

RAPPORT

SR LES ETUDES DU PLAN D'AMENAGEMENT DES
ETABLISSEMENTS RELATIFS A L'EXPLOITATION DE
UNE URANIUM DANS LA REGION AU SUD-OUEST
DE NIAGRA LA REPUBLIQUE DU NIGER

AOÛT 1978

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

523
66.5
MPN
14300

JICA LIBRARY



1064681[8]

AVANT-PROPOS

Le gouvernement japonais a chargé Japan International Cooperation Agency (l'Agence japonaise pour la Coopération Internationale) d'effectuer des études sur le plan d'aménagement des établissements nécessaires à l'exploitation des mines d'uranium de la République du Niger.

L'Agence a répondu à cette demande en envoyant au Niger pour une période de 41 jours allant du 11 février 1978 au 23 mars 1978 une mission d'étude composée de 11 membres sous la conduite de M. ONO Masami.

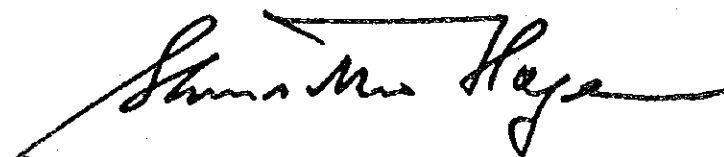
Grâce au concours du gouvernement et des diverses agences gouvernementales de la République nigérienne, la mission a pu terminer comme prévu ses enquêtes sur place. De retour au Japon, après avoir étudié et conçu le plan en se fondant sur les résultats d'enquête ainsi que sur les documents recueillis, elle vient de mettre au point le présent rapport.

Destinée à l'aménagement des routes et des conduits d'eau nécessaires à l'exploitation de mines d'uranium et des installations urbaines, cette étude porte un examen technique et économique de chaque établissement.

Nous souhaitons que ce rapport, utile à l'exploitation des mines d'uranium, constituera une aide au développement économique de la République nigérienne et à l'amitié nippo-nigérienne.

Enfin, nous voudrions exprimer notre profonde reconnaissance au Gouvernement nigérien, à l'Ambassade du Japon en Côte-d'Ivoire, au Ministère des Affaires Etrangères et au MITI pour les concours qu'ils nous ont apportés pour la conduite de cette enquête.

Août 1978



国際協力事業団	
参入 期日 84. 9. 24	5230
登録No. 09919	6613
	MPN

HOKEN Shinsaku
Président,
Japan International
Cooperation Agency

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I PREFACE

1-1	OBJECTIF DE L'ENQUETE -----	1
1-2	ETENDUE DES RECHERCHES EFFECTUEES -----	1
1-3	COMPOSITION DE LA MISSION D'ETUDE ET PROGRAMME D'INSPECTION -----	3

CHAPITRE II PROJET D'AMENAGEMENT DES ROUTES

2-1	BUTS DES RECHERCHES ET DU PROJET -----	5
2-2	ROUTES DE TRANSPORT -----	5
2-3	CONDITIONS DES ROUTES ACTUELLES -----	7
2-4	SELECTION DES ROUTES -----	10
2-5	PROJET D'AMENAGEMENT DES ROUTES -----	14

CHAPITRE III RECHERCHES SUR LES RESSOURCES EN EAU

3-1	BUT ET ORIENTATION DES RECHERCHES -----	35
3-2	TOPOGRAPHIE ET GEOLOGIE -----	37
3-3	RECHERCHES SUR L'ECOULEMENT DE L'EAU DE SURFACE ET SUR SON EXPLOITATION -----	38
3-4	HYDROGEOLOGIE -----	39
3-5	CHOIX DES POINTS DE SONDAGES DE RECHERCHE (REGION DE TEGGUDDA IN TESSOUM) -----	81
3-6	PROJET D'ETUDES ULTERIEURES -----	83

CHAPITRE IV PLANIFICATION URBAINE

4-1	SITE DE LA CITE -----	91
4-2	ECHELLE DE LA CITE -----	94
4-3	PLAN DE STRUCTURE -----	95
4-4	EFFETS DE DEVELOPPEMENT DUE A L'AMENAGEMENT URBAIN -----	96



CHAPITRE I PREFACE

1-1 OBJECTIF DE L'ENQUETE

Une exploitation des ressources d'uranium est menée conjointement par le gouvernement de la République nigérienne et une entreprise japonaise (International Ressources S.A.) au gisement de Tegguidda in Tessoum au Sud-Ouest de la région de l'Air du Niger.

Outre la production d'uranium, cette entreprise d'exploitation est destinée à jouer un rôle important dans l'essor économique et l'amélioration de la vie dans la région à travers l'aménagement de l'infrastructure qu'elle suscite.

Dans ce contexte, cette enquête a été entreprise pour étudier les possibilités d'aménager selon un plan rationnel les infrastructures sociales telles que les routes, le système d'approvisionnement de l'eau, les installations urbaines etc, qui sont liés au développement régional, et ainsi que dans le but d'aménager les diverses conditions pour la mise au point d'un plan fondamental.

1-2 ETENDUE DES RECHERCHES EFFECTUEES

A propos des reconnaissances sur les conditions socio-naturelles qui seront la base du projet et de la conception des équipements, relatifs à l'exploitation des minerais d'uranium de la région Sud-Ouest de l'Air, nous avons essayé d'approfondir la connaissance globale sur le vaste domaine qui comprend l'aire d'exploitation de Tegguidda in Tessoum et les villes voisines (In Gall, Agadès, Arlit). Particulièrement en ce qui concerne les recherches sur la condition sociale réelle, du fait de la faible densité de l'activité sociale de la région intéressée, nous nous sommes efforcés de recueillir des documents et des informations nécessaires auprès des organismes gouvernementaux à Niamey et des autorités d'Agadès.

Les recherches effectuées pour chaque domaine (route, ressources en eau, urbanisme) sont les suivantes.

1) Recherches sur les routes

- Prospection des routes existantes relatives au projet (200 km d'environ

entre Niamey et Tegguida in Tessoum)

- Recherches sur matériaux de sous-couche et recherches topographiques et géologiques.
- Recherches sur rivières, drainages, ponts et sur leur tracé.
- Collecte des informations sur les routes et des documents concernant la construction.

2) Recherches sur les ressources en eau

- Recherches hydrologique, recherches sur l'état actuel des sources.
- Battages électriques (profondeur de 150 à 200m : 14 points)
- Essais de la nature de l'eau (11 points)
- Collecte des documents concernant les conditions hydrologiques , les forages et les matériels.

3) Etude pour le plan urbain

- Inspection de la région et sélection préliminaire des endroits candidats pour la construction de la ville
- Inspection des villes minières existantes. (Arlit, Akokan)
- Acquisition des documents sur les normes de planification urbaine, les matériaux de construction, etc.

1-3 COMPOSITION DE LA MISSION D'ETUDE ET PROGRAMME D'INSPECTION

La mission est composée de 11 membres dont 9 de Yachiyo Engineering Co., Ltd., 1 fonctionnaire de Ministry of International Trade and Industry, et 1 autre de Japan International Cooperation Agency. Leurs rôles respectifs sont donnés ci-dessous, tandis que le programme de l'inspection de la mission au Niger est donné dans le Tableau 1-1.

- | | |
|--------------------------|--|
| M. ONO Masami : | Chef de la mission, chargé de la coordination générale, de Yachiyo Engineering Co., Ltd. |
| M. YOSHIDA Takeshi ; | chargé des effets de développement, de Yachiyo Engineering Co., Ltd. |
| M. SETOGUCHI Kenichi : | chargé des plans de routes, de Yachiyo Engineering Co., Ltd. |
| M. NAKANISHI Hiroshi : | chargé de la planification des ressources d'eau, de Yachiyo Engineering Co., Ltd. |
| M. YAMASHITA Chifumi ; | id. |
| M. TSUJIMOTO Tetsufumi : | id. |
| M. ARAI Saburo : | chargé de la planification urbaine, de Yachiyo Engineering Co., Ltd. |
| M. TANAKA Kenji : | id. |
| M. NAGASAWA Ryohei : | chargé de l'enquête économique, de Ministry of International Trade and Industry. |
| M. KAKUI Katsutoshi : | chargé de la coordination des travaux, de Japan International Cooperation Agency. |

TABLEAU 1-1 PROGRAMME DE L'INSPECTION DE LA MISSION

N°	Date	Routes	Détail
1978			
1	le 11 fév. (sam.)	Tokyo - Paris	
2	le 12 fév. (dim.)	Paris - Abidjan	
3	le 13 fév. (lun.)	Abidjan	— Visite de l'ambassade du Japon et conférence sur la présente étude
4	le 14 fév. (mar.)	Abidjan - Niamey	
5	le 15 fév. (mer.)	Niamey] Visite des organismes gouvernementaux et explication sur la présente étude
6	le 16 fév. (jud.)	Niamey	
7	le 17 fév. (ven.)	Niamey - Agadès	
8	le 18 fév. (sam.)	Agadès	Visite du préfet d'Agadès
9	le 19 fév. (dim.)	Agadès - Teguidda in Tessoum] Visite des concessions minières de Teguidda in Tessoum
10	le 20 fév. (lun.)	Teguidda in Tessoum - Agadès	
11	le 21 fév. (mar.)	Agadès	— Visite des organismes gouvernementaux locaux
12	le 22 fév. (mer.)	Agadès - Arlit	
13	le 23 fév. (jud.)	Arlit	— Visite du sous préfet d'Arlit,
14	le 24 fév. (ven.)	Arlit	— Visite des villes minières d'Arlit et Akokan
15	le 25 fév. (sam.)	Arlit - Agadès	
16	le 26 fév. (dim.)	Agadès] Résultat et vérification du programme de la future étude
17	le 27 fév. (lun.)	Agadès	
18	le 28 fév. (mar.)	Agadès - Niamey	
19	le 1 ^{er} mars (mer.)	Niamey] Visite des organismes gouvernementaux et des compagnies privées, recueil des documents et des informations
20	le 2 mars (jud.)	Niamey	
21	le 3 mars (ven.)	Niamey	
22	le 4 mars (sam.)	Niamey	
23	le 5 mars (dim.)	Niamey	
24	le 6 mars (lun.)	Niamey	
25	le 7 mars (mar.)	Niamey	
26	le 8 mars (mer.)	Niamey	
27	le 9 mars (jud.)	Niamey	
28	le 10 mars (ven.)	Niamey	
29	le 11 mars (sam.)	Niamey	
30	le 12 mars (dim.)	Niamey	
31	le 13 mars (lun.)	Niamey	
32	le 14 mars (mar.)	Niamey	
33	le 15 mars (mer.)	Niamey	
34	le 16 mars (jud.)	Niamey	
35	le 17 mars (ven.)	Niamey	
36	le 18 mars (sam.)	Niamey - Abidjan	
37	le 19 mars (dim.)	Abidjan] Inspection de la ville d'Abidjan, Visite de l'ambassade du Japon et rapport au sujet de la présente étude
38	le 20 mars (lun.)	Abidjan	
39	le 21 mars (mar.)	Abidjan - Paris	
40	le 22 mars (mer.)	Départ pour Tokyo	
41	le 23 mars (jud.)	Arrivée à Tokyo	

CHAPITRE II PROJET D'AMENAGEMENT DES ROUTES

2-1 BUTS DES RECHERCHES ET DU PROJET

L'exploitation des mines d'uranium exige d'abord l'aménagement des routes pour le transport des matériaux, des matériels, des membres de l'équipe et des produits d'extraction. En même temps, ces routes pourront servir aux habitants et contribuer au développement de cette zone. Cela fait l'objet de notre projet.

2-2 ROUTES DE TRANSPORT

Comme l'indique la figure 2-1, il y a quelques itinéraires possibles pour le transport du personnel, du matériel, etc. en passant par les pays voisins. Parmi ces itinéraires, il y a 4 routes pour le transport du matériel depuis le golfe du Bénin.

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| ① la route du Bénin : | Cotonou - Parakou - Dosso |
| ② la route du Togo : | Lome - Haute Volta - Niamey |
| ③ la route de Côte d'Ivoire : | Abidjan - Haute Volta - Niamey |
| ④ la route du Nigéria : | Lagos - Kano - Maradi (ou Zinder) |

A ce tableau, on pourrait ajouter la route de l'Algérie en passant par le Transsaharien et se dirigeant vers la route nationale du Niger (RN11), toutefois, l'enquête effectuée sur le transport des machines lourdes est insuffisante.

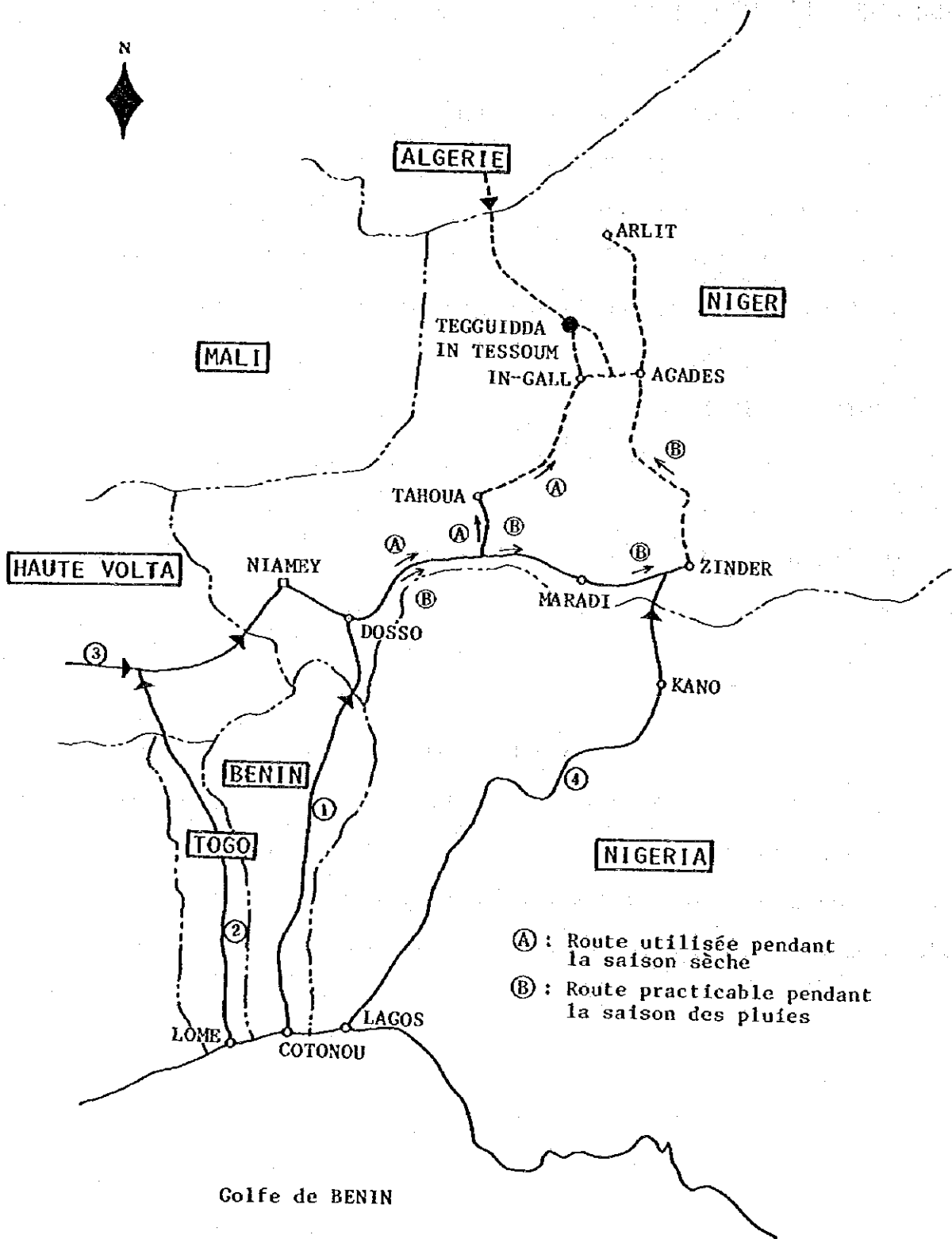


FIGURE 2-1 ROUTES DE TRANSPORT DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET DES MACHINES

2-3 CONDITIONS DES ROUTES ACTUELLES

Il y a deux routes qui relient la capitale Niamey au site de l'exploitation des mines d'uranium dans la zone au Sud-Ouest de l'Aïr.

Ces deux routes sont les suivantes : la route A, praticable pendant la saison sèche et la route B praticable pendant la saison des pluies. Voici les tronçons, la longueur et les conditions de ces routes (route A et route B).

Route A

Tronçons	Longueur (en km)	Catégorie des routes	Remarques	
Niamey	140	Largeur de revêtement 7,00m, 3 couches de macadam traité en pénétration	praticables pendant la saison des pluies	
Dosso				
Birni n Konni	282	Largeur de revêtement 6,00m, 2 couches de macadam traité en pénétration		
Tahoua	152	- dito -		
Tabalak	51	Route de latérite		
In Gall	271	Piste(entretenue par l'office des travaux publics)		impraticables pendant la saison des pluies
Tegguidda in Tessoum	88	Piste		
Total	984 km			

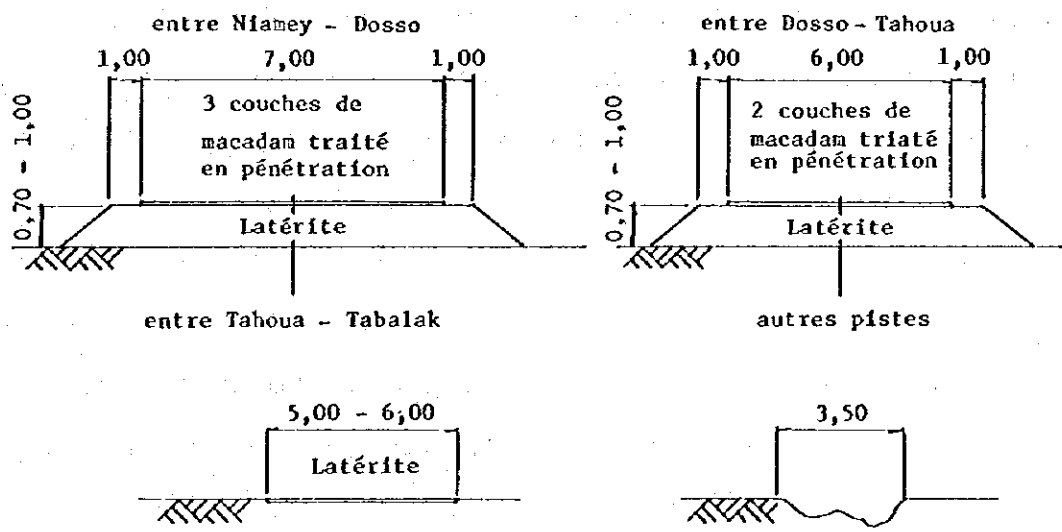


FIGURE 2-2 CATEGORIE DES ROUTES

Route B

Tronçon	Longueur (en km)	Catégorie des routes	Remarques
Niamey	140	Largeur de revêtement 7,00, 3 couches de macadam traité en pénétration	Praticable pendant la saison des pluies
Dosso	282	Largeur de revêtement 6,00m, 2 couches de macadam traité en pénétration	
Birni n Konni	250	- dito -	
Maradi	237	- dito -	
Zinder	447	Route en gravier	Impraticable pendant la saison des pluies
Agadès	186	Piste	
Tegguidda in Tessoum			
Total	1542 km		

La route A, appelée route de la saison sèche, relie la capitale Niamey à la ville de Birni n Konni et puis, par la route nationale N°25, arrive à la ville de Tegguidda in Tessoum, via Tahoua et In Gall. La longueur de cette route est de 984 kilomètres.

La route B, qui remplace la route A pendant la saison des pluies, suit la route nationale N°1 comme la route A, depuis Niamey, et arrive à la ville de Birni n Konni ou via Kano (Nigéria). Puis la route B suit la route nationale N°11 et arrive à Agadès. La longueur de la route B atteint 1356 km. Pendant la saison des pluies, le tronçon Tahoua-In Gall-Tegguidda in Tessoum (Route A) et le tronçon Agadès-Tegguidda in Tessoum (Route B) sont impraticables. Ainsi pendant cette saison, les 2 routes sont impraticables (tronçon jusqu'à Tegguidda in Tessoum) et le site d'exploitation des mines d'uranium se trouve complètement isolé.

Actuellement la route A utilisée pendant la saison sèche est la route princi-

pale destinée au transport du matériel et du combustible débarqués, pour l'Air, aux ports de Cotonou, Lomé et Abidjan etc.. La route B n'est utilisée sauf cas particuliers et pendant la saison des pluies. Mais de toutes façons, il est évident que la mauvaise condition des routes nous empêche de transporter le matériel et surtout les machines lourdes sensibles aux cahots. D'ailleurs, il y a le projet pour réaliser la route dite l'Uranium au long de la route A, ce qui devrait être achevée d'ici le mois de mars 1981. Dans l'avenir, cette nouvelle route deviendra la route principale qui conduise à la zone de Tegguidda in Tessoum en passant par la route d'embranchement d'In Gall, au lieu de prendre la route nationale N° 25. L'état actuel de la route A est comme suit.

Tronçon Niamey - Tahoua :

Le tronçon Niamey - Birni n Konni est la route nationale N° 1 et le tronçon Birni n Konni - Tahoua est la route nationale N° 25. Dans ces tronçons, la base de la route est constituée de terre tassée et recouverte d'asphalte. Ces tronçons de route sont bien équipés pour l'évacuation des eaux (ponts, ponceau avec dalles, tuyaux en forme de corrugation, etc.).

Toutefois il est à noter que le pont situé à 18 kilomètres de Tahoua en direction de Niamey et le pont près du village de Baga ont été détruits pendant la saison des pluies. Pour cette raison, on est obligé de faire un détournement par une route provisoire construite au long de la route nationale.

Tronçon Tahoua - Tabalak :

Le tronçon Tahoua - Tabalak est la route nationale N° 25. Le revêtement est en latérite et les équipements d'évacuation des eaux (radiers submersibles, tuyaux en forme de corrugation) sont bien aménagés. Cependant la surface de la route est souvent déformée et très cahotante à cause de la nature de la latérite. Cela abaisse sa capacité de transport. Et pendant la saison des pluies, certaines parties de la route sont submergées à cause de l'eau qui déborde de 2 lacs situés près du village de Tabalak. Et pendant 3 mois cette route est impraticable.

Tronçon Tabalak - In Gall :

Le tronçon Tabalak - In Gall est la route nationale N°25. Mais cette route n'a pas été aménagée et est restée une "piste". Donc cette route est difficile de rouler même pendant la saison sèche, car la surface de la route devient inégale à cause des traces des véhicules. Cette route est impraticable pendant la saison des pluies en raison de l'oued qui traverse près d'Abalak, Ekisman, Tafamaner, In Wagueur et d'In Gall.

Tronçon In Gall - Tegguidda in Tessoum :

Ce tronçon ne fait pas partie de la route nationale et le bureau des travaux publics ne s'occupe donc pas de son entretien et de sa réparation. De plus, dans ce tronçon on trouve aussi une piste. Ses conditions sont donc extrêmement mauvaises. Du fait qu'il traverse des montagnes, il passe très souvent dans des terrains marécageux et des koris et même pendant la saison sèche il est difficile d'emprunter ce tronçon et pendant la saison des pluies, il est virtuellement impraticable.

Tronçon In Gall - Agadès, Tronçon Tegguidda in Tessoum - Assaouas :

Le tronçon entre In Gall et Assaouas est la route nationale N°25 et celui entre Tegguidda in Tessoum et Agades est la route nationale N°11, mais en fait, tous deux, sont des pistes. Pendant la saison des pluies, ces deux tronçons deviennent impraticables à cause des débordements des oueds d'In Gall, d'Irhazèr et d'Agadès qui sont considérés comme trois grands koris de cette région.

2-4 SELECTION DES ROUTES

Afin de construire une route praticable au cours de la sécheresse et de la saison des pluies entre Niamey et Tegguidda in Tessoum, nous avons choisi des routes reliant Tahoua que l'on pourrait atteindre depuis Niamey même pendant la saison des pluies à Tegguidda in Tessoum (par la route A), ou bien d'Agadès à Tegguidda in Tessoum (par la route B).

Nous proposons la construction de route conduisant à la zone envisagée, en tenant compte de la saison des pluies, étant donné que les conditions des emplacements varieront dans une large mesure avant et après l'achèvement de la route Tahoua -Arlit dite de "l'uranium" mentionnée ci-dessus.

2-4-1 ITINERAIRES AVANT L'ACHEVEMENT DE LA ROUTE DITE DE "L'URANIUM"

Avant l'achèvement de la route de l'uranium qui est prévue pour mars 1981, nous pouvons envisager des routes N°1, N°2 et N°3 comme l'indiquent la figures 2 - 3. Après avoir examiné ces trois routes, nous avons choisi la route N° 2 pour les raisons suivantes.

