE: début 8h10 du matin Fin 4h10 à l'aube

ELIAT Longue durée $\alpha = 2,70 \text{ m/m}$

N.S = 20,20 m

eps de pompage 20h.

Temps (mn)	N (m)	Δ (m)
0	20,20	0
1	27,90	7,70
2	29,60	9,40
3	30,92	10,72
4	31,85	11,65
5	32,30	12,10
6	33,00	12,80
7	33,65	13,45
8	34,15	13,95
9	34,60	14,40
10	35,20	15,10
12	35,75	15,55
14	36,15	15,95
16	36,43	16,23
18	36,63	16,43
20	36,85	16,65
22	36,90	16,70
24	37,50	16,80
26	37,11	16,91
28	37,20	17,00
30	37,28	17,08
35	37,48	17,28
40	37,55	17,35
45	37,80	17,60
50	37,90	17,70
55	38,10	17,90
60	38,20	18,00

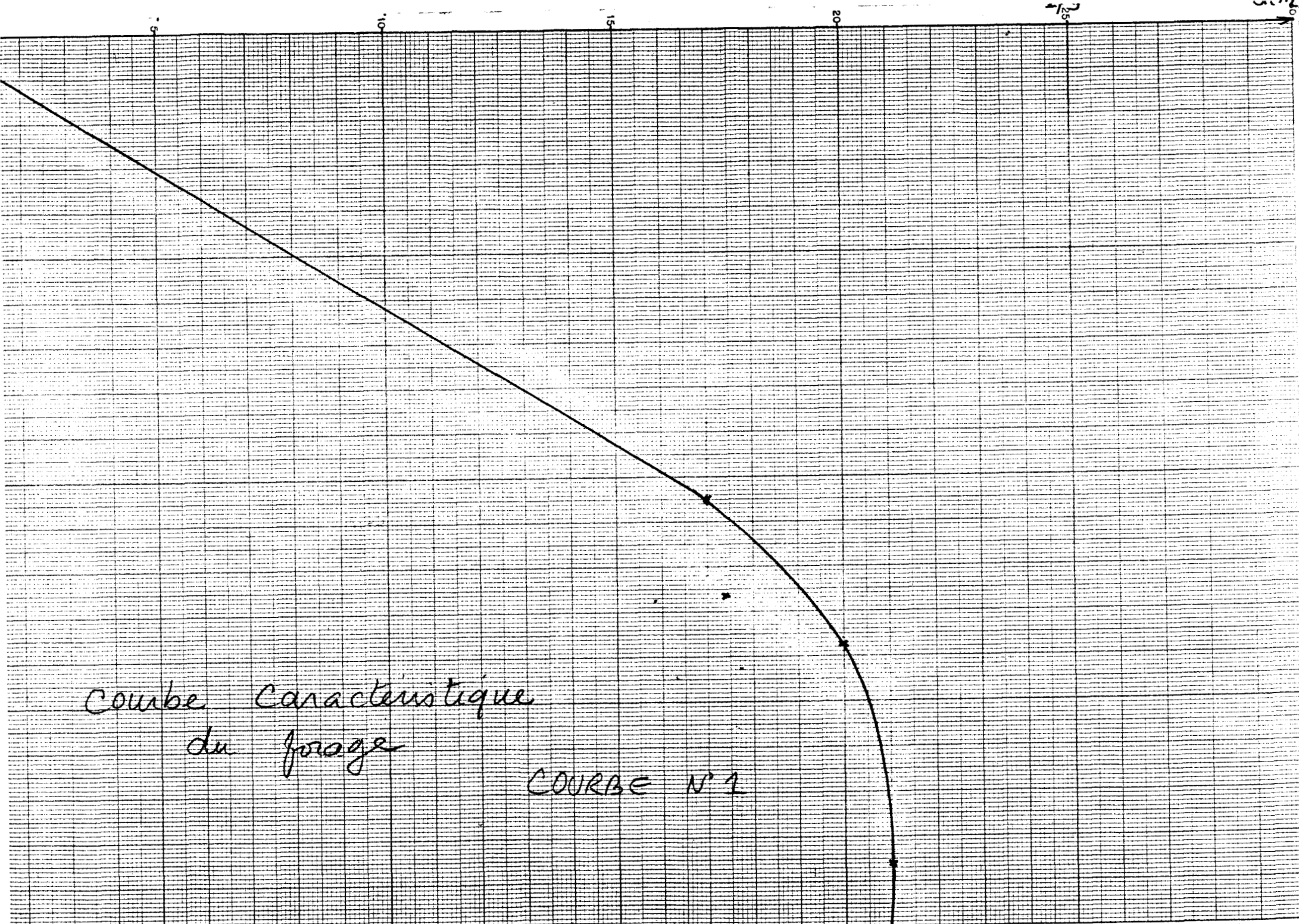
Temps (mn)	N (m)	Δ (m)	REMONTÉE
70	38,30	18,10	
80	38,50	18,30	
90	38,68	18,48	
105	38,90	18,70	
120	39,02	18,82	
150	39,25	19,05	
180	39,40	19,20	
210	39,78	19,58	
240	40,36	20,16	
280	40,50	20,30	
360	40,78	20,58	
420	40,90	20,70	
480	41,15	20,95	
540	41,25	21,05	
600	41,35	21,15	
660	41,46	21,26	
720	41,55	21,35	
840	42,30	22,10	
960	42,55	22,35	
1080	42,85	22,65	
1200	43,80	23,60	

Observations:

