

REPUBLIQUE DU NIGER

MISSION ORSTOM

NIAMEY

PROJET D'UNE ETUDE
DES RESSOURCES EN EAU DE LA
CUVETTE D'AGADES

-:-:-:-:-

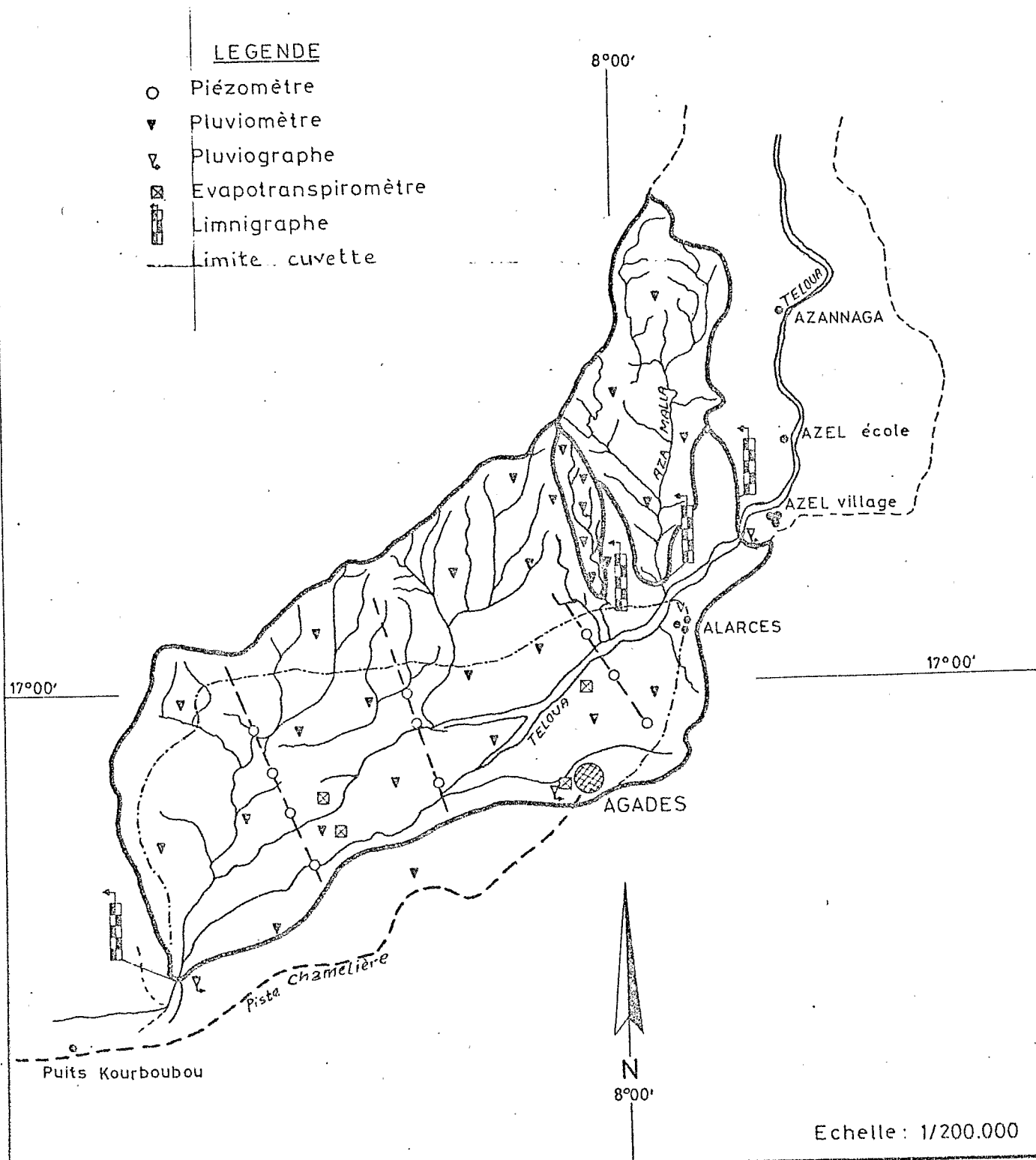
22 AOUT 1975

HOEFFNER - DELFIEU

O. JANVIER, 1975A.

Collection de Référence
n° 7687 Hydr.

ETUDE DES RESSOURCES EN EAU DE LA CUVETTE D'AGADES PLAN DE SITUATION ET D'EQUIPEMENT (Projet 1974)



ETUDE DES RESSOURCES EN EAU

DE LA CUVETTE D' AGADES

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

Ce projet d'étude est celui que préconise Marcel ROCHE dans son rapport : Etude des Nappes d'Inféro-flux des Rivières de la bordure Ouest de l'Air (campagne 1964) pages 45 à 54, modifié lors d'une prospection effectuée en novembre 1974.

A. - OBJET

L'objet de cette étude est de connaître les ressources en eau de la région d'Agadès. Cette région subdésertique étant surtout caractérisée par la grande irrégularité de son approvisionnement, il est intéressant de connaître leur fluctuation interannuelle ainsi que l'influence des paramètres les plus déterminants dans le bilan hydrologique de cette région, afin de favoriser cet approvisionnement par des actions d'aménagement.

Faire le bilan hydrologique d'une telle région, c'est comptabiliser les entrées et les sorties d'eau de cette région, et de vérifier que leur différence est égale à la variation du stock d'eau.

Pour que cet inventaire puisse se faire avec précision, il est nécessaire de se placer dans les conditions les plus intéressantes pour la réalisation des mesures hydrologiques. Et la "cuvette" d'Agadès semble le mieux se prêter à ces conditions (figure N° 1).

En effet le bassin versant du kori Téloua en amont d'Agadès est constitué de sols relativement imperméables pour que les écoulements de surface soient abondants. D'autre part, ce bassin versant connaît au niveau d'Azel et de Kourboubou, en amont et en aval d'Agadès, deux rétrécissements qui permettent de contrôler favorablement les écoulements de surface de ce kori. De plus, la nappe de ce bassin est bloquée en aval par un seuil rocheux, sorte de "boutonnière" naturelle.

C'est dire que les conditions naturelles de la cuvette d'Agadès se prêtent particulièrement bien à une étude du bilan en eau d'une région subdésertique, sans parler de l'intérêt économique d'une telle région, caractérisée par une mise en valeur agricole (jardins d'Agadès) qui ne pourra qu'être améliorée par la connaissance effective des ressources en eau réellement disponibles.

B. - PRINCIPE

Nous avons dit qu'une étude du bilan hydrologique d'une région consiste à mesurer ou à calculer les entrées et les sorties d'eau pour égaliser leur différence à la variation du stock d'eau contenue dans le sol.

1 - LES ENTREES

1.1 - Apports issus du bassin supérieur du kori Téloua

1.1.1 - Apports en eau de surface I, dont les débits sont contrôlés par une station hydrométrique, celle d'Azel-village.

1.1.2 - Apports en eau souterraine, I_S

1.2 - Apports sur le bassin propre de la cuvette, I_{BV} , par ruissellement des affluents du kori Téloua entre les sections de contrôle amont et aval.

1.3 - Précipitation, P, tombant sur la cuvette.

2 - LES SORTIES

2.1 - Les sorties à l'exutoire

2.1.1 - en eau de ruissellement, O, dont les débits sont contrôlés par la station de N'Douna.

2.1.2 - par écoulement souterrain, O_S ,

2.2 - les pertes en eau de la cuvette par évapotranspiration, E.

3 - LE STOCK D'EAU

L'eau est emmagasinée dans la cuvette sous les deux formes suivantes :

- en nappe, dans la zone saturée
- en humidité des sols, dans la zone non saturée.

Seule la connaissance de la variation de ce stock nous intéresse pour l'établissement du bilan, soit ΔS celle de la zone saturée, et ΔU celle de la zone non saturée.

Nous obtenons ainsi l'équation du bilan hydrologique :

$$I + I_S + I_{BV} + P - O - O_S - E = \Delta S + \Delta U$$

C.- METHODOLOGIE - Détermination de I_S et O_S

Si I, O et P peuvent être appréhendés directement, par contre I_S et O_S sont difficilement mesurables. Il s'agit de se placer dans des conditions telles que ces deux variables soient négligeables, sinon nulles.