Les routes N°1, N°2 et N°3 font toutes partie des routes nationales N°25 et 11, excepté le tronçon entre In Gall et Tegguidda in Tessoum. En ce qui concerne la longueur totale de chacune de ces routes, celle de la route N°.1 est de 186km, celle de la route N°.2 est de 214 kilomètres et celle de la route N°.3 s'étend sur 410 kilomètres.

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, quoique ce soient des routes nationales, ces routes n'ont pas du tout été aménagées excepté un tronçon de près de 51 kilomètres depuis Tahoua, et elles sont plutôt des routes naturelles, appelées " pistes " et ne sont que des traces de voitures laissées pendant la saison sèche. Chaque route s'étend sur une plaine sablonneuse et il n'y a pas de grandes différences topographiques entre elles, ce qui n'entraîne pas de grandes différences dans les coûts que ce soit pour la construction d'une nouvelle route ou pour l'aménagement de routes qui existent déjà. A ce point de vue, la construction de la route N°.1 qui est la plus courte requiert le moins de frais, mais nous avons choisi la route N°.2 reliant Agadès, In Gall à Tegguidda in Tessoum pour l'utiliser jusqu'à mars 1981, afin d'améliorer le niveau de vie des habitants locaux, d'élargir le marché de la main-d'oeuvre et les perspectives de la construction de la route de l'uranium.

Les conditions de la route existante entre In Gall et Tegguidda in Tessoum faisant partie de la route N°.2 sont extrêmement défavorables, étant donné qu'elle

traverse des oueds et des plaines s'étendant sur une distance de 8 kilomètres (elles se transforment en terrains boueux pendant la saison des pluies). Dans ces circonstances, il est avantageux de construire une nouvelle route dans la zone montagneuse du côté Est, au lieu d'aménager la route existante, afin de l'utiliser avant l'achèvement de la route de l'uranium.

Mais pour construire une nouvelle route la plus économique, il faut mener à fond des enquêtes sur des conditions topographiques et géologiques de la zone concernée et mettre au point des cartes topographiques, même en effectuant des mesures aériennes, parce que la construction dans les montagnes causerait quelques points difficiles (excavation de roches et très fortes pentes).

D'autre part, la succursale d'Agadès du bureau des travaux publics envisage actuellement d'aménager la route reliant In Gall à Agadès et on peut assurer la communication routière en poursuivant les travaux d'aménagement de la route nationale N° 25, actuellement entrepris par le gouvernement nigérien.

En ce qui concerne la route N° 3, le tronçon entre Tahoua et Ekisman (long de 170 kilomètres) fait partie de la route de l'uranium et les travaux d'aménagement se poursuivent depuis mars 1978.

	Route N° 1	Route N° 2	Route N° 3
Agglomérations	4	4	8
Puits	8	9	16
Longueur(en km)	186	214	410

TABLEAU 2-1 NOMBRE DES AGGLOMERATIONS ET DES PUIITS

2-4-2 ITINERAIRE APRES L'ACHEVEMENT DE LA ROUTE DE L'URANIUM

Il est évident qu'une prolongation de 88 kilomètres de la route secondaire d'In Gall sera utilisée comme mentionné ci-dessus pour assurer les transports entre Niamey et Tegguidda in Tessoum après l'achèvement de la route de l'uranium en mars 1981 et après l'achèvement de la route d'embranchement (48 km de longueur) d'In Gall.

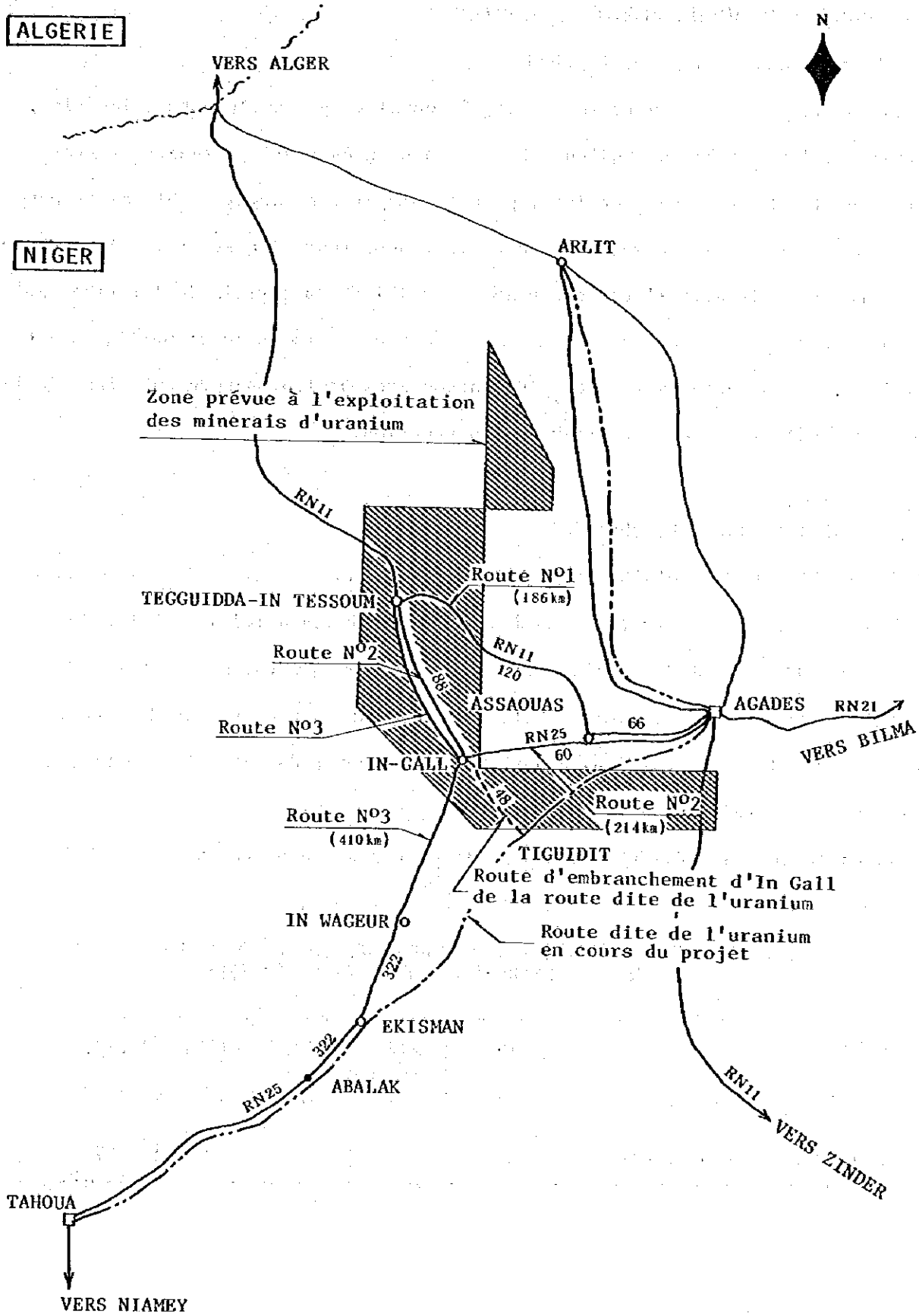


FIGURE 2-3 ROUTES PREVUES D'AMENAGEMENT

2-5 PROJET D'AMENAGEMENT DE ROUTES :

2-5-1 SOUS-FONDATION ET SOUS-COUCHE

La nature du sol de la région concernée consiste par 4 éléments : latérite, terrain sableux, terrain argileux et terrain en grès (grès d'Agadès et grès d'Irhazèr). Mais le sol consiste, pour la plupart, en argile sableuse et est censé avoir une solidité satisfaisante comme sous-fondation sur toute la longueur de la route projetée. Il est préférable d'utiliser du terrain de latérite, qui durcit facilement, comme matériaux de sous-couche, mais quand on utilise d'autres matières, il est nécessaire d'examiner attentivement leur nature en raison de la longueur de la route et des frais de construction.

2-5-2 INSTALLATIONS DE DRAINAGE

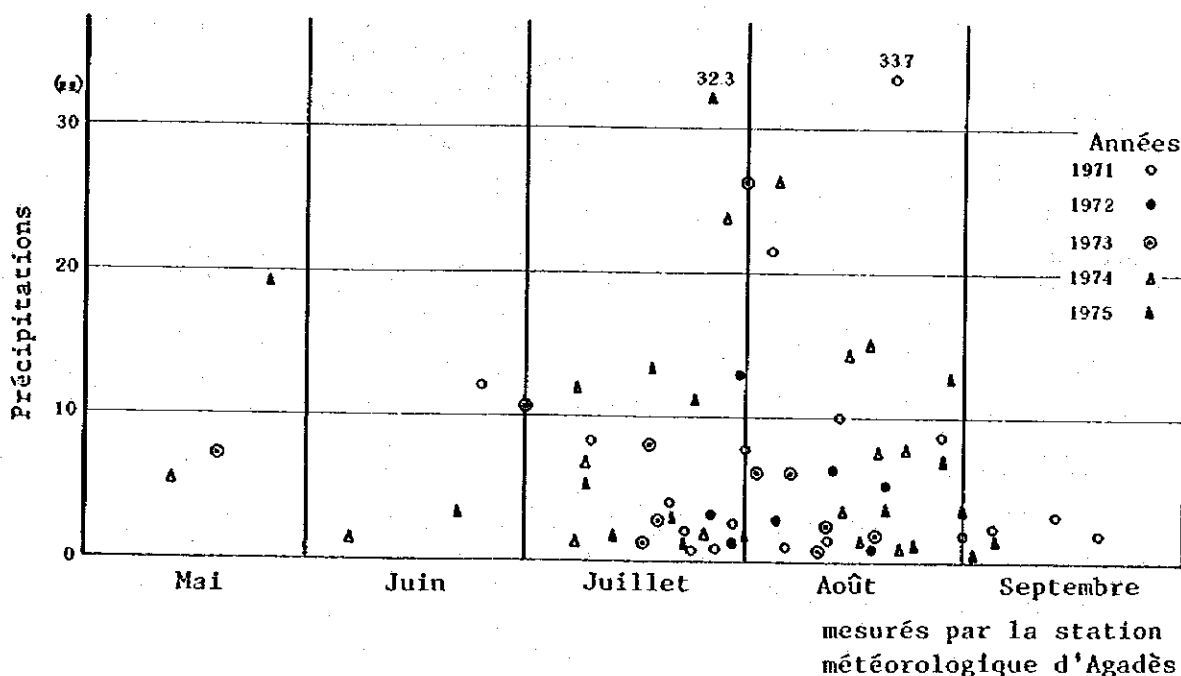
1) CHUTES DE PLUIE ET CARACTERISTIQUES

Dans la région concernée (au nord de Tahoua), la quantité des chutes de pluie annuelles est très faible et le climat est en général sec du type saharien. La saison des pluies et la saison sèche sont nettement divisées. Après la grande sécheresse qui a duré 5 ans à compter de 1968, la quantité des chutes de pluie annuelles a augmenté.

Voici la quantité des chutes des pluies enregistrée entre 1971 et 1975.

TABLEAU 2-2 PRECIPITATIONS ET JOURS DE CHUTES DE PLUIE
MESURES PENDANT LES CINQ ANEES PASSES

Anée	1971	1972	1973	1974	1975
Précipitations(en mm)	92	73	76	136	130
Jours des chutes de pluie	21	23	13	23	27



Il est à noter que l'on enregistre des chutes de pluie comparativement abondantes deux ou trois fois par an (10mm/jour), et qu'elles durent plus de 10 jours. Ces chutes de pluie se concentrent sur une zone réduite pendant une durée très courte, et les eaux de pluie restent pendant un ou deux mois dans les endroits creux.

2) INSTALLATION DE DRAINAGE ET OUVRAGES D'ART

Il est nécessaire de construire des installations de drainage traversant des routes, ainsi que des fossés reliant ces installations, du fait qu'on établit une sous-couche à l'aide du remblayage sur le terrain actuel. Soit des tuyaux d'égouts, soit des ponceaux sont installés, compte tenu des conditions topographiques aux alentours.

La position des installations de drainage de chaque route est montrée dans les figures 2-6 à 2-7 et le modèle standard de ces installations est indiqué dans les figures 2-8 à 2-11.

TABLEAU 2-3 TUYAUX DE DRAINAGE ET PONCEAUX

Zones	Ponceaux		Tuyaux de drainage			Remarques
	Simple	double	simple	double	4 lignes	
Agadès - Assaouas	0	0	0	2	1	Routes NOS 1 et 2
Tegguidda in Tessoum - Assaouas	0	40	6	11	11	Route N° 1
In Gall - Assaouas	0	62	4	7	4	Route N° 2
Tegguidda in Tessoum - In Gall	3	63	17	12	28	Routes Nos 2 et 3
Tahoua - In Gall	12	94	46	29	11	Route N° 3

• PONTS

Il faut construire des ponts en deux endroits pour traverser la rivière d'In Tilin à 235,2 kilomètres de Tahoua entre Tahoua et In Gall (la route N°25), ainsi que la rivière d'In Gall à 315,6 kilomètres de Tahoua et près d'In Gall. La construction de ces deux ponts est prévue pour la route N°3 et leur envergure est analogue.

• RADIERS SUBMERSIBLES

Des radiers submersibles seront construites aux endroits dont la largeur de l'oued est importante. Le détail est donné dans le tableau 2-4 ci-dessous.

TABLEAU 2-4 RADIERS SUBMERSIBLES

Zones	Distance entre 2 endroits	Longueur	Remarques
Tegguidda in Tessoum - Assaouas Route N° 1	(en m) 81,4	(en km) 100	Traverse des oued d'Irhazèr, de Wan et d'Agadès
In Gall - Assaouas Route N° 2	0,4	200	Traverse de l'oued d'In Gall
	57,8	100	Traverse des oueds d'Irhazèr, de Wan et d'Agadès
Tahoua - In Gall Route N° 3	41,4	100	Traverse du marais près du village de Tabalak
	44,3	50	- dito -
	110,2	50	Traverse du marais près du village d'Akibenou

2-5-3 SIGNALISATION ROUTIERE

Pour assurer la sécurité de la circulation des voitures, on installe des signaux comme suit :

- des signaux de distance tous les 5 kilomètres
- des signaux de distance tous les kilomètres
- des signaux de danger, d'interdiction et de virage
- des signaux de route et d'avertissement

2-5-4 NOMBRE APPROXIMATIF DES TRAVAUX ET COUTS DE CONSTRUCTION

Les coûts de construction d'une route de 214 kilomètres reliant Agadès, In Gall à Tegguidda in Tessoum sont estimés à près de 4 milliards 430 millions de ECFA, comme l'indique le tableau 2-5. Les points suivants ont été pris en considération comme critère du nombre approximatif des travaux :

- 1) Utiliser tel quel le tronçon de 66 kilomètres de la route nationale N^o.11 entre Agadès et Assaouas et n'envisager que l'aménagement de la surface de la route.
- 2) Effectuer l'aménagement du tronçon de 60 kilomètres de la route nationale N^o.25 entre Assaouas et In Gall le long de la route actuelle et compléter les installations de drainage et les ouvrages dans les endroits creux, comme l'indique la figure 2-7.
- 3) Compléter les installations et les ouvrages dans les endroits creux le long de la route actuelle utilisée pendant la saison sèche, sur une distance de 88 kilomètres entre In Gall et Tegguidda in Tessoum, comme l'indique la figure 2-6 et construire une route praticable par tous les temps, mais ne pas effectuer le revêtement en asphalte.

TABLEAU 2-5 : QUANTITE ET COUT DES TRAVAUX DES ROUTES PENDANT
LA DUREE DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION

Travaux	Dimensions	Unité	In Gall Tegguidda in Tessoum		In Gall Agadès	
			Quantité	Prix unitaire en 1000FCFA 2,5	Montant en 1000FCFA	Quantité
Remblayage		m ³	146.120	365.300	120.300	300.750
Terres de sous-couche		m ³	97.390	1100.507	52.300	590.990
Caniveaux		m	150.000	180.000	180.000	216.000
Dalot avec dalles	1 x 2,0m x 1,0m	lieu	3	5.470	0	0
	2 x 2,0m x 1,0m	lieu	63	8.030	62	497.860
Tuyaux en forme de corrugation	1 ø x 0,8	lieu	17	1.420	4	5.680
	2 ø x 0,8	lieu	12	2.830	9	25.470
	4 ø x 0,8	lieu	28	5.040	5	25.200
Total des points ci-dessus				2.367.327		1.661.950
Frais de recherches et du projet	10% du coût des travaux			232.673		168.050
Total				en 1000FCFA 2.600.000		en 1000FCFA 1.830.000

TEGGUIDA IN TESSOUM ~ ASSAOUAS

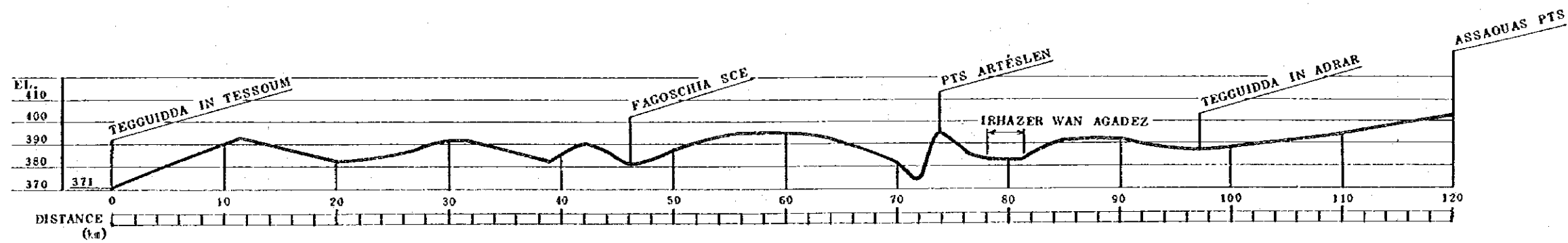
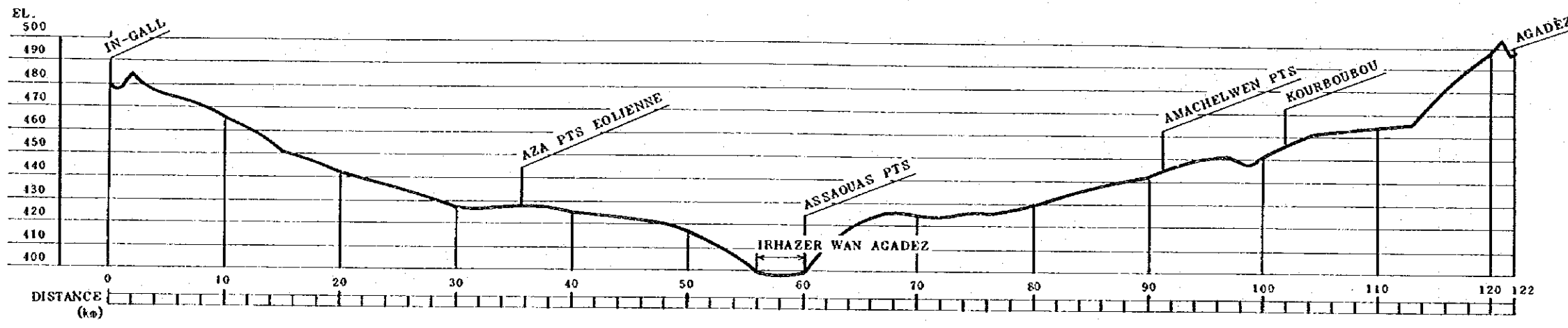
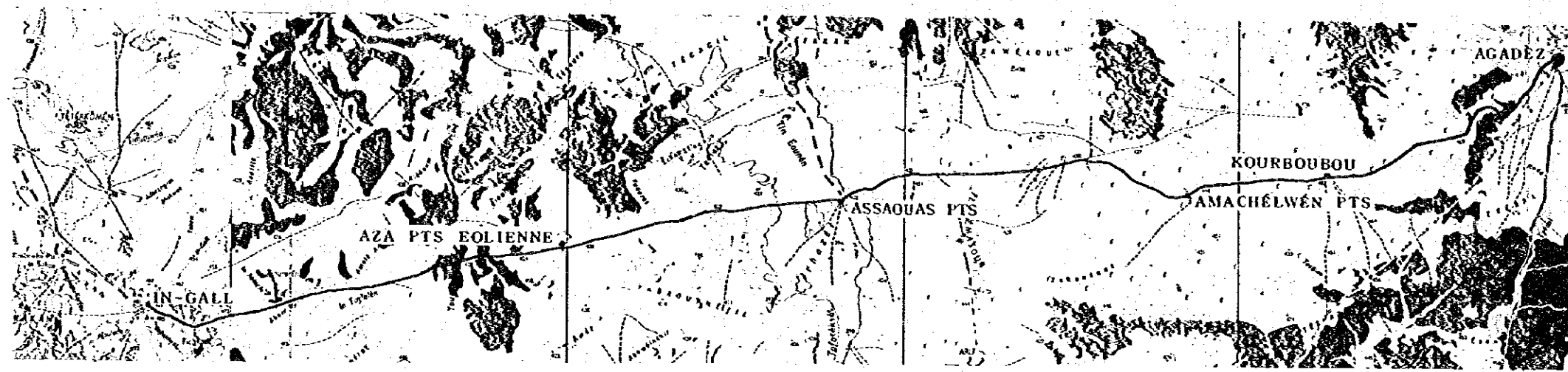


FIGURE 2-4 VUES EN PLAN ET EN COUPE (1/2)