à ce niveau de descente
La pompe est arrêtée
pour ne pas la dégrader

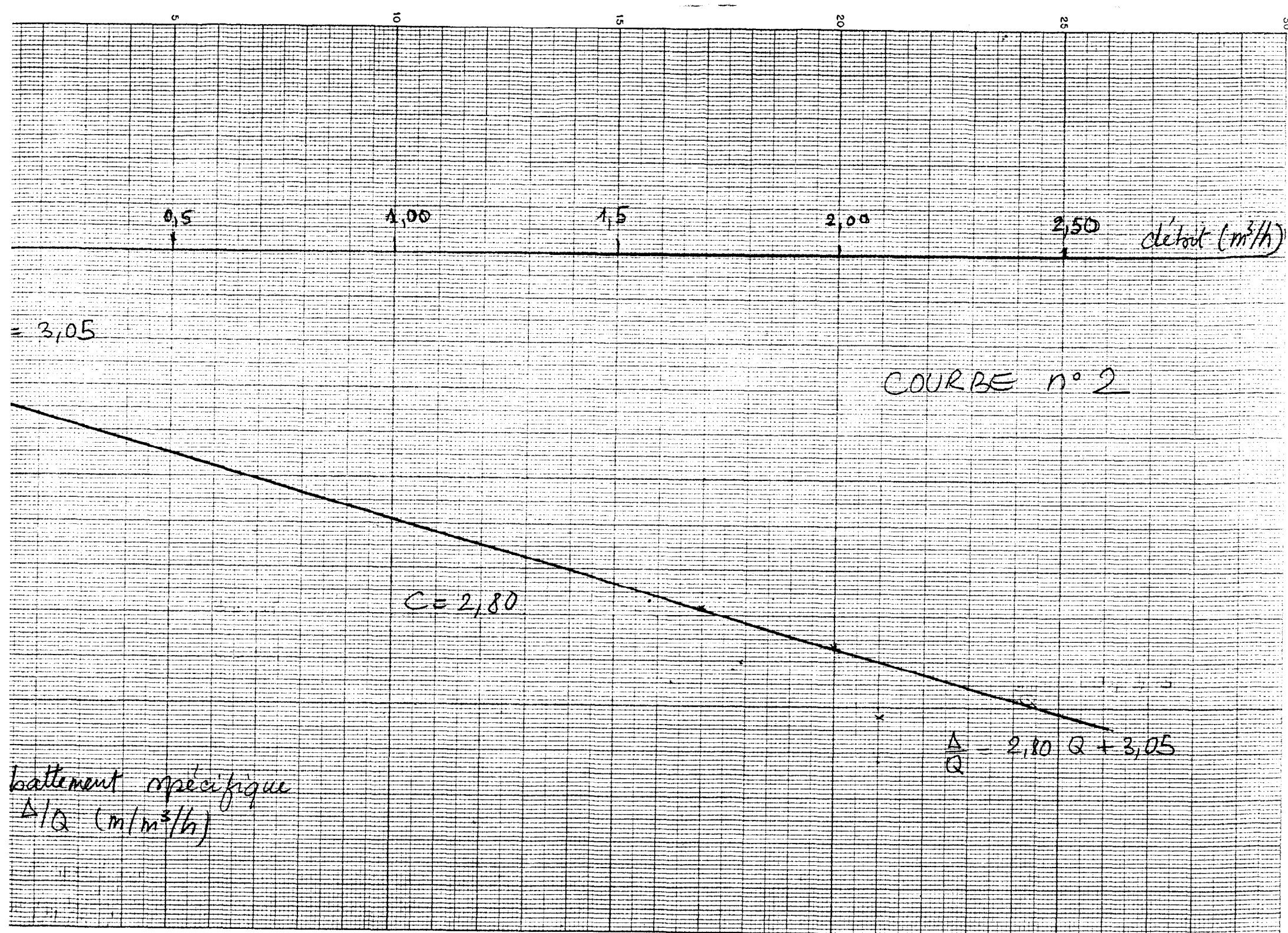
ANNEXE 10

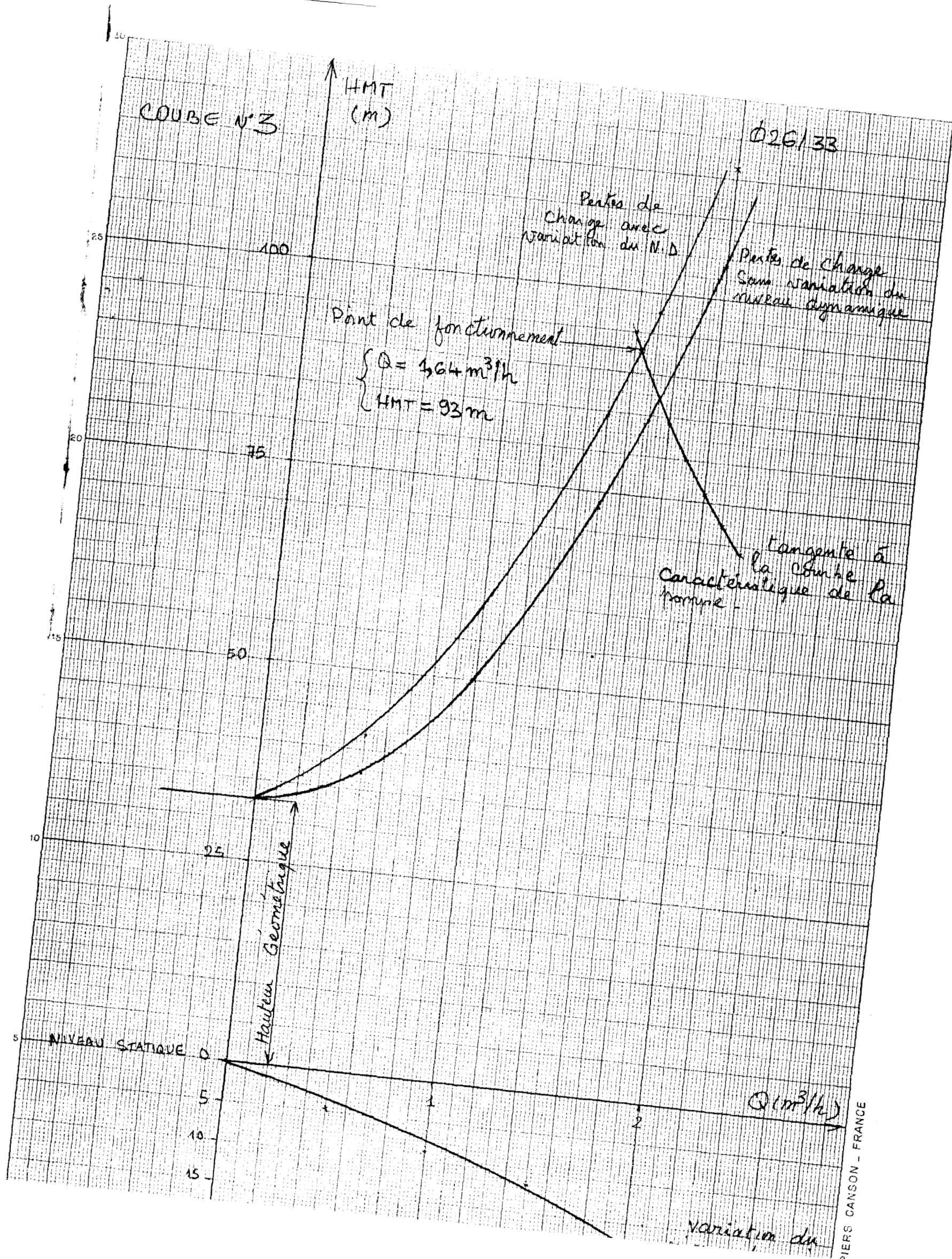
COURBES - PABRE
CARACTERISTIQUES



Courbe Caractéristique
du forage

COURBE N°1





COURBE N°4

HMT
(m)