C'est pourquoi nous avons choisi les sites d'Azél-village (ex. Azannaga) et de N'Douna où les sections du Téloua sont très rétrécies et où les écoulements souterrains semblent minimes ou nuls, grâce à la présence de seuils rocheux (voir figures 3 et 5). Celles-ci délimitent exactement le système hydrologique dont on cherche à déterminer le bilan.

La cuvette proprement dite, à savoir la partie alluviale censée contenir la nappe, a une superficie de 102 km². Le reste (155 km² de rochers) constitue le bassin propre de la cuvette. Il est constitué :

- de 105 km² de socle granitique au Nord
- de 50 km² de grès au Sud

Détermination de I_{BV}

Les apports de ce bassin à la cuvette devront être obtenus indirectement, par l'étude des relations pluies-débits sur un bassin représentatif de 53 km², appelé "kori Ouest" dont on pourra généraliser les résultats aux autres koris.

Les apports du kori "Aza Malla" (ex-kori Nord) seront étudiés directement pour restreindre la superficie du bassin propre à 95 km².

La section de mesure choisie pour le kori Ouest, après une prospection de son cours, est située légèrement en amont de l'emplacement envisagé par M. ROCHE dans son ouvrage.

Les avantages de cette nouvelle station sont les suivantes :

- elle possède un contrôle aval stable constitué par un seuil rocheux affleurant. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir des aménagements importants de la section,
- il sera facile de construire une passerelle sur une largeur de moins de 10 mètres,
- enfin, la section est matérialisée par des rives franches. Les débordements, même en période de crue exceptionnelle, seront minimes.

Quant à la station contrôlant les écoulements du kori Aza Malla, il ne sera pas nécessaire de prévoir d'autres aménagements que l'installation d'un limnigraphe, et, éventuellement, celle d'une passerelle pour la mesure des débits.

Détermination de E

Il s'agit de déterminer la quantité d'eau réellement perdue par le sol et par les plantes. Des observations sur 4 évapotranspiromètres de 4 m² de surface situés en zone boisée comme en zone dénudée, permettront de connaître l'évapotranspiration réelle de la cuvette.

Détermination de la pluviométrie

La pluviométrie sur le bassin propre doit être connue avec précision pour la détermination de I_{BV} .

Elle doit l'être aussi sur la cuvette pour la connaissance de P.

Un réseau de pluviomètres à relevés journaliers et 3 pluviographes devraient le permettre.

Détermination de I et de O

Les stations de jaugeage d'Azal-village et de N'Douna ont été choisies entre autres parce qu'elles se prêtaient le mieux aux mesures d'hydrométrie de surface: rétrécissement du lit du kori, bief rectiligne et unique. De plus, les stabilisations des rives et du lit au droit de ces stations, nécessaires pour déterminer avec précision les écoulements de surface, seront réalisées par des aménagements réduits (voir figures 2 & 6).

La section de mesure amont est désignée sous le nom d'Azal-village, et non d'Azannaga, car le rocher d'Azannaga se trouve à 20 km en amont d'Azal-village et non près de la section choisie par M. ROCHE.

Le profil en travers de cette section est donné sur la figure 2 avec les aménagements nécessaires pour la stabilisation du lit.

Le bief à cet endroit n'est pas parfaitement rectiligne, car il est précédé d'un méandre à 200 m en amont. Mais nous l'avons malgré tout préféré à une section plus en aval, parce que sur la section choisie nous pouvons utiliser deux promontoires de granit sain, distants entre eux de 96 m seulement (on ne peut trouver mieux), pour l'installation du téléphérique.

Tandis qu'en aval les débordements en rive droite ont été importants en 1974 et devaient être difficilement mesurables. De plus, les ilots de végétation risquent de gêner les mesures de vitesse.

Quant à la station de N'Douna, nous avons bien trouvé le seuil rocheux dont parle M. ROCHE dans son ouvrage cité plus haut. Mais les délaissées de crue du Téloua en 1974 montrent que pour des débits élevés, il se forme un bras secondaire en rive gauche. Et là nous n'avons pu trouver de seuil rocheux à moins de 2 mètres de profondeur. En admettant que les écoulements de ce bras secondaire ~~seront~~ seront barrés par la construction de digues en travers, on peut privilégier 2 sections de mesures, aux sites I et II (figures N°3, 5 et 7).

Au site I, le seuil rocheux, sous forme de dalle de grès, est affleurant, mais la stabilisation de la berge de rive gauche sera difficile à obtenir, alors qu'elle devrait supporter le treuil du téléphérique.

De plus, à 20 mètres en amont du site I confluent deux bras du Téloua. Les remous qui doivent en résulter porteront préjudice aux mesures de courant. Ces inconvénients nous incitent à préférer le site II, 360 m en aval, bien que le grès (altéré, mais compact et imperméable) soit recouvert d'une couche de sable de 30 à 80 cm de profondeur.

Nous avons considéré que la station d'Azel-~~Bas~~^{Village} pouvait être considérée provisoirement comme la station hydrométrique de référence du Sahel dans la mesure où elle semble être plus stable et d'un accès plus facile. Mais le choix sera à revoir au vu des observations obtenues durant les prochaines campagnes de mesure.

Détermination de ΔS et de ΔU

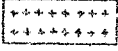
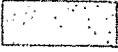

L'étude des variations du niveau de la nappe devrait permettre de connaître les variations du volume d'eau stocké dans la zone saturée, puisque nous nous sommes placés dans des conditions telles que les apports et les fuites souterrains sont négligeables.

Dans une première étape, une dizaine de sondages dans la cuvette seront effectués jusqu'au socle, situé approximativement à une trentaine de mètres au-dessous du sol. Ceux-ci seront tubés et nivellés. Des essais de pompages seront effectués pour la détermination de la perméabilité. Et le tracé des isohypses permettra, non seulement de suivre les variations du volume d'eau, mais aussi de vérifier les conditions d'étanchéité. Quant au stock d'eau ΔU contenu dans la zone non saturée, l'utilisation d'une sonde à neutrons permettrait de suivre sa variation.

LE TELOUA A AZEL-VILLAGE 3-11-74

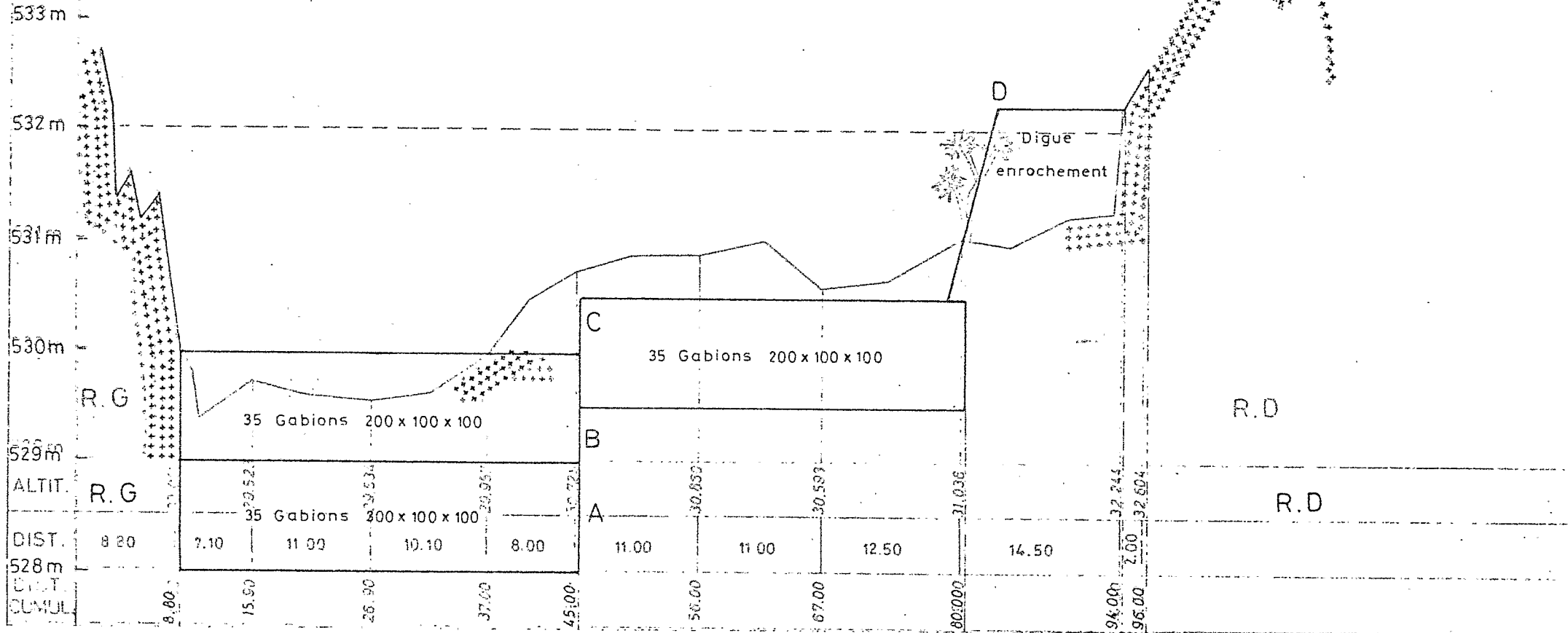
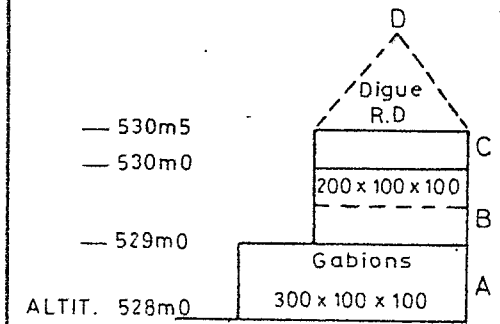
(Amenagements)