IN-GALL ~ AGADEZ



TEGGUIDA IN TESSOUM ~ IN-GALL

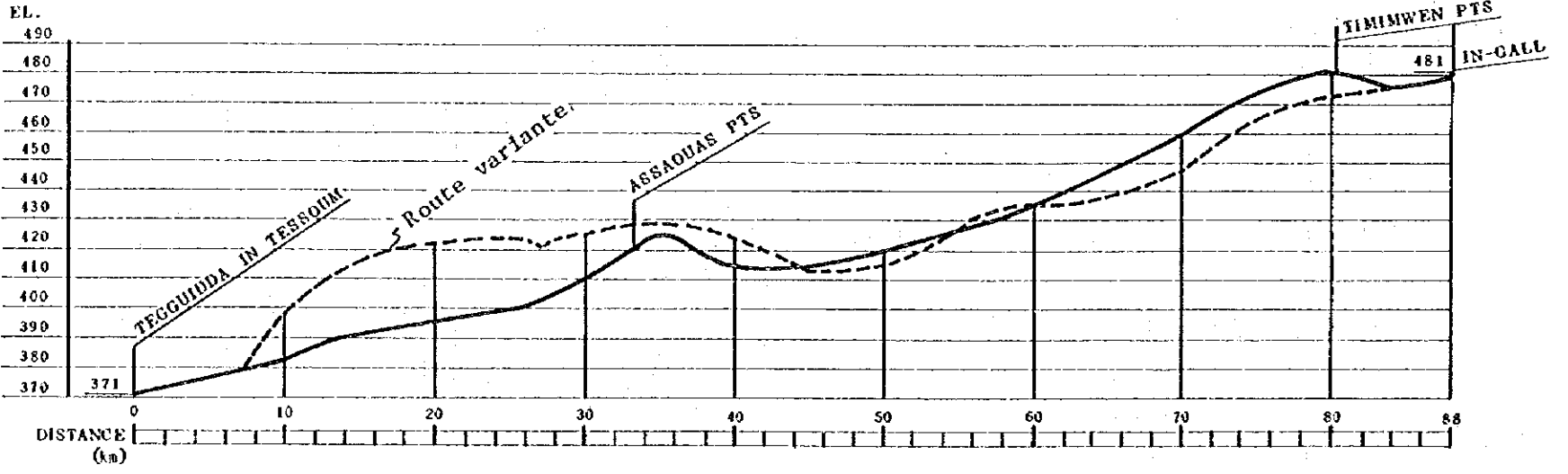
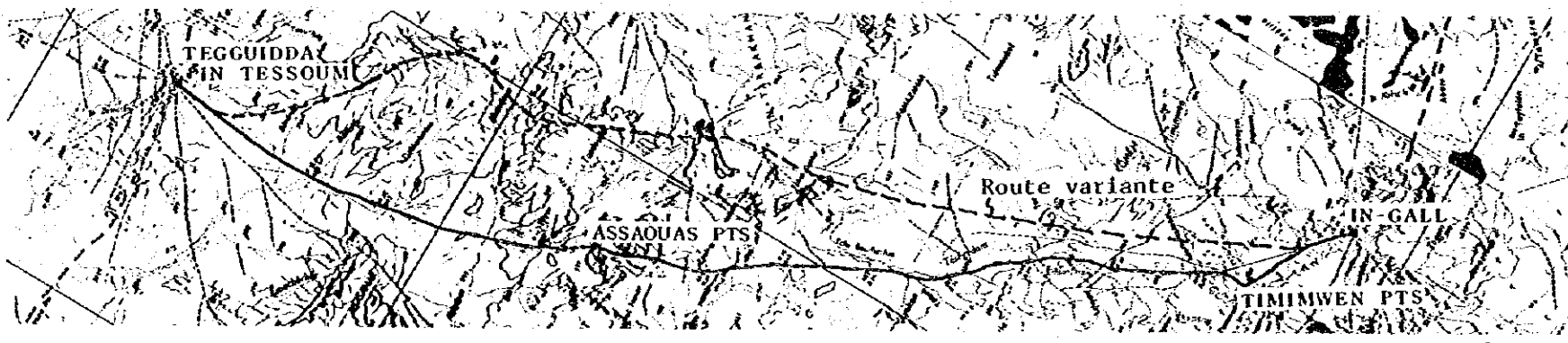
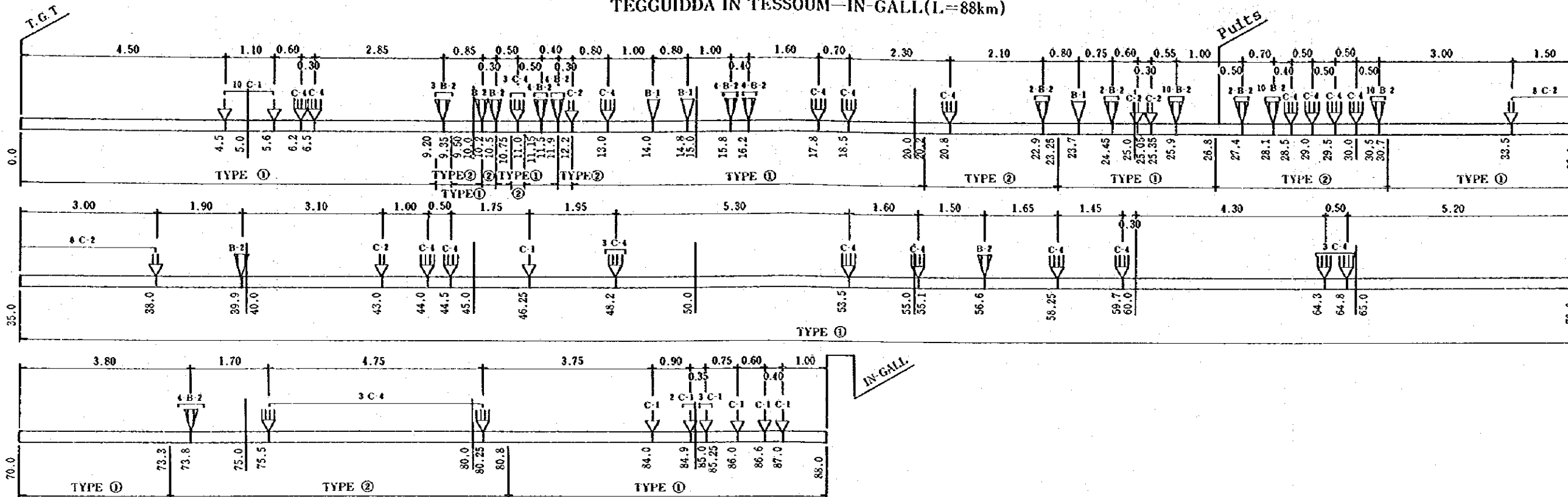
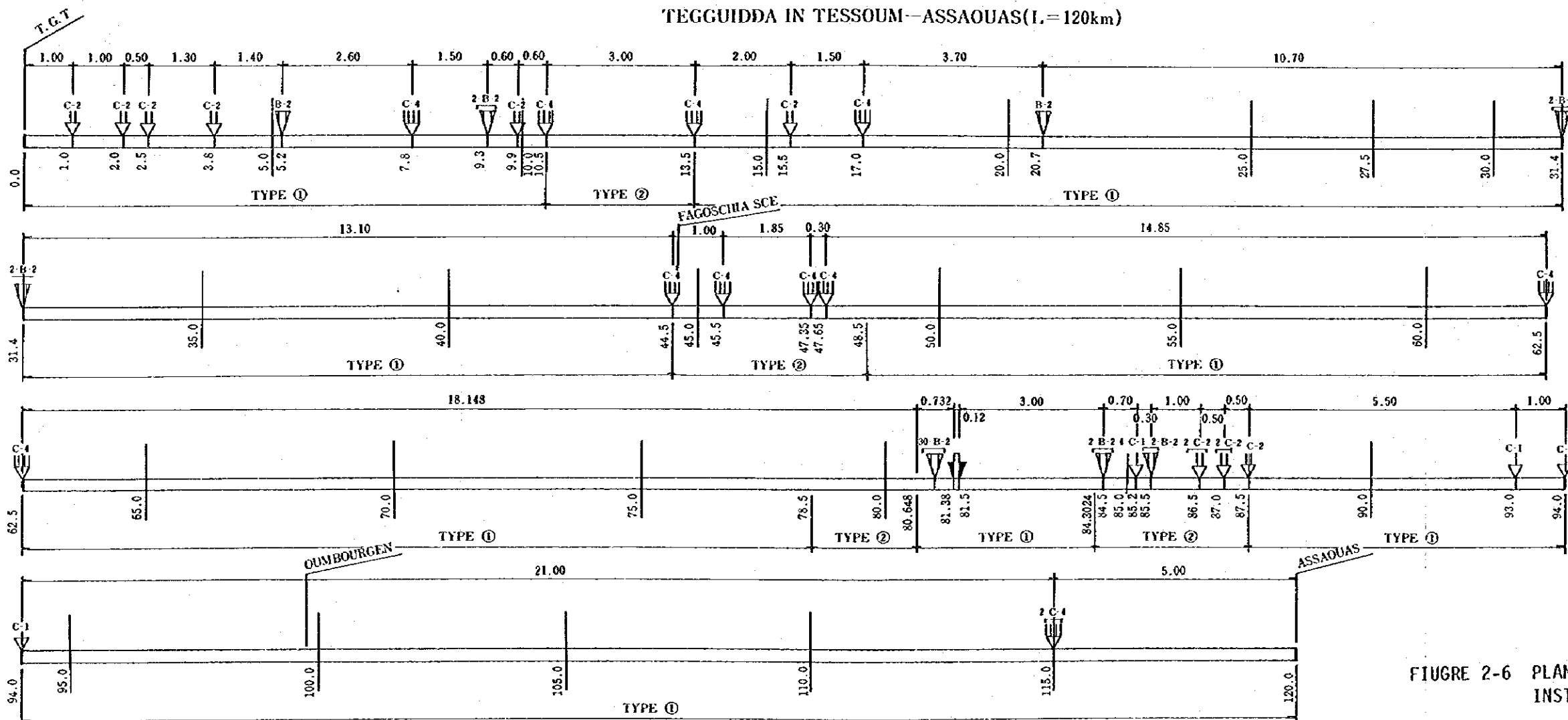


FIGURE 2-5 VUES EN PLAN ET EN COUPE (2/2)

TEGGUIDA IN TESSOUM-IN-GALL(L=88km)



TEGGUIDA IN TESSOUM-ASSAOUAS(L=120km)



- Radiers submersibles
- B-1
- B-2
- C-1
- C-2
- C-4
- TYPE 1
- TYPE 2

FIGURE 2-6 PLANS DE SITUATION DES INSTALLATIONS DE DRAINAGE(1/2)
Unité : km

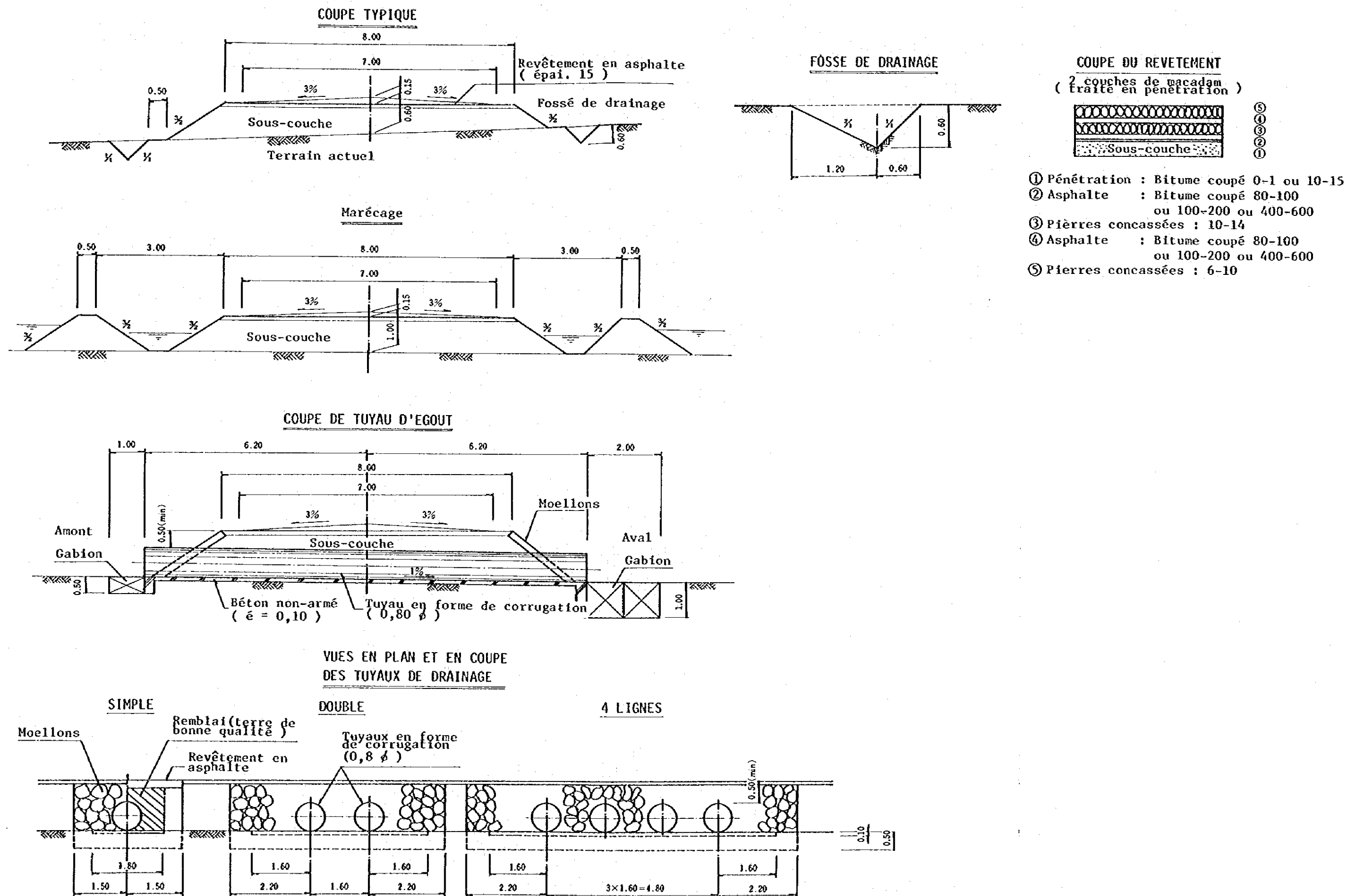
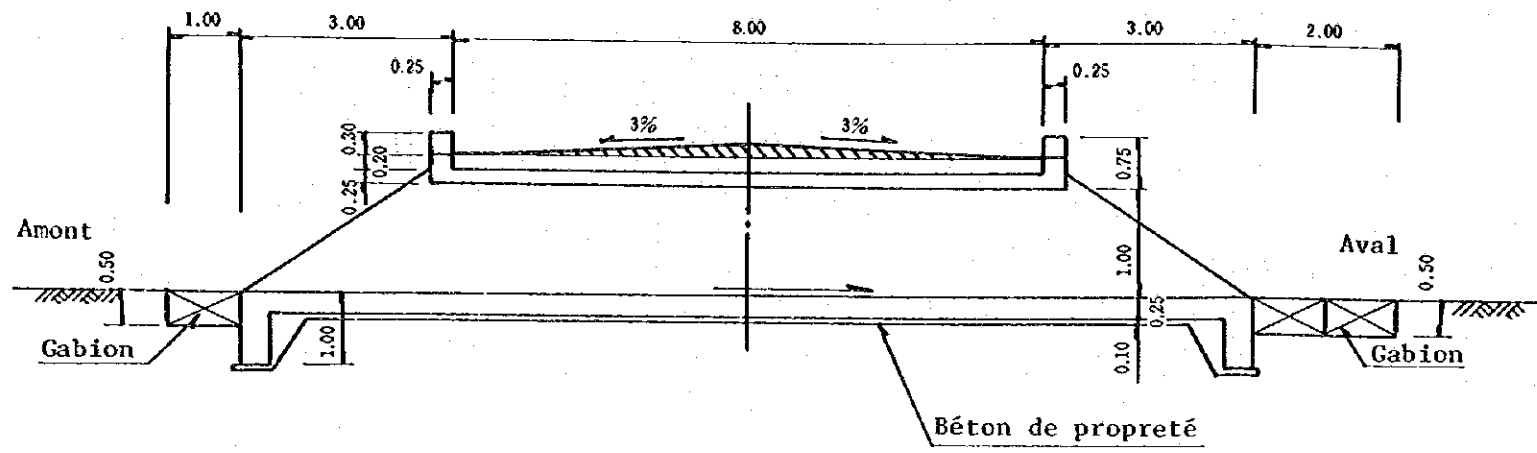
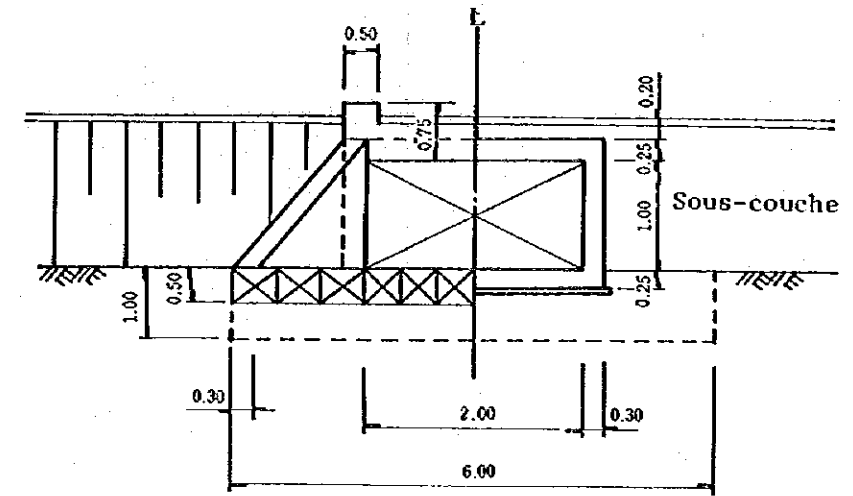


FIGURE 2 - 8 PLAN DES SOUS-COUCHE, DES TUYAUX DE DRAINAGE ET DES FOSSES DE DRAINAGE

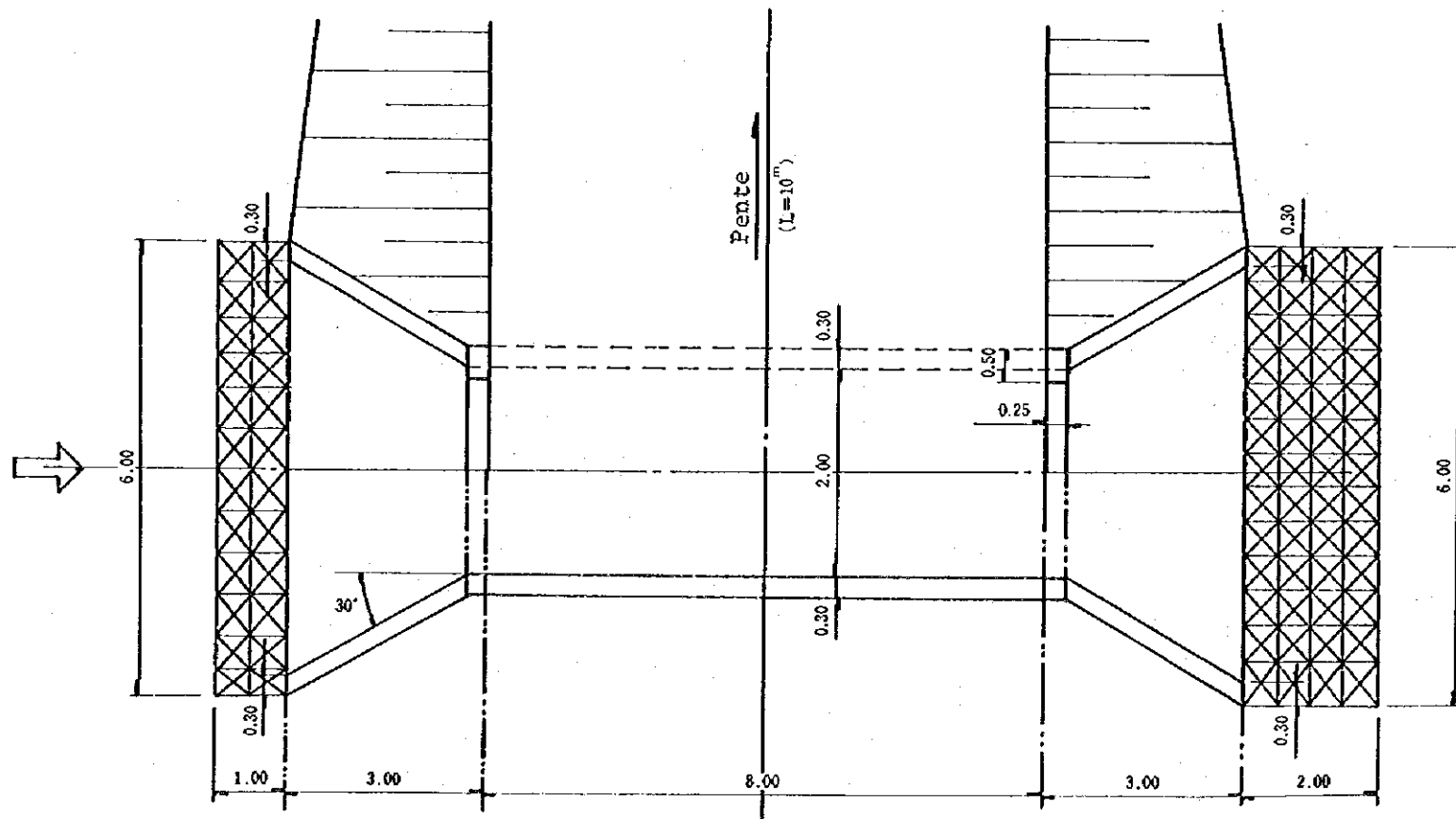
COUPE



SIMPLE



VUE EN PLAN



DOUBLE

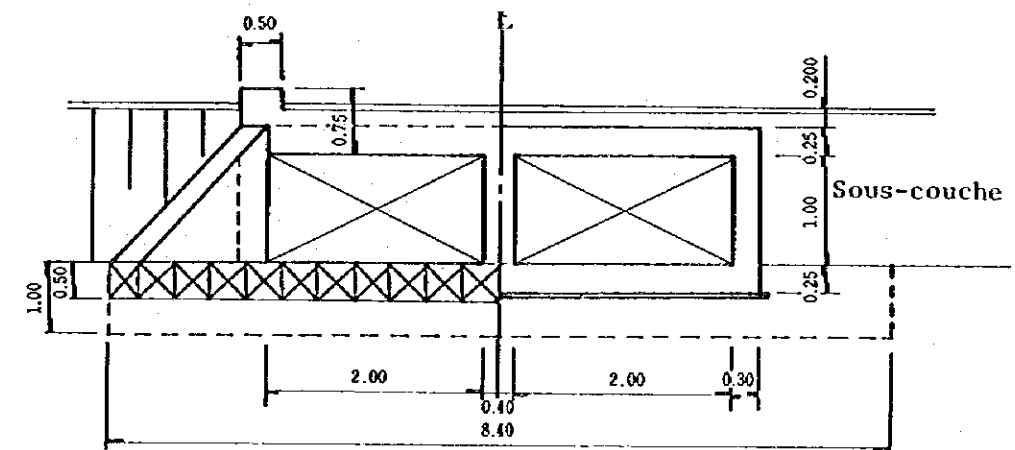


FIGURE 2 - 9 PLAN DU PONCEAU

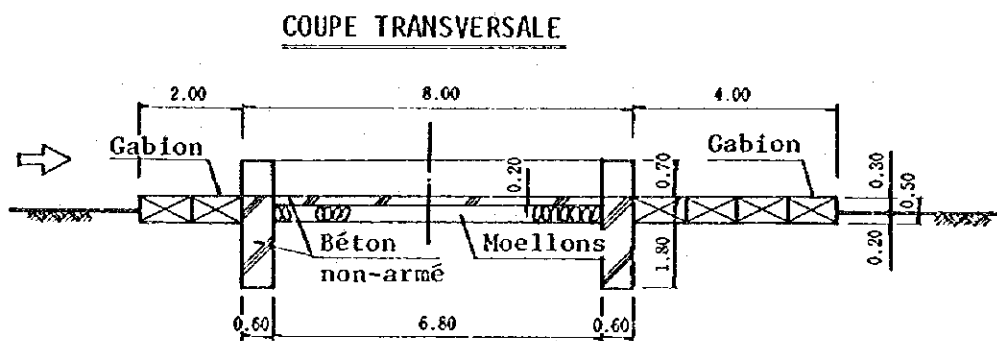
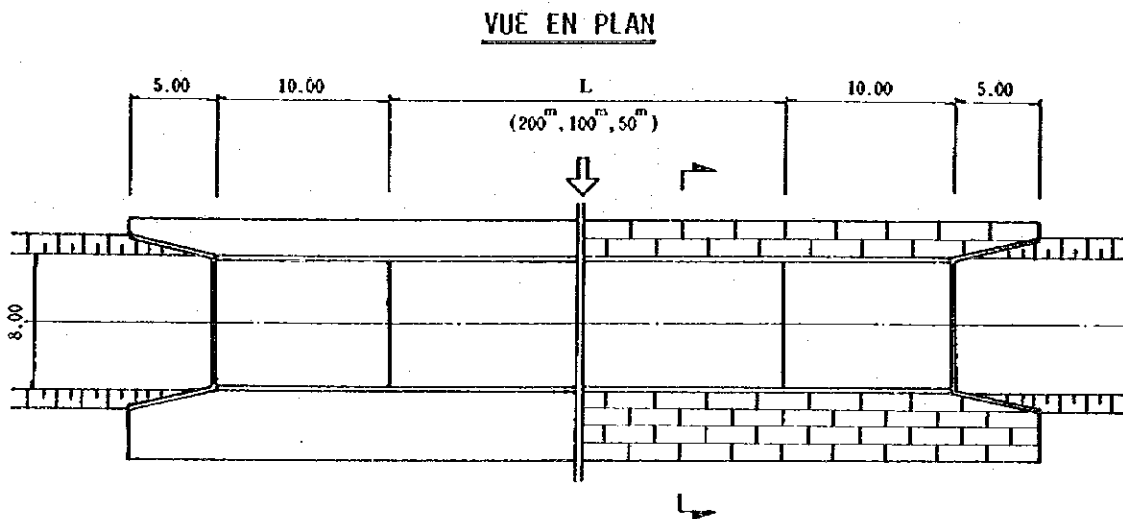
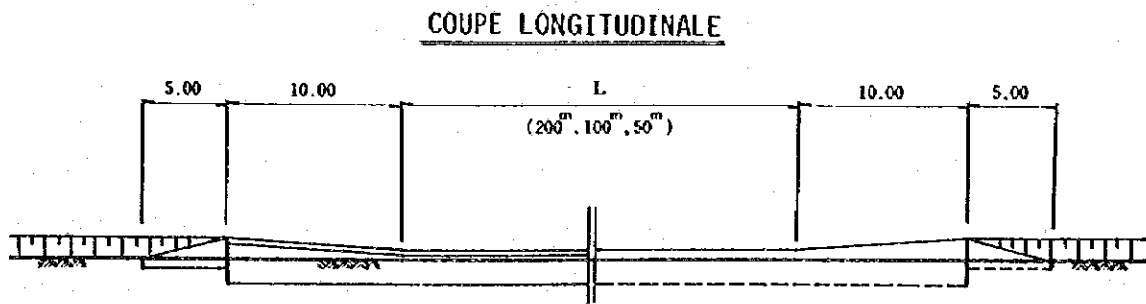


FIGURE 2 - 11 PLAN DES RADIERS SUBMERSIBLES



CHAPITRE III RECHERCHES SUR LES RESSOURCES EN EAU

3-1 BUT ET ORIENTATION DES RECHERCHES

Le but de ces recherches concernant la possibilité d'exploitation de l'eau souterraine au Sud-Ouest de l'Air est de s'assurer des qualités physiques de l'eau, de la distribution et des caractéristiques de la nappe aquifère et de la structure des roches imperméables à l'eau.

La présente étude a pour but de procéder à des recherches et analyses sur les points indiqués ci-dessous et se traduit par une série de reconnaissances préliminaires (Figure 3-1) servant pour la sélection des points adéquats aux forages, fouilles de recherches, et aux essais de pompage nécessaires pour les recherches proprement dites.

