



HAL
open science

Etudes géologiques d'aménagements hydrauliques dans le Lauragais ; Etudes hydrogéologiques en Camargue

Paul Marinos

► **To cite this version:**

Paul Marinos. Etudes géologiques d'aménagements hydrauliques dans le Lauragais ; Etudes hydrogéologiques en Camargue. Géologie appliquée. Université de Grenoble, 1969. Français. NNT : . tel-00761820

HAL Id: tel-00761820

<https://theses.hal.science/tel-00761820v1>

Submitted on 6 Dec 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



*12 et
Grenoble*
MARINOS (P.) Vol. 1

GA 6

GR

Agne - Soire

GR, Provence

UNIVERSITE DE GRENOBLE
Faculté des Sciences

ETUDES GEOLOGIQUES D'AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES
DANS LE LAURAGAIS (volume I)

ETUDES HYDROGEOLOGIQUES EN CAMARGUE (volume II)

par Paul MARINOS

19 DEC. 1969

Thèse présentée pour obtenir le grade
de DOCTEUR INGENIEUR

VOLUME I



Soutenu le

devant la Commission d'Examen

Jury: MM

R.BARBIER
R.MICHEL

Professeur Président
Professeur

Examineurs

J.SARROT-REYNAULD

Professeur
sans chaire

Invité

G.CHEYLAN

Ingénieur Principal

(chef de la section géologie)

de la Compagnie Nationale d'Aménagement
de la Région du Bas-Rhône et du Languedoc

Docteur Ingénieur
N° d'ordre:

UNIVERSITE DE GRENOBLE
Faculté des Sciences

ETUDES GEOLOGIQUES D'AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES
DANS LE LAURAGAIS (volume I)

ETUDES HYDROGEOLOGIQUES EN CAMARGUE (volume II)

par Paul MARINOS

Thèse présentée pour obtenir le grade
de DOCTEUR INGENIEUR

Soutenu	le		devant la	Commission d'Examen
Jury:	MM	R.BARBIER	Professeur	Président
		R.MICHEL	Professeur	Examineurs
		J.SARROT-REYNAULD	Professeur sans chaire	
Invité		G.CHEYLAN	Ingénieur Principal (chef de la section géologie) de la Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas-Rhône et du Languedoc	

10076335

FACULTE DES SCIENCES
DE GRENOBLE

LISTE DES PROFESSEURS

DOYEN HONORAIRE : Monsieur MORET

DOYEN : Monsieur BONNIER

PROFESSEURS TITULAIRES

MM. NEEL Louis	Physique Expérimentale
KRAVTCHENKO Julien	Mécanique rationnelle
CHABAUTY Claude	Calcul différentiel et intégral
BENOIT Jean	Radioélectricité
CHENE Marcel	Chimie papetière
FELICI Noël	Electrostatique
KUNTZMANN Jean	Mathématiques Appliquées
BARBIER Reynold	Géologie Appliquée
SANTON Lucien	Mécaniques des fluides
OZENDA Paul	Botanique
FALLOT Maurice	Physique industrielle
KOSZUL Jean-Louis	Mathématiques
GALVANI Octave	Mathématiques
MOUSSA André	Chimie nucléaire
TRAYNARD Philippe	Chimie générale
SOUTIF Michel	Physique générale
CRAYA Antoine	Hydrodynamique
REULOS René	Théorie des Champs
BESSON Jean	Chimie minérale
AYANT Yves	Physique Approfondie
GALLISSOT François	Mathématiques
Mlle LUTZ Elisabeth	Mathématiques
BLAMBERT Maurice	Mathématiques
BOUCHEZ Robert	Physique nucléaire
LLIBOUTRY Louis	Géophysique
MICHEL Robert	Minéralogie et Pétrographie
BONNIER Etienne	Electrochimie et Electrometallurgie
DESSAUX Georges	Physiologie animale
PILLET Emile	Physique industrielle et Electrotechnique
YOCCOZ Jean	Physique nucléaire théorique
DEBELMAS Jean	Géologie générale
GERBER Robert	Mathématiques
PAUTHENET René	Electrotechnique