Tangente à la courbe caractéristique
de la pompe

Point de fonctionnement

$Q = 2,8 \text{ m}^3/\text{h}$

HMT = 73 m

Pertes de charge
avec variation
du N.D

Pertes de
charge sans
variation du N.D

Ø 33/42

Courbe n°4

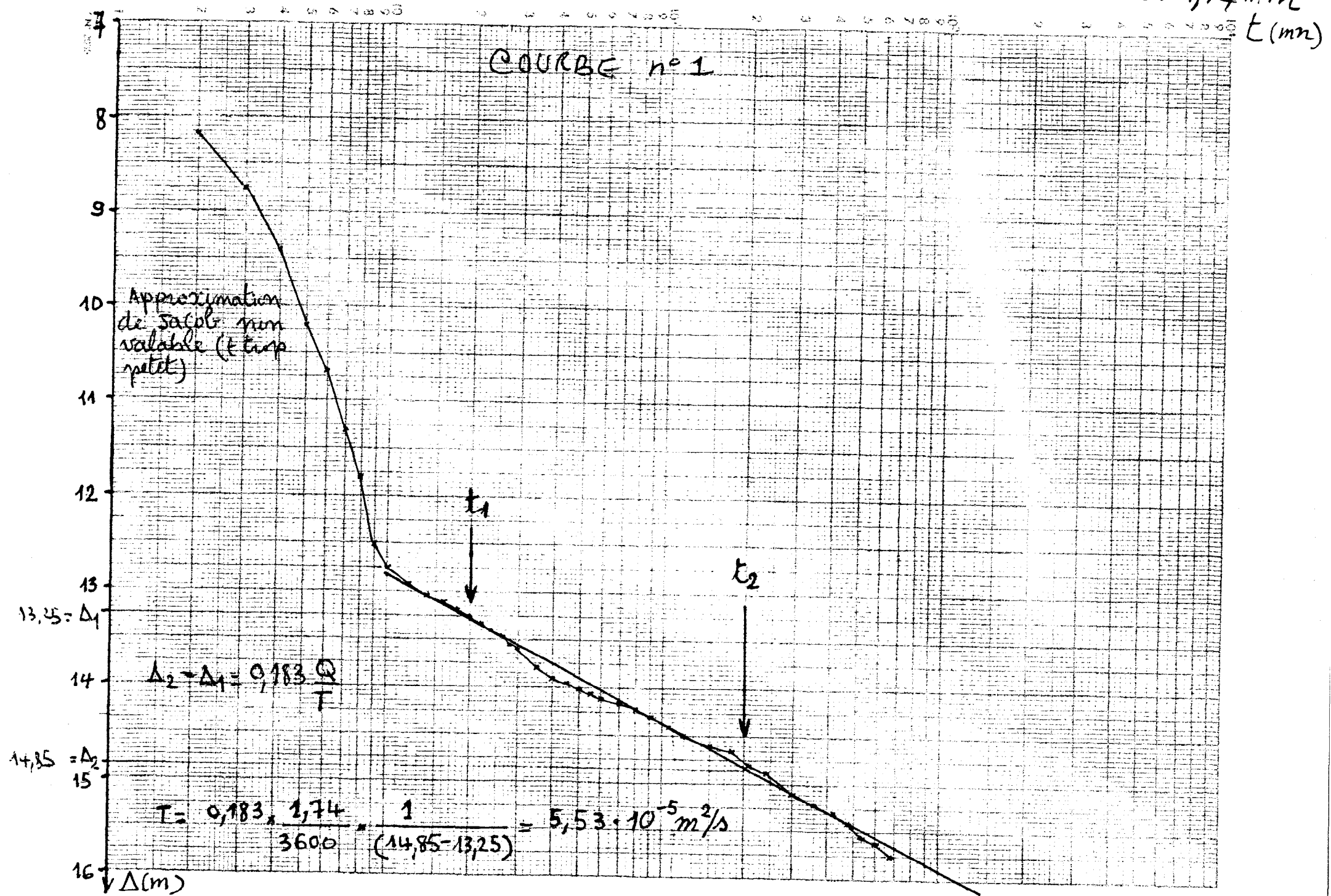
Hauteur géométrique

NIVEAU STATIQUE 0

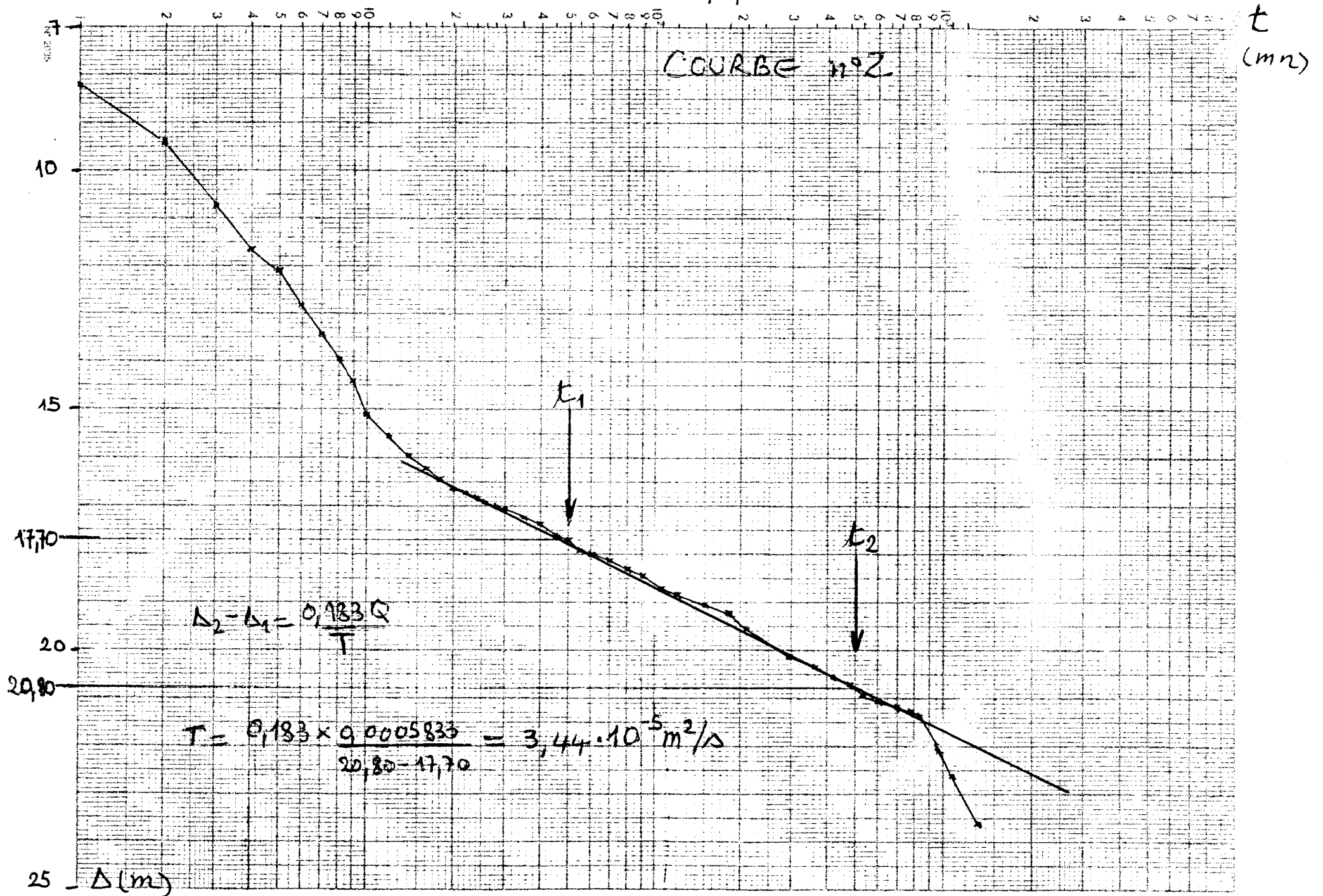
$Q (\text{m}^3/\text{h})$

ANNEXE 11
COURBES DE DESCENTE ET DE
REMONTÉE -

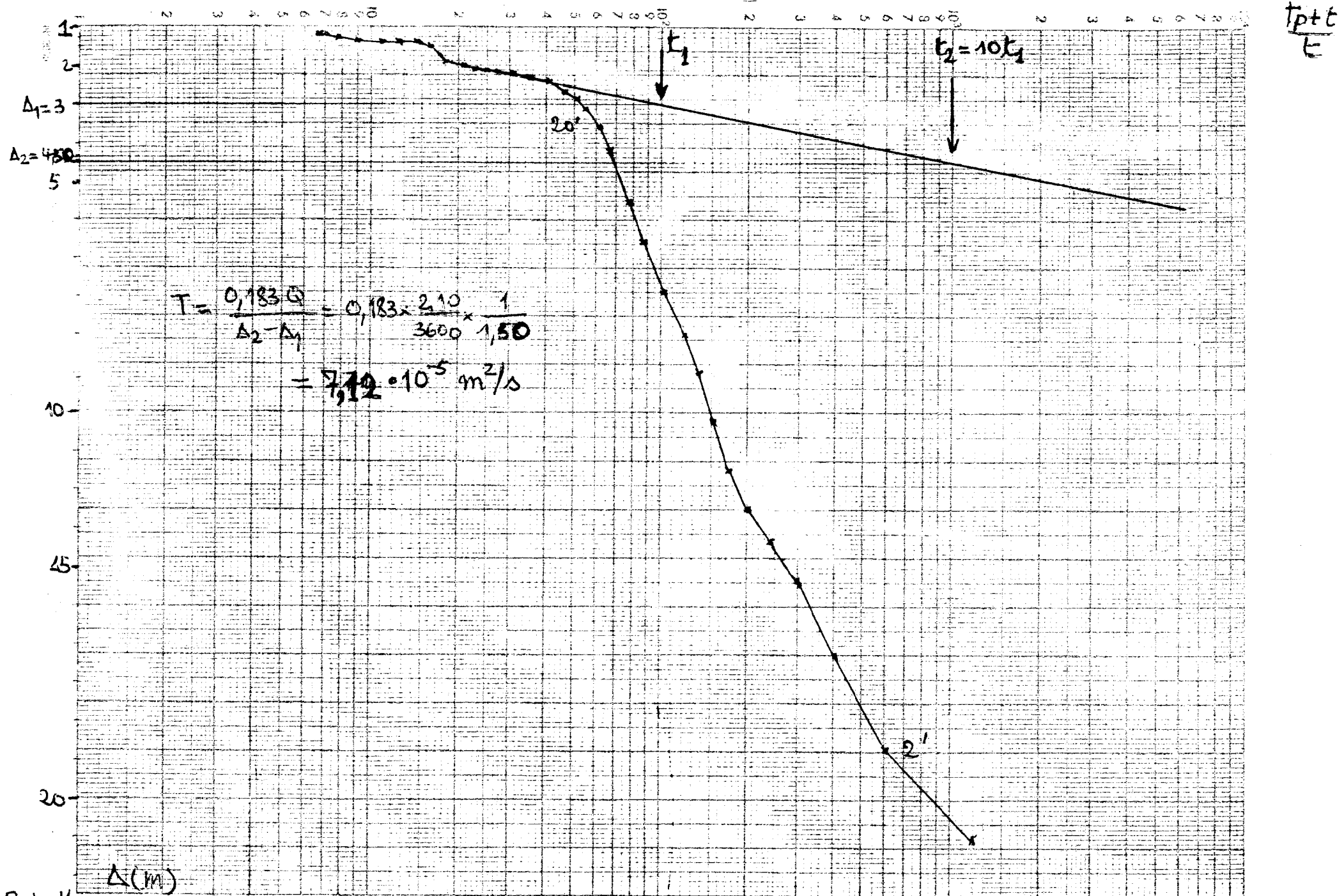
DESCENTE DANS LE FORAGE POUR UN POMPAGE AU DEBIT CONSTANT DE $1,74 \text{ m}^3/\text{h}$



EVOLUTION DU RABATTEMENT DANS LE FORAGE POUR UN POMPAGE AU DEBIT CONSTANT DE 2,10 m³/h



REMONTÉE DANS LE FORAGE APRES LA LONGUE DUREE à $Q=2,10 \text{ m}^3/\text{P}$ COURBE n°3



Rebatterie man.

ANNEXE 12
