

1.3 Géologie

1.3.1 Structure géologique

La structure géologique de la région de l'étude et de ses environs est indiquée figure A1-1-3-1.

La zone de l'étude est principalement composée de roches argileuses (schistes, marnes, argiles) du mésozoïque, et contient d'épaisses couches de sable et de calcaire disposées en éventail. Cette zone se trouve sur la bordure Ouest de la chaîne orogène alpine et présente de nombreuses rides et failles de taille importante qui rendent la structure géologique très complexe.

La partie Nord de la région de l'étude est classée dans la zone Intrarifaine du point de vue de sa structure géologique, la partie Est forme les montagnes constituées de schistes argileux du jurassique et du crétacé inférieur ; sur la partie supérieure, les sommets sont constitués de grès solides intercalés. La partie ouest de la région, constituée de marnes du crétacé supérieur, constitue les zones de moyenne altitude.

Les rives de l'Ouergha au centre de la région étudiée sont classées dans la zone Mésorifaine, où les couches de Trias du néogène sont fracturées et dispersées en blocs. Cette zone présente la topographie la plus complexe de la région étudiée.

La partie Sud de l'étude est classée dans la zone Prérifaine avec des collines constituées principalement de marnes du néogène. La zone limitrophe du mésofif est appelée ligne de «sol» et est formée de diverses couches du jurassique et du crétacé. C'est une zone de moyenne altitude.

1.3.2 Ordre des couches géologiques

L'ordre des couches géologiques est indiqué à la figure A1-1-3.2~A1.1.3.3. La répartition de chaque type de roche et la carte géologique de la région sont reportées aux figures A1-1-3-4~A1-1-3-10.

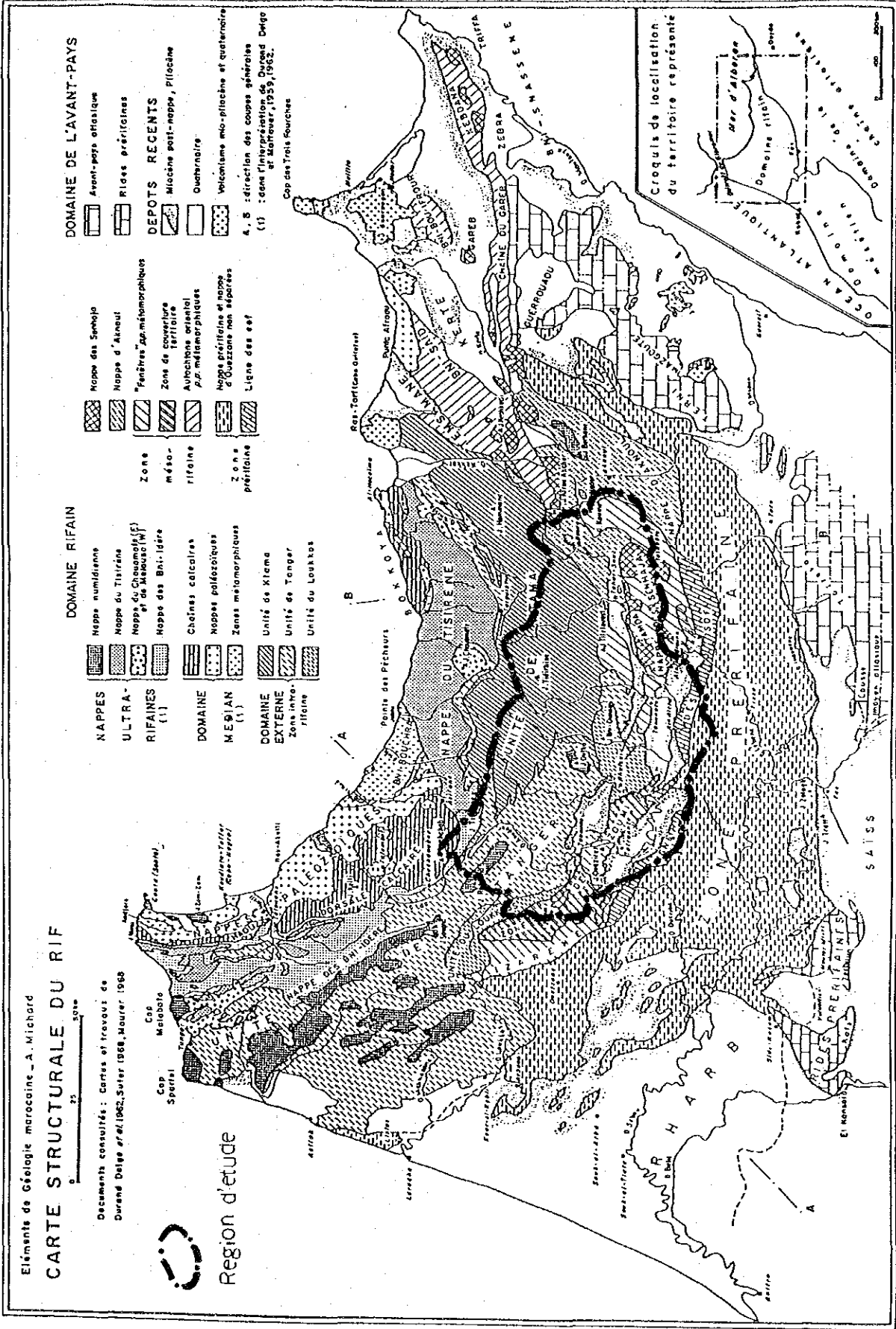


Figure A1.1.3.1 Carte structurale du Rif

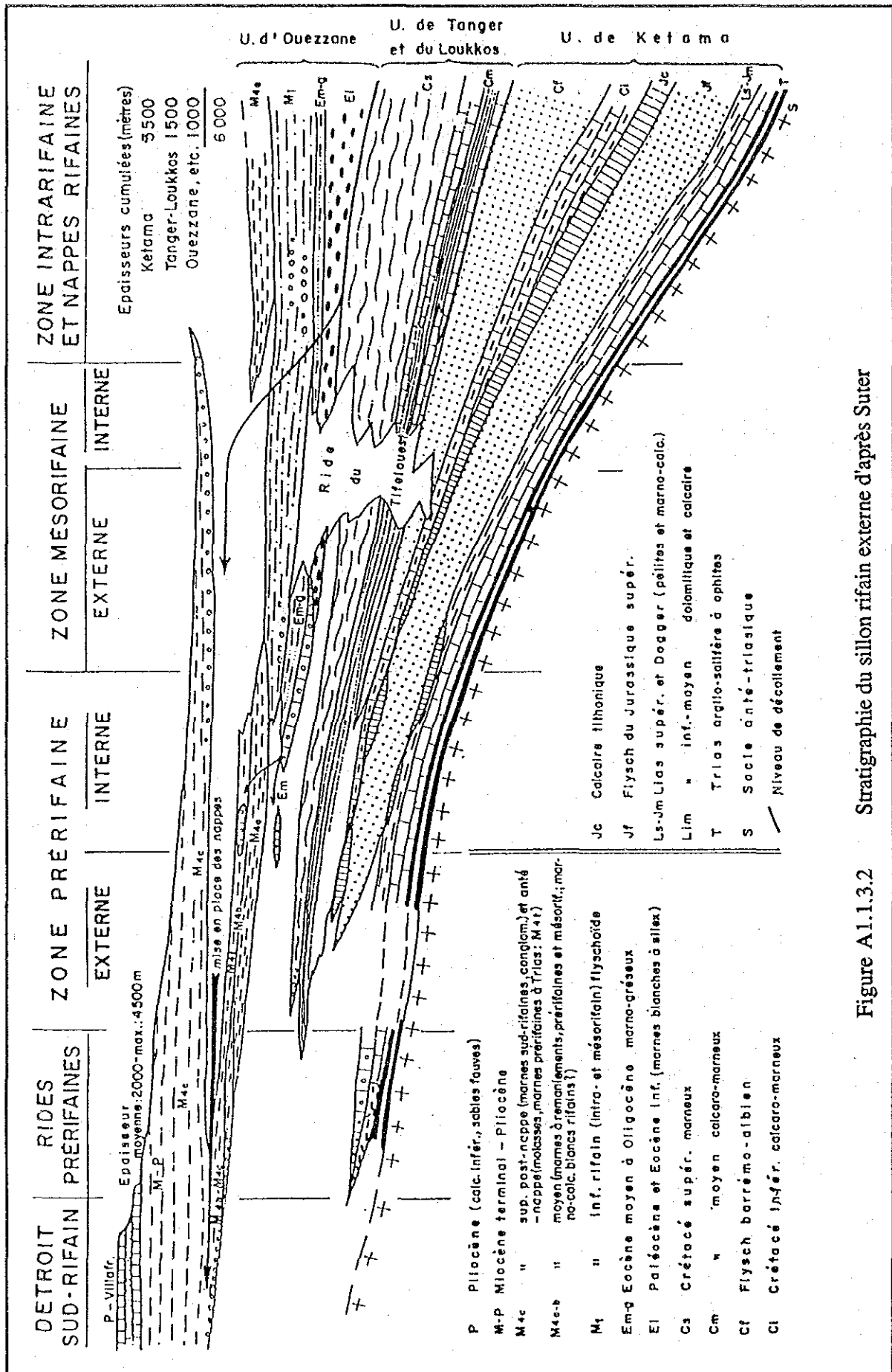
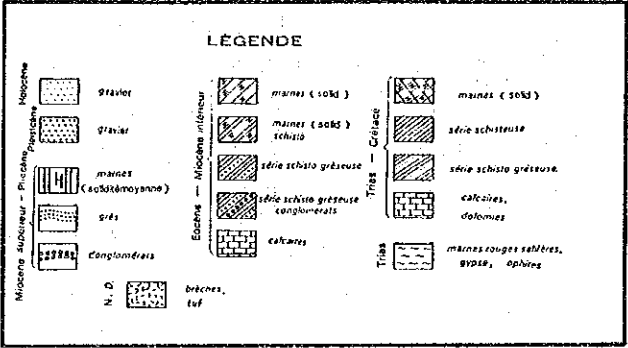