MM.	VAUQUOIS Bernard	Calcul électronique
	BARJON Robert	Physique nucléaire
	BARBIER Jean-Claude	Physique
	SILBER Robert	Mécanique des fluides
	BUYLE-BODIN Maurice	Electronique
	DREYFUS Bernard	Thermodynamique
	KLEIN Joseph	Mathématiques
	VAILLANT François	Zoologie et Hydrobiologie
	ARNAUD Paul	Chimie
	SENGEL Philippe	Zoologie
	BARNOUD Fernand	Biosynthèse de la cellulose
	BRISSENEAU Pierre	Physique
	GAGNAIRE Didier	Chimie Physique
Mme	KOFLER Lucie	Botanique
	DEGRANGE Charles	Zoologie
	PEBAY-PEROULA Jean-Claude	Physique
	RASSAT André	Chimie systématique
	DUCROS Pierre	Cristallographie Physique
	CASTINEL Noël	Analyse numérique
	ANGLES d'AURIAC Paul	Mécaniques des fluides
	LACAZE Albert	Thermodynamique
	GIRAUD Pierre	Géologie
	PERRET René	Servomécanisme

PROFESSEURS ASSOCIES

MM.	RENARD	Thermodynamique
	RODRIGUEZ Alexandre	Mathématiques Pures

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM.	GIDON Paul	Géologie et Minéralogie
Mme	BARBIER Marie-Jeanne	Electrochimie
Mme	SOUTIF Jeanne	Physique Générale
	COHEN Joseph	Physique
	DEPASSEL Roger	Mécanique
	GLENAT René	Chimie Organique
	BARRA Jean	Mathématiques Appliquées
	COUMES André	Electronique
	PERRIAUX Jacques	Géologie
	ROBERT André	Chimie Papetière
	BIAREZ Jean	Mécanique des Fluides
	BONNET Georges	Physique
	CAUQUIS Georges	Chimie Générale
	BONNETAIN Lucien	Chimie Minérale
	DEPOMMIER Pierre	Physique Nucléaire
	HACQUES Gérard	Mathématiques Appliquées
	POLOUJADOFF Michel	Electrotechnique
Mme	KAHANE Josette	Physique
Mme	BONNIER Jeanne	Chimie
	VALENTIN Jacques	Physique

MM.	REBECQ Jacques	Biologie
	DEPORTES Charles	Chimie Minérale
	SARROT-REYNAULD Jean	Géologie
	BERTRANDIAS Jean-Paul	Mathématiques Appliquées
	AUBERT Guy	Physique

PROFESSEURS HONORAIRES

MM.	BRELOT Marcel	Mathématiques
	WOLFERS Fred	
	DORIER Auguste	Zoologie
	PARDE Maurice	Potamologie

MAITRES DE CONFERENCE

MM.	LANCIA Roland	Physique automatique
Mme	BOUCHE Liane	Mathématiques
	KAHANE André	Physique
	DOLIQUE Jean-Michel	Electronique
	BRIERE Georges	Physique
	DESRE Pierre	Métallurgie
	LAJZEROWICZ Joseph	Physique
	LAURENT Pierre	Mathématiques Appliquées
Mme	BERTRANDIAS Françoise	Mathématiques
	LONGUEUE Jean-Pierre	Physique générale
	SOHM Jean-Claude	Chimie Minérale
	ZADWORNY François	Radioélectricité
	DURAND Francis	Chimie Physique
	CARLIER Georges	Botanique
	PFISTER Jean-Claude	Physique générale
	CHIBON Pierre	Biologie animale
	IDELMANN Simon	Physiologie animale
	BOUVARD Maurice	Hydrologie
	RICHARD Lucien	Biologie végétale
	PELMONT Jean	Physiologie animale
	BLOCH Daniel	Electrotechnique
	MARTIN BOUYER Michel	Chimie
	BOUSSARD Jean-Claude	Mathématiques
	MOREAU René	Hydraulique
	JOLY Jean-René	Mathématiques Appliquées
Mlle	PIERY Yvette	Biologie animale
	BERNARD Alain	Mathématiques Pures
	GERMAIN Jean-Pierre	Mécanique
	VIALON Pierre	Géologie
	BENZAKEN Claude	Mathématiques Appliquées
	MAYNARD Roger	Physique
	DUSSAUD René	Mathématiques
	BELORIZKY Elie	Physique
Mme	LAJZEROWICZ Jeannine	Physique
	JULLIEN Pierre	Mathématiques
Mme	RINAUDO Marguerite	S E R M A V