TABLEAUX ET GRAPHIQUES

TABLEAU 1

N° FORAGE	DATE ET HEURE DE POMPAGE	TEMPS DE POMPAGE	DEBITS DE POMPAGE
FKa12	Le 19/9/84 de 8h à 20h	12h	débts décroissants de 8,7 m³/h à 8 m³/h
FKa13	Le 20/9/84 de 8h à 20h	12h	débts décroissants de 3 m³/h à 1,9 m³/h
FKa14	M 15/2/85 à 12h au 18/2/85 à 18h40'	78h 40'	débts croissants de 4 m³/h à 20 m³/h
1 ^{er} Pompage FKa15	Le 23/2/85 de 9h 15' à 18h 05'	8h 50'	débts croissants de 2 m³/h à 10 m³/h
2 ^e Pompage	Le 6/3/85 de 8h 30' à 20h 30'	12h	débit constant à 7 m³/h
FKa16	M 12/2/85 à 8h 40' au 13/2/85 à 8h 40'	24h	débts croissants de 3 m³/h à 16,8 m³/h
FKa17	M 27/2/85 à 7h 10' au 2/3/85 à 7h 10'	72h	débts croissants de 3 m³/h à 15 m³/h
1 ^{er} Pompage FKa18	M 21/2/85 à 20h 35 au 22/2/85 à 5h 45	9h 10'	débts croissants de 2 m³/h à 6 m³/h