Figure A1.1.3.2 Stratigraphie du sillon rifain externe d'après Suter

Epoque		Profil stratigraphique	N°	Roche	Epaisseur		
Cénozoïque	Quaternaire	Holocène	A	Graviers, sables		Couche quaternaire	
		Diluvium	←q1 ←q2 ←q3 ←q4 ←q5 ←q6	graviers			
	Tertiaire	Pliocène ~ Miocène supérieur	M - P	Marnes	2,000 m	Roches sédimentaires récentes	
			Ma _c				
		Miocène moyen ~ inférieur	Ma _s	Marnes	1,000 m		
		Eocène moyen ~ Paléocène ~ éocène inférieur	Mi	Flysh (altern. grès et argiles, domin. argile) Calcaires			
			Em-g	Marnes			
	Mésozoïque	Crétacé	Supérieur	Cs	Marnes	1,500 m	Roches sédimentaires anciennes
			Moyen	Cm	Calcaires et marnes		
			Inférieur	Cf	Flysh (altern. grès et argiles à domin. argiles)		
Jurassique		Jurassique sup.	Ci	Calcaires (une partie de marnes)	3,500 m		
			Jc	Calcaires			
		Lias ~ Dogger	Jf	Flysh (alternances de grès et d'argiles, à dominante d'argile)			
		Jurassique inf. ~ moyen	Ls - Jm	Argiles (accompagnés en partie de marnes)			
Triasique			Lim	Calcaires et dolomites			
			T	Argiles (accomp. couche épaisse gypse et sel gemme), roch. volcan.			
Trias inférieur			S	Roches de soubassement		Socle	

Figure A 1.133 Stratigraphie



Echelle: 140.000

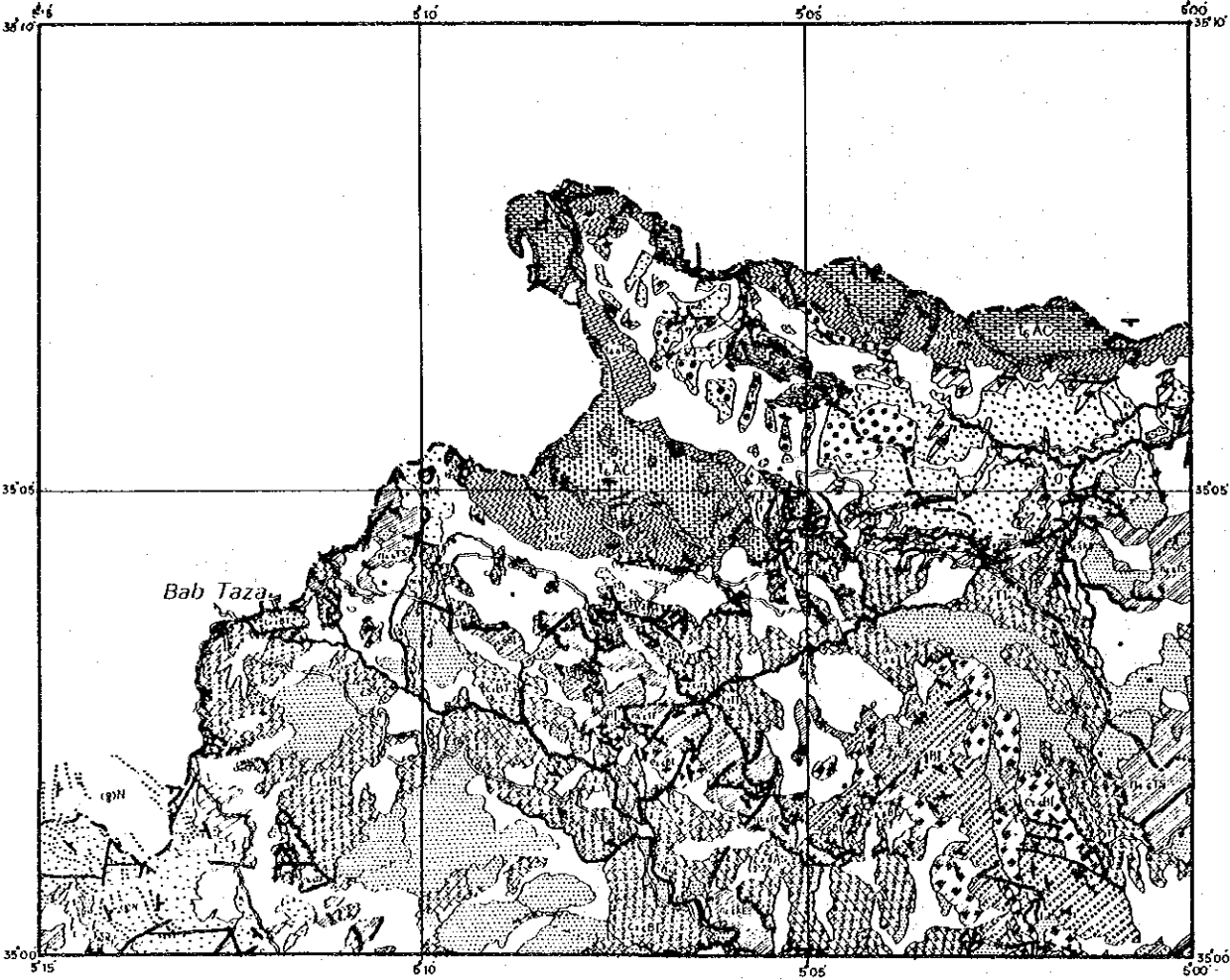
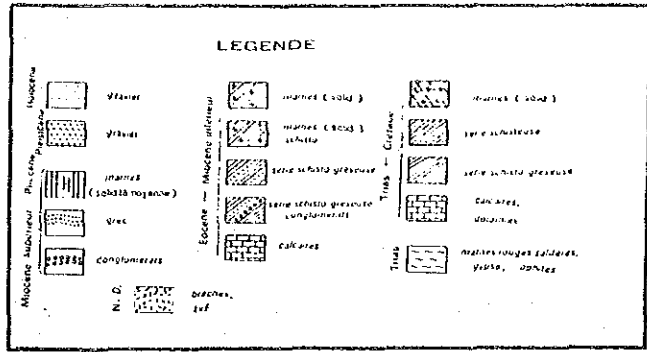