- 1) Collecte des matériaux et documents existants
 - Données climatiques
 - Rapports sur les recherches en eau
- 2) Etudes géologiques
- 3) Etudes sur les puits existants 24 points
 - Distribution
 - Profondeur
 - Niveau d'eau
 - Température de l'eau
 - P. H.
 - Conductibilité électrique
- 4) Etudes sur les sources 7 points
 - Distribution
 - Quantité d'eau jaillissante
 - Température de l'eau
 - P. H.
 - Conductibilité électrique
- 5) Recherches sur les cours d'eau de surface

3-2 TOPOGRAPHIE ET GEOLOGIE

La zone de recherche se trouve au Sud-Ouest du massif de l'Air comprenant les villes et villages d'Agadès, In-Gall, Tegguidda in Tessoum, et se situe approximativement au Sud de la zone centrale du Sahara.

L'altitude d'Agadès est de 500 m et celle d'In-Gall est de 480 m, tandis que celle de Tegguidda in Tessoum qui se trouve au Nord-Ouest d'Agadès et au Nord-Nord-Ouest d'In-Gall est de 370 m, ce qui représente une pente faible allant du Sud-Est au Nord-Ouest. La distance à vol d'oiseau entre Agadès et Tegguidda in Tessoum est de 150 km environ, et 80 km entre In-Gall et Tegguidda in Tessoum.

Il est probable que pendant la saison des pluies, le courant principal du kori d'Irhazèr provenant de la faille de Tiguidit coule lentement du Sud-Est au Nord-Ouest en r cueillant ses affluents, et tout en formant des marais et des zones humides dans cette zone.

Le contexte géologique comprend de bas en haut le socle précambrien, la couche primaire, la couche m sozoique et la couche de période quaternaire telle que: dépôts des oueds et des talus, etc.

La couche précambrienne forme la base du massif de l'Air et sert de socle à la région  tudi e. Les roches sont compos es de schistes cristallins, micaschistes, et de gneiss.

La couche primaire recouvre le socle précambrien de manière discordante. Elle comprend de bas en haut la couche de Terada, la couche de Tagora, la couche d'Izegouandane. Chaque couche est constitu e de grès, schiste et de l'alternance des précédents. Cette couche se trouve à l'Ouest du massif de l'Air dans une étendue relativement étroite en forme de ceinture.

La couche m sozoique s'appuie sur la couche primaire de la manière discordante, et comprend de bas en haut la couche d'Agadès, la couche d'Irhazèr et la couche de Tegamu. La couche d'Agadès qui est essentiellement constitu e de grès se trouve au pied Ouest du massif de l'Air et dans la zone à partir d'Agadès vers Tegguidda in Tessoum. La ville d'Agadès se trouve sur les gr s de Teroua de la couche d'Agadès. La couche d'Irhazèr (situ e principalement

dans la région où coule le kori et ses affluents) occupe une grande partie de la zone de recherche. Elle est essentiellement composée de schiste, mais comprend aussi des grès en forme de lentille et de feuillet. Les environs de Tegguidda in Tessoum sont constitués par la couche d'Irhazèr, mais la couche d'Agadès affleure partiellement entre Azélik et Géléli. La couche de Tegamu est située au Sud et à l'Ouest de la faille de Tiguidit dans une zone très étendue. La présente couche est composée essentiellement de grès, mais comprend aussi des schistes en forme de lentille et de feuillet dans certains endroits. La ville d'In-Gall se trouve à la frontière des couches d'Irhazèr et Tégamu. Comme les descriptions ci-dessus ne donnent qu'une idée générale des couches de la région étudiée, il va de soit qu'il existe des couches qui ne correspondent pas exactement à ces descriptions.

Les couches primaires et mésozoïques dans la zone de recherche sont en légère pente orientée vers l'Ouest. Ici on remarque deux sortes de failles dont l'orientation de l'une est Est - Ouest et l'orientation de l'autre Sud - Nord. Cette dernière est donc perpendiculaire à la première. Dans la région de Tegguidda in Tessoum, deux failles orientées d'Est en Ouest sont observées et en plus beaucoup de petites failles orientées Nord-Sud apparaissent. La structure du sol est donc localement complexe.

Nous nous référons aux quatre cartes ci-dessous.

- F. JOULIA : CARTE GEOLOGIQUE DE RECONNAISSANCE DE LA BORDURE SEDIMENTAIRE DE L'AIR (1:500.000)
- C.E.A. : CARTE GEOLOGIQUE (TEGUIDDA IN TESSOUM) (1:200.000)
- C.E.A. : CARTE GEOLOGIQUE (TEGUIDDA IN TAGAIT) (1:200.000)
- C.E.A. : CARTE GEOLOGIQUE (AFASTO) (1:200.000)

3-3 RECHERCHES SUR L'ÉCOULEMENT DE L'EAU DE SURFACE ET SUR SON EXPLOITATION

Cette étude s'est déroulée à la fin de la saison sèche et comme il n'y avait pas d'eau de surface, nous n'avons pas pu étudier ce problème.

D'après "Climat de l'Afrique" publié en 1972 par Kokinshoïn, nous pouvons constater que la période de juillet à septembre correspond à la saison des pluies, et que les précipitations de ces 3 mois atteignent environ 160 mm, en tenant compte des précipitations moyennes mensuelles observées pendant 30 ans à Agadès. Une partie de cette pluie retourne immédiatement dans l'atmosphère après évaporation. Une autre partie reste sur le sol et devient l'eau de surface. Il nous semble qu'il serait intéressant de prévoir la construction de barrages sur terre ou souterrains dans un endroit adéquat du kori d'Irhazèr afin de mettre en réserve l'eau de surface et l'eau souterraine, ce qui permettrait d'utiliser pendant la saison sèche l'eau de surface de la saison des pluies. Mais, il faudrait trouver un moyen pour empêcher l'évaporation, la quantité annuelle d'évaporation atteignant 3000 mm dans cette région, et aussi pour freiner la pollution de l'eau de surface qui est fréquente.

3-4 HYDROGÉOLOGIE

3-4-1 RESUME DE LA REGION AU SUD-OUEST DE L'AIR

La catégorie suivant les temps géologique des couches constituant la région de recherche reliant Agadès — Assaouas — Tegguidda in Tessoum — In Gall — Assaouas (longitude de 6°30' à 8°, latitude nord de 17° à 17°30') est montrées sur la figure ci-après 3-2.

Temps géologique	Couches	Désignations	
ère néozoïque		Dépôt alluvial	
		Couche de grès de Téguamu	
	ère mésozoïque		Couche de Schiste d'Irhazèr
			Couche de grès d'Assaouas
		Couche de grès de Chirezurïn	
	Couche de grès de Teroua	Groupe de couches de grès d'Agadès	
ère primaire			Groupe de couches d'Izégouandane (couches alternatives de schiste et de grès)
	Précambrien		Socle d'Aïr

FIGURE 3-2 COUCHES GÉOLOGIQUES DE LA ZONE AU SUD-EST DE L'AIR

Parmi ces couches, celles qui sont importantes comme zones aquifères sont les couches de grès d'Agadès et de Tégamu.

Toutes les deux couches possèdent la structure géologique qui tendrait à montrer l'existence d'eau souterraine. En outre, dans certaines zones, les couches alluvionnaires des koris sont envisagées comme réserves d'eau souterraine de quantité importante.

(1) Couches de grès d'Agadès

La couche de grès d'Agadès est le nom général donné aux grès de Teraua, grès de Chirezurín, et de grès d'Assaouas. Elle a une épaisseur de 200 mètres selon les rapports. En ce qui concerne la région de Tegguidda in Tessoum, cette couche de grès est appelée grès d'Azélik. Parmi ces couches, celle qui a une valeur de couche aquifère est la couche de Chirezurín à grand grain comportant partiellement des conglomérats, et son épaisseur est supérieure à 80m.

La couche de grès d'Agadès est conditionnée par deux failles orientées respectivement Est-Ouest et Nord-Sud.

Cela donne une structure en bassin. Par conséquent, l'eau souterraine est aussi régie par cette structure et on peut comprendre la structure des zones d'eau souterraine en examinant la géologie. Les plis entraînés par les mouvements des failles ne représentent qu'une faible amplitude, mais créent une configuration anticlinale où synclinale. En ce qui concerne le relief anticlinal en particulier, les grès d'Agadès s'élèvent jusqu'à proximité de la surface du sol et affleurent même en certains endroits : par contre, en ce qui concerne le relief synclinal, les schistes d'Irhazèr recouvrent la partie supérieure des grès d'Agadès sur une forte épaisseur. Les grès d'Agadès sont donc enfoncés profondément dans le sol.

Les sources de Tegguidda in Tessoum, Géléli, Azélik ou Tegguidda in Adrar sont toutes alignées sur l'axe anticlinal et l'eau souterraine en provenance des couches de grès se trouvent dans des endroits relativement peu profonds jaillit le long des déformations des failles.

L'eau souterraine de la couche de grès d'Agadès peut se présenter soit sous forme de source engendrée par les mouvements de faille, soit sous forme de puits artésien.

Le système d'accumulation de cette eau souterraine se fait de la manière suivante. L'eau de pluie tombant dans la zone montagneuse de l'Air pénètre à partir des couches de grès affleurées vers le sous-sol, en se déversant dans la zone alluviale des koris du massif de l'Air. L'eau souterraine des koris existe comme nappe phréatique, mais pendant de longues heures, elle s'écoule d'amont en aval, et pénètre petit à petit dans la couche de grès en augmentant la pression. Elle existe donc comme nappe profonde sous la plaine d'Irhazèr, et comme puits artésien coulant naturellement à Fagoschia et Tényndi.

(2) Couche de grès de Tégamu

Cette couche se trouve au-dessus de la couche de schiste d'Irhazèr, et elle occupe presque la moitié du territoire nigérien, on dit que cette couche est une couche de sédimentation de la zone de delta de baie. L'épaisseur de cette couche est de 600 à 700m, elle est donc assez épaisse.

(3) Nappe aquifère du quaternaire

Cette nappe correspond principalement à la couche de sable répartie dans les Koris. L'eau souterraine existe comme nappe phréatique et la quantité d'eau est susceptible d'être influencée par les précipitations. Son rôle comme source d'alimentation des deux couches de grès mentionnées ci-dessus est important. La qualité de l'eau est bonne et comme elle est facile à puiser, les habitants l'emploient couramment en tous lieux à l'heure actuelle. Cependant, la quantité de réserve étant faible par rapport à celle des koris, la possibilité de l'exploiter à l'avenir s'avère réduite.

3-4-2 ANALYSE PAR BATTAGES ELECTRIQUES

Des battages électriques ont été faits pour délimiter la frontière entre schiste d'Irhazèr et grès d'Azélik, et la relation entre les couches géologiques et les résistibilités. Les endroits où ils ont été faits sont indiqués sur la figure 3.3 et dans le tableau 3.1.

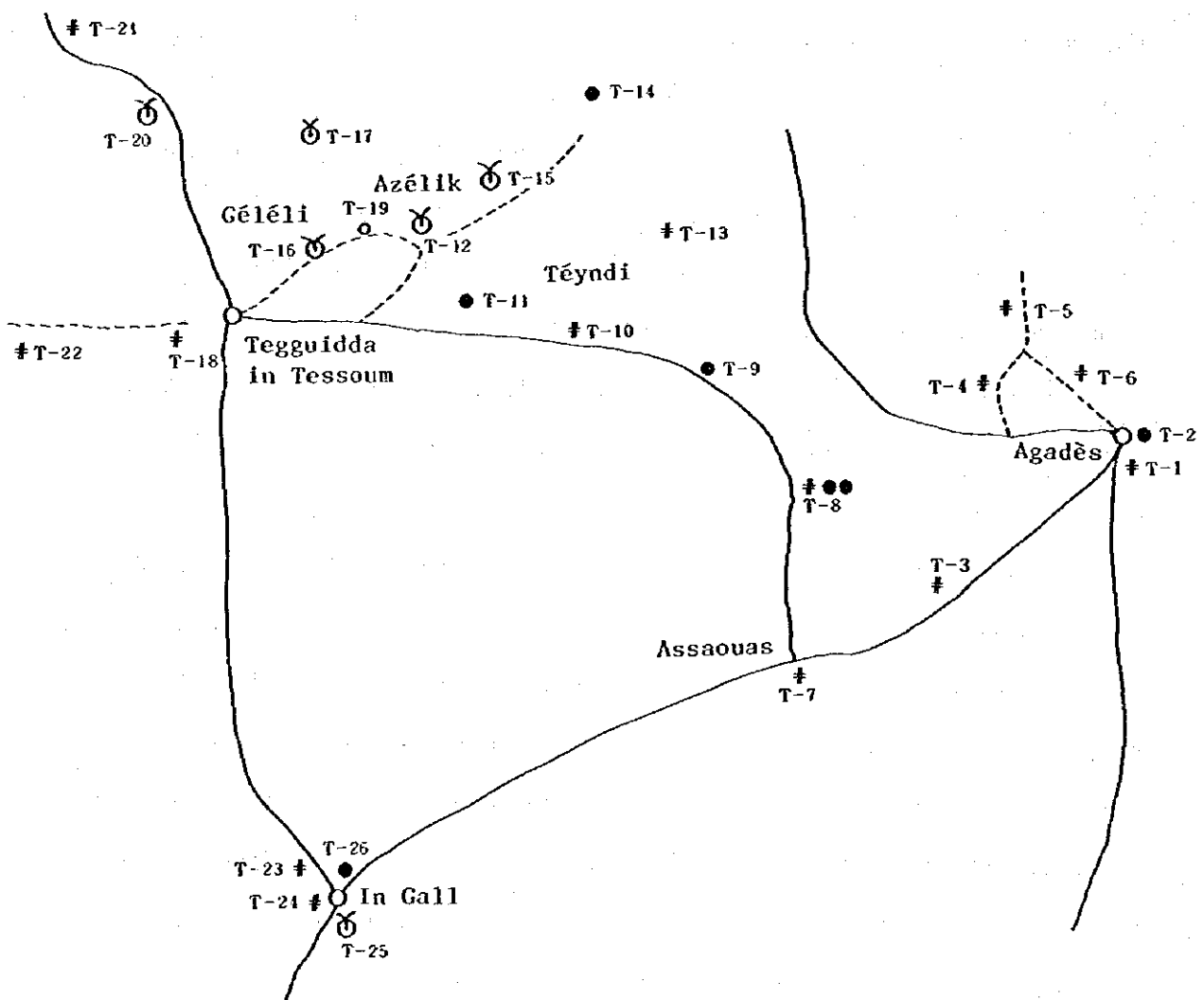


FIGURE 3-3 POINTS DE RECHERCHE SUR RESSOURCES EN EAU

TABLEAU 3-1 ENDROITS OÙ DES BATTAGES ELECTRIQUES AURONT LIEU

N° de point de recherche	Zone de recherche	Lieux de recherche	Profondeur de mesure (en mètre)
E - 1	Téyndi	Puits de l'International Resources S.A. (T-11)	200
E - 2	Azélik	Sources (T-12)	200
E - 3	Géléli	Sources (T-16)	200
E - 4	Géléli	Kori	200
E - 5	Géléli	Sources du Nord (T-17)	200
E - 6	Kori d'Irhazèr	Point de croisement du dit Koli avec la route allant de Tegguidda in Tessoum à Arlit	200
E - 7	Azélik	Puits de l'office des eaux du sous-sol (T-19)	150
E - 8	Azélik	Forage d'exploration hydrogéologique C-57	200
E - 9	Azélik	Forage d'exploration hydrogéologique C-77	200
E - 10	Géléli	Forage d'exploration hydrogéologique B-2	200
E - 11	Géléli	Zone où des grès d'Agadès sont prévus	150
E - 12	Azouza	Forage (T-14)	200
E - 13	In Gall	Puits pour eau de robinet de la ville (T-26)	150
E - 14	Agadès	Kori situé près du puits alimentant de ville en eau potable	200

Les reconnaissances ont eu lieu aux points sur lesquels les documents ont été déjà établis. Nous avons donc déterminé les caractéristiques de chaque couche en comparant les résultats d'analyse des prospections électriques avec les documents existants.

1) Analyse comparative des données géologiques existantes avec les résultats des prospections électriques.

1. Partie où le grès d'Agadès affleure (E - 11).

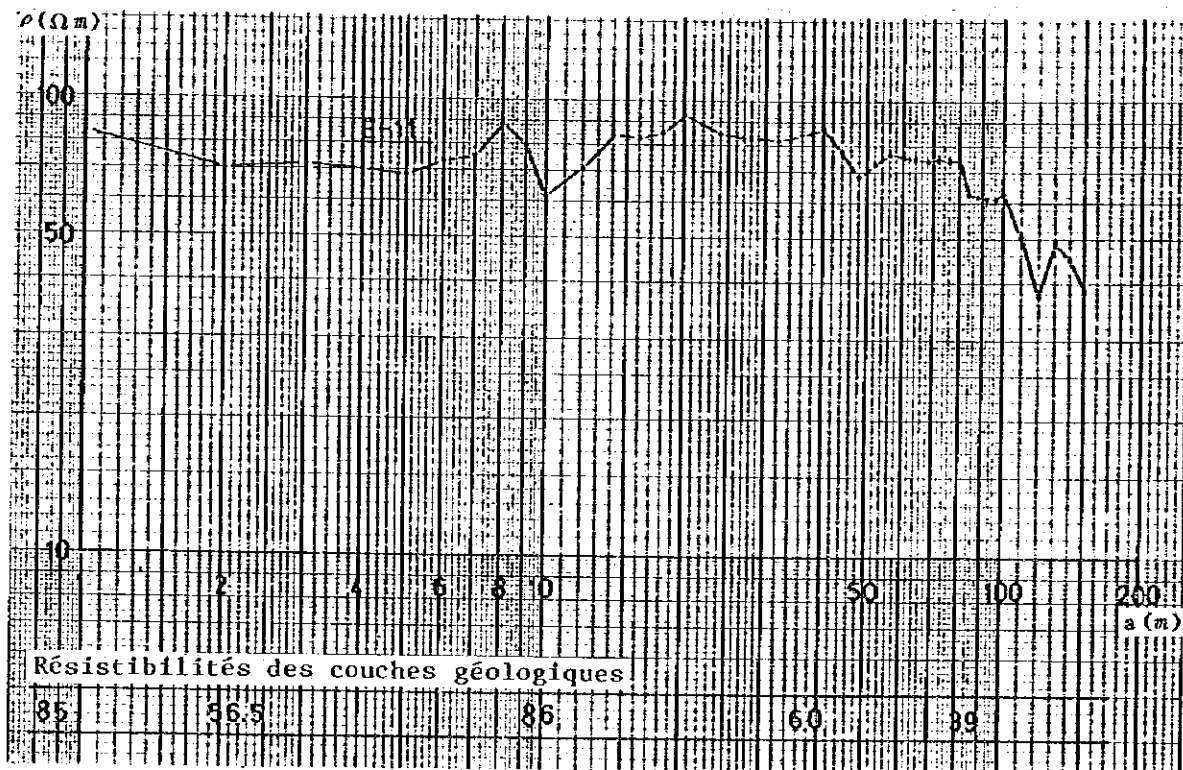


FIGURE 3-4 COURBE ρ -a DE E-11

Cet endroit est une partie où le grès d'Azélik affleure, et les résistibilités obtenues par les résultats analytiques représentent celles du grès. La structure du sous-sol peut être divisée en deux d'après les résistibilités.

1^{ère} couche : profondeur de 0 à 70m. Sa résistibilité se situe entre 60 et 80 Ω m et cette couche peut être considérée sèche.

2^{ème} couche : profondeur plus de 70m. Sa résistibilité est inférieure à 40. La raison pour laquelle la valeur de résistibilité de cette couche est plus faible que celle précédente est que l'eau souterraine y intervient.

Nous supposons que dans cet endroit, la couche de grès dont la profondeur est supérieure à 70m correspond à la nappe aquifère. Mais nous ne pouvons pas préciser la profondeur de la limite inférieure de cette couche.

2. Forage d'exploration hydrogéologique C-77 (E-9)

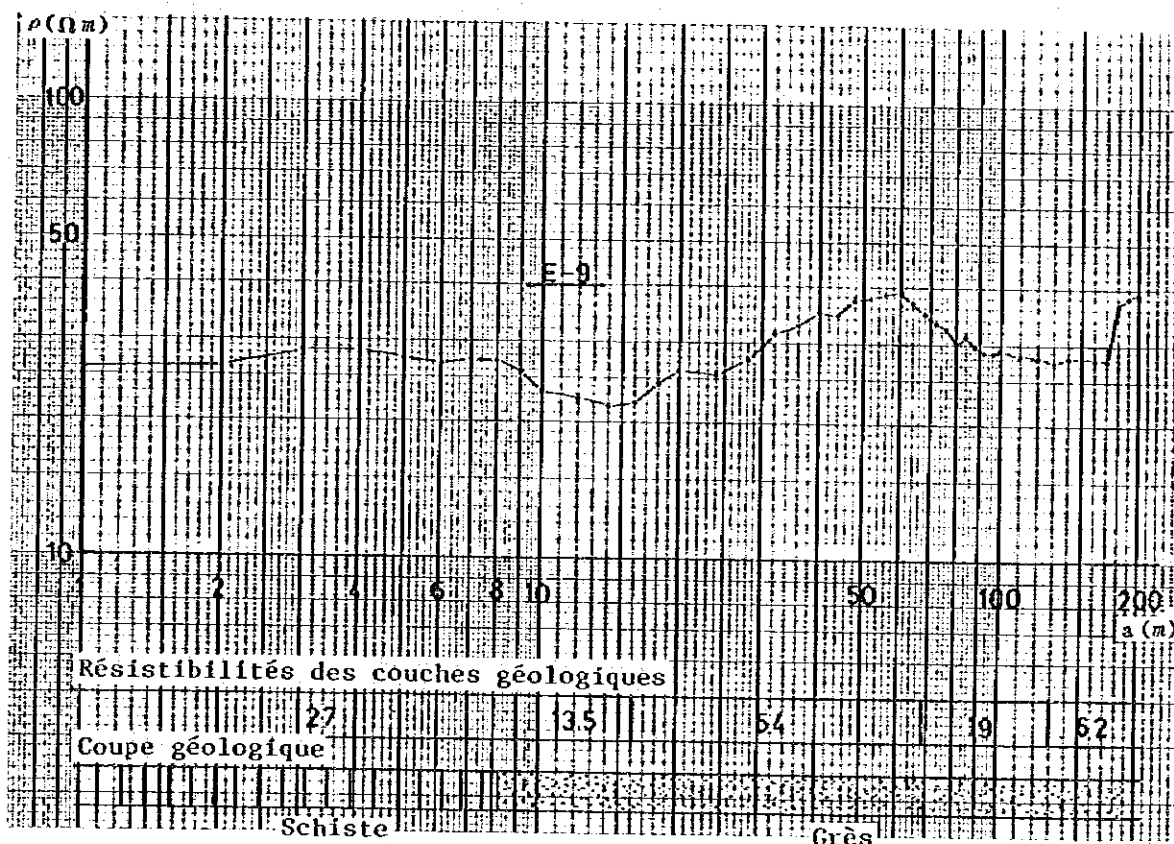
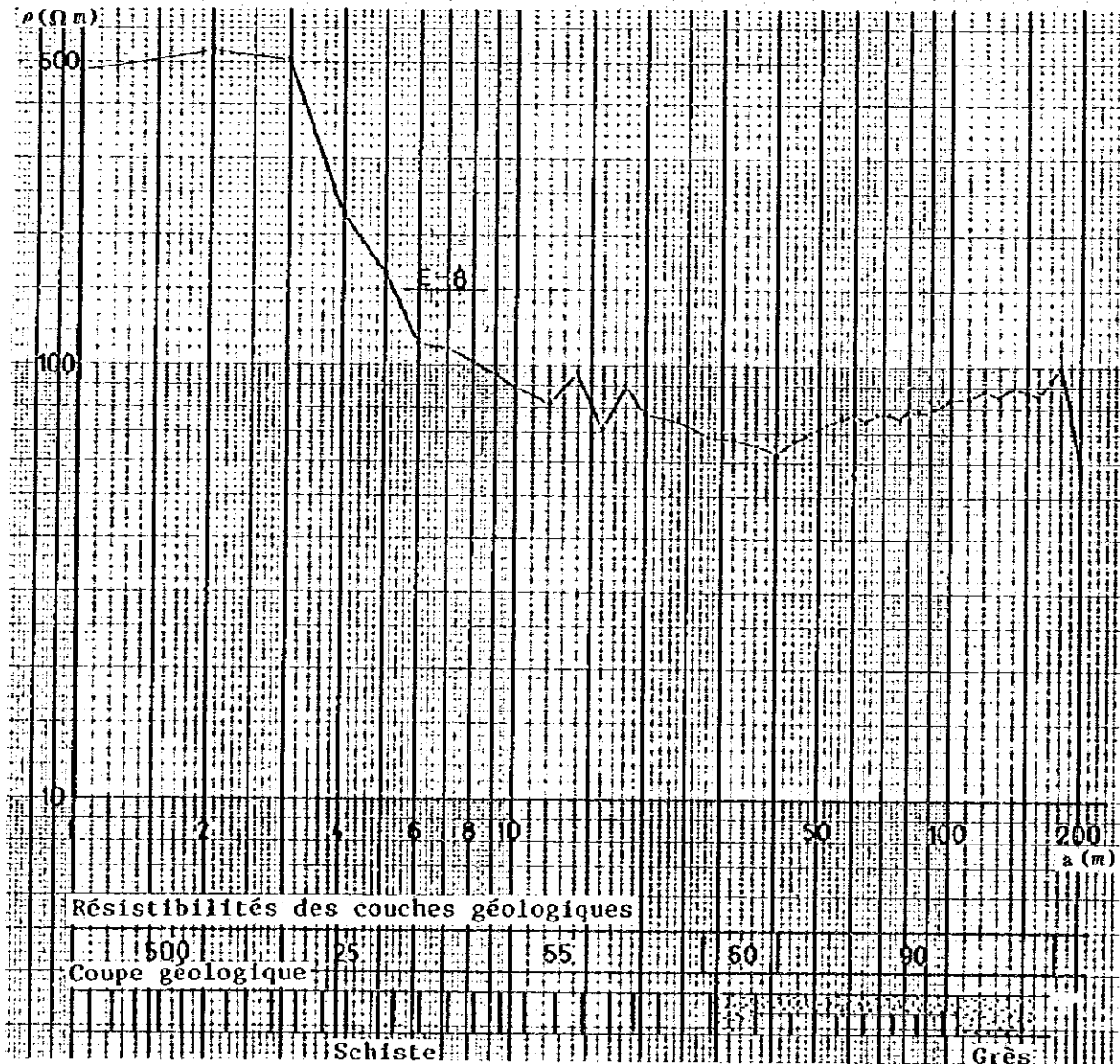


FIGURE 3-5 COURBE $\rho - a$ DE E-9

La partie plane de la courbe $\rho - a$ correspond à la courbe de schiste d'Irhazèr d'une part, et la partie ascendante correspond au grès d'Azélik d'autre part. La frontière entre ces deux couches se trouve à une profondeur de 9m d'environ. La résistibilité du grès se traduit par une courbe ascendante, jusqu'à 70m, tandis qu'à propos de la profondeur supérieure à ladite valeur, la résistibilité s'abaisse. Nous supposons donc que la zone profonde à plus de 70m correspond à la nappe aquifère.