2 ^e Pompage	Le 5/3/85 de 8h 30' à 18h 44'	10h 44'	débit constant à 5 m³/h

TABLEAU 2

Tableau $Q \leftrightarrow \Delta$ des forages

Fka 14	$Q(m^3/h)$	4	8	12	16	20
	$\Delta(m)$	2,86	2,93	6,54	11,6	17,40
	Δ/Q (m/m ³ /h)	0,72	0,37	0,55	0,69	0,87

Fka 15	$Q(m^3/h)$	2	1 ^{er} Pompage 4 6 8			10	2 ^e Pompage 7
	$\Delta(m)$	2,98	8,18	11,49	16,12	41,72	19,05
	Δ/Q (m/m ³ /h)	1,49	2,05	1,92	2,02	4,17	2,72

Fka 16	$Q(m^3/h)$	3	6	9	12	15	16,8
	$\Delta(m)$	1,13	2,4	3,15	5,57	7,07	11,57
	Δ/Q (m/m ³ /h)	0,38	0,40	0,35	0,46	0,47	0,62

Fka 17	$Q(m^3/h)$	3	6	9	12	15
	$\Delta(m)$	3,36	7,63	12,57	20,89	21,16
	Δ/Q (m/m ³ /h)	1,12	1,27	1,40	1,74	1,41

Fka 18	$Q(m^3/h)$	2	1 ^{er} Pompage 4 6		2 ^e Pompage 5
	$\Delta(m)$	1,73	17,42	35,78	28,96
	Δ/Q (m/m ³ /h)	0,87	4,36	5,96	5,79