Figure A1.1.3.4 Carte géologique – Bab Taza



Echelle: 140.000

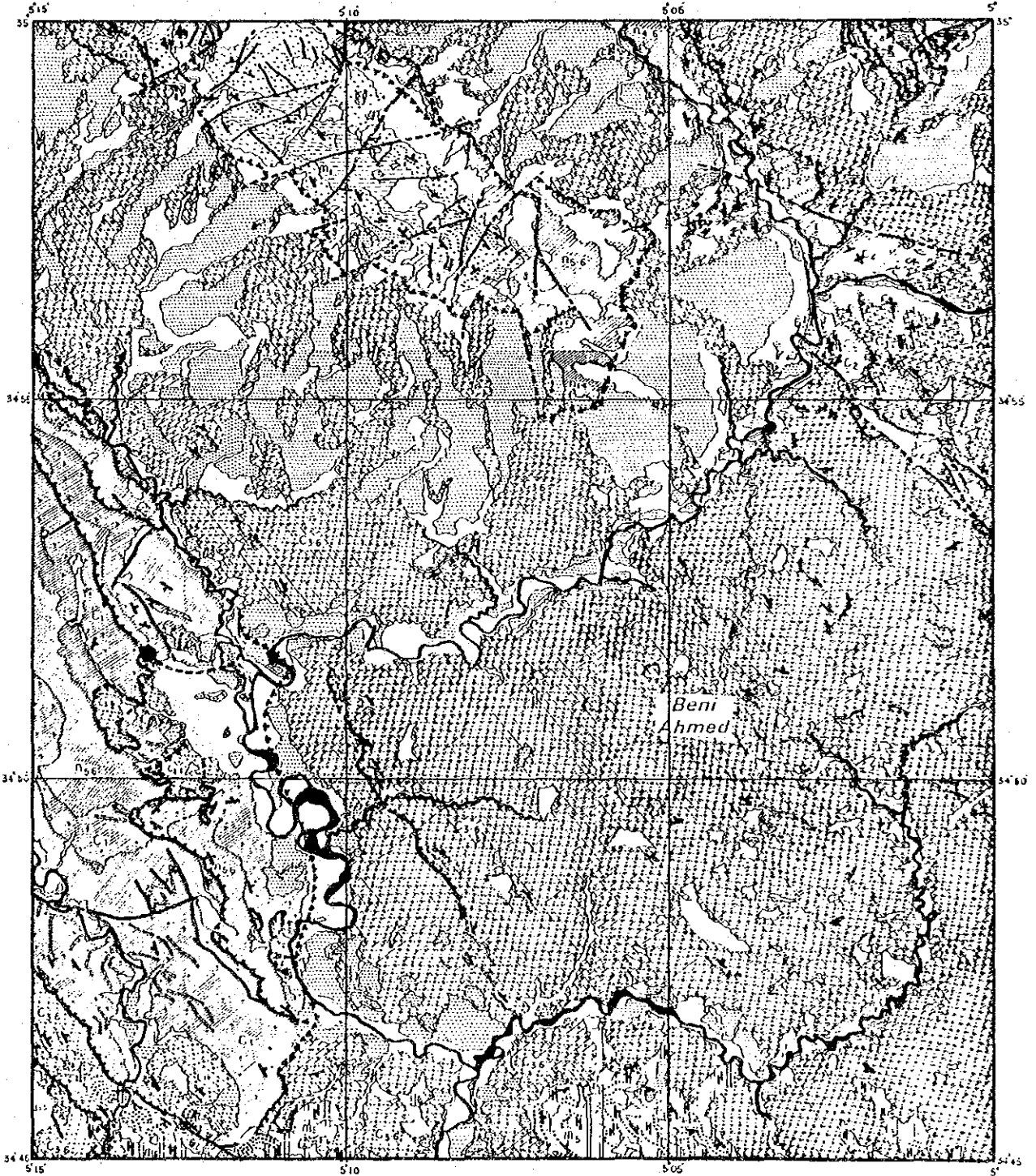


Figure A1.1.3.5 Carte géologique — Beni Ahmed
A1-31

Echelle: 140.000

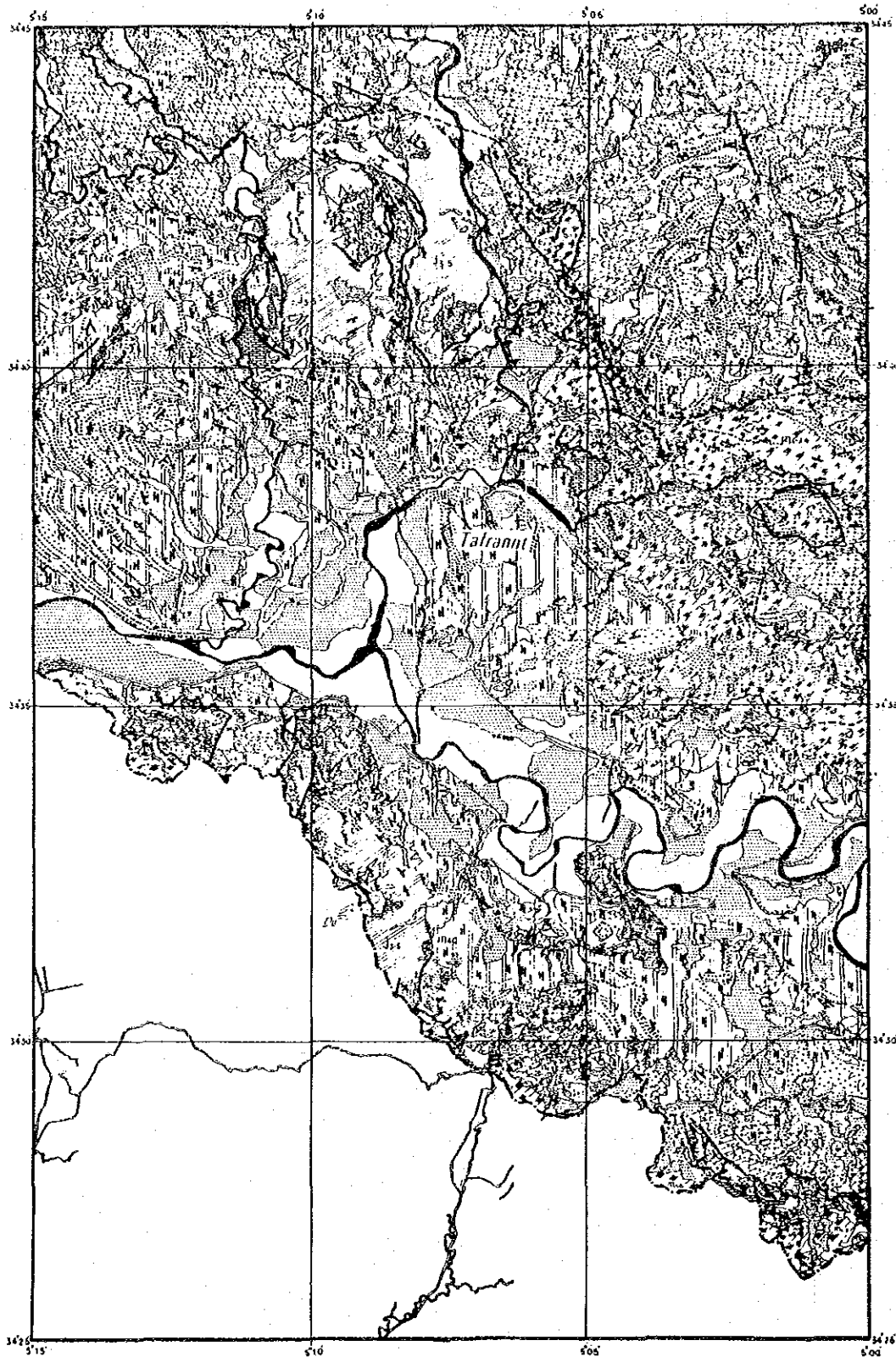
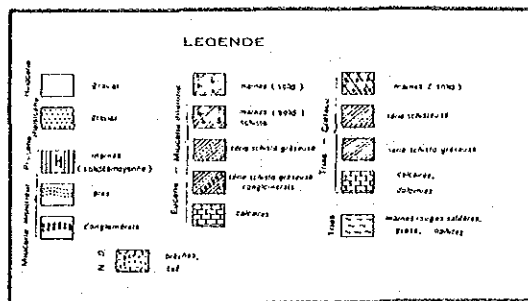
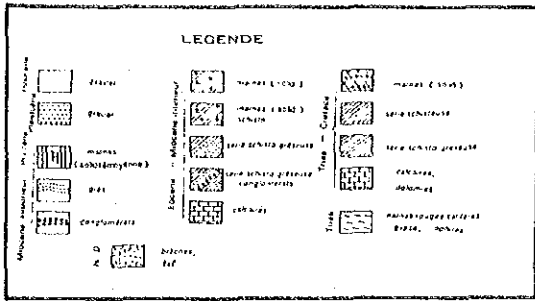