3. Forage d'exploration hydrogéologique C-57 (E-8)

FIGURE 3-6 COURBE ρ -a DE E-8

La frontière entre couche de schiste d'Irhazèr et couche de grès d'Azélik se trouve à une profondeur de 28m. Celle-ci correspond au point de translation de la partie descendante à celle ascendante dans la courbe ρ -a.

La valeur de la résistibilité s'élève progressivement à partir de 31m de profondeur jusqu'à 80m et s'abaisse dès qu'elle passe à 80m. Nous pouvons donc supposer que dans cet endroit, la zone profonde à plus de 180 m correspond à la nappe aquifère.

4. Forage d'exploration hydrogéologique B-2 (E-10)

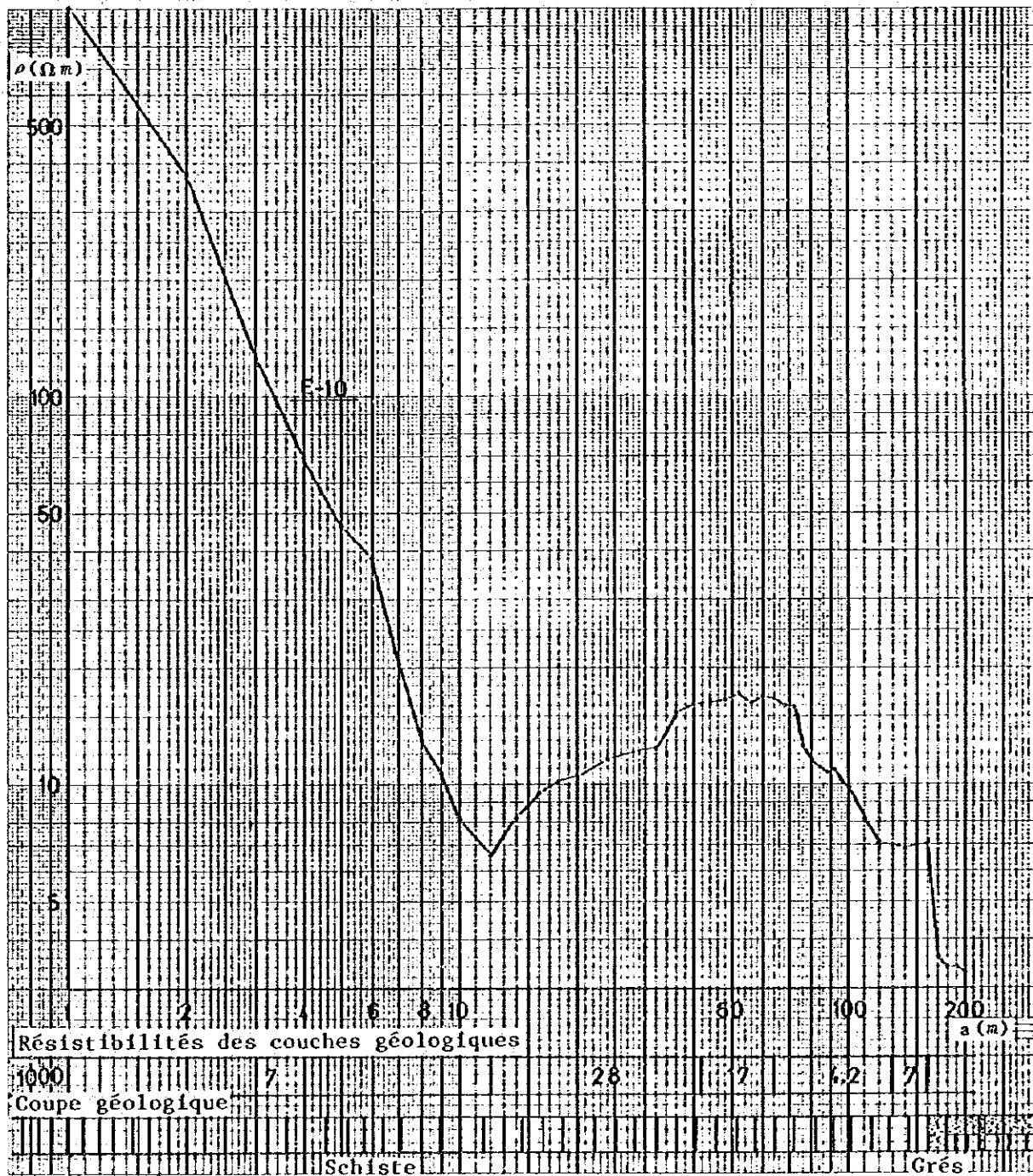


FIGURE 3-7 COURBE ρ -a DE E-10

La frontière entre couche de schiste d'Irhazèr et couche de grès d'Azélik se trouve à une profondeur de 170m d'environ. Ce-ci correspond à la ligne descendant brusquement dans la courbe ρ -a. La couche supérieure de schiste d'Irhazèr a une épaisseur relativement importante. Etant donné que le phéno-

même telle que des boues bougent est provoqué en cours du forage à la partie profonde à plus de 64m, on voit que la couche étudiée n'est pas uniforme sur toute la profondeur. Cette couche est donc considérée comme une nappe peu solide. Nous pouvons supposer que la couche étudiée comporte une certaine quantité d'eau souterraine.

2) Analyse à l'aide des prospections électriques exécutées aux sources ou aux puits existants.

1. Tényndi (Puits d'IRSA) (E-1)

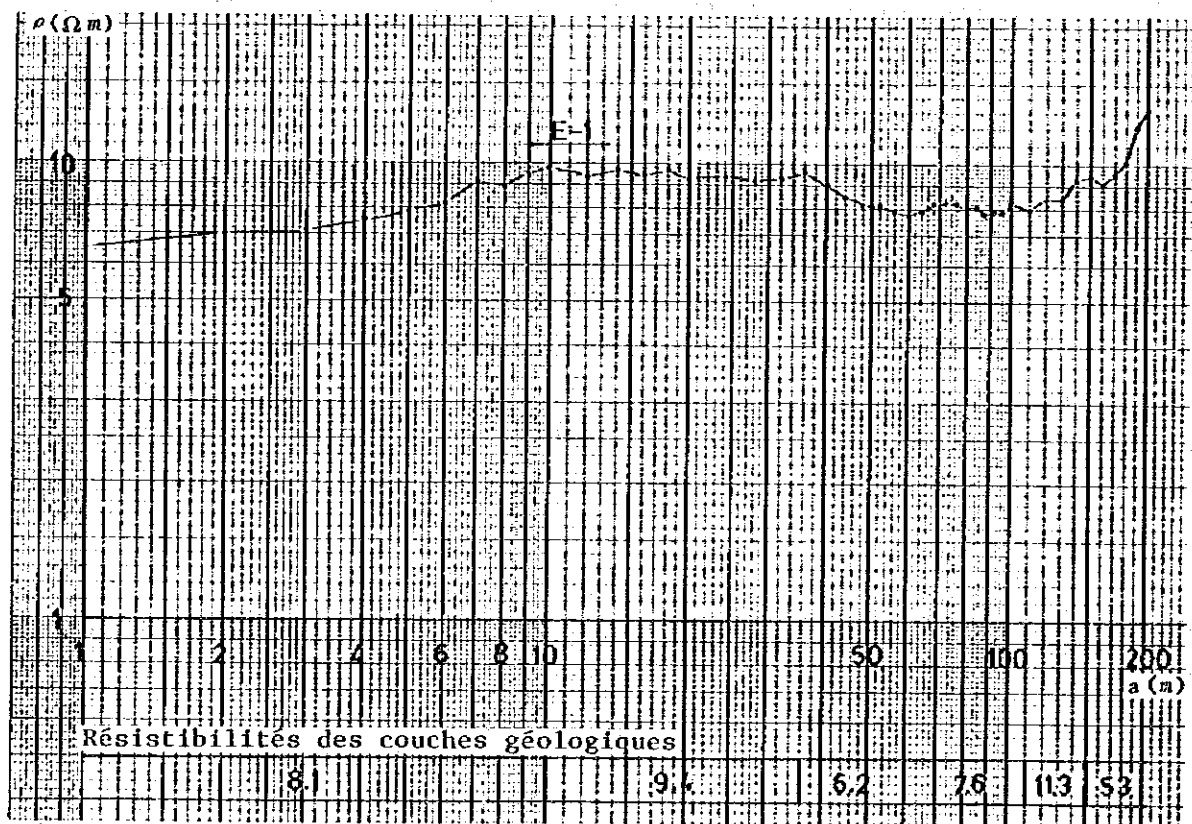
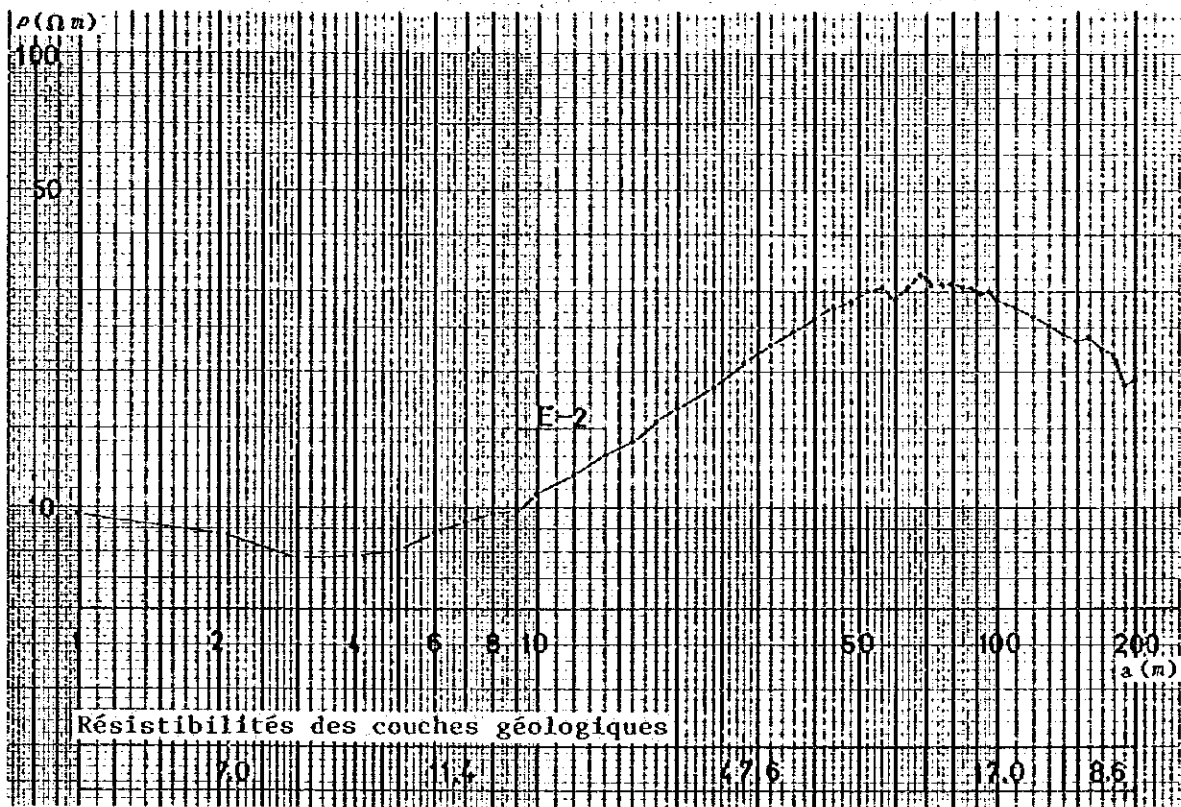


FIGURE 3-8 COURBE $\rho - a$ DE E-1

La frontière entre couche de schiste d'Irhazèr et couche de grès d'Azélik se trouve approximativement à une profondeur de 110m où la courbe $\rho - a$ se met en ascendant. Nous supposons que la nappe aquifère se situe à une profondeur supé. à 200m. D'ailleurs, même dans la couche de schiste, l'eau souterraine est prévue à une profondeur entre 30 et 70m.

2. Azélik (source) (E - 2)

FIGURE 3-9 COURBE ρ - a DE E-2

Cette source se trouve à 13 km environ à l'Est de Géléli. Cette couche est constituée de grès à partir de la surface de la terre, et envisagée comme une zone d'altération jusqu'à une profondeur de 10m au-dessous du sol. Nous supposons que la nappe aquifère se trouve à une profondeur supé. à 70m, ce-ci correspond à la ligne descendante de la courbe ρ - a . Sa résistibilité est faible, à savoir $9 \sim 17 \Omega m$.

3 Géliéli 1 (Source) (E - 3)

Cet endroit se situe à 6km à l'Est de Tegguidda in Tessoum, et est une zone de source comme Azélik. Au point de vue géologique, l'endroit étudié se trouve à la frontière entre couche de schiste d'Irhazèer et couche de grès d'Azélik. C'est à dire, nous considérons que la couche de schiste se situe jusqu'à 12m d'environ au-dessous de la surface de la terre, et que la couche de grès se trouve à une profondeur supé. à 12m. La résistibilité de la couche de schiste s'élève entre 4 et 7 Ωm , et la couche de grès entre 12 et 18 Ωm . Elles sont presque les mêmes valeurs que celles d'Azélik.

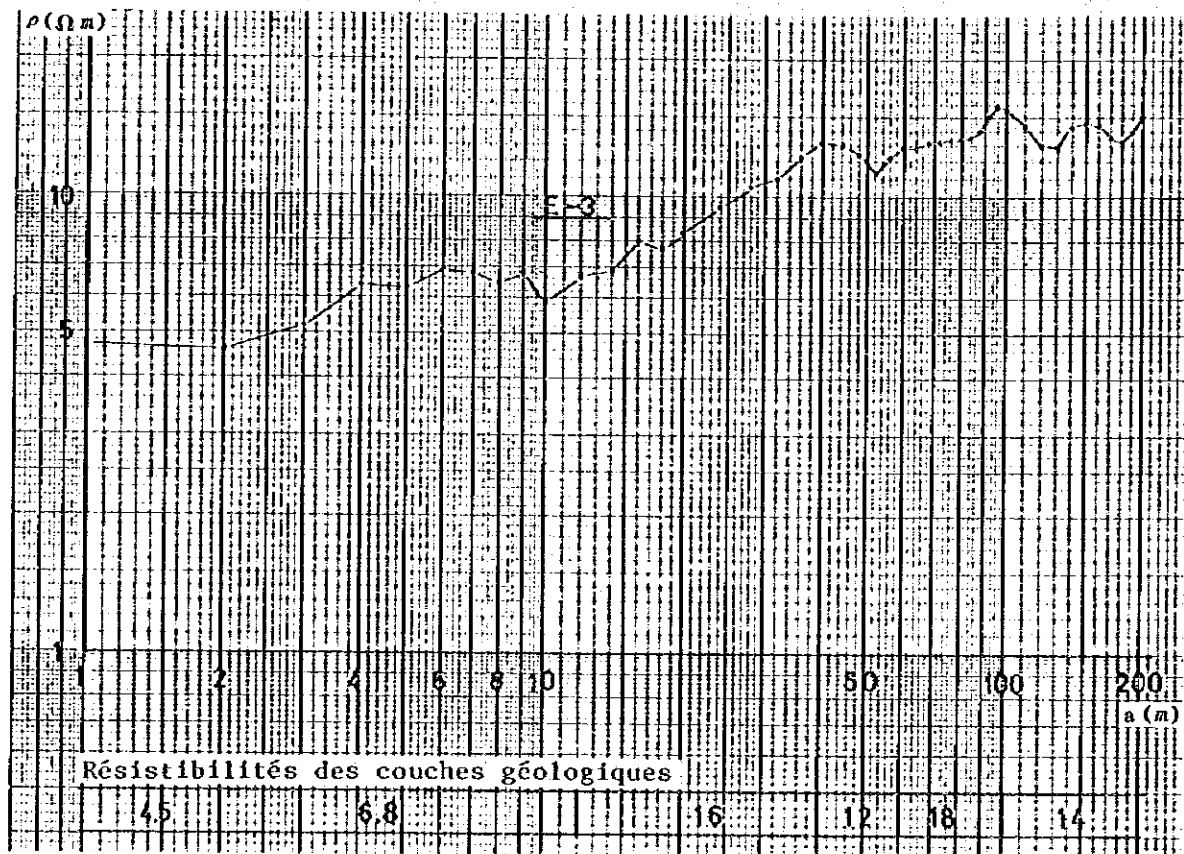
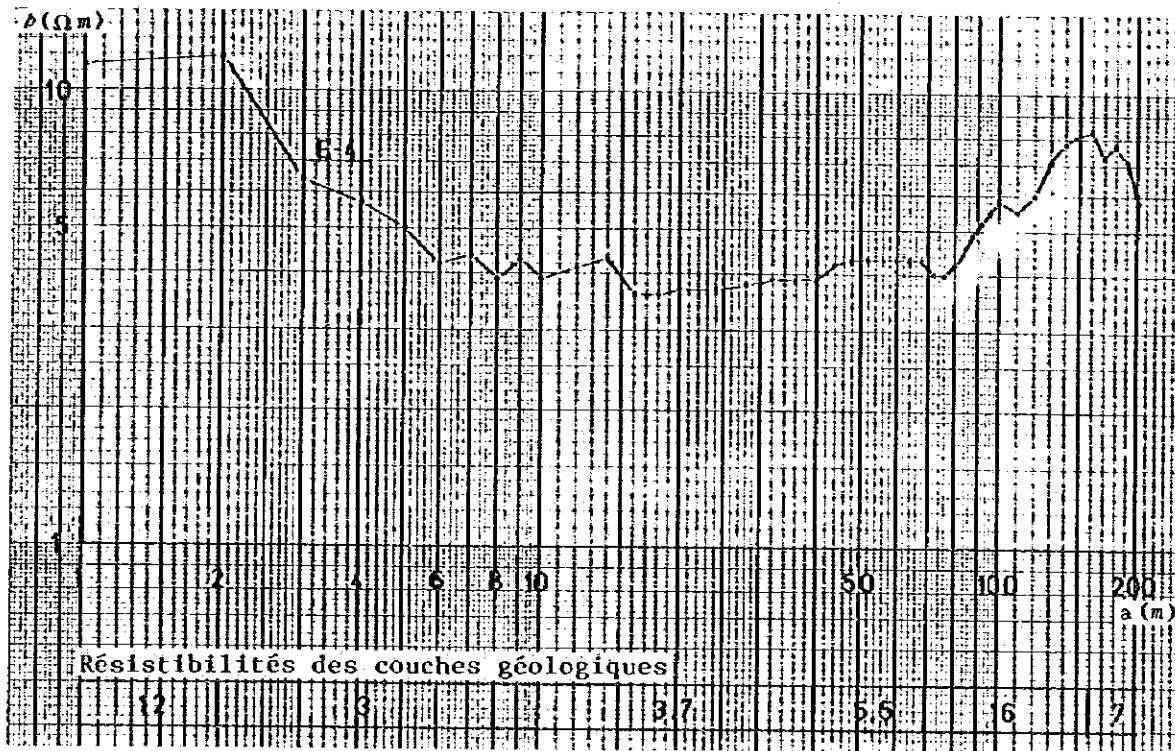


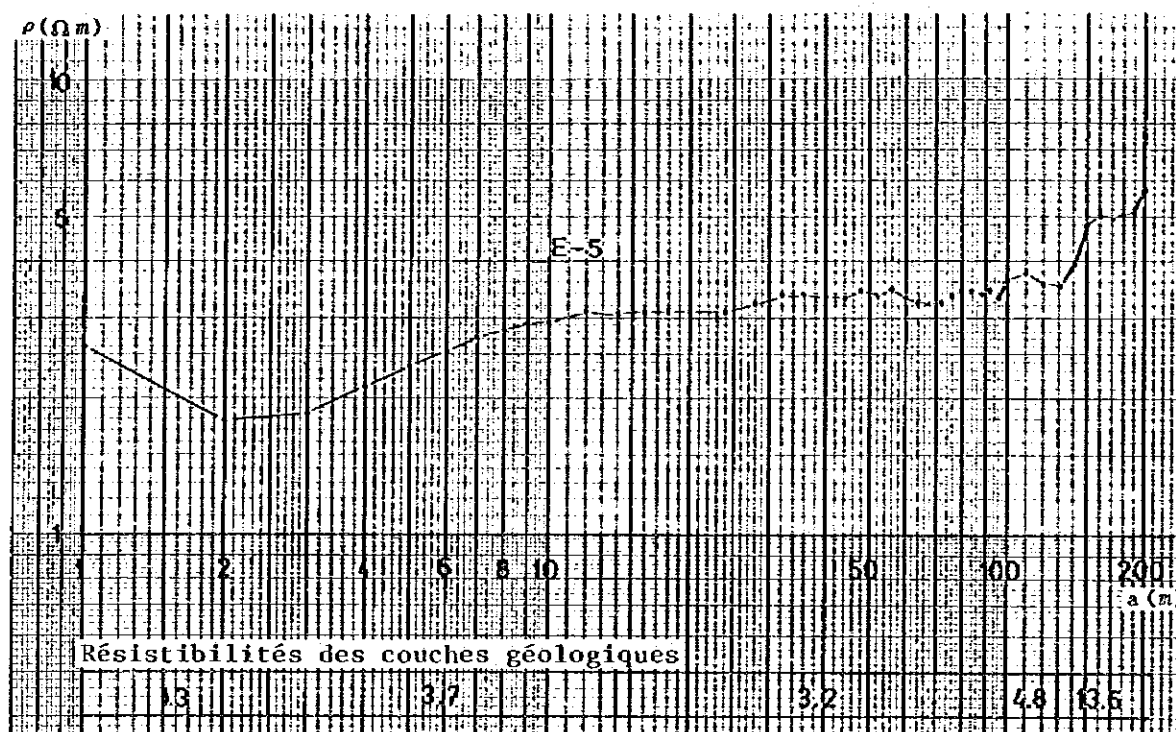
FIGURE 3-10 COURBE $\rho - a$ DE E-3

4. Géléli (E - 4)

FIGURE 3-11 COURBE $\rho - a$ DE E-4

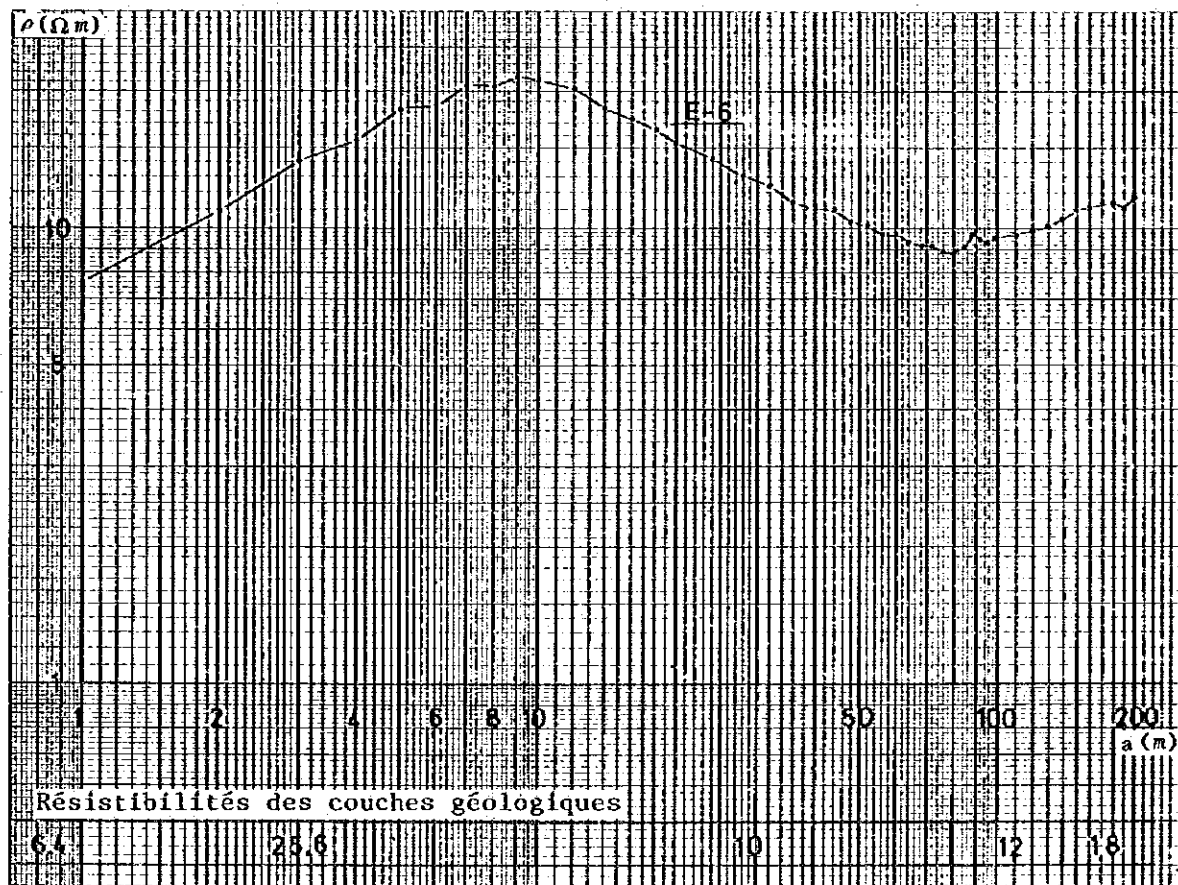
Cet endroit se situe dans le kori à 2km environ au Nord de la zone de source précédente de Géléli. Nous supposons que la couche de schiste d'Irhazèr a une épaisseur relativement importante. D'après la courbe $\rho - a$, la profondeur de la limite inférieure de la couche de schiste peut être de 60m d'environ. La résistibilité de la couche de schiste s'élève entre 4 et 16 Ω^m , tandis que celle du grès est extrêmement faible qu'on ne peut pas analyser. ce fait est dû à l'influence de la nature de l'eau souterraine.