TABLEAU 3

N° FORAGE	B	C	Profondeur (m)	Niveau statique (m)	Rabattement d'exploit Δ_e (m)	débit d'exploit Q_e (m ³ /h)
Fka 14	0	0,044	56	10,51	11,37	16
Fka 15	0,75	0,34	63	13,26	14,44	5
Fka 16	0,35	0,0083	62	14,63	11,24	22
Fka 17	1,05	0,025	60	11,56	12,11	9
Fka 18	1,16	0,80	53	15,10	9,31	9

TABLEAU 4

N° FORAGE	Q_e (m ³ /h)	Rabattement réel Δ (m)	Niveau dynamique (m)	Profondeur creuses (m)
Fka 14	16	11,0	21,51	31
Fka 15	5	11,90	25,16	15
Fka 16	22	/	/	24,35
Fka 17	9	12,50	24,06	24

TABLEAU 5

N° FORAGE	B	C	Q (m ³ /h)	$\Delta = 3Q + CQ^2$ (m)
Fka 14	0	0,044	16	11,26
Fka 16	0,35	0,0083	22	11,71
Fka 17	1,05	0,025	9	11,48

TABIEAU 6

POM-PAGE \ OBSERVATIONS	FKa12	FKa13	FKa14	FKa15	FKa16	FKa17	FKa18
FKa12	AP=16,30 FP=16,20						
FKa13	AP=15,62 FP=15,51						
FKa14	AP=29,42 FP=29,42	AP=18,32 FP=18,19		AP=12,92 FP=13,12	AP=14,98 FP=14,92	AP=11,56 FP=11,77	AP=15,62 FP=15,74
1 ^{re} Pompage FKa15		AP=18,16 FP=18,16	AP=11,75 FP=11,64		AP=14,95 FP=14,92	AP=11,90 FP=11,92	
2 ^e Pompage		AP=18,23 FP=13,22	AP=11,32 FP=11,30		AP=15,10 FP=15,08		
FKa16	AP=29,36 FP=29,47	AP=18,46 FP=18,37	AP=10,48 FP=10,51	AP=12,91 FP=12,93		AP=11,44 FP=11,50	AP=15,57 FP=15,62
FKa17		AP=18,16 FP=18,22	AP=11,46 FP=11,39	AP= / FP=13,33	AP= / FP=15,07		AP=15,96 FP=16,06
1 ^{re} Pompage FKa18		AP=18,15 FP=18,15	AP=11,98 FP=11,91	AP=13,22 FP=13,23	AP=14,93 FP=14,94	AP=11,90 FP=11,92	
2 ^e Pompage		AP=18,24 FP=18,25	AP=11,33 FP=11,32	AP=13,45 FP=13,46	AP=15,08 FP=15,09		

AP = niveau Avant Pompage (m)

FP = niveau en fin de pompage. (m)

TABLEAU 7

N° FORAGE	DIAMETRE (mm)	N.S (m)	Donnée Forage - bache (m)	Pression de Sécurité (m)	Hauteur Géométri. (m)
FKa 12	125	15,54	0	2	17,54
FKa 14	151	10,51	4	2	16,51
FKa 16	151	14,63	3,50	2	20,13
FKa 17	151	11,56	4	2	17,56

TABLEAU 11

N° POMPE	débits (m³/h)	HMT (m)	η (%)
PFKa 12	7	35	45
PFKa 14	10,25	24,50	45
PFKa 16	9,50	27	47
PFKa 17	8,20	31	46

TABLEAU 12

TRONÇON	Débit (m³/h)	Vitesse (m/s)
M-L	10,25	0,91
N-L	9,50	0,84
L-I	19,75	0,72
K-I	8,20	0,73

TABLEAU 8

VARIATIONS DU NIVEAU DYNAMIQUE DANS LES FORAGES

DEBITS N° FORAGE (m³/h)	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N.D. (m) Fka 14	1,80	2,20	2,50	2,90	3,60	4,20	4,90	5,50	6,90
N.D. (m) Fka 16	1,80	2,20	2,50	2,85	3,20	3,80	4,50	5,10	5,80
N.D. (m) Fka 17	6,20	7,60	9,30	10,90	12,55	15,40	18,10	20,90	/

TABLEAU 9. CARACTERISTIQUES DES POMPES

DEBITS TYPE POMPE (m³/h)	5	6	7	8	9	10	11	12	12,50
HMT (m) LBS 400 L/8	39	37	35	32	29	25	22	18	15
HMT (m) LBS 400 L/21	105	98	91	84	75,50	66	57	47,5	40

TABLEAUX 10

TABLEAU 10a. PERTES DE CHARGE DANS LES
CONDUITES Ø 75/63,2

Q (m³/h)	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Q (l/s)	1,39	1,67	1,94	2,22	2,50	2,78	3,06	3,33	3,61
j (m/m)	0,00 45425	0,00 63757	0,00 84997	0,010 7932	0,013 4719	0,016 4531	0,019 6711	0,023 1092	0,026 9176
Truong N-L L=193m $J=1,1jL$	0,96	1,35	1,80	2,29	2,86	3,49	4,18	4,91	5,71
Truong M-L L=187m $J=1,1jL$	0,93	1,31	1,75	2,22	2,77	3,38	4,05	4,75	5,54
Truong K-I L=206m $J=1,1jL$	1,03	1,44	1,93	2,45	3,05	3,73	4,46	5,24	6,10

TABLEAU 10-B : PERTES DE CHARGE DANS LA
CONDUITE $\phi 110/98,8$ TRONÇON L-I

$Q(m^3/h)$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$Q(l/s)$	1,39	1,67	1,94	2,22	2,50	2,78	3,06	3,33	3,61	3,89
$j(m/m)$	0,000 51897	0,000 71703	0,000 93129	0,001 19041	0,001 48098	0,001 79620	0,002 13162	0,002 49708	0,002 89812	0,003 2911
$J=1,49L$ $L=110m$	0,063	0,087	0,113	0,144	0,179	0,217	0,258	0,302	0,351	0,40