Figure A1.1.3.6 Carte géologique - Tafrant
A1-32



Echelle: 140.000

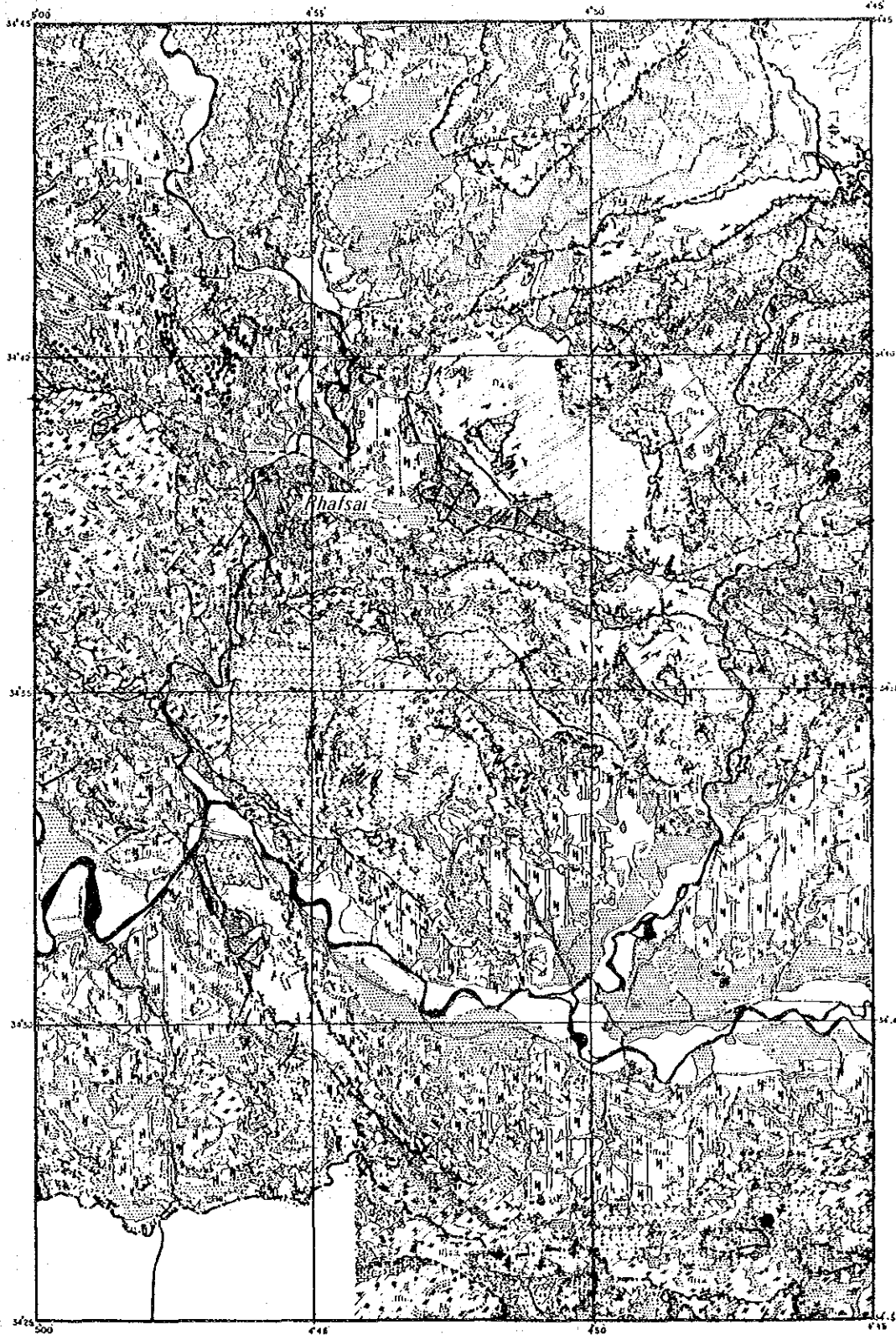
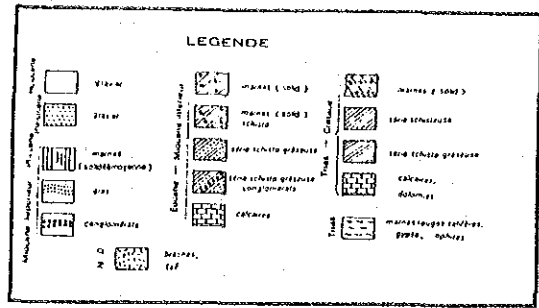