LEGENDE

-  Rochers (Granite)
-  Sable
-  PHE - 1974 (Probable)

COUPE SECTION

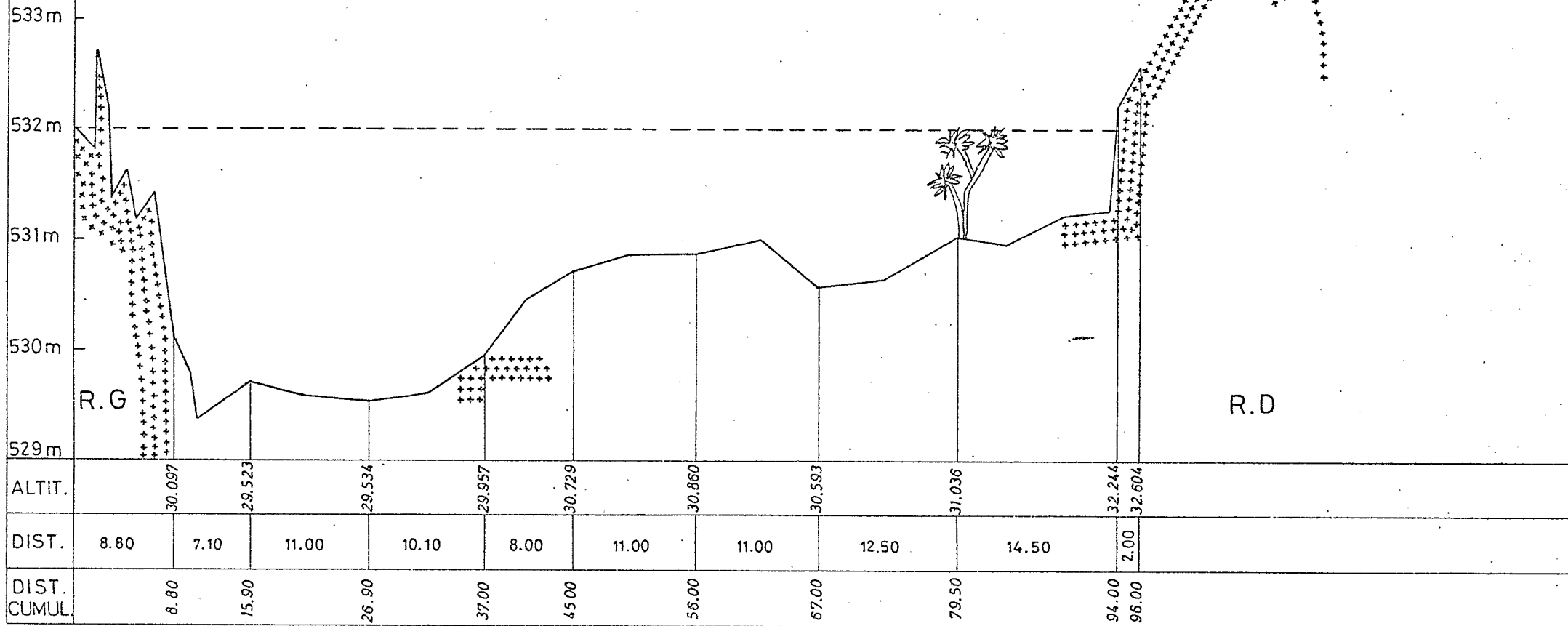
Fig. 2



LE TELOUA A AZEL VILLAGE 3-11-74

LEGENDE

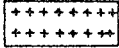


- +++++ Rochers (Granite)
- Sable
- PHE - 1974 (Probable)

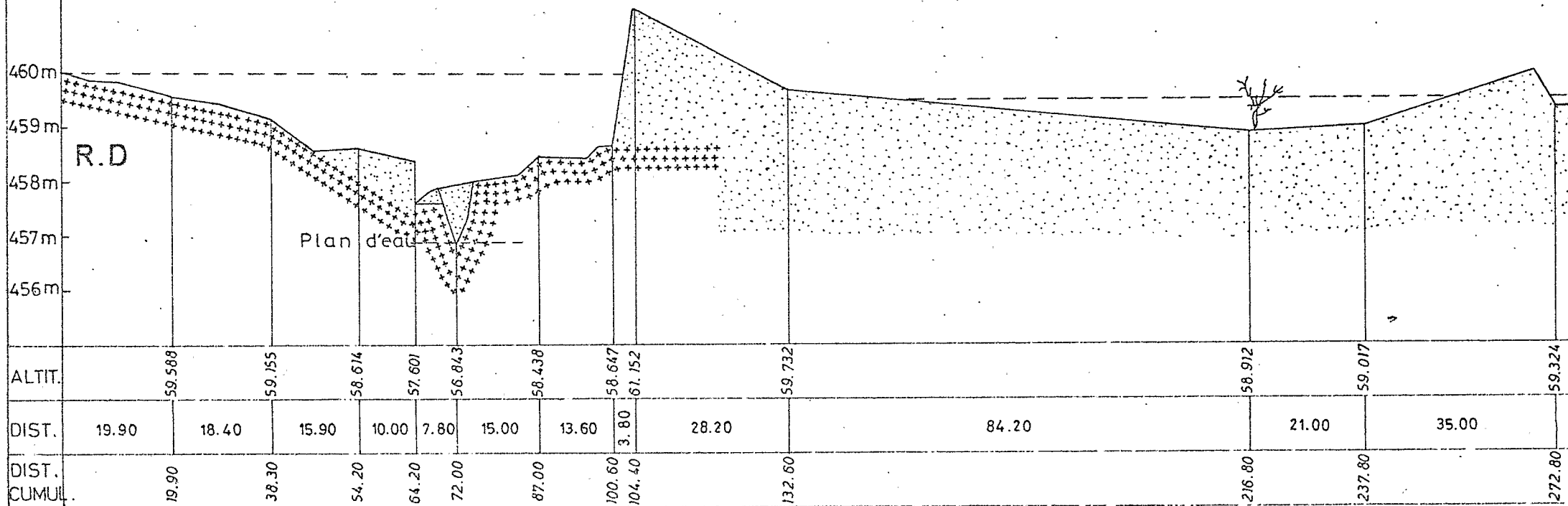


LE TELOUA A NDOUNA Site I 5-11-74

BRAS PRINCIPAL ET BRAS SECONDAIRE

LEGENDE

-  Rochers (Grés)
-  Sable
-  PHE - 1974 (Probable)