15	16	17	18	19	20	21
4,17	4,44	4,72	5,00	5,28	5,56	5,83
0,003 5949	0,004 1666	0,004 7530	0,005 2845	0,005 8488	0,006 4386	0,007 0515
0,43	0,50	0,58	0,64	0,71	0,78	0,85

TABLEAU 10-C : PERTES DE CHARGE DANS LA CONDUITE I-O
 $\phi 140/125,8$

$Q(m^3/h)$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$j(m/m)$	0,000 2253	0,000 3133	0,000 3737	0,000 4550	0,000 5534	0,000 6518	0,000 7682	0,000 8888	0,001 0172	0,001 1514
$J=1,49L$ $L=978m$	0,24	0,34	0,40	0,49	0,60	0,70	0,83	0,96	1,09	1,24

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
0,001 2916	0,001 4435	0,001 5971	0,001 7671	0,001 9371	0,002 1261	0,002 3182	0,002 5182	0,002 7246	0,002 9372	0,003 1605
1,39	1,55	1,72	1,90	2,08	2,29	2,49	2,71	2,93	3,16	3,40

TABLEAU 10-C SUITE

$Q(m^3/h)$	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	0,003 3858	0,003 6229	0,003 8500	0,004 1172	0,004 3762	0,004 6476	0,004 9177	0,005 2080	0,005 4982	0,005 7927
	3,64	3,90	4,15	4,43	4,71	5,00	5,29	5,60	5,92	6,23

TABLEAU 11

N° FORAGE	H _{geo} /Fka12 (m)	Dénivelée Fka12- entrée d'eau château (m)	H _{geo} réelle (m)
Fka 12	17,54	48,7	66,24
Fka 14	16,51	11	65,21
Fka 16	20,13	11	68,83
Fka 17	17,56	11	66,26

TABLEAU 12

Pompes	$Q(m^3/h)$	HMT (m)	ρ (%)
PFka 12	7	91	47
PFka 14	9,38	72,50	50
PFka 16	9	75,50	50
PFka 17	8,50	80,50	50

TABLEAU 13

Débats Q (m^3/h)	1,70	1,74	2,0	2,10
Rabatement Δ (m)	13,25	15,75	17,30	23,60
Δ/Q (m/ m^3/h)	7,79	9,05	8,65	11,24

TABLEAU 14 - Points caractéristiques de la pompe

$Q(m^3/h)$	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
$H(m)$	95	89,41	84,44	80	76	72,38	69,0

TABLEAU 15 variation du niveau d'eau -

$Q(m^3/h)$	0,5	1	1,5	1,7	2	2,1
$\Delta(m)$	4,75	8,70	11,50	13,25	17,30	23,60

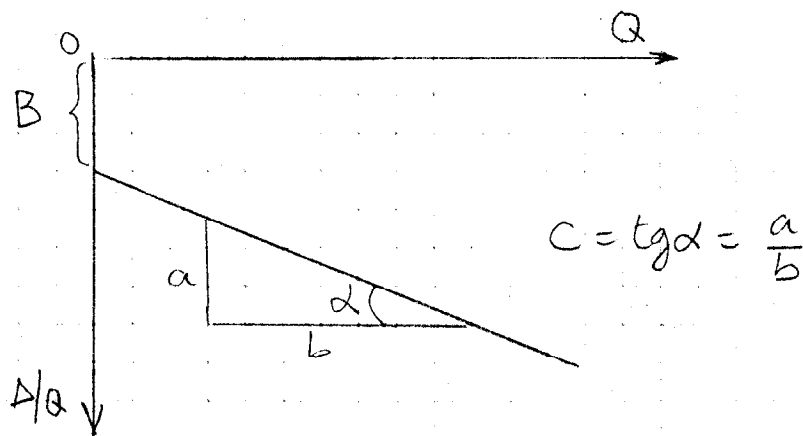
TABLEAU 16 Pertes de charge $\phi 26/33$

$Q(m^3/h)$	0,5	1	1,5	1,7	2	2,1	2,5	3
$J(m)$	4,48	17,91	40,29	51,75	71,63	78,97	111,92	161,17
$H(m)$	37,17	50,60	72,98	84,44	104,32	111,66	144,61	193,86
$H+\Delta(m)$	41,92	59,30	84,58	97,69	121,62	135,26	/	/