Figure A1.1.3.7 Carte géologique – Rhafsai
A1-33



Echelle: 140.000

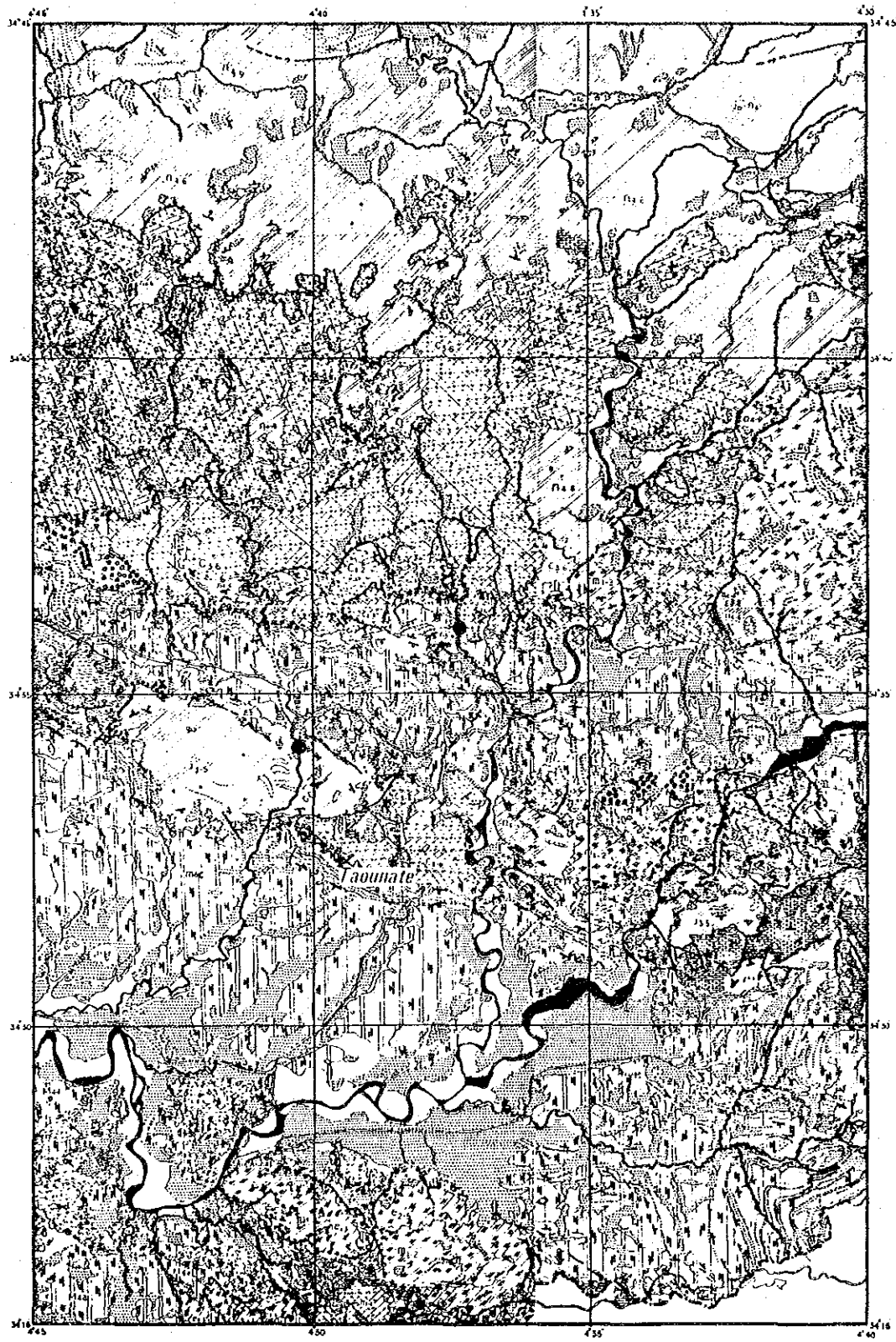


Figure A1.1.3.8 Carte géologique -- Taouate
A1-34

Echelle: 140.000

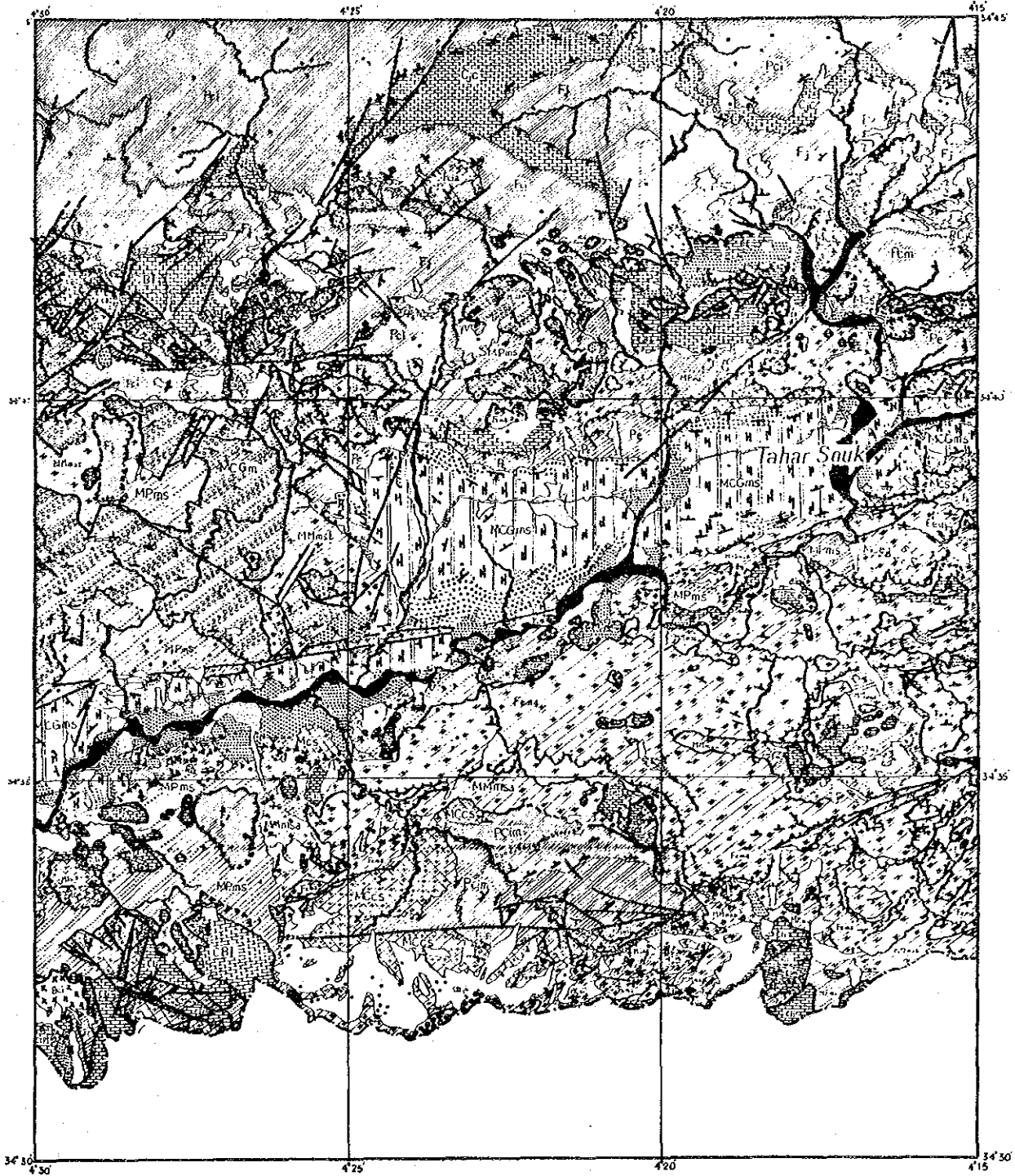
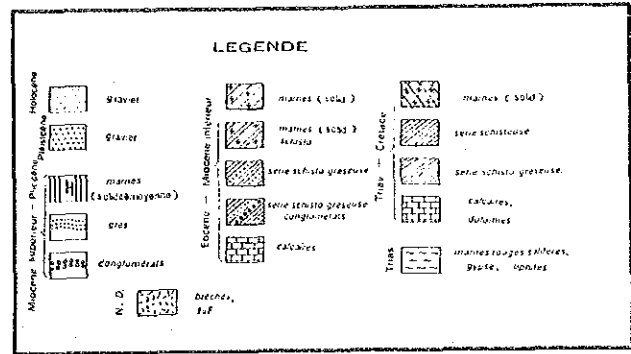


Figure A1.1.3.9 Carte géologique – Tahar Souk

Echelle: 140.000

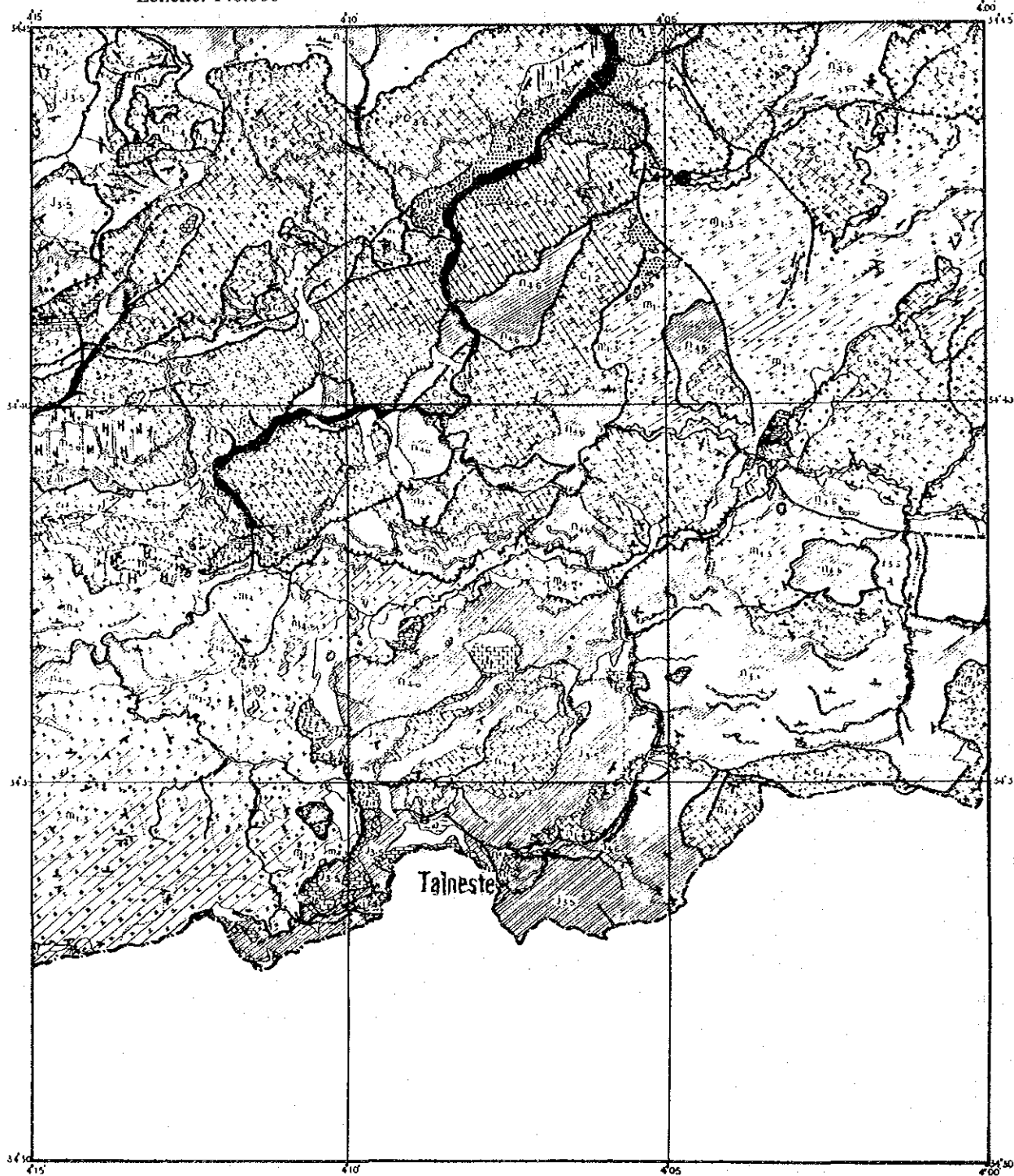
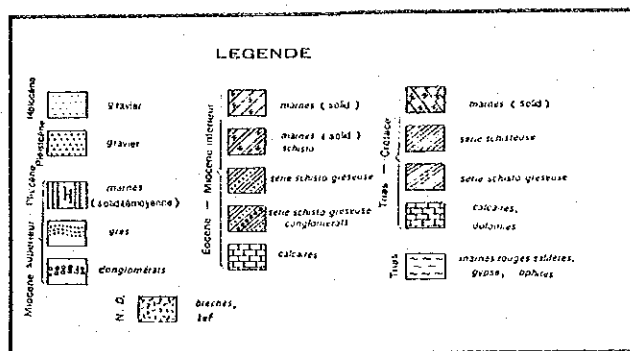