11-74

Fig. 3

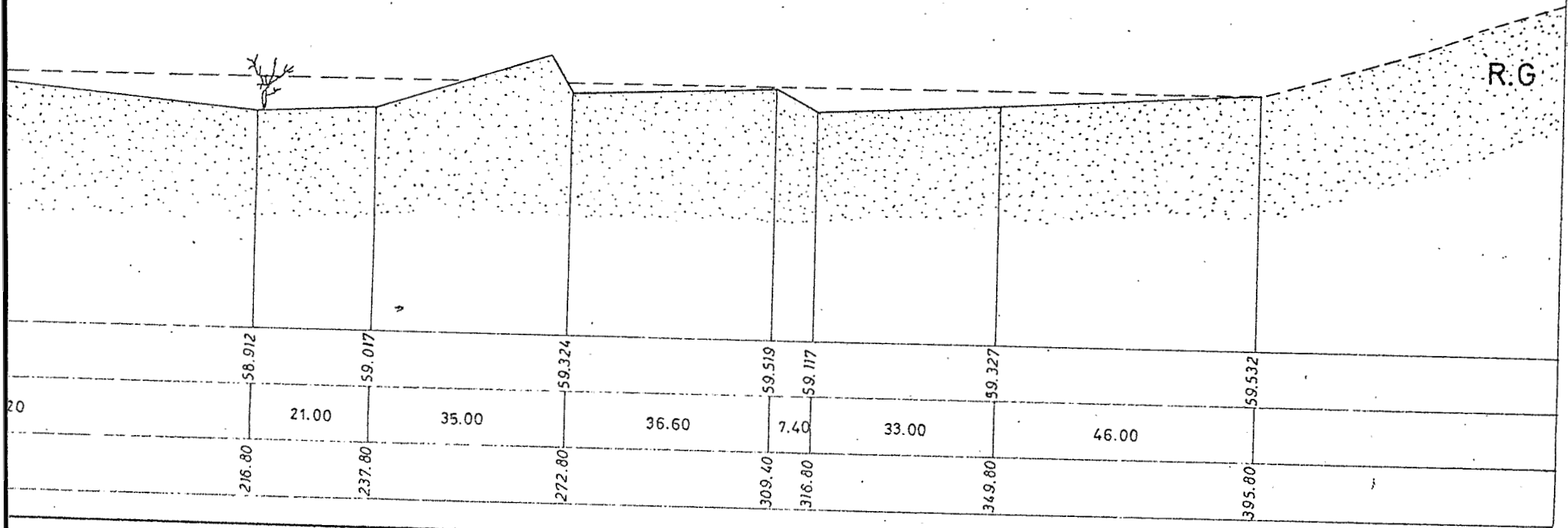
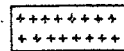
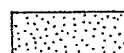
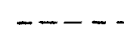


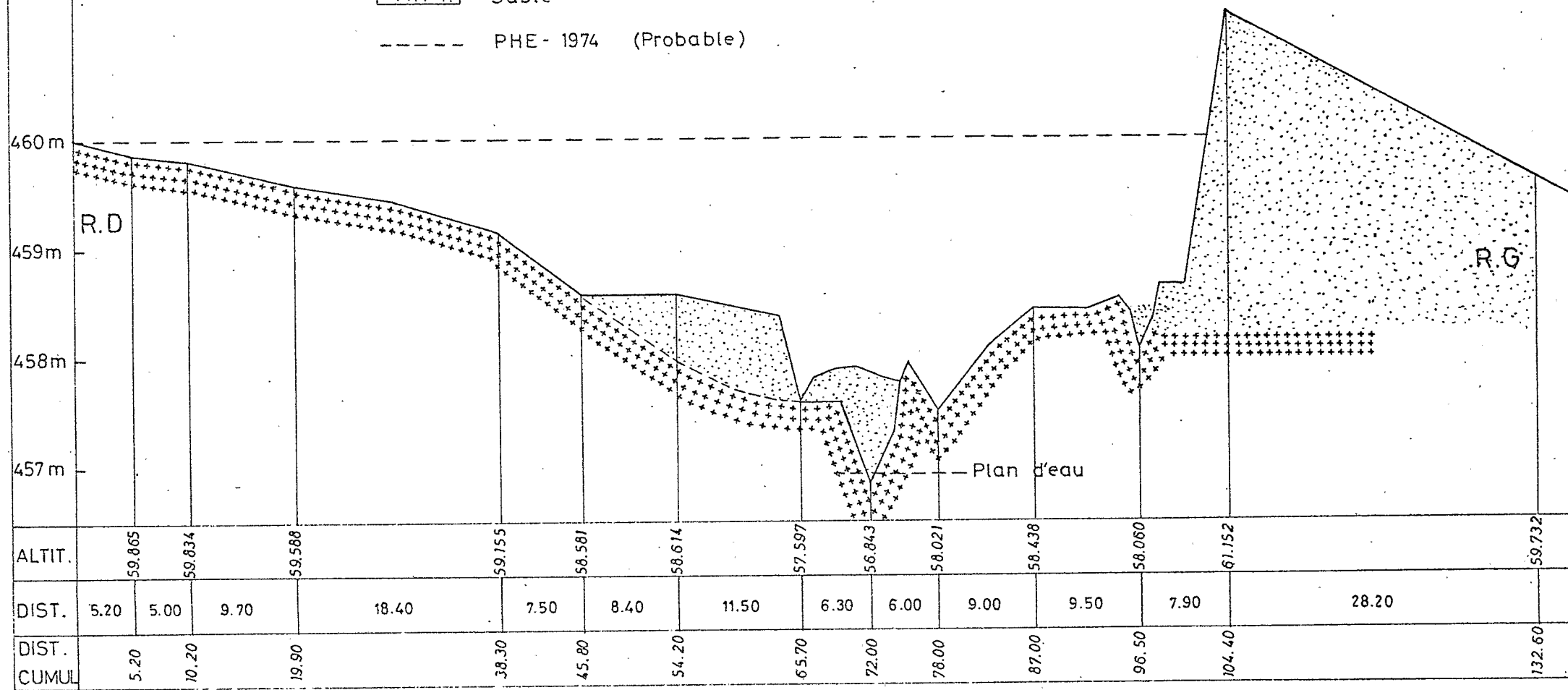
Fig. 4

LE TELOUA A NDOUNA Site I 5-11-74

BRAS PRINCIPAL

LEGENDE

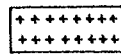
- 
Rochers (Grés)
- 
Sable
- 
PHE-1974 (Probable)