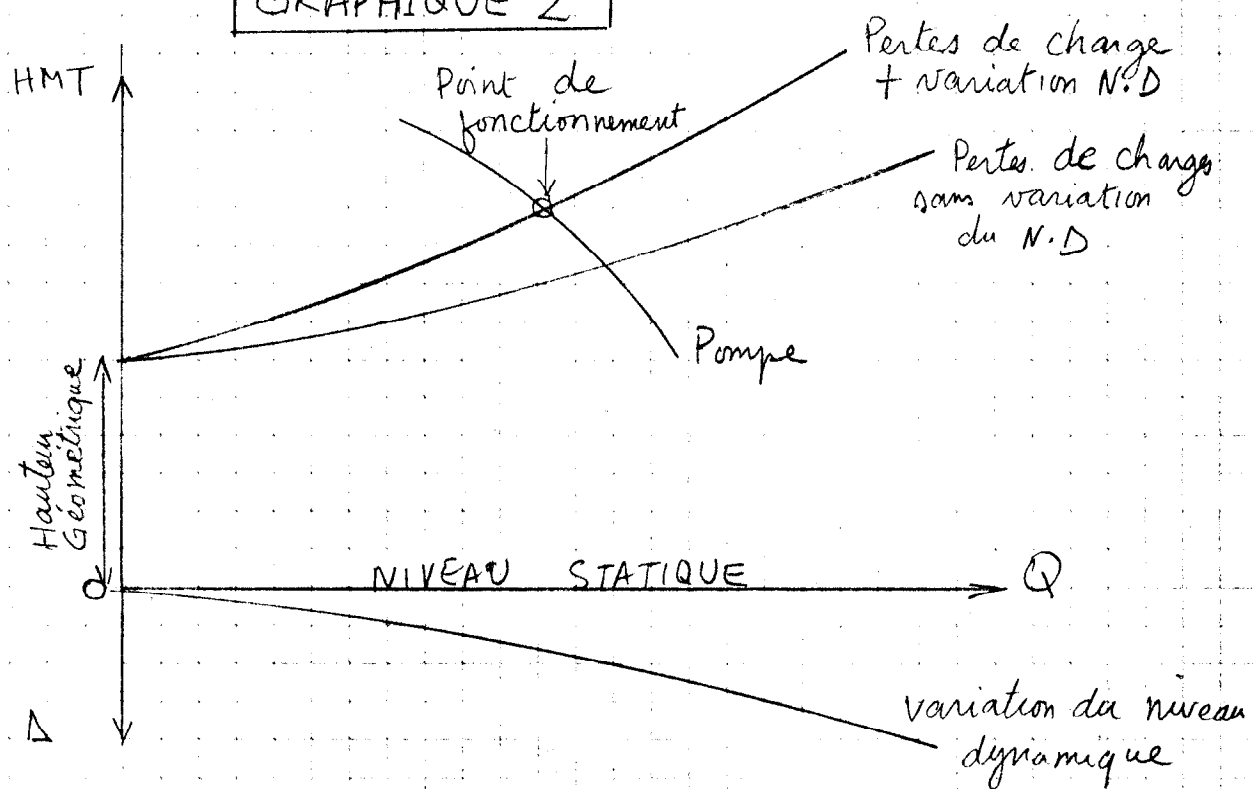
TABLEAU 17 Pertes de charge $\phi 33/42$

$Q(m^3/h)$	0,5	1	1,5	1,7	2	2,1	2,5	3
$J(m)$	1,25	5,03	11,31	14,52	20,10	22,16	31,41	45,23
$H(m)$	33,95	37,32	44,10	47,21	52,79	54,85	64,1	77,92
$H+\Delta(m)$	38,7	46,42	55,60	60,46	70,09	78,45	/	/

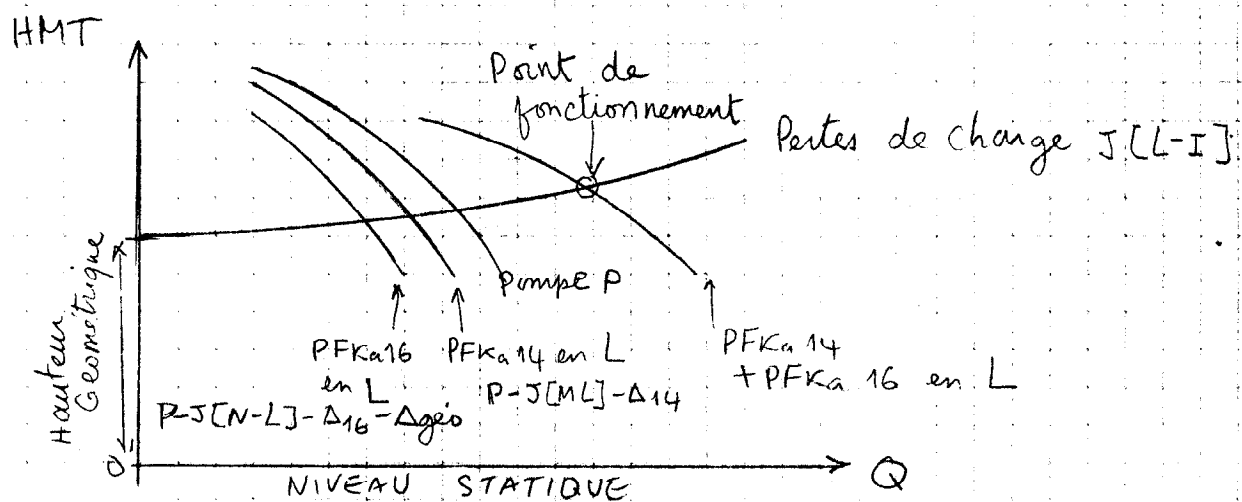
GRAPHIQUE 1



GRAPHIQUE 2



GRAPHIQUE 3



BIBLIOGRAPHIE -o-o-

COURS D'HYDROGEOLOGIE 7 GUINAUDEAU

- LES FORAGES D'EAU GUIDE PRATIQUE, Albert MABILLOT

(Collection Crepines JOHNSON)

- MANUELS PRATIQUES à l'usage de l'hydraulique villageoise -

GEOMINES LTEE.

(E M E R C I E M E N T S -o-o-

Dans l'élaboration de mes études, j'ai été suivi par Mr.
GUINAUDEAU, Professeur à l'E.I.E.R.

et Mr. Jérôme VAN der SOMMEN Ingénieur à IWACO.

J'ai vraiment joué d'un encadrement adéquat de leur part. Je
en
leur/suis très reconnaissant et les remercie très vivement.

Je tiens à remercier également

Les responsables O.N.E.A. et les professeurs de l'EIER qui d'une
manière ou d'une autre, ont contribué à la mise en forme de ce
document.

Je n'oublie pas la contribution du personnel de l'EIER :
Les Secrétaires, reproducteur, chauffeur... et en particulier
Mr. Martin OUEDRAOGO qui m'a aidé à Pabré pour les essais de
Pompage et le nivellement.

----- MA PROFONDE GRATITUDE A TOUS -----