Figure A1.1.3.10 Carte g&ologique - Tainste

1.3.3 Roches sédimentaires (triasique ~ miocène moyen)

La surface de discordance (B) du cénozoïque tertiaire délimite des formations de roches argileuses de solidité différente. Les roches situées au-dessus de la ligne (B) sont solides, celles au-dessous de la ligne sont moyennement solides. Pour les classer d'un point de vue géomécanique, nous les désignerons respectivement sous le terme de roches sédimentaires récentes et roches sédimentaires anciennes.

Les roches sédimentaires anciennes (triasique ~ miocène moyen) sont principalement des roches argileuses très solides (argiles solides, marnes), d'une épaisseur atteignant 6 000 m avec des calcaires et des grès intercalés. Du point de vue de la genèse de sédimentation on peut diviser la couche sédimentaire en une couche de dépôts continentaux (triasique) et une couche de dépôts marins (jurassique ~ crétacé).

La couche de dépôts continentaux (triasique) est formée de roches argileuses et de roches volcaniques altérées andésites, avec alternance de minces couches de gypses et de sel gemme. Ces formations se pressent vers le haut par endroits formant des zones étroites le long des failles.

La couche de dépôts marins (jurassique ~ crétacé), principalement composée de roches argileuses, atteint 6 000 m. Les calcaires se sont développés au cours du jurassique inférieur, du jurassique supérieur, du crétacé inférieur, du crétacé moyen ou encore de l'éocène. Les couches de grès intercalées dans les roches argileuses datent du jurassique supérieur, du crétacé moyen et du miocène, et présentent toutes un lithofacies de flysh.

1.3.4 Roches sédimentaires récentes (Miocène supérieur~Pliocène)

Les roches sédimentaires récentes, formées après l'important chevauchement de l'orogénèse alpine sont principalement constituées de roches argileuses solides (marnes) accompagnées sur la partie inférieure de conglomérats et de grès. Leur épaisseur moyenne est de 2 000 m, l'épaisseur maximum de 4 500m. Elles sont réparties dans les replats et les collines le long du cours de l'Ouergha.

1.3.5 Quaternaire

Les plaines alluvionnaires et les terrasses sont reportées sur les cartes de distribution des replats des figures A1-1-2-1~A1-1-2-8. Ces replats sont recouverts de conglomérats

accompagnés de formations de grès. Les roches qui forment les graviers sont souvent des calcaires ou des grès solides, mais on trouve aussi des graviers péltiques intercalés. Ces derniers sont de plus petit diamètre que les grès solides, et se transforment en sable sur les parties aval des grands cours d'eau et de l'Ouergha.

Les dépôts sédimentaires des pentes sont constitués de colluvions ordinaires et de colluvions glissantes. Du point de vue topographique, les colluvions glissantes se sont développées sur les pentes récentes qui se sont formées lors de l'érosion de l'actuelle vallée fluviale et sur les vallées transversales. Du point de vue géologique, elles sont concentrées dans les marnes des roches sédimentaires récentes.

1.4 Eau souterraine et géotechnique

1.4.1 Eau souterraine

1) Exploitation actuelle des nappes souterraines du secteur étudié

La région dépend entièrement des nappes souterraines pour son eau domestique cependant que le débit de pompage des puits est faible. Le manque d'eau est par conséquent un problème crucial. L'utilisation de l'eau des rivières est restreinte aux grands cours d'eau et à l'Ouergha, confrontés au problème de pollution pendant la saison sèche.

2) Nappes aquifères

Les nappes aquifères de la région se retrouvent dans les formations du quaternaire, en particulier dans les formations graveleuses alluvionnaires et dans les terrasses de graviers.

(a) Roches sédimentaires anciennes

Calcaires : Des nappes se forment dans les cavités de la roche, et partout on trouve des sources. Cependant, les calcaires étant en général de petite taille, on ne peut pas escompter d'importantes ressources hydrauliques.

Faïlles et zones de fracture : Outre les zones de fracture qui abritent directement des nappes aquifères, les nombreux éboulis accumulés sur les points de changement topographique constituent des zones aquifères.

(b) Roches sédimentaires récentes

Conglomérats : Les formations ont une déclivité importante, de sorte que les nappes peu profondes et utilisables sont restreintes. Là encore, on ne peut escompter d'importantes ressources en eau.

(c) Roches du quaternaire

Terrasses de graviers : Les terrasses sont divisées par ordre progressif de hauteur en q1, q2, ... q6. Les terrasses les plus basses et les alluvions se suivent sur une vaste superficie. L'épaisseur de la couche de graviers est variable, mais en général comprise entre 5 et 10 m.

Couches de graviers du lit des rivières : Elles contiennent les cours d'eau. La couche de graviers est de 1 à 10 m d'épaisseur.

Éboulis : Les éboulis de roches anciennes sont souvent graveleux, ceux de roches récentes, en particulier marneuses, se transforment en terre visqueuse. L'épaisseur des couches est souvent comprise entre 2 et 5 m.

3) Niveau des nappes aquifères

(a) Roches marneuses et éboulis marneux :

Le niveau des nappes aquifères des roches sédimentaires récentes et anciennes ainsi que celui des éboulis suit la géomorphologie. Il y a donc possibilité de pomper l'eau à partir de puits peu profonds.

(b) Terrasses de graviers :

Les graviers présentent une très bonne perméabilité ; le niveau des nappes fluctue donc en fonction des étendues, et les volumes d'eau quant à eux dépendent du niveau des nappes. Là aussi il y a possibilité de pomper l'eau à partir de puits peu profonds.

(c) Graviers du lit des rivières :

Les nappes sont très superficielles (GL 0 ~ 2 m).

(4) Qualité de l'eau

Les puits peu profonds qui se trouvent dans les formations des terrasses de graviers, au centre de la région étudiée par exemple, atteignent une valeur en résidus secs de 1000 ppm environ (1992). Pendant la saison sèche, l'eau des principaux cours d'eau de la région enregistre un ppm de 100 à 2600, soit une moyenne de 1000 ppm (juillet 1992).

(5) Exploitation future des nappes

Les ressources hydrauliques formées par les nappes souterraines ne sont pas très importantes mais présentent les particularités suivantes :

- (a) Niveau des nappes élevé donc possibilité de creuser des puits peu profonds sur l'ensemble du secteur, à condition de limiter les volumes de pompage.
- (b) Présence partielle de nappes de bonne qualité (par exemple dans les graviers du lit des rivières, sur les terrasses de graviers ou dans les éboulis).

L'examen des nappes aquifères montre que l'on devrait pouvoir continuer l'exploitation des puits peu profonds qui seront en principe utilisés pour l'eau domestique. Les apports d'eau par barrages nécessitent d'importants moyens financiers et seront donc limités aux secteurs où il est difficile de s'alimenter par les nappes.

1.4.2 Assise rocheuse de fondation des barrages

Sur les sites de la région étudiée, on trouve des calcaires, des marnes et des grès solides dans les couches sédimentaires anciennes, ainsi que des grès tendres marneux dans les roches sédimentaires récentes. Ces roches pourront servir de fondation pour les barrages.