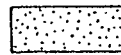
LE TELOUA A NDOUNA Site II 4-11-74

BRAS PRINCIPAL ET BRAS SECONDAIRE

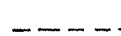
LEGENDE



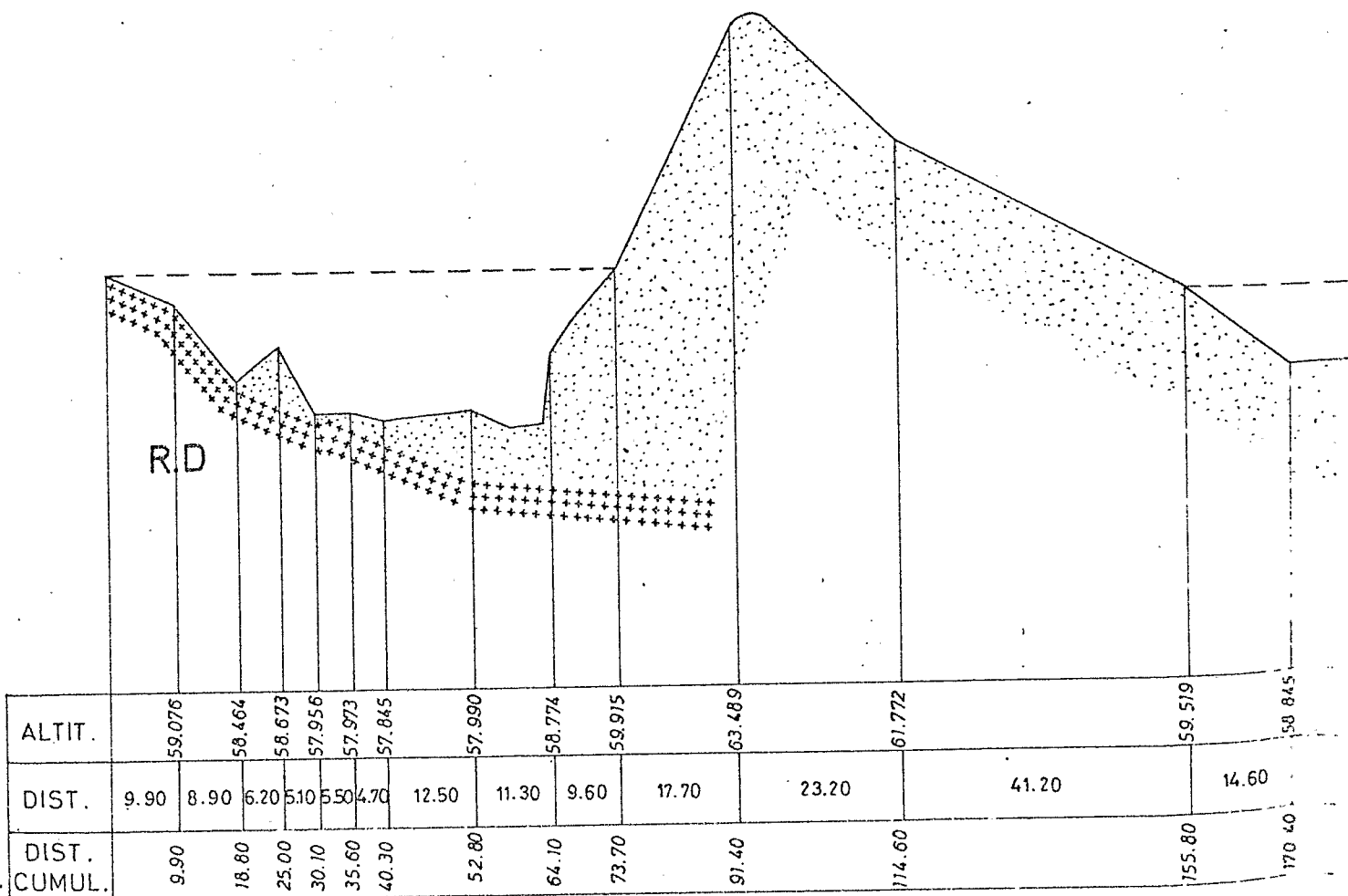
Rochers (Grés)



Sable



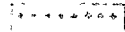
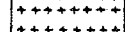
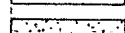
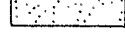
PHE - 1974 (Probable)



LE TELOUA A NDOUNA Site II 4-11-74

BRAS PRINCIPAL
(Amenagements)

LEGENDE

-  Rochers (Grés)
-  Rochers (Grés)
-  Sable
-  PHE - 1974 (Probable)