5. Source au Nord de Géléli (E - 5)

FIGURE 3-12 COURBE ρ -a DE E-5

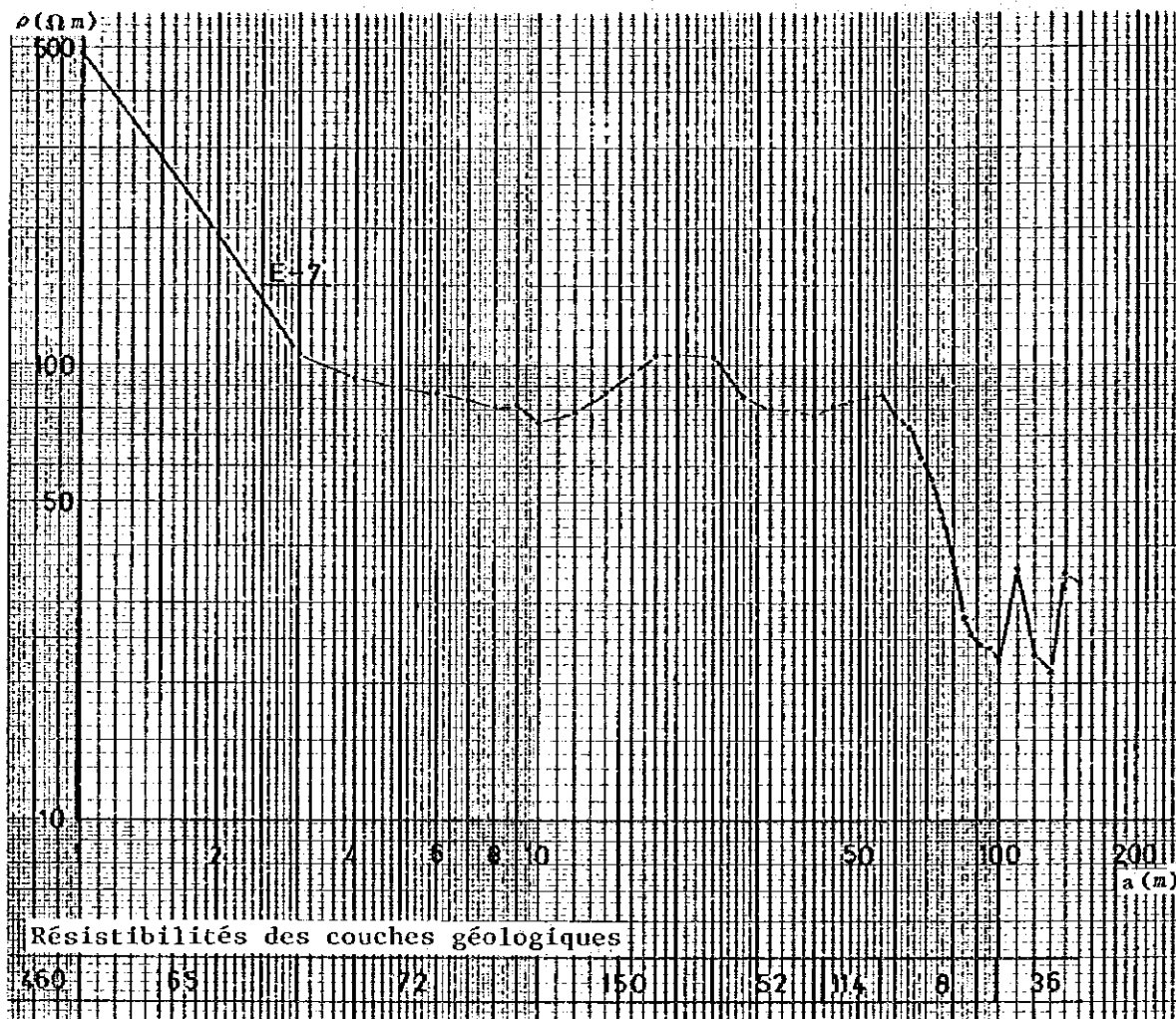
Cet endroit se situe approximativement à 4 km au Nord de la source de Géléli. Cette eau souterraine est une source unique dans cette région, et est fortement saline. La résistibilité de la couche de schiste d'Irhazèr est inférieure à $5 \Omega^m$. Nous supposons que la ligne ascendante à partir de 130m environ correspond à la couche de grès.

6. Lit du kori d'Irhazèr (E - 6)

FIGURE 3-13 COURBE ρ -a DE E-6

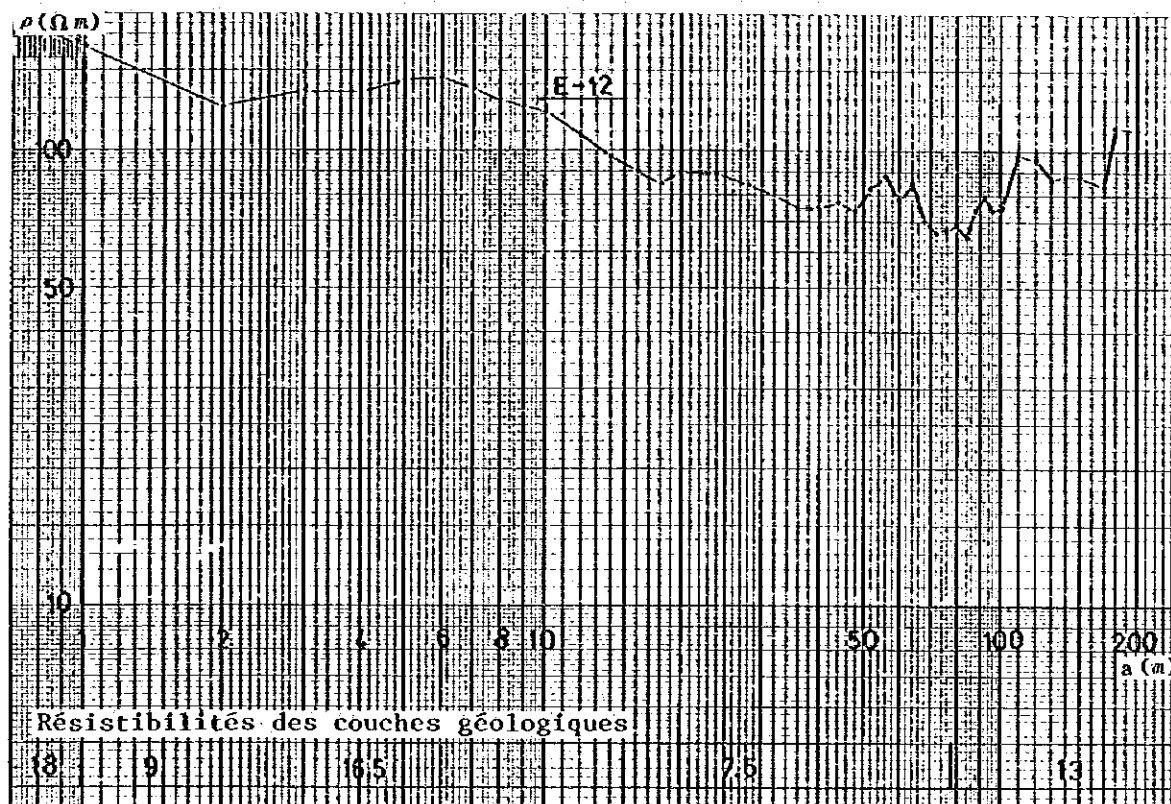
Cet endroit se situe à 6km environ au Nord-Est d'Azélik, dans le lit du kori d'Irhazèr qui se trouve au croisement de ce kori avec la route reliant Azélik à Azouza. Le dépôt du lit du kori est constitué essentiellement par le sable et l'argile graveleux. Par conséquent, l'eau pénètre difficilement dans le dépôt étudié. Son épaisseur peut être de 10m environ. Nous supposons qu'il existe la couche de schiste d'Irhazèr au-dessous de ce dépôt, et que le grès d'Azélik est recouvert par la couche précédente.

7. Puits d'OFEDES (E - 7)

FIGURE 3-14 COURBE $\rho - a$ DE E-7

Cet endroit correspond au puits existant se situant au milieu de la route reliant Géléli à Azélik. Ce puits est actuellement inutilisé. On suppose que sa profondeur est de 70 à 80m environ. D'après la courbe $\rho - a$, on voit que la partie à une profondeur de 50 m environ correspond à la frontière entre couche de schiste d'Irhazèr et couche de grès d'Azélik. Nous déterminons que la nappe aquifère se trouve à une profondeur supé. à 48m, d'après les documents sur battages électriques.

8. Puits d'Azouza (E - 12)

FIGURE 3-15 COURBE ρ -a DE E-12

Il existe des terrains marécageux tous les 300 à 400m dans la direction du Nord, entre la rive droite du kori d'Irhazèr et la zone au côté Sud de la montagne d'Azouza. Ce puits se trouve au 3^e terrain marécageux à compter du kori d'Irhazèr et appartient au type de puits artésien. L'eau jaillit donc naturellement. Bien que la frontière entre couche de schiste d'Irhazèr et couche de grès d'Azélik n'est pas précisée, la profondeur de la couche considérée comme une nappe aquifère est supposée plus de 80m.

3-4-3 HYDROGEOLOGIE DE LA REGION DE TEGGUIDDA IN TESSOUM

(1) Nappe aquifère

La géologie de la zone de Tegguidda in Tessoum est divisée, comme montré sur la figure 3-16, d'une part en une zone où affleure le soubassement (grès d'Agadès appelé grès d'Azélik dans la zone de Tegguidda in Tessoum) et d'autre part en une zone recouverte de la couche de schiste d'Irhazèr. Cette division est provoquée par la présence de la faille Est-Ouest plus importante et la faille Nord-Sud qui lui est perpendiculaire. D'après les documents existant (Prospection des minerais d'uranium et sondage), le soubassement s'incline du Nord vers l'Ouest avec les degrés de 5 à 8, du côté Nord de la faille orientée Est-Ouest. La profondeur du grès d'Azélik est montrée sur la carte bathymétrique (figures 3-17 à 3-19). Selon ces documents, on peut lire C-57 20-30m, B-2 150-160m, C-77 9m et si on regarde les coupes Est-Ouest et Nord-Sud, on comprendra la forme des couches de grès. On constate donc que la forme des grès est identique dans les deux coupes A-A' (figure 3-17) et B-B' (figure 3-18) dirigées de l'Est vers l'Ouest, et que le grès s'amoncèle près de la surface du sol aux environs des failles. Si on regarde la coupe C-C' orientée Nord-Sud (figure 3-19), on comprendra l'interface schiste d'Irhazèr et grès.

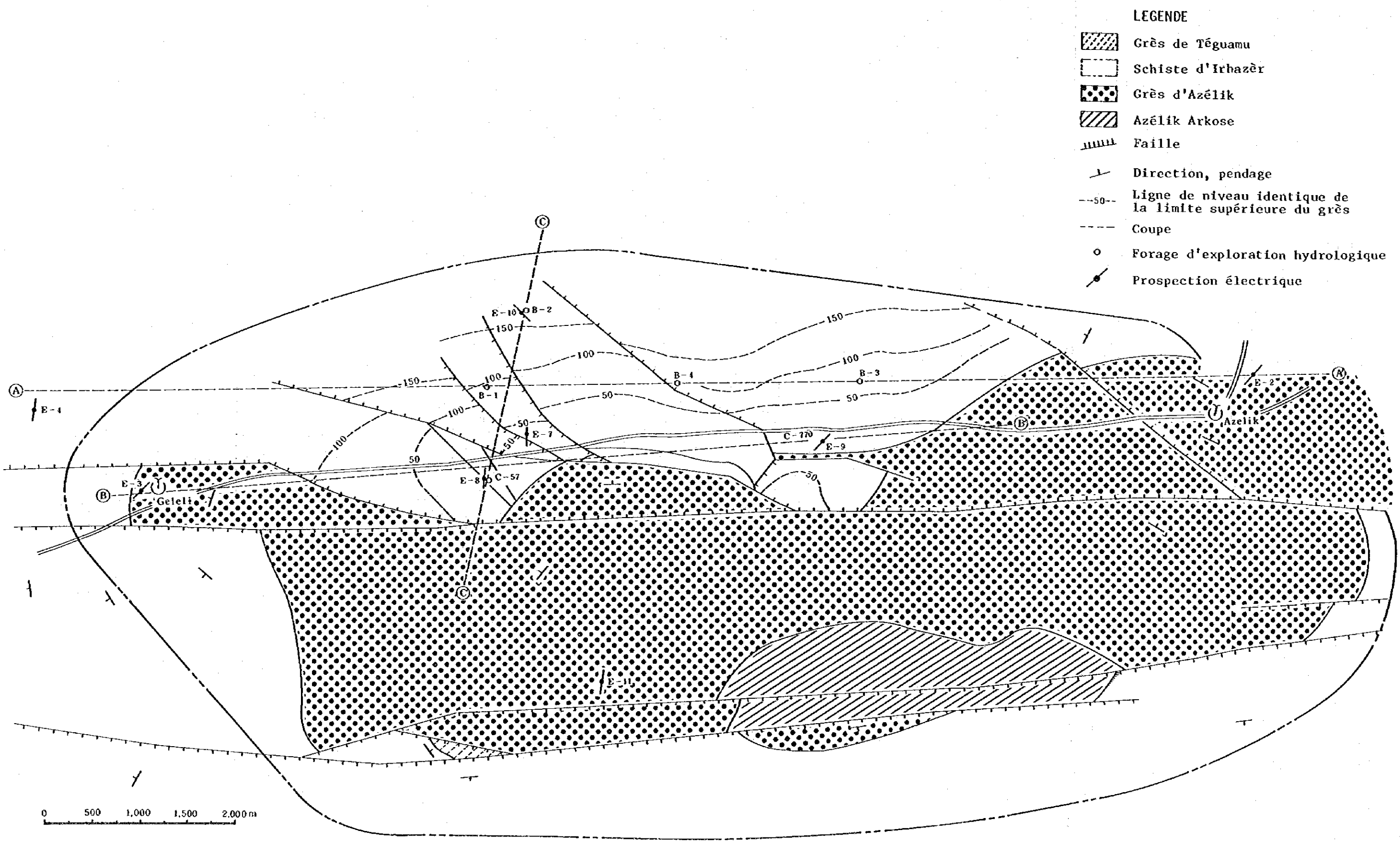
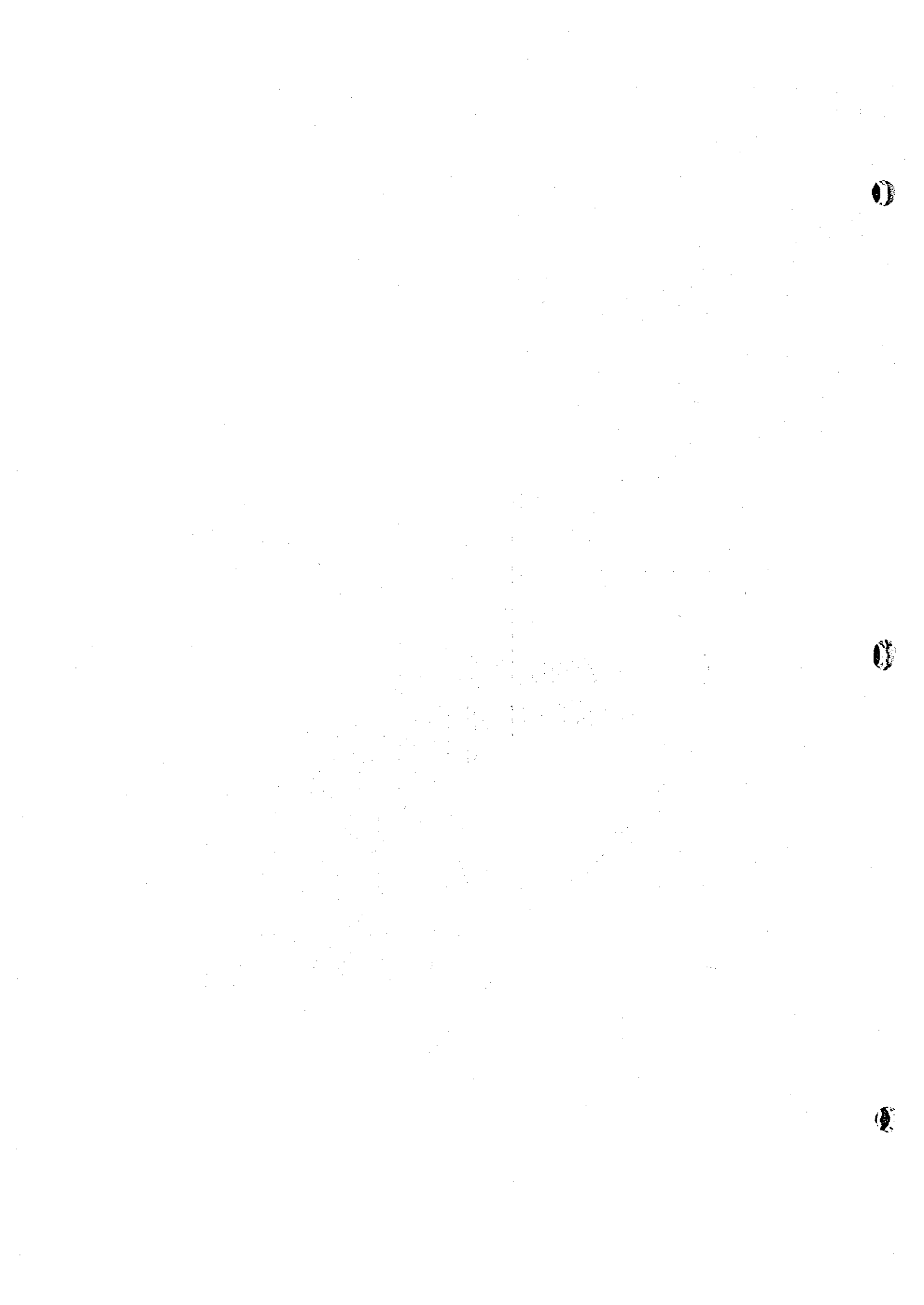


FIGURE 3-16 CARTE BATHYMETRIQUE



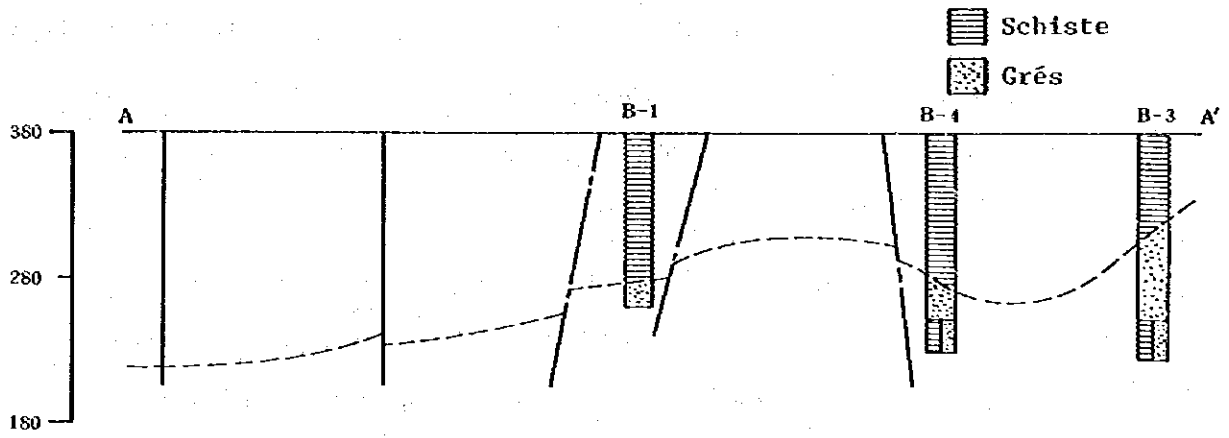


FIGURE 3-17 COUPE GEOLOGIQUE SUPPOSEE A-A' DE LA ZONE DE Tegguidda in Tessoum

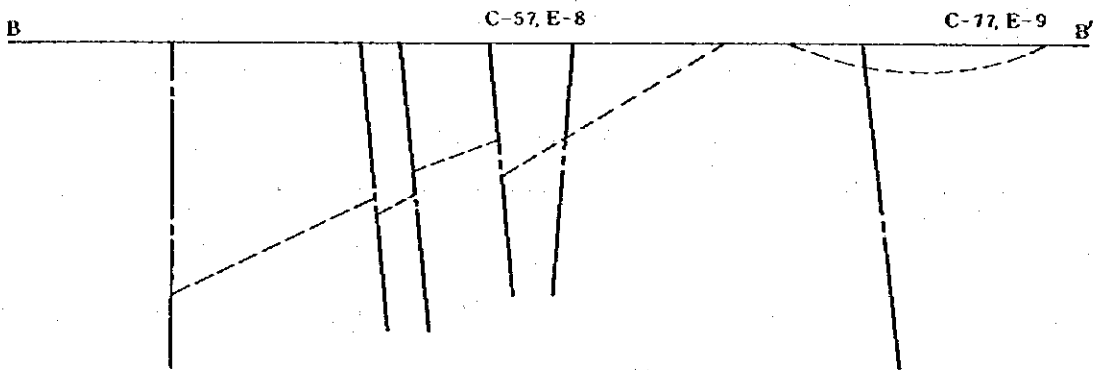


FIGURE 3-18 COUPE GEOLOGIQUE SUPPOSEE B-B' DE LA ZONE DE Tegguidda in Tessoum

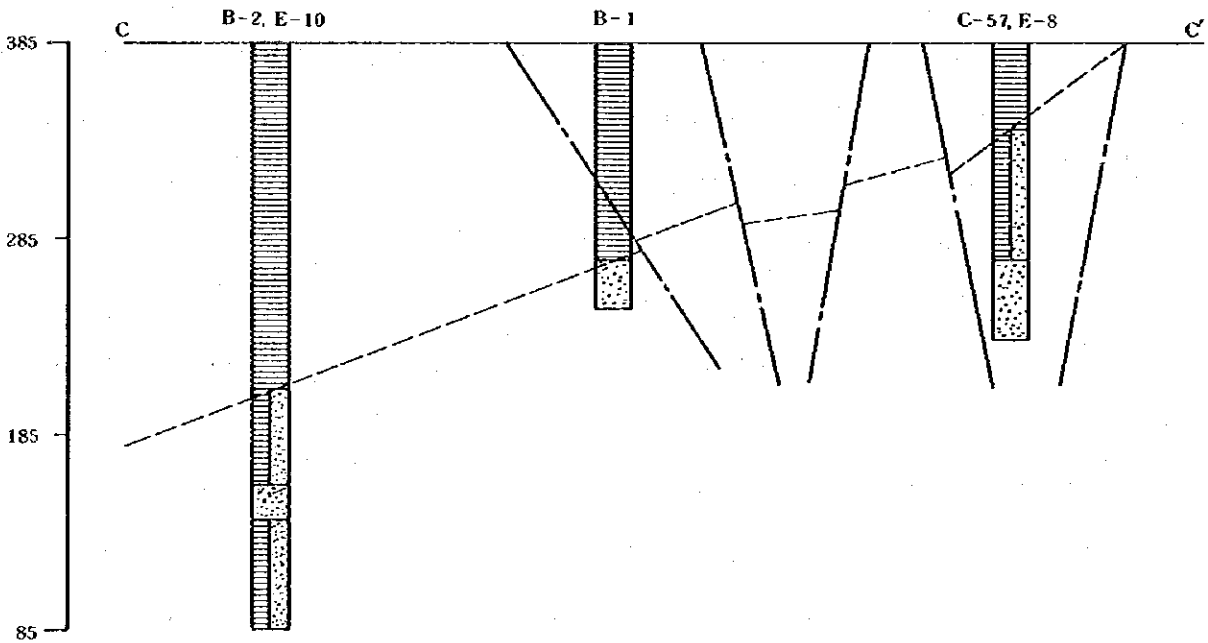


FIGURE 3-19 COUPE GEOLOGIQUE SUPPOSEE C-C' DE LA ZONE DE Tegguidda in Tessoum

Pour les couches comportant l'eau souterraine (nappes aquifères), on peut citer, parmi les couches qui constituent la région de Tegguidda in Tessoum, deux couches; à savoir une partie de la couche de schiste d'Irhazèr, et la couche de grès d'Azélik.