Les fondations de barrages du secteur étudié présentent les caractéristiques générales suivantes:

- 1) Roches donnant une bonne assise rocheuse de fondation :
 - socle faiblement altéré
 - socle constitué de couches imperméables
 - formation ancienne de failles et de zones de fracture également consolidées.

- 2) La ligne d'extraction des fondations des barrages est très différente selon l'épaisseur de la couche sédimentaire (graviers du lit des rivières, terrasses de graviers, éboulis).
- 3) Sur quelques sites de barrages, la fondation rocheuse est constituée par des roches perméables ou fissurées. Il faudra donc effectuer une analyse de perméabilité.
 - les roches perméables sont : les graviers des formations sédimentaires récentes et les roches pyroclastiques d'époque Inconnue.
 - les roches fissurées sont des calcaires. Les grès solides sont également fissurés en surface.
- 4) Matériaux de construction des digues

Comme matériaux de construction, il faut prévoir des agrégats pour le béton, des matériaux d'emprunt en terre, des matériaux de remblai en graviers et des matériaux d'enrochement. Leur répartition dans la région est la suivante :

(a) Agrégats du béton

Les calcaires des roches sédimentaires anciennes et les grès solides constituent de bons agrégats pour les barrages-poids. Ces roches peuvent être obtenues par concassage des grands blocs de graviers provenant du lit des rivières ou des affleurements en surface. On retrouve ces matériaux en plusieurs endroits du site de l'étude, et un certain nombre de carrières sont actuellement exploitées.

Le sable devra être transporté des bords de l'Atlantique car il n'y en a pas de qualité convenable sur place.

(b) Remblai de terre

Comme remblai de terres imperméables ou semi-perméables, l'on pourra prendre les parties altérées de roches marneuses des sédiments anciens et les éboulis. Leur approvisionnement jusqu'aux sites ne présente pas de difficulté.

(c) Remblai de graviers

Des couches de graviers se retrouvent sur tout le site, le long du lit des cours d'eau ou sur les terrasses des rives. Cependant, les graviers des parties amont des cours d'eau

sont inexploitable en raison de leur taille volumineuse. Par ailleurs, dans certains secteurs, ils sont mélangés à des graviers marneux dans des proportions qui diffèrent selon les endroits. Il faudra donc les trier pour différentes utilisations.

(d) Enrochements

Les calcaires que l'on trouve dans les sédiments anciens, les grès solides et les blocs de graviers des lits de rivière sont de bons matériaux d'enrochement.

Les roches marneuses solides des sédiments anciens sont présentes un peu partout dans le secteur, mais il n'y a pas d'exemple actuel d'utilisation de ce type de roche dans la région pour la construction de digues. L'option des remblais tout-venant n'interviendra que si l'on ne peut pas se procurer d'autres sortes de matériaux, et après avoir effectué des analyses de chaque élément.

Ainsi, les principaux matériaux d'enrochement trouvés sur les sites du secteur seront les calcaires, les grès solides ainsi que les graviers des rivières, ou encore les terrasses de graviers. La distribution des couches géologiques indiquée figure A1-1-3-4~10 servira de référence.

2 Etude géologique des sites de barrage représentatifs

2.1 Présentation de l'étude

Une étude a été faite sur 50 sites de barrages considérés comme représentatifs. Elle a porté sur les éléments suivants :

- Etablissement d'une coupe géologique des sites et relevé des roches
- Etude des matériaux de construction des digues
- Calcul des capacités de retenue des réservoirs (capacité de retenue, déclivité du lit des cours d'eau, surface du bassin versant, submersions)

Les résultats de ces différentes investigations sont donnés aux figures A1-2-1-1~46.

2.2 Fondations rocheuse des barrages

L'étude géologique des 50 sites de barrages représentatifs est répertoriée au tableau A1-2-2-3. Le nombre de sites répertoriés pour chaque type de roche d'après ce tableau est le suivant :

Tableau A1.2.2.1 Nombre de sites par types de roche

	Barrages moyens	Petits barrages	Lacs collinaires	Total
Calcaires	2	1		3
Roches solides argileuses (alternances de marnes solides et de schistes)	14	9	10	33
Roches tendres marneuses (marnes)		5	3	8
Tuf	2		1	3
Grès solides	2			2
Grès du tertiaire		3		3

Environ 70 % des sites sont formés de roches solides argileuses (alternances de marnes solides et de schistes), 15 % se trouvent sur des formations de roches tendres marneuses, tandis que les sites de tuf, de grès solides et de grès du tertiaire sont dispersés.

Aucun problème particulier n'a été relevé à l'observation de l'épaisseur de la couche de sédiments du quaternaire qui, dans 85 % des cas, ne dépasse pas 6 m. Sur les huit sites de barrages moyens et de petits barrages dont l'épaisseur de la couche est comprise entre 6 m et 10 m, quatre sites sont sur une couche d'alluvions de terrasse, dont un sur des sols glissants (N° 9) et les trois autres (N° 5, N° 19, P-C-4) sur une couche du gravier de rivière.

Tableau A1,2,2,2 Nombre de sites par épaisseur de sédiments

	Barrages moyens	Petits barrages	Lacs collinaires	Total
Couche de sédiments de 3 m max.	6	12	9	27
Couche de sédiments de 6 m max.	5	3	0	8
Couche de sédiments de 10 m max.	5	2	0	8

On peut considérer qu'en ce qui concerne la distribution des roches de fondation des barrages et l'épaisseur des couches de sédiments, tous les barrages de l'inventaire présentent des tendances similaires à celles des sites représentatifs observés.

Tableau A1.2.2.3 (1) Résultats de l'étude géologique des sites représentatifs

Taille des barrages	N°	Coordonnées		Géologie de fondation		Roche des enrochements de digue	Distance d'approvisionnement (km)
		X	Y	Fondation rocheuse	Epaisseur-couche de sédiments (m)		
Moyens	1	592,650	471,450	Grès schisteux noirs du jurassique	5	Grès solides	0
	3	610,750	448,800	Calcaires du jurassique	0	Calcaires	0
	5	617,600	458,350	Tuf d'époque inconnue et argiles schisteuses	5 ~ 10	Calcaires	0
	7	586,500	447,900	Schistes noirs du tertiaire	3	Grès solides	1
	8	571,300	444,250	Marnes solides du crétacé	5	Calcaires	4 (à vol d'oiseau)
	9	577,900	449,350	Schistes noirs du crétacé	10	Calcaires	5
	10	569,100	473,300	Schistes noirs du jurassique	3	Grès solides	0,5
	11	590,500	442,600	Argiles schisteuses solides du tertiaire	3	Calcaires	1
	13	564,450	476,150	Schistes noirs du jurassique	10	Grès solides	2
	14	540,300	484,200	Schistes noirs du jurassique	3	Grès solides	6
	15	507,850	466,100	Schistes noirs et grès solides du crétacé	3	Grès solides	3, 0,7
	17	558,500	448,300	Marnes solides du crétacé	10	Calcaires, graviers de terrasses	2
	17'	556,400	451,700	Marnes solides du crétacé	5	Calcaires	1
	18	598,000	452,350	Schistes cendrés du jurassique	5	Calcaires	1
	19	602,500	452,750	Calcaires du jurassique, tuf du tertiaire	5 ~ 10	Calcaires	0,2
	20	574,850	444,400	Marnes solides du crétacé	6	Graviers de rivières et de terrasses	0,5

Tableau A1.2.2.3 (2) Résultats de l'étude géologique des sites représentatifs

N°	Coordonnées		Géologie de fondation		Roche des entochements de digue	Distance d'approvisionnement (km)
	X	Y	Fondation rocheuse	Epais.couche de sédiments (m)		
Petits barrages	PA1	608,500	462,200	Schistes noirs du crétacé	Calcaires	4 (à vol d'oiseau)
	PA4	608,200	470,200	Schistes noirs du jurassique	Grès solides	1
	PA5	567,150	474,400	Schistes noirs du jurassique	Grès solides	1
	PC1	505,250	482,500	Marnes solides du crétacé	Calcaires	0,5
	PC4	517,200	471,550	Marnes solides du crétacé	Graviers de rivières et de terrasses	0~2
	PC4'	516,900	471,650	Marnes solides du crétacé	Graviers de rivières et de terrasses	0~2
	PC5	545,700	481,000	Marnes solides du crétacé	Graviers de rivières	10
	PT7	561,800	444,700	Grès du tertiaire	Calcaires	1
	PT8	544,000	540,000	Grès du tertiaire	Graviers de rivières et de terrasses	0~1
	PT11	566,000	436,500	Marnes du tertiaire (tendres)	Calcaires	10
	PT13	564,000	444,600	Grès calcaires du tertiaire	Calcaires	3
	PT15	543,700	429,200	Marnes du tertiaire (tendres)	Calcaires	1
	PT22	552,700	429,150	Marnes du tertiaire (tendres)	Calcaires	1
	PT22'	552,600	430,150	Marnes du tertiaire (tendres)	Calcaires	1
	PT24	569,200	435,000	Marnes du tertiaire (tendres)	Calcaires	8
PTZ1	619,550	457,650	Calcaires et marnes du jurassique	Calcaires	0	
PTZ3	621,950	457,600	Schistes noirs du tertiaire	Calcaires	4	
PTZ3'	622,450	457,900	Marnes solides du tertiaire	Calcaires	3,5	