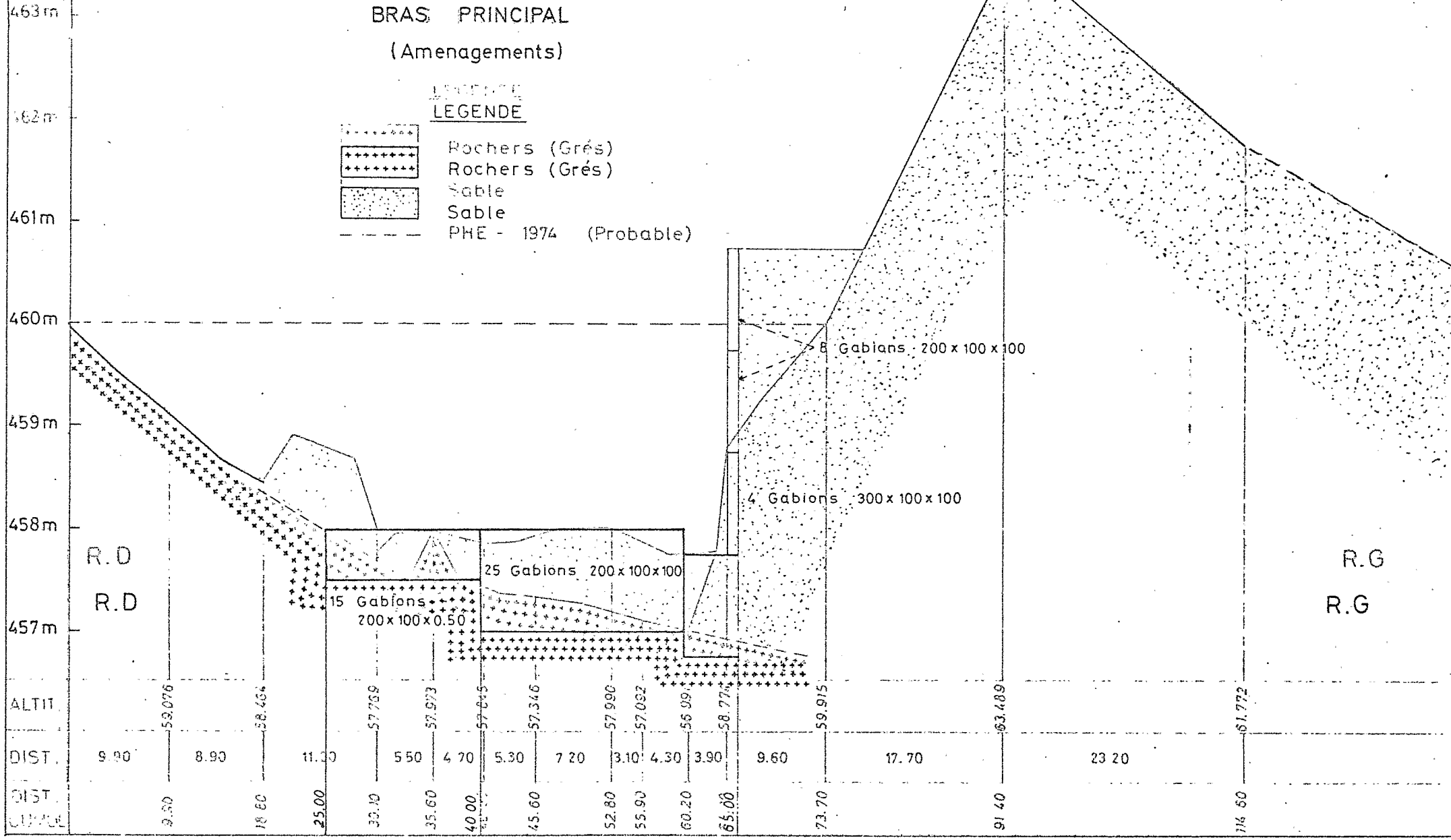


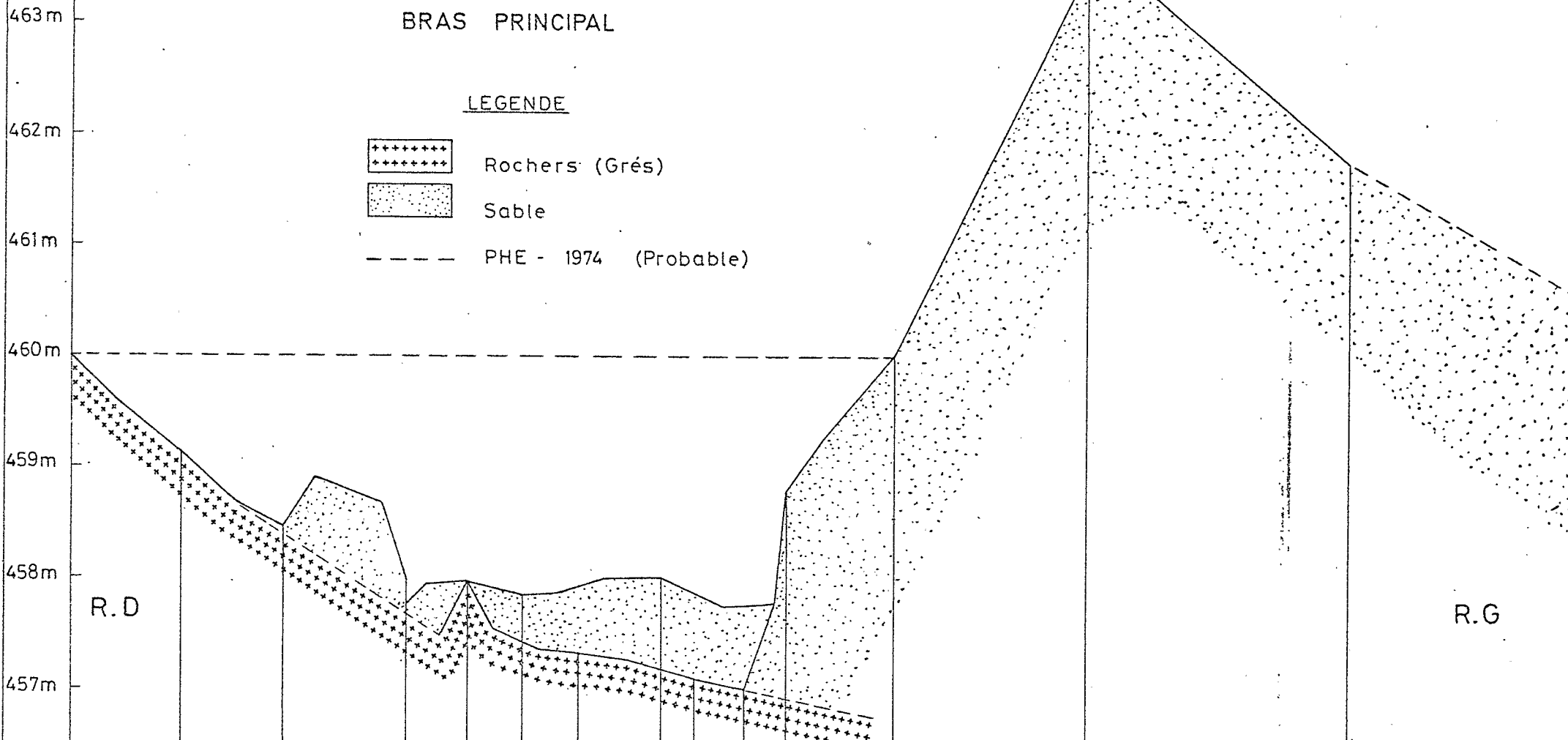
Fig. 6

LE TELOUA A NDOUNA Site II 4-11-74

BRAS PRINCIPAL

LEGENDE

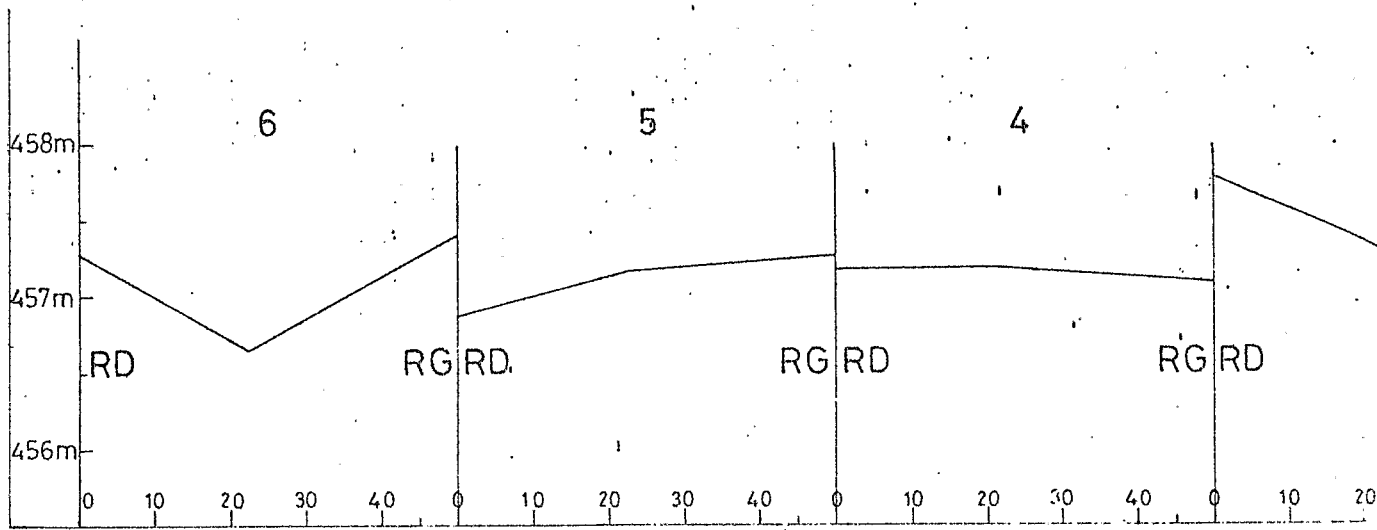
- +++++ Rochers (Grés)
- Sable
- - - - PHE - 1974 (Probable)



ALTIT.		59.076		58.464		57.769		57.973		57.845		57.346		57.990		57.092		56.991		58.774		59.915		63.489		61.772
DIST.	9.90		8.90		11.30		5.50	4.70		5.30		7.20		3.10	4.30		3.90		9.60		17.70		23.20		61.772	
DIST. CUMUL.	9.90		18.80		30.10		35.60	40.30		45.60		52.80		55.90	60.20		64.10		73.70		91.40		114.60		176.372	