. Existence de l'eau souterraine dans la couche de schiste d'Irhazèr:

La couche étudiée est composée de schistes feuilletés peu perméables à l'eau. Il ne semble donc pas que cela soit une couche adéquate pour former des nappes d'eau souterraine. Mais on peut considérer que l'eau souterraine est stagnante aux cassures engendrées par les failles ou aux couches alternatives de schiste et de grès feuilleté.

. Existence de l'eau souterraine dans la couche de grès d'Azélik:

La couche étudiée est une partie de la couche de grès d'Agadès au sens large, et il est bien connu qu'elle est la nappe principale aquifère. La profondeur de cette couche n'étant pas connue précisément, il est nécessaire de procéder désormais à des recherches géologiques et des recherches destinées à confirmer la quantité d'eau de pompage.

(2) Eau souterraine

D'après les études de mesure d'eau exécutées dans la région allant d'Agadès à Tegguidda in Tessoum en passant par Assaouas et dans la zone de Tegguidda in Tessoum, l'eau souterraine de la région étudiée existe en tant que nappe d'eau et se divise en deux types: à savoir nappe phréatique dans la partie peu profonde, et nappe profonde.

. Nappe phréatique en partie peu profonde:

On trouve ce type d'eau dans une partie des koris qui correspond à l'écoulement de l'eau de surface pendant la saison des pluies. Elle est donc susceptible d'être influencée par le changement des saisons. Cette eau est récupérée par des puits ayant un grand diamètre (\varnothing 1400 à 1800 m/m) à Assaouas, Azouza, Tagaza, Tédékil etc. Tous les puits sont utilisés pour l'agriculture et l'élevage. Il existe une multitude de puits creusés à la main, parfois groupés, surtout à Tédékil. Il est probable que ces puits

sont réalisés par les habitants, compte tenu de leur expérience pour mettre en réserve l'eau de surface récupérée pendant la saison des pluies. La profondeur de la plupart de ces puits est inférieure à 3 m. Comme l'étude a été faite à la fin de la saison sèche, il semble que le niveau de l'eau baissait. L'eau subit l'influence de la température extérieure qui varie entre 25°C et 28°C. Le PH est faiblement acide ou neutre. A part l'introduction d'eau de surface polluée, l'eau souterraine est de bonne qualité.

. Nappe profonde:

L'eau souterraine de ce type peut être divisée en 2 suivant la façon de jaillir: les sources et les puits artésiens.

1) Sources

On trouve des sources à Tegguidda in Adrar, Tegguidda in Tessoum, Géléli, Azélik, Aquglloll Ssous, etc. Ces sources se situent le long des failles orientées Nord-Sud et Est-Ouest, alors que l'eau provenant des nappes aquifères profondes jaillit le long des cassures. Nous pouvons considérer que la source au Nord de Géléli, celle au Nord-Est d'Azélik et celle d'Aquglloll Ssous éloignées des failles étudiées n'ont aucune relation entre elles, et qu'elles sont isolément situées. Nous pouvons donc constater que ces sources sont un peu différentes, au point de vue structural, de celles qui sont étudiées le long des failles, puisqu'elles apparaissent à la surface du sol en passant par des fissures engendrées par les mouvements de faille.

2) Puits artésiens (puits profonds)

Les puits artésiens d'Azélik, Tegguidda in Adrar, Ilehriten, Fagoschia, Tényndi, Azouza sont utilisés comme sources d'eau potable par les habitants et les animaux, et ceux de Tegguidda in Adrar, Tényndi sont utilisés aussi pour l'agriculture (irrigation). Ces puits sont tous artésiens. Du fait que la quantité de l'eau jaillissante est importante: à savoir 200 à 300 m³/jour à Ilehriten, et 300 m³/jour à Tényndi, et que leur pression est de 8 kg/cm² (Tényndi), on peut dire que l'eau souterraine est sous haute pression.

Ces puits profonds sont creusés jusqu'à la couche de grès d'Agadès (appelée grès d'Azélik à Tegguidda in Tessoum) recouverte de la couche de schiste d'Irhazèr. L'eau souterraine de cette couche de grès est destinée à la prise d'eau. La figure 3-20 représente la situation de l'eau souterraine de cette région. Et le tableau 3-2 représente les résultats des recherches sur eau.

TABLEAU 3-2 RESULTAT DES RECHERCHES SUR L'EAU DE LA ZONE DE TEGGUICHA IN TESSOUM

N°	Lieux	Type	Diamètre de puits (en m)	Profondeur (en m)	Niveau de l'eau (en m)	Température (°C)	PH	Conductivité ($\mu S/cm$)	Transparence	Remarques
T-8	Tegguiccha in Adrar	Forage	Tuyau de pompage $\phi 100$ mm	Inconnue	eau jaillissant naturellement	34	6,6	600	bonne	Irrigation des champs
	dito	Forage		Inconnue	eau jaillissant naturellement	28	6,6	560	bonne	dito
	dito	Puits	1,8	3,6	0,8	31	6,8	800	bonne	Existence de quelques petites sources aux alentours de T-8
T-9	Irehriten	Forage	Tuyau de pompage $\phi 60$ mm	Inconnue	eau jaillissant naturellement	38	8,2	1.050	bonne	Quantité d'eau jaillissante 200 à 300 t/jour
T-10	Fagoschia	Puits	1,4	3,8	2,0				mauvaise	
T-11	Téymdi	Forage x 2	Tuyau de pompage $\phi 60$ mm	Inconnue	eau jaillissant naturellement	35	8,0 à 8,8	1.300	bonne	Sources de IRSA, quantité d'eau jaillissante 100 /min x 2 forages
T-12	Azélik	Source				30	8,4	1.300	bonne	source dont l'eau jaillit de 4 ou 5 fentes des roches
T-13	Azouza	Puits	1,4	22,0	19,2	28	7,2	1.060	bonne	
T-14	dito	Forage	Tubage de forage $\phi 180$ mm	Inconnue	eau jaillissant naturellement	33	8,6	1.500	bonne	Marque de 4 puits au total tous les 200m,
T-15	4 km Nord-Est d'Azélik	Source				22	8,6	2.500	mauvaise	
T-16	Céléli	Source				20	7,8	5.000	mauvaise	au saline
	dito	Source				22	7,8	4.200	mauvaise	au saline
T-17	4 km Nord de Céléli	Source				19,5	7,6	8.000	mauvaise	au saline
T-18	Tegguiccha in Tessooum	Puits	1,5	3,4	0,4	25	7,8	5.600	bonne	au de vie pour l'agglomération
T-19	Militu entre Céléli et Azélik	Forage	Tubage de forage $\phi 150$ mm	70 - 80	9,45	34	8,8	5.500	bonne	Puits artésien (Office des eaux du sous-sol) inutilisé
T-20	Aguilouli-Ssous	Source				43	6,3	7.000	bonne	
T-21	Tédékil	Puits	0,8	5,1	5,0	25	6,6	11.000	mauvaise	Fouille sans charpente. Marque de 10 fouilles aux alentours de T-21.
T-22	Tagaza	Puits	1,4	36,1	35,75	28	6,4	1.700	mauvaise	

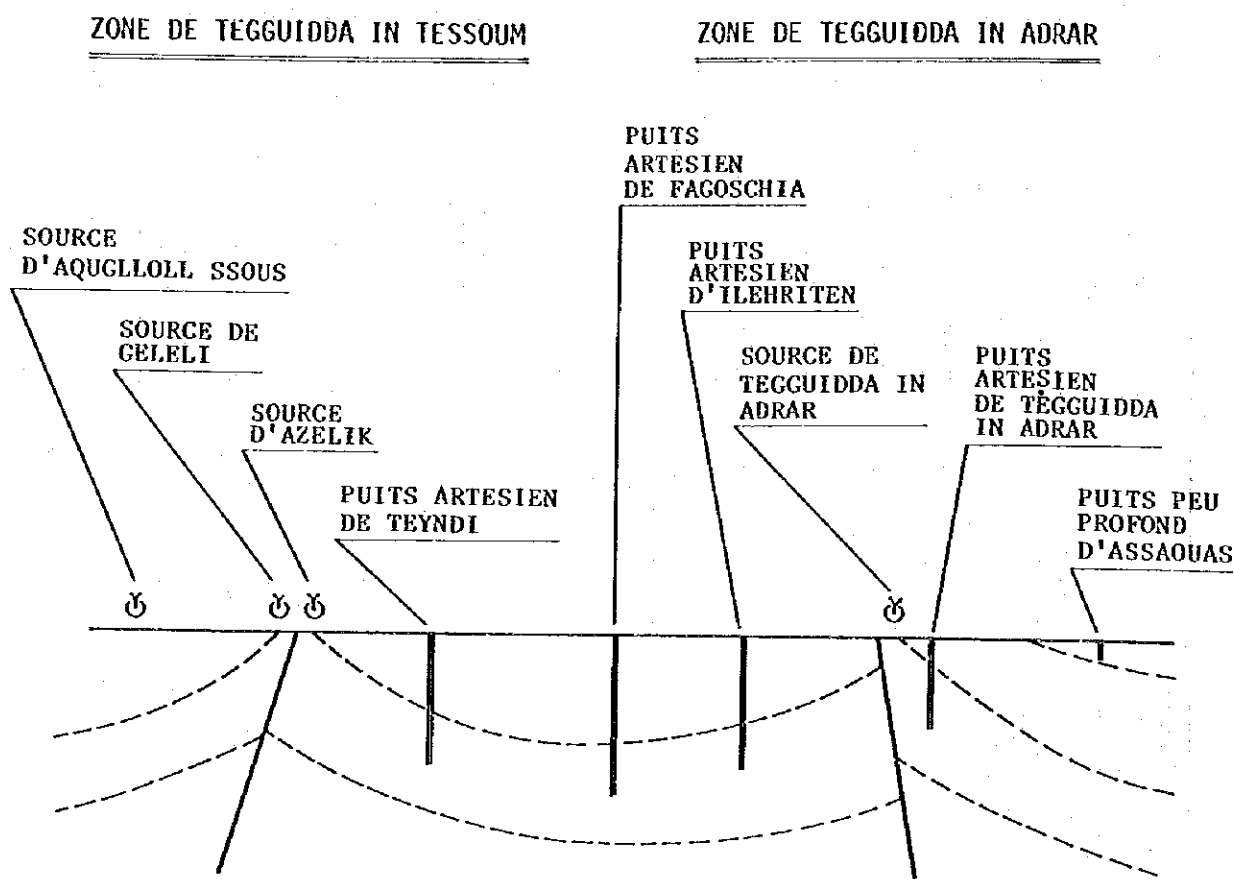


FIGURE 3-20 SITUATION DE L'EAU SOUTERRAINE DANS LA REGION
AU SUD-OUEST DE L'AIR

(3) Caractéristiques physiques

En ce qui concerne la région de Tegguida in Tessooum, où il pleut rarement, et qui est donc pauvre en eau de surface, il est nécessaire de déterminer avec précision, la quantité d'eau et la nature de l'eau souterraine utilisable. Par conséquent, les présentes études ont été exécutées spécialement sur la qualité de l'eau profonde, en considération des faits mentionnés ci-dessus. Le tableau 3-2 représente les résultats de mesure sur la température de l'eau, son P.H. et sur sa conductibilité électrique au moment de l'étude. D'après les résultats, nous pouvons préciser les caractéristiques des nappes profondes de cette région comme ci-dessous.

. Température de l'eau

A propos des sources, la température est, en général, de 25°C à 30°C. C'est à dire presque la même température que celle des nappes phréatiques, tandis

que pour les puits profonds, elle peut avoir plus de 30°C. On peut dire que cette différence de température provient de la différence de vitesse de l'eau souterraine qui monte à partir des nappes aquifères vers la surface du sol. Autrement dit, l'eau de source monte lentement et subit l'influence de l'air extérieur, alors que dans le cas des puits profonds, le temps d'influence de l'air extérieur est moindre. Les sources d'Aqgilloll Ssous ayant une température de plus de 40°C, elles sont considérées comme eaux thermales.

. PH

Il varie selon les endroits mais en général montre une réaction alcaline. L'eau à forte teneur en sel a un PH inférieur à 8 et celle à faible teneur à un PH supérieur à 8.

. Conductibilité électrique

La valeur de la conductibilité électrique est déterminée par la quantité globale d'ions électrolytes dissous dans l'eau souterraine. Le tableau 3-3 représente la différence entre l'eau douce et l'eau saline à l'aide des divisions de conductibilité électrique.

TABLEAU 3-3 DIVISION DE L'EAU SOUTERRAINE
D'APRES LA CONDUCTIBILITE ELECTRIQUE

Division	Poids total des solides (p.p.m.)	Conductibilité électrique ($\mu\Omega/\text{cm}$) 25°C
Eau douce	inférieur à 1.000	inférieur à 1.400
Eau faiblement saline	1.000 - 3.000	1.400 - 4.000
Eau moyennement saline	3.000 - 10.000	4.000 - 14.000
Eau saline	10.000 - 35.000	14.000 - 50.000
Eau fortement saline	supérieur à 35.000	supérieur à 50.000

D'après le traité sur l'hydrologie des saux
souterraines écrit par Toshio Murashita

D'après cette classification, Tegguidda in Adrar, Ilehriten, Téyndi, Azélik, Azouza appartiennent au type d'eau douce, et Géléli, Tegguidda in Tessoum, Aguglloll Ssous au type d'eau saline.

On peut envisager que l'eau de la couche est saline dans les cas suivants:

- a) Dans le cas où l'eau engendrée par la sédimentation des couches est restée enfermée dans ces couches,
- b) Dans le cas où le sel est sorti de la couche elle même ou des couches voisines,
- c) Dans le cas où après la sédimentation de la couche, l'eau saline est due à l'infiltration d'eau de mer ou d'autres eaux salines.

En ce qui concerne la région de recherche, on peut dire que les cas (a) et (c), sont à l'origine de "l'eau saline". La raison pour laquelle on a choisi le cas (a) est que le milieu sédimentaire de la couche d'Agadès (soit grès d'Azélik) peut être considéré comme produits sédimentaires du delta de baie. Pour le cas (c), on peut supposer que la couche d'Agadès a été en contact avec de l'eau saline lors de la sédimentation de la couche de schiste d'Irhazèr qui s'appuie sur le précédent.

L'eau saline existante s'est faite, sans intervention de l'eau de surface, par l'accumulation en plusieurs années de l'eau enfermée dans la couche à cause des facteurs mentionnés ci-dessus.

(4) Caractéristiques chimiques

Le nombre d'échantillons prélevés sur place est de 7 dans la zone de Tegguidda in Tessoum. En ce qui concerne l'analyse de la nature des échantillons d'eau, nous avons procédé, juste après notre retour, aux essais physiques et chimiques pour savoir si l'eau est potable ou non et aux essais analytiques des ions afin de distinguer plusieurs qualités d'eau.

. Essais chimiques et physiques

Pour savoir si l'eau est potable, nous avons fait des essais sur les 10 points suivants: PH, couleur, ductibilité, consommation de l'azote nitrique, de l'azote ammoniacque, et de $KMnO_4$, ions de chlore, Teneur en fer total,

TABLEAU 3-4 RESULTAT DES ESSAIS SUR LA NATURE DE L'EAU DE LA REGION DE TEGGUICHA IN TESSOUM

Numéro	T-8	T-9	T-11	T-14	T-19	T-20	T-22	a	b	c
Lieu de prélèvement	Tessouida in Adrar	Ilehriten	Téyndi	Arouza	Géliéli Azélik	Aquilloïl ssous	Tagaza			
Type de puits	Puits	Puits	Puits	Puits	Puits	Source	Puits			
PE sur place	6,6	8,2	8,8	8,6	8,8	6,3	6,4			
PE de l'intérieur	8,7	9,3	9,2	8,9	11,3	7,2	7,2			
Conduc-tivité sur place $\mu\text{S}/\text{cm}$	600	1.050	1.300	1.500	5.500	7.000	1.700	9,2	9,0	8,5
Conduc-tivité de l'intérieur "	490	770	1.020	1.275	4.400	39.400	1.780			
Couleur degrés	2,5	0	0	3,8	6,5	5,9	6,0			
Turbidité degrés	1,0	0,1	0,4	2,4	2,0	1,0	0,8			
Ion de carbonate ppm	14,6	67,0	81,5	54,5	560	0	0	36,0	28,5	9,0
Ion de carbonate epm	0,49	2,23	2,71	1,81	18,65	0	0	1,20	0,95	0,30
Ion de bicarbonate ppm	234	327	420	588	930	107	214	515,6	323,4	198,3
Ion de bicarbonate epm	3,84	5,36	6,89	9,64	15,25	1,75	3,51	8,45	5,30	3,25
Ion de chlore ppm	20,3	14,2	28,5	37,0	699	19.600	121	28,4	14,2	100,7
Ion de chlore epm	0,57	0,40	0,80	1,04	19,70	553,00	3,42	0,80	0,40	2,84
Ion de sulfate ppm	24,6	38,2	60,4	113	181	520	508	54,8	17,8	48,0
Ion de sulfate epm	0,51	0,79	1,26	2,35	3,76	10,82	10,57	1,14	0,37	1,00
Ion de sodium ppm	91,6	311	293	259	818	10.400	380	266,0	158,0	167,0
Ion de sodium epm	3,98	13,53	12,74	11,27	35,58	452,40	16,53	11,57	6,87	7,26
Ion de potassium ppm	0,44	0,43	0,52	4,4	10,5	55,3	2,3	1,1	0,9	1,6
Ion de potassium epm	0,01	0,01	0,01	0,11	0,27	1,42	0,06	0,03	0,02	0,04
Ion de calcium ppm	2,0	0,89	1,2	1,6	3,0	900	7,3	2,4	2,2	4,2
Ion de calcium epm	0,10	0,04	0,06	0,08	0,15	44,91	0,36	0,12	0,11	0,21
Ion de magnasium ppm	0,02	0,02	0,05	0,10	0,03	199	3,6	0,4	0,2	0,4
Ion de magnasium epm	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	16,36	0,29	0,03	0,02	0,03
Teneur en fer total ppm	x	x	x	x	0,92	1,10	0,56	0,4	0,1	1,6
Teneur en manganèse total ppm	x	x	x	x	x	0,13	x			
Dureté total ppm	infé. à 2	infé. à 2	infé. à 2	infé. à 2	infé. à 2	3530	34,9			
Conductivité de l'eau ppm	1,1	2,1	1,4	5,6	69,9	357	6,5			
Azote nitrique ppm	0,05	x	x	0,11	x	x	x	0,45	0,45	0,45
Azote ammoniacque ppm	x	0,02	x	x	x	1,20	0,08			

x; inférieur à la limite de détection

dureté total. Les résultats sont montrés dans le tableau 3-4 et indiquent que sauf T-19, T-20 et T-22, l'eau est potable et que l'eau douce dans la couche de grès d'Agadès est généralement de bonne qualité.

Essais d'analyse d'ions

En analysant la nature des eaux souterraines, il est possible de préciser leurs types et caractéristiques propres à l'origine: eau circulante ou eau stagnante, ou eau volcanique, ou eau de décharge, ou eau de mer. La méthode de diagramme de salinité ci-dessous est efficacement utilisée comme moyen pour exprimer le milieu actuel de l'eau souterraine.

En supposant que généralement l'eau garde son équilibre chimique en ce qui concerne les 4 éléments: anions ($\text{SO}_4 + \text{Cl}$), ($\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$), cations ($\text{Na} + \text{K}$), ($\text{Ca} + \text{Mg}$), nous pouvons diviser en 4 groupes le diagramme de salinité qui représente les caractéristiques.

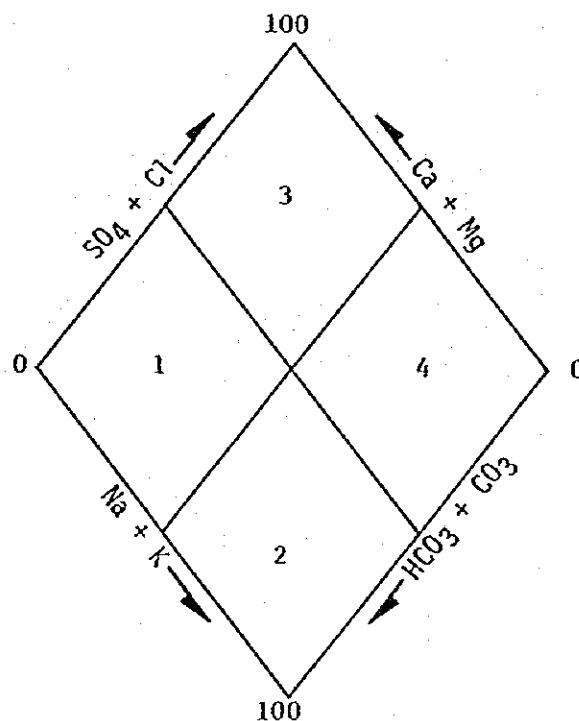
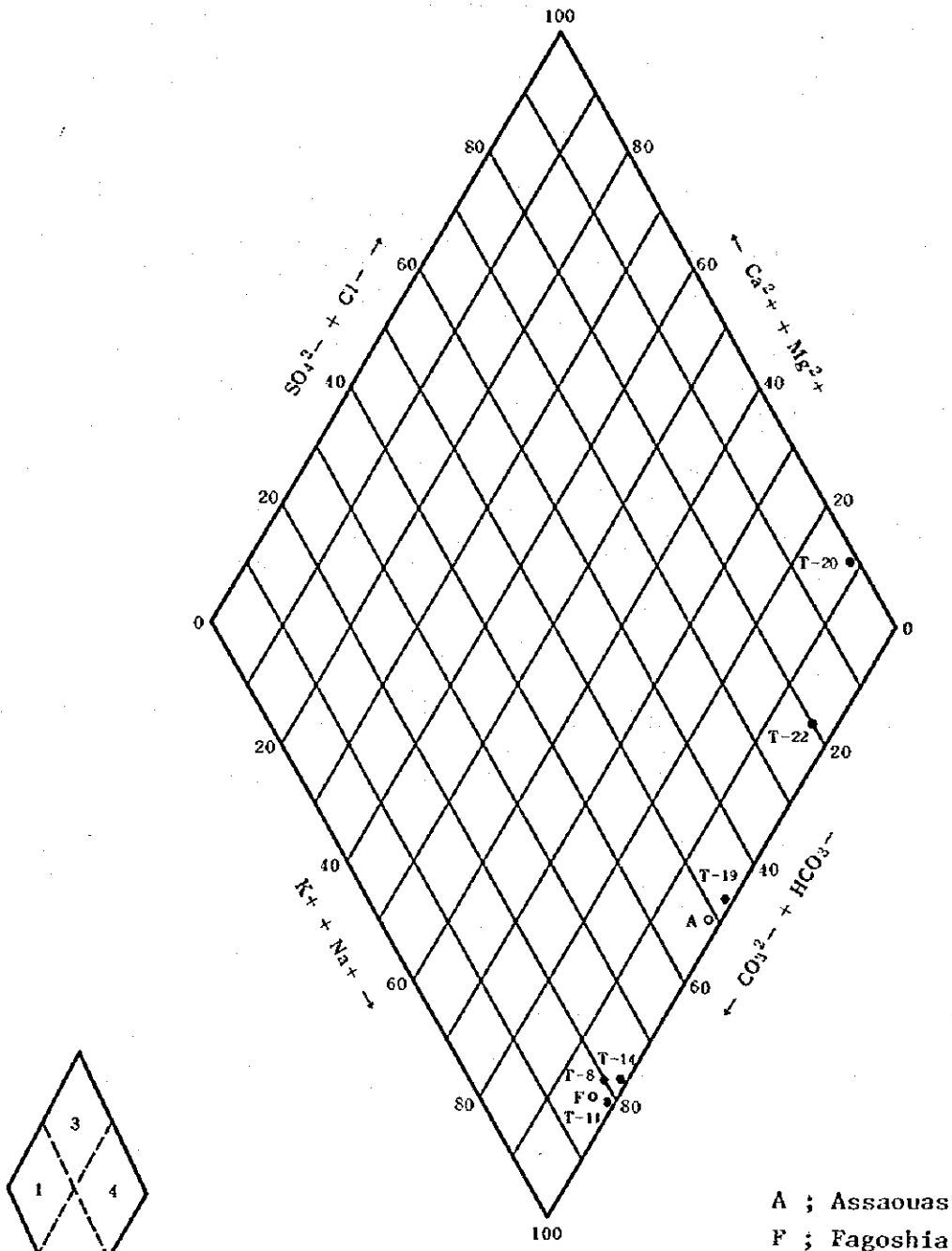


FIGURE 3-21 DIAGRAMME

TABLEAU 3-5 DIVISION DE L'EAU SOUTERRAINE
D'APRES LA NATURE DE L'EAU

Type	Nature de l'eau	Description de l'eau souterraine
1	Carbonate de calcium	Groupe typique de l'eau douce
2	Carbonate de sodium	C'est de l'eau adoucie en raison de l'évolution chimique de l'eau souterraine en type 1, l'eau souterraine à un état de stagnation est généralement appartenue à ce type.
3	Non carbonate de calcium	Terrain soumis au glissement de terre, eau acide évacuée de la mine, eau volcanique
4	Non carbonate de sodium	C'est de l'eau de la mer ou de l'eau dont la nature est analogue à celle précédente, et elle contient beaucoup d'ions de chlores.