MM. BLIMAM Samuel
BEGUIN Claude

Electronique
Chimie

MAITRE DE CONFERENCE HONORAIRE

M. CASTEX André

Essais électriques

A mes parents

AVANT PROPOS

Je dois à mon père, G. MARINOS, professeur de Géologie à l'Université d'Athènes, le goût de la géologie et l'orientation de ma carrière vers la géologie appliquée au Génie civil. Qu'il trouve ici le témoignage de mon affection et de ma profonde reconnaissance.

Grâce à son soutien, je pus préparer l'Ecole des Mines d'Athènes où M. le professeur J. PASTAMATIOTIS me guida dans mes premiers pas.

Ingénieur des Mines, j'exprimai le désir de venir en France préparer une thèse de géologie appliquée, et eu la chance de pouvoir entrer à l'Institut de géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble sous la direction de M. le professeur R. BARBIER. Je lui dois d'avoir bien voulu, après une année de Diplôme d'Etudes Approfondies, m'orienter et accepter de diriger mon travail. Grâce à son intervention je pus entrer comme stagiaire à la section géologie de la Compagnie Nationale d'Aménagement de la région du Bas-Rhône et du Languedoc. Il n'a jamais cessé de s'occuper de l'élaboration de ce travail et m'a toujours prodigué ses conseils en me faisant bénéficier de sa grande expérience de la géologie des barrages. Je le prie de bien vouloir accepter l'expression de ma profonde et respectueuse gratitude.

Je dois également remercier M. le professeur R. MICHEL, qui a bien voulu accepter de faire partie du jury et s'est intéressé à cette étude, et M. le professeur J. SARROT-REYNAULD qui a toujours suivi l'élaboration de ce travail avec un intérêt toujours renouvelé. Qu'ils veuillent bien accepter mes respectueux remerciements.

Je dois remercier M. le professeur P. GIRAUD qui, avec sa gentillesse spontanée, a grandement facilité ma nouvelle adaptation à mon arrivée en France et n'a jamais refusé de s'occuper de mes problèmes, et M. le professeur J. PERRIAUX pour ses conseils et son expérience en sédimentologie qui m'ont grandement aidé dans la rédaction de mon travail.

Mes remerciements vont aussi à M. P. VIALON maître de conférence, J.P. USELLE et tous les membres du laboratoire qui ont contribué à mes recherches.

La direction de la C. N. A. R. B. R. L. a bien voulu m'accepter comme ingénieur stagiaire en janvier 1968 dans la division des Etudes et Travaux sous la direction de M. P. DELORD, ingénieur en chef du Génie Rural et M. P. HONORE, chef du service Etudes. Je les remercie de la confiance et de toute l'aide qu'ils m'ont apportées.

J'ai eu la grande chance d'être placé sous l'autorité directe de M. G. CHEYLAN, ingénieur géologue principal, chef de la section Géologie de la Compagnie. J'ai trouvé là un Maître qui m'a appris sur le terrain par sa grande expérience et sa compétence à résoudre les problèmes de géologie appliquée. Il a bien voulu m'accorder, en plus de son temps qu'il n'a jamais ménagé, toute sa confiance et son aide sans cesse renouvelée aussi bien dans l'élaboration que dans la rédaction et préparation de ce travail. Sa grande gentillesse, son enthousiasme ont été pour moi un encouragement permanent. Sans lui, ce travail n'aurait pas pu être réalisé. Il reste pour moi plus qu'un "patron". Je le prie de bien vouloir accepter mes remerciements reconnaissants et ma respectueuse gratitude.

Mes remerciements iront aussi à M. Ph. MARCHAND, ingénieur géologue qui dès son entrée à la Compagnie n'a jamais cessé de me ménager ses avis et sa