LE TELOUA A NDOUNA

PROFILS EN TRAVERS DU SEUIL ROCHEUX
EN DIFFERENTES SECTIONS ENTRE LES SITES I et II



PROFIL EN LONG DU SEUIL ROCHEUX

Site II

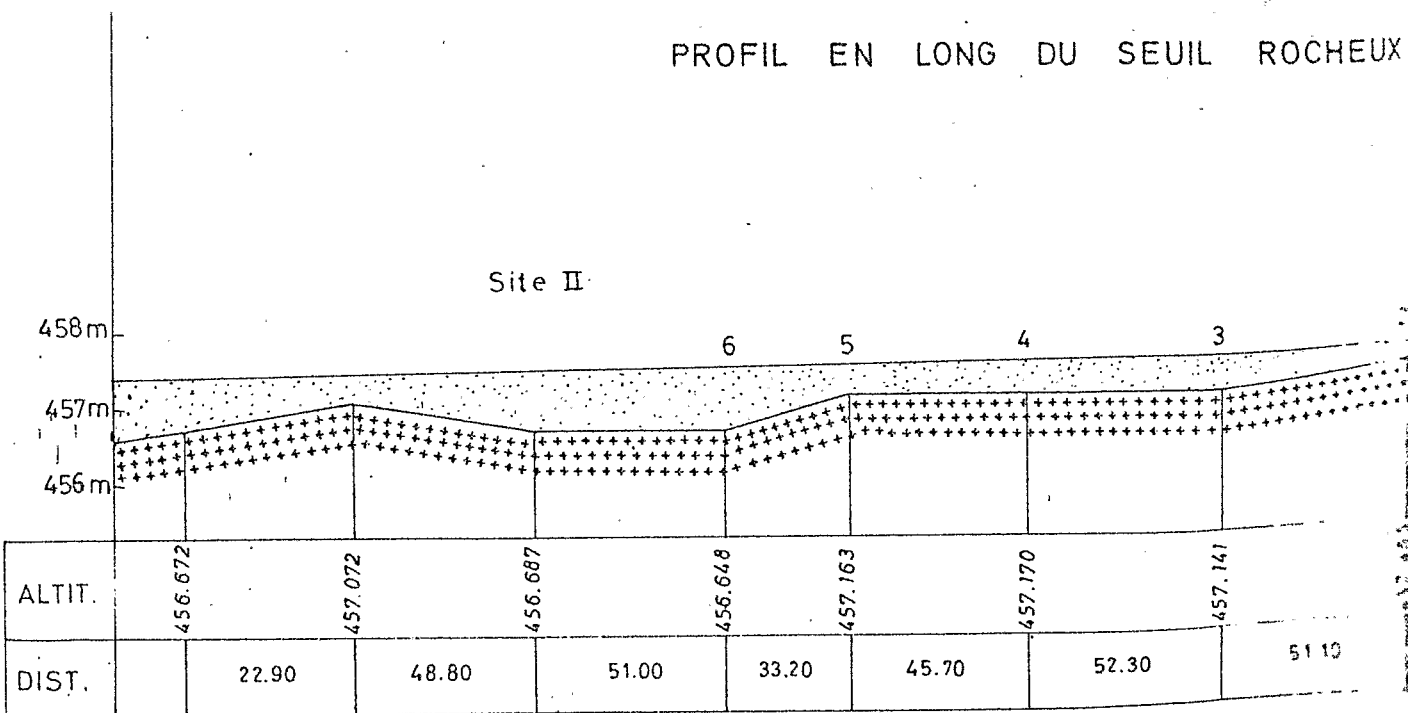
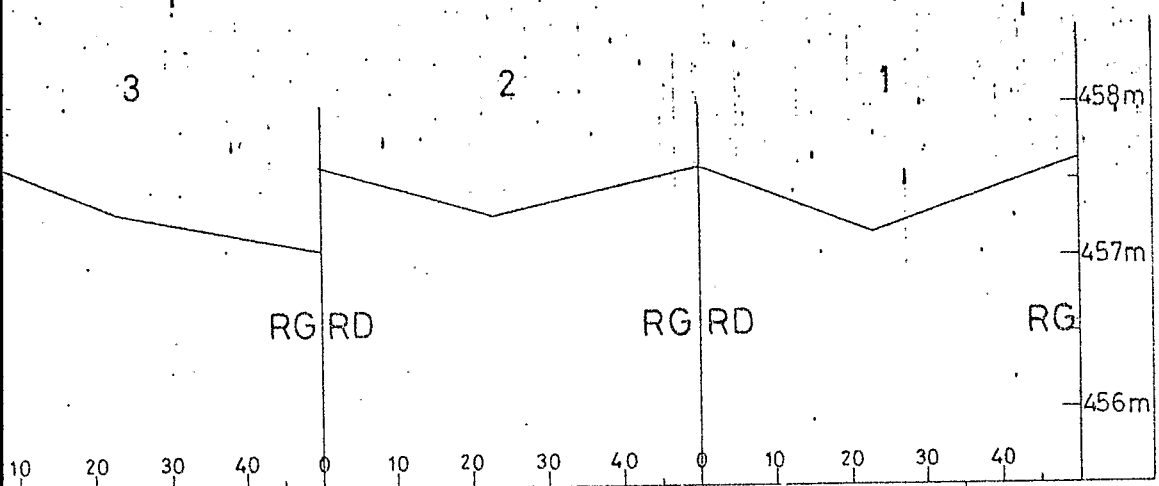
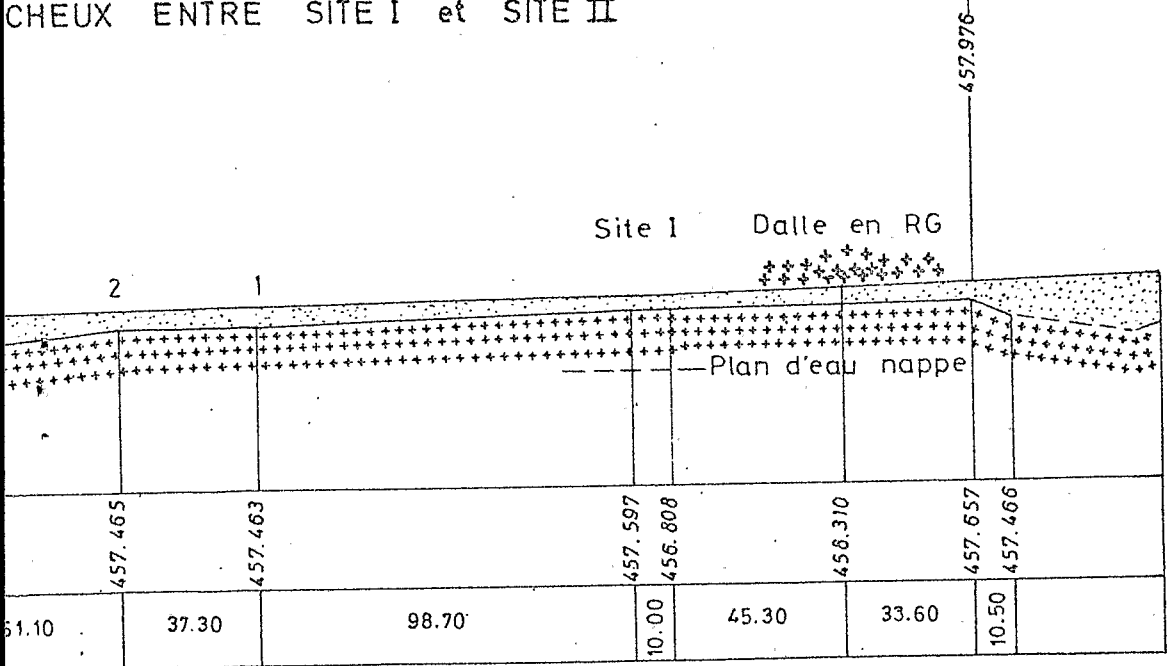


Fig. 7



CHEUX ENTRE SITE I et SITE II



D. - DEVIS ESTIMATIF POUR UNE ANNEE D'ETUDE

1 - EQUIPEMENT

1.1 - Station d'Azel-village (choisie comme station de référence, pour mémoire)

1.1.1 - Stabilisation du lit^{et}/des berges

MATERIAUX

- 35 gabions de 3,00x1,00x1,00m à 7 000CFA 245 000
- 70 gabions de 2,00x1,00x1,00m à 5 000CFA 350 000 595 000

(voir figure

- 245 m3 de cailloux pour gabions -
- 35 m3 de cailloux pour digues -
- 14 m3 de glacis ciment: 2,5t de ciment
à 26 000 F.CFA la tonne 65 000
- 1 m3 de bois pour chevrons et planches
de coffrage 26 000

Outillage

- Brouettes, pelles, barres-à-mines 80 000 171 000

Main-d'oeuvre

- Dégagement du sable
- Ramassage, transport et mise en place
de 280 m3 de cailloux
- 25 manoeuvres à 200 F.CFA par jour
pendant 30 jours 150 000
- 3 maçons à 400 F.CFA par jour pendant
30 jours 36 000 186 000

Total 1.1.1..... 952 000

1.1.2 - TELEPHERIQUE

- achat d'un treuil-téléphérique NEYRPIC 400 000
- ~~pylônes~~ (fer-en-U et soudures)..... 30 000
- 120 m de câble porteur 14 mm..... 120 000
- accessoires (serre-câbles, tendeurs).. 20 000
- 6 blocs d'encrage, 1 abri pour treuil
couvert de tôle, sur plateforme cimentée 50 000

Total 1.1.2..... 620 000

1.1.3 - LIMNIGRAPHE

- achat d'un limnigraphe OTT XX 200 000
- 1,5 tonne de ciment 39 000
- 4 manoeuvres à 200 F.CFA pendant 20 j. 16 000
- 1 maçon à 400 F.CFA pendant 20 jours.. 8 000

Total 1.1.3..... 263 000

1.1.4 - MAGASIN MATERIEL ET CAMP DE BASE
(en semi-dur avec enduit ciment)

- Briques en terre	75 000	
- 2 tonnes de ciment	56 000	
- Tôles	75 000	
- Charpentes	<u>26 000</u>	

Total 1.1.4..... 232 000

1.1.5 - DEPLACEMENTS

- 2 aller-retour par avion NIAMEY- AGADES	140 000	
- Transport matériel et matériaux de NIAMEY à AGADES par camion.....	150 000	
- Carburants et lubrifiants véhicules	184 000	
- Entretien véhicules	50 000	
- Frais de déplacement		
1 x 45 J. à 3 500 F.CFA	157 500	
2 x 45 J. à 400 F.CFA	<u>36 000</u>	

Total 1.1.5..... 717 500

Total 1.1..... 2 784 500F.CFA

Il a été obtenu une délégation de crédit de 3 000 000 F.CFA pour l'installation d'une station de référence sahélienne.

Les dépenses occasionnées par l'aménagement et l'équipement de la station d'Azel-village seront donc couvertes par cette délégation et ne sont pas comptabilisées dans le devis global de l'étude des ressources en eaux, considérée comme un thème de recherche distinct du précédent.