La nature de l'eau est différente selon le milieu, mais de toute façon l'eau douce appartient au type 1 ou 2. On décide le type 3 ou 4, compte tenu de la densité d'ions de chlore dans l'eau et du temps de réaction d'échange d'ions avec le minéral d'argile dans la couche. Le tableau 3-5 représente les résultats d'analyse des ions de chaque point de prélèvement d'eau, et la figure 3-22 désigne des échantillons d'eau qui sont projetés sur le diagramme de salinité en se basant sur les résultats précédents.



- 1 : Eau du type $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
 - 2 : Eau du type NaHCO_3
 - 3 : Eau du type CaSO_4 ou du type CaCl_2 (eau minière ou volcanique)
 - 4 : Eau du type Na_2SO_4 ou du type NaCl (eau de mer)
-] Eau douce

FIGURE 3 -22 DIAGRAMME DES TYPES DE NATURE DE L'EAU SOUTERRAINE DE TEGGUIDA IN TESSOUSM

(5) Régime de l'eau souterraine d'après les catégories de qualité de l'eau

Les eaux de Tegguidda in Adrar, Ilehriten, Têyndi, Assaouas, Azouza, Fagoschia appartiennent au type 2 (carbonate de sodium) et les sources thermales d'Aqulloll Ssous, l'eau du puits du CEA appartiennent au type 4 (non carbonate de sodium). De ce point de vue, on peut diviser le régime de l'eau souterraine de la nappe aquifère de la région étudiée en zone à eau douce de type carbonate de sodium et en zone à eau saline du type non carbonate de sodium.

. Système d'eau souterraine dans la zone à eau douce

Le PH de l'eau souterraine de cette zone est supérieur à 8 et montre une conductibilité de 1000 à 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et en particulier il y a beaucoup d'ions de sodium. Les ions de chlore sont inférieurs à 80 ppm. Les résultats des études faites jusqu'à présent ne nous permettent pas d'affirmer, mais seulement de supposer que soit cette eau souterraine était circulante et avait été accumulée dans d'autres régions, soit qu'à l'origine, l'eau était saline, mais qu'en recevant de l'eau douce pendant des années, elle s'est diluée petit à petit par l'échange de réaction d'ions, et qu'elle est devenue douce. Il se peut que cette eau souterraine resté au-dessus de la nappe aquifère par la différence de poids spécifique avec l'eau saline. L'eau souterraine considérée est répartie dans la zone Sud-Est de la ligne de structure géologique qui relie Tegguidda in Tessoum - Géléli-Azélik et dans la zone du côté Ouest de la montagne d'Assaouas.

. Régime de l'eau souterraine de la zone à eau saline du type non carbonate de sodium.

L'eau montre un PH de 7-8, une conductibilité de plus de 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et en particulier beaucoup de chlore et aussi beaucoup de sulfate. Cette eau est considérée comme eau fossile saline depuis le temps géologique et elle n'est pas alimentée du dehors. On suppose que cette eau souterraine est enfermée et qu'elle se répartit dans la région du Nord ou Nord-Ouest de la région de Tegguidda in Tessoum, Géléli.

La différence entre ces 2 types d'eau souterraine dépend de la structure géologique de cette région, on peut donc supposer que d'un côté la structure géologique est ouverte à l'autre zone et que de l'autre côté elle est fermée. La figure des divisions de la nappe aquifère est donnée sur la figure 3-23 ci-dessous.

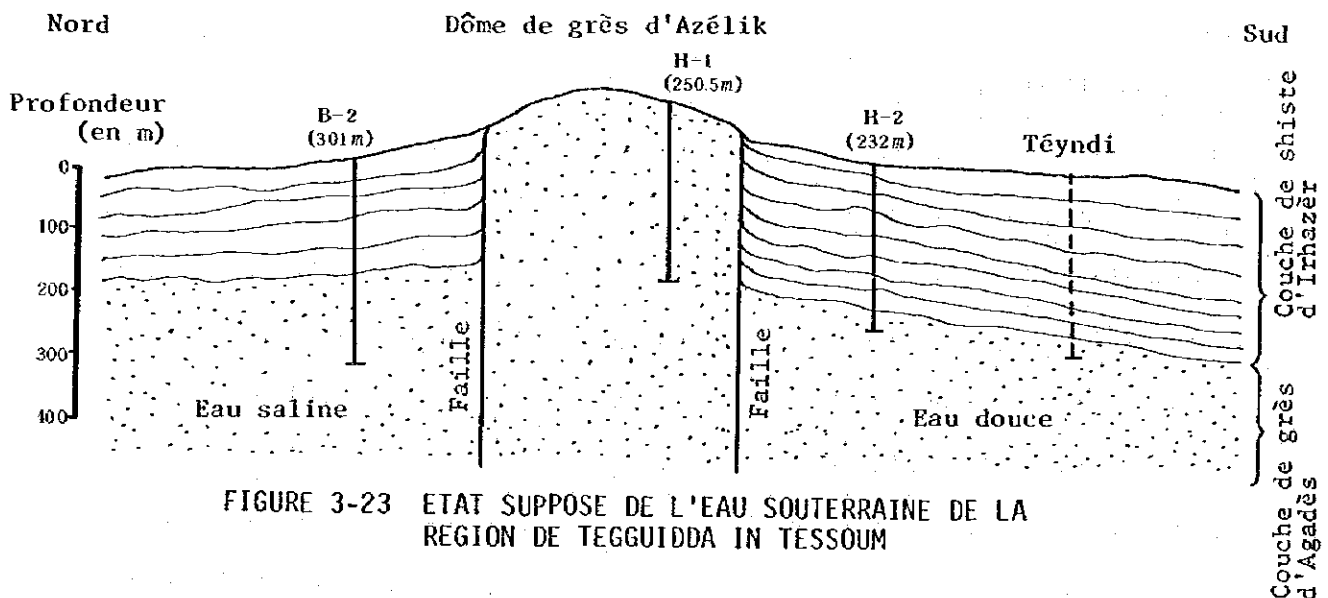


FIGURE 3-23 ETAT SUPPOSE DE L'EAU SOUTERRAINE DE LA REGION DE TEGGUIDDA IN TESSOUM

3-4-4 HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE D'IN-GALL

La nappe aquifère de cette région est située principalement dans l'alluvion de grès qui se trouve dans la zone de ruissellement du grand kori (de 100 à 150 m de largeur) à l'Est de la ville. En général, on considère que la nappe aquifère profonde se situe à 600 m de profondeur, mais dans cette région, il existe des puits en contact avec cette nappe aquifère à une profondeur variant entre 492 et 600 m.

Des battages électriques ont été effectués à côté de cette source, mais l'extrême sécheresse de la surface du terrain et la mauvaise résistance du sol au contact de l'électrode n'ont pas permis d'obtenir de données suffisantes. De toute façon, on ne peut pas analyser la couche de l'eau stagnante à une profondeur de 490 à 600 m, parce que le domaine de mesure de cet examen électrique est limité à 200 m.

Les résultats des mesures de l'eau et des analyses de la nature de l'eau exécutés dans la zone d'In-Call sont donnés dans les tableaux 3-6 et 3-7.

La forme de l'eau souterraine dans l'oued et dans l'alluvion correspond à la nappe phréatique. La température est d'environ 30°C, le PH de 6.4 à 6.8 légèrement acide, la conductibilité est de 300 - 900 $\mu\text{U}/\text{cm}$. D'après les résultats d'analyse de la nature de l'eau, le taux de fer contenu dans l'eau de jardin dépasse celui de l'eau du robinet, mais les autres éléments ne dépassent pas ce taux. On peut supposer que les particules de fer proviennent de l'eau polluée de la surface du sol qui a pénétré.

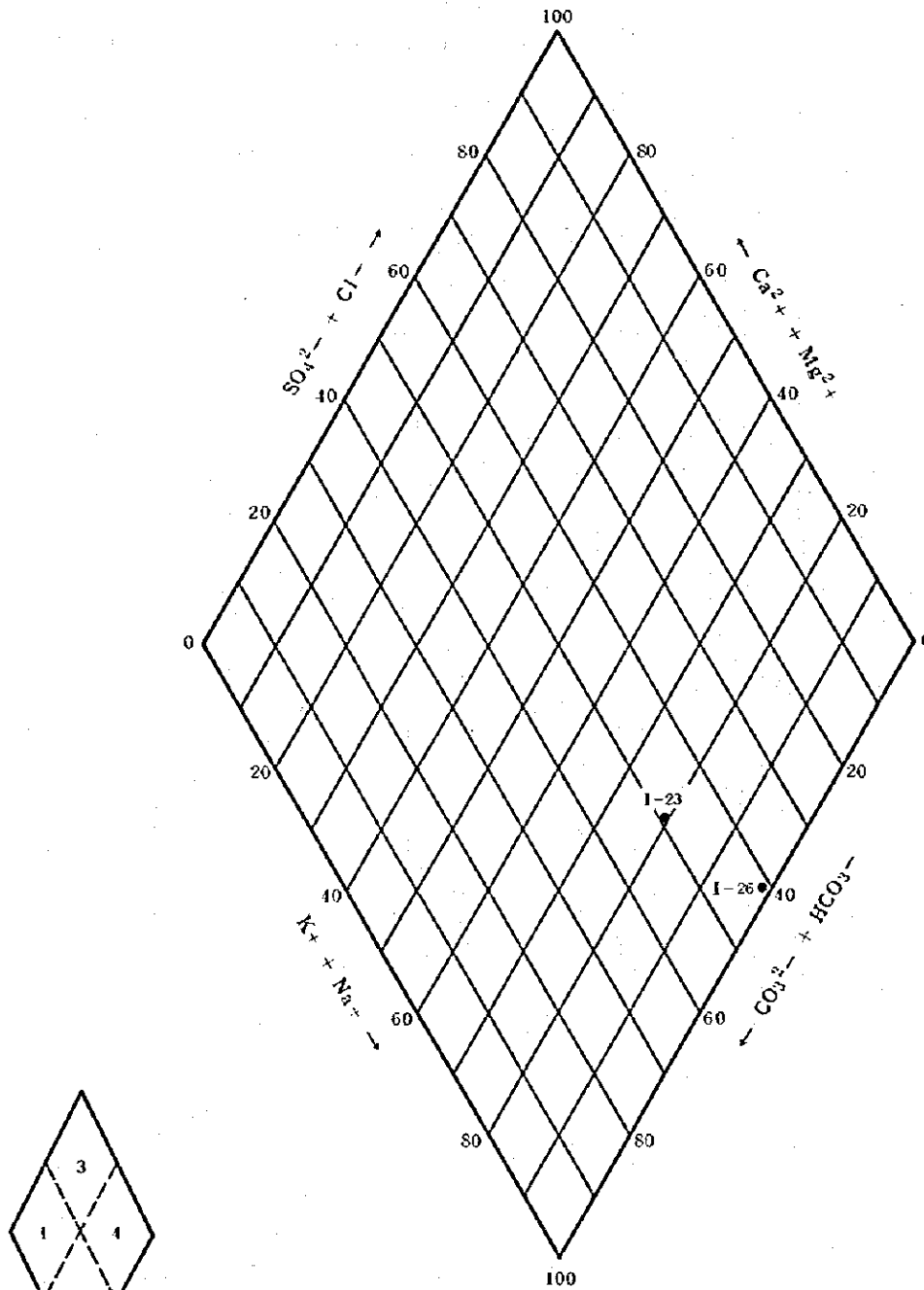
La nappe profonde a une température élevée, beaucoup de fluor et beaucoup de chlore. Du fait que cette eau appartient au type 4 (non carbonate de sodium) et entre dans la catégorie de l'eau saline, on peut supposer que cette eau se situe dans un milieu isolé de l'extérieur et la considérer comme eau fossile.

TABLEAU 3-6 RESULTAT DES RECHERCHES SUR L'EAU DANS LA ZONE D'IN GALL

N°	Lieux	Type	Dia. des puits (en m)	Profondeur (en m)	Niveau de l'eau (en m)	Température (Co)	PH	Conductivité (en $\mu\text{V}/\text{cm}$)	Transparence	Remarques
I-23	Jardin	Puits	1,7	11,5	10,0	31,0	6,4	590	Mauvaise	Pour les jardins
	dito	Puits	1,4	10,0	9,0				Mauvaise	
I-24	Ancien foyer d'IRSA	Puits	1,4	8,9	8,3	29,0	6,8	900	Mauvaise	inutilisés
	dito	Puits	1,4	10,0	9,0				Mauvaise	inutilisés
I-25	Kori	Source		1m d'environ fouilli à la main		26,0	6,4	300	Mauvaise	Eau courante secondaire de kori de largeur 150m. Quelques endroits dans kori.
I-26	Puits pour eau courante de la ville	Forage	300 mm	650,0		Lors du pompage 50. à l'instant mention 37	8,0	2.600	bonne	Travaux d'excavation chargés à la SATOM en 1975. Beaucoup de fluor. Quantité d'eau de pompage 54 m ³ /h

TABLEAU 3-7 RESULTAT DES ESSAIS SUR LA NATURE DE L'EAU DE LA REGION D'IN GALL

Numéro			I-23	I-24
Lieu de prélèvement			In Gall (jardin)	In Gall
Type de puits			Puits	Forage
PH	sur place		6,4	8,0
	de l'intérieur		7,0	8,8
Conduc- tibi- lité	sur place	$\mu\text{S/cm}$	590	2.600
	de l'extérieur	$\mu\text{S/cm}$	490	2.170
Couleur		degrès	2,0	0
Turbidité		degrès	0,5	0,4
Ion de carbonate		ppm	0	34,1
		epm	0	1,13
Ion de bicarbonate		ppm	146	476
		epm	2,39	7,81
Ion de chlore		ppm	9,7	392
		epm	0,27	11,04
Ion de sulfate		ppm	106	107
		epm	2,20	2,22
Ion de sodium		ppm	74,4	486
		epm	3,24	21,14
Ion de potassium		ppm	4,7	1,3
		epm	0,12	0,03
Ion de calcium		ppm	14,2	2,2
		epm	0,71	0,11
Ion de magnasium		ppm	6,6	0,09
		epm	0,54	0,01
Teneur en fer total		ppm	0,48	inférieur à la limite de détection
Teneur en manganèse total		ppm	inférieur à la limite de détection	inférieur à la limite de détection
Dureté total		ppm	71,8	inférieur à 2
Consommation de KMnO_4		ppm	3,4	3,5
Azote nitrique		ppm	1,85	0,05
Azote ammoniacque		ppm	inférieur à la limite de détection	inférieur à la limite de détection



- 1 : Eau du type $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
 - 2 : Eau du type NaHCO_3
 - 3 : Eau du type CaSO_4 ou du type CaCl_2 (eau minière ou volcanique)
 - 4 : Eau du type Na_2SO_4 ou du type NaCl (eau de mer)
- } Eau douce

FIGURE 3-24 DIAGRAMME DES TYPES DE NATURE DE L'EAU SOUTERRAINE D'IN GALL

3-4-5 HYDROGÉOLOGIE DE LA ZONE D'AGADES

La nappe aquifère dans cette région correspond principalement à la couche de grès du kori qui se trouve dans la banlieue de la ville. Cette couche de grès est relativement de bonne qualité, et sa répartition change selon les dimensions du kori.

L'eau souterraine correspond à une nappe phréatique qui stagne dans une couche de sable du kori après l'accumulation des eaux de pluies du massif de l'Air et de la région considérée qui ont pénétré jusqu'à ladite couche. Par conséquent, le volume de l'eau souterraine est susceptible d'être influencé par le changement des saisons et a tendance à s'élever après la saison des pluies et à diminuer peu à peu en saison sèche. La température de l'eau est d'environ 30°C, son pH de 6,0 à 7,4 légèrement acide ou neutre et le degré de conductibilité est de 200 à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. D'après les essais chimiques et physiques, les échantillons d'eau prélevés au puits d'Agadès et à Tintibezin sont de bonne qualité.

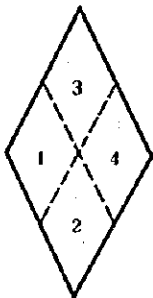
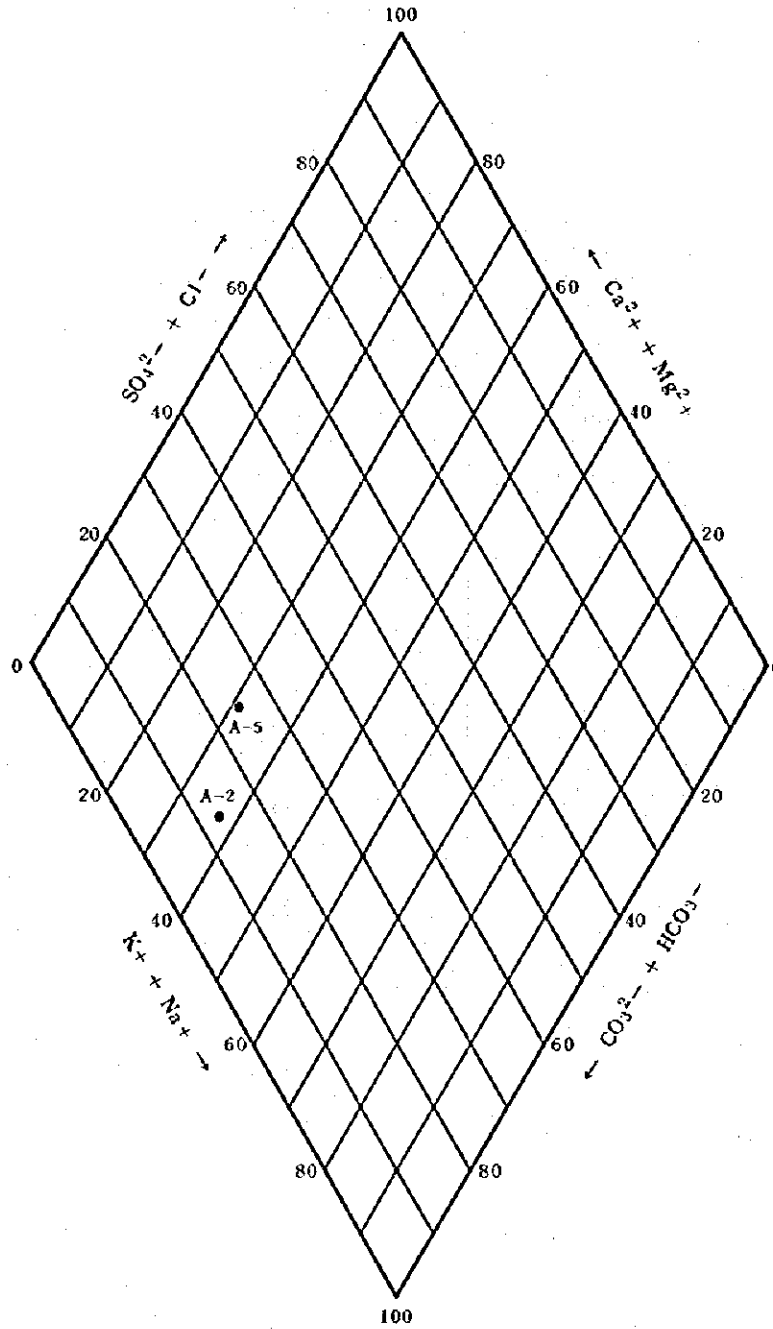
Le diagramme de salinité (figure 3-25) représente les échantillons A-2, A-5, et on voit que les deux appartiennent à un type 1 (carbonate de calcium) et qu'ils sont de l'eau courante ayant les caractéristiques typiques de l'eau douce.

TABLEAU 3-8 RESULTAT DES RECHERCHES SUR L'EAU DE LA REGION D'AGADES

No	Lieux	Type	Dia. de puits (en m)	Profondeur (en m)	Niveau de l'eau (en m)	Température (en °C)	PH	Conductibilité (en $\mu\text{S}/\text{cm}$)	Transparence	Remarques
A-1	Agadès	Puits	1,8	20	11,3	29		430	bonne	
A-2	Source pour eau de robinet de la ville	2 forage, un puits	Tuyau de pompage ϕ 65mm	40		31	7,4	340	bonne	Pompe immergée
A-3	Kourboubou	Puits	1,8		36	30		1.600	mauvaise	
A-4	Hamsam	2 Puits	1,0	10,3	10	30	6,8	1.600	mauvaise	Fouille sans étayage
A-5	Tin Tibesgin	Puits	1,8	10,1	4,85	31	6,0	230	bonne	Eau de pompage à l'aide de la force du vent 15 l/min. avec de irrigation des champs. avec de l'eau de surplus.
A-6	Agarus	Puits	1,8	11,3	9,4				mauvaise	Inutilisé
A-7	Assaouas	Puits	1,8	10,2	8,8	27	7,2	2.050	mauvaise	

TABLEAU 3-9 RESULTAT DES ESSAIS SUR LA NATURE DE
L'EAU DE LA REGION D'AGADES

Numéro			A-2	A-5
Lieu de prélèvement			Agades	Tin Tibesgin
Type de puits			Forage	Puits
PH	sur place		7,4	6,0
	de l'intérieur		7,4	7,2
Conduc- tibi- lité	sur place	$\mu\text{U/cm}$	340	230
	de l'extérieur	$\mu\text{U/cm}$	286	180
Couleur		degrès	0	0
Turbidité		degrès	0,3	0,5
Ion de carbonate		ppm	0	0
		epm	0	0
Ion de bicarbonate		ppm	160	70,4
		epm	2,62	1,15
Ion de chlore		ppm	6,4	5,0
		epm	0,18	0,14
Ion de sulfate		ppm	10,6	12,2
		epm	0,22	0,25
Ion de sodium		ppm	24,9	4,3
		epm	1,08	0,19
Ion de potassium		ppm	2,1	11,2
		epm	0,05	0,29
Ion de calcium		ppm	26,5	18,0
		epm	1,32	0,90
Ion de magnasium		ppm	7,4	3,6
		epm	0,61	0,29
Teneur en fer total		ppm	inférieur à la limite de détection	inférieur à la limite de détection
Teneur en manganèse total		ppm	inférieur à la limite de détection	inférieur à la limite de détection
Dureté total		ppm	134	71,6
Consommation de KMnO_4		ppm	2,3	2,0
Azote nitrique		ppm	4,15	inférieur à la limite de détection
Azote ammoniacque		ppm	inférieur à la limite de détection	0,03



- 1 : Eau du type $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- 2 : Eau du type NaHCO_3 Eau douce
- 3 : Eau du type CaSO_4 ou du type CaCl_2 (eau minière ou volcanique)
- 4 : Eau du type Na_2SO_4 ou du type NaCl (eau de mer)

FIGURE 3-25 DIAGRAMME DES TYPES DE NATURE DE L'EAU SOUTERRAINE D'AGADES