Tableau A1.2.2.3 (3) Résultats de l'étude géologique des sites représentatifs

Taille des barrages	N°	Coordonnées		Géologie de fondation			Roche des enrochements de digue	Distance d'approvisionnement (km)
		X	Y	Fondation rocheuse	Epaisseur couche de sédiments (m)			
	LA2	573,350	477,000	Schistes noirs du jurassique	2	Grès solides	0	
	LA17	568,300	478,700	Schistes noirs du jurassique	1	Grès solides	1	
	LA34	576,200	477,200	Schistes noirs du jurassique	3	Graviers de terrasses et grès - solides	0~3	
	LA55	572,100	476,500	Schistes noirs du jurassique	1	Grès solides	1	
	LA60	616,650	465,900	Schistes noirs du crétacé		Graviers de terrasses		
	LA69	570,150	478,900	Schistes noirs du jurassique	1	Grès solides	1	
Lacs	LC38	537,200	490,600	Schistes noirs du jurassique	inconnue	Grès solides	1	
collinaires	LT41	579,320	442,650	Marnes du tertiaire (tendres)	3	Graviers du cours principal	2	
	LT96	641,000	426,700	Marnes du tertiaire (tendres)	2	Calcaires	7	
	LT103	575,800	442,450	Marnes du tertiaire (tendres)	2	Graviers de rivières et de terrasses	1	
	LT23	625,050	468,600	Schistes noirs du crétacé		Graviers de terrasses	1	
	LT24	619,600	450,700	Schistes noirs du crétacé		Graviers de terrasses	1	
	LT27	624,750	466,200	Roche pyroclastique du crétacé		Graviers de terrasses	1	
	LT28	622,500	460,750	Marnes solides du crétacé	3	Calcaires	1	

L'observation des différents types de roches de fondation entraîne les commentaires suivants:

(1) Roches argileuses moyennement solides (schistes et marnes solides)

Les roches appelées schistes et marnes sur ces sites sont classées plus précisément dans la catégorie des schistes argileux solides, sans schistosité de flux. Celles qui contiennent du calcaire sont appelées marnes. Elles sont formées par des sédiments du géosynclinal du jurassique mésozoïque au miocène moyen qui atteignent quelques mètres d'épaisseur. La consolidation de certaines de ces roches est d'autant plus importante que leur formation est ancienne.

Dans la région étudiée, ces roches constitueront un excellent terrain de fondation pour les barrages, d'autant qu'il n'y a pas de problème de résistance ou de perméabilité. En outre, la couche d'altérations est en général mince (1~3m). Du point de vue topographique, les sites de cette structure géologique se trouvent dans les vallées des cours d'eau, ou sur des terrasses (q1, q2) de formation récente qui ne subissent pas d'altération.

Les couches ont en général un pendage de 30 ~ 60° et sont quelquefois inversées. En raison de la présence de roches argileuses, les plis sont de faible envergure et se répètent souvent dans l'ordre de quelques dizaines de mètres à quelques centaines de mètres. Les failles et les zones de fracture, de formation ancienne, sont souvent consolidées.

(2) Roches argileuses tendres (marnes)

Les sédiments du géosynclinal sont principalement constitués de roches de sédimentation récente, produites sous l'effet du grand mouvement tectonique des plaques. La consolidation de ces roches étant moindre que celle des roches argileuses mi-solides, elles sont classées dans la catégorie des roches tendres. Elles forment les plaines le long du cours principal de l'Ouergha et les collines à pentes très douces. Comme sites de barrages, on ne retrouve pas de sites de barrages moyens mais seulement des sites de petits barrages et de lacs collinaires.

Ces roches, pour lesquelles on ne rencontre pas d'obstacle au niveau de la résistance ou de la perméabilité, constituent un bon terrain de fondation pour les barrages après les roches argileuses mi-solides ; une mince couche d'altérations, souvent comprise entre 1

m et 3m, permet des digues hautes. Il faudra pourtant tenir compte du facteur de résistance dans le cas des barrages-poids, mais étant donné que le lit des rivières des sites réservoirs présente une faible déclivité, il ne sera pas indispensable de construire des barrages très haut sur ces sites. Comme en outre les vallées sont larges, ce sont de bons sites pour les barrages en remblai. Il n'y a donc pas d'inquiétude à ce sujet.

Les roches argileuses tendres (marnes) de la couche superficielle deviennent très meubles lorsqu'elles sont imbibées d'eau de pluie, provoquant des glissements de la couche de surface. Dans les vallées transversales qui coupent les vallées d'alluvions et aux environs de celles-ci, il sera par conséquent nécessaire de surveiller les glissements de terrain sur les sites de barrages ou les retenues. Il est également souhaitable d'éviter de poser les canalisations et autres installations dans les terrains glissants.

(3) Grès du tertiaire

Sur le socle de roches sédimentaires récentes, des grès et des graviers se sont développés. Du point de vue topographique, on relève la formation fréquente de vallées étroites qui offrent des sites utilisables pour de petits barrages.

Le substratum offre une bonne résistance et une bonne perméabilité ; c'est un bon terrain de fondation pour les barrages. Cependant, une étude devra toutefois être effectuée si ces secteurs sont proposés pour des barrages, car ils présentent les inconvénients suivants:

- 1) Les grès sont bouchés par des éléments visqueux et des calcaires qui rendent les roches imperméables. On suppose cependant par endroits la présence de roches perméables intercalées et de fissures.
- 2) Sur les secteurs de grès, il y a de nombreux terrains glissants qu'il faudra vérifier pour les sites de barrages, les retenues ou les canalisations.

(4) Calcaires

Peu de fondations calcaires sur les sites de barrages, mais celles qui existent ont l'inconvénient d'être perméables. Dans la région étudiée, le volume annuel des précipitations est de 500 ~ 1000 mm. Les fissures et les interstices entre les roches calcaires servent de galeries de passage de l'eau. Ces éléments devront être analysés et étudiés lors du choix des sites.

(5) Tufts

Les roches pyroclastiques sont peu répandues dans cette région. On les retrouve en fait uniquement dans les environs de Boured sur le cours principal de l'Ouergha. Assez peu consolidées et peu altérées, elles datent vraisemblablement du tertiaire.

Ces roches présentent en général peu de problème de résistance et de perméabilité. Cependant, en raison des trois propriétés suivantes qui les caractérisent, le choix de roches tufeuses comme roches de fondation devra faire l'objet d'une attention particulière.

- a. Elles sont fortement altérées et des grès tufeux perméables sont partiellement intercalés.
- b. Leur résistance aux altérations est faible de sorte que les altérations des reliefs anciens sont épaisses.
- c. Ces roches forment des langues le long des grandes failles et des zones de fractures. Il est souvent impossible de les observer en surface car les filons passent sous le lit des rivières.

Le choix des sites qui comportent des tufts fera donc l'objet d'une étude géologique détaillée incluant des études sismiques.

(6) Grès solides

Les grès solides ne forment pas de couches isolées mais sont intercalés dans les roches argileuses dures.

Comme fondation de barrage, cette roche ne présente pas de problème de résistance. Cependant les cavités des parties altérées des joints qui se sont formés lors des plissements forment des galeries de passage de l'eau. Ce n'est pas un facteur déterminant pour juger si un site est approprié ou non pour un barrage, mais il sera tout de même indispensable d'effectuer des investigations et analyses de perméabilité.

(7) Couche du quaternaire

Comme nous l'avons indiqué dans les parties 1 à 6 ci-dessus, la couche d'altérations qui