1.2 - Station de N'Douna

1.2.1 - Stabilisation du lit et des berges par gabions

MATERIAUX

- 6 gabions de 3,00x1,00x1,00 à 7 000 F.CFA	42 000	
- 27 gabions de 2,00x1,00x1,00 à 5 000 F.CFA	135 000	
- 15 gabions de 2,00x1,00x0,50 à 4 500 F.CFA	67 500	
- 90m ³ de glacis ciment : 2t de ciment à 26 000 F.CFA la tonne	<u>52 000</u>	296 500

MAIN D'OEUVRE

Dégagement du sable, ramassage, transport et mise en place des cailloux

- 20 manoeuvres à 200F.CFA par J.pendant 20 jours	80 000	
- 2 maçons à 400 F.CFA par j.pendant 20 jours	<u>16 000</u>	<u>96 000</u>

Total 1.2.1..... 392 500

1.2.2 - TELEPHERIQUE

- Achat d'un treuil téléphérique NEYRPIC	400 000	
- PEYLONGES (fer-en-U et soudures).....	30 000	
- 85m de câble porteur de 14mm	85 000	
- Accessoires (serres-câbles, tendeurs,..)	20 000	
- 6 blocs d'ancrage, 1 abri pour treuil.	<u>50 000</u>	

Total 1.2.2..... 585 000

1.2.3 - LIMNIGRAPHE

- Achat d'un limnigraphe OTT XX	200 000	
- 1,5 tonne de ciment	39 000	
- 4 manoeuvres à 200F.CFA par J.pendant 20J.	16 000	
- 1 maçon à 400F.CFA par J.pendant 20 J.	<u>8 000</u>	

Total 1.2.3..... 263 000

Total 1.2..... 1 240 500 F.CFA

1.3 - Kori Aza Malla

- Stabilisation du lit et des berges

- 30 gabions de 2,00x1,00x1,00 à 5 000CFA	150 000	
- Achat d'un limnigraphe OTT X	100 000	
- 0,5t de ciment	<u>13 000</u>	263 000

Main-d'oeuvre

- 15 manoeuvres à 200F.CFA pendant 15 J..	45 000	
- 1 maçon à 400F.CFA pendant 15 J.....	<u>6 000</u>	51 000
- 1 passerelle en tube 40-49.....		<u>206 000</u>

Total 1.3..... 520 000 F.CFA

1.4 - Kori Ouest

- Stabilisation du lit

- 16 gabions de 2,00x1,00x1,00 à 5 000CFA	80 000	
- Achat d'un limnigraphe OTT X.....	100 000	
- 0,5t de ciment	<u>8 000</u>	188 000

Main-d'oeuvre

- 15 manoeuvres à 200F.CFA pendant 10 J..	30 000	
- 1 maçon à 400F.CFA pendant 10 J.....	<u>4 000</u>	34 000
- 1 passerelle en tube 40-49		134 000
- 1 case pour logement du personnel.....		300 000
- Achat d'un pluviographe CEAF		<u>100 000</u>

Total 1.4..... 756 000 F.CFA

1.5 - Contrôle de la Nappe

- 1 mois de location d'une tarière mécanique Penndrill, modèle B..... 2 000 000
- Tubage de 400m de forage à 1 000 le mètre 400 000
- 12 bouchons vissés avec cadenas. 36 000
- 1 sonde 100 000
- 1 pompe immergée 180 000
- 1 groupe électrogène portatif... 125 000

Total 1.5..... 2 841 000 F.CFA

1.6 - Evapotranspiration

- 4 bacs de 4m2 de surface, de 1,50 de profondeur en tôle de 5mm 400 000

Total 1.6..... 400 000 F.CFA

1.7 - Pluviométrie

- Achat d'un pluviographe..... 100 000
- 30 pluviomètres 300 000

Total 1.7..... 400 000 F.CFA

Total équipement 6 157 500 F.CFA

2 - FONCTIONNEMENT

2.1 - Personnel

2.1.1 - Personnel expatrié

- 1 mois d'ingénieur à 685 000F.CFA)pour
- 4 mois d'agent technique à 670 000 F.CFA)mémoire

2.1.2 - Personnel local

- 5 observateurs pendant 4 mois à 8 000F.CFA p/mois (hydrométrie & pluviométrie)..... 160 000
- 2 observateurs pendant 12 mois à 8 000F.CFA p/mois (évapotranspiration et piézométrie) 192 000

Total 2.1..... 352 000 F.CFA

2.2 - Véhicules

- 2 Land Rover pendant 4 mois à 3000Km p/mois (25 l.au 100Km)..... 480 000

Total 2.2..... 480 000 F.CFA

2.3 - Déplacements

- Voyages avion NIAMEY-AGADES..... 500 000
- Indemnités de déplacement
- 1 x 10mois à 3500F.CFA par jour.....1 050 000
- 2 x 10mois à 400F.CFA par jour..... 240 000

Total 2.3..... 1 790 000 F.CFA

2.4 - Rapport

- Dactylographie, dessins, édition
du rapport 500 000

Total 2.4.... 500 000

Total 2 3 122 000 F.CFA

RECAPITULATIF DU DEVIS (ventilé suivant les opérations)

1 - EQUIPEMENT

I et O	{ 1.1 - Station d'Azel- assort ^{village} (pour mémoire)	
	{ 1.2 - Station de N'Douna	1 240 000
I _{BV}	{ 1.3 - Kori Aza Malla	520 000
	{ 1.4 - Kori Ouest	756 000
Δ S	{ 1.5 - Contrôle de la Nappe	2 841 000
E	{ 1.6 - Evapotranspiration	400 000
P	{ 1.7 - Pluviométrie	<u>400 000</u>
	Total équipement	6 157 500 F.CFA

2 - FONCTIONNEMENT

Total fonctionnement... 3 122 000 F.CFA

Total général 9 279 500 F.CFA

Arrondi à la somme de :

NEUF MILLIONS TROIS CENT MILLE FRANCS CFA./.

DEVIS GLOBAL AVEC VENTILATION TRADITIONNELLE1 - Personnel• 1.1 - Personnel expatrié

- 1 mois d'ingénieur à 685 000F.CFA) pour
- 4 mois de technicien à 670 000F.CFA) mémoire

1.2 - Personnel local

- manoeuvres : 855J.à 200F p/jour ... +171 000
- maçons : 85 J.à 400F p/jour..... 34 000
- observateurs : 44 mois à 8000 p/mois 352 000

Total 1.2.....

557 000F.CFA

2 - Equipement2.1 - Matériel

- 1 téléphérique 400 000
- 1 limnigraphe OTT XX 200 000
- 2 limnigraphes OTT X 200 000
- 2 pluviographes CERF 200 000
- 1 sonde 100 000
- 1 pompe 180 000
- 1 groupe 125 000

Total 2.1..... 1 405 000 F.CFA

2.2 - Matériaux

- ciment 117 000
- gabions 469 500
- passerelles 340 000
- bacs 400 000
- pluviomètres 300 000
- tubage 400 000
- divers(fer-en-U, serres-câbles, bou-
chons, ...) 521 000

Total 2.2..... 2 547 500 F.CFA

Total 2 3 952 500F.CFA

3 - Fonctionnement

- scideuse mécanique 2 000 000
- véhicules 480 000
- déplacements 1 790 000
- rapport 500 000

Total 3 4 770 000F.CFA

Total général 9 279 500F.CFA

.../...

Les dépenses comptabilisées dans ce devis concernent la première année d'étude, celle des aménagements et de l'équipement. Il va sans dire qu'il est nécessaire de prévoir dès maintenant 4 années d'étude complémentaire car l'année 1975 permettra seulement d'expérimenter nos projets.

Nous avons dit d'autre part, que le régime sahélien était surtout caractérisé par une très grande irrégularité interannuelle. Il nous faut donc obtenir une longue durée d'observation pour avoir une bonne connaissance des ressources en eau de cette région.

Seules les dépenses de fonctionnement, soit 3 600 000 F.CFA, seront à renouveler annuellement.

Il suffira, dans ces conditions, d'obtenir pour chacune des 4 années d'observation supplémentaires un crédit de 3 600 000 F.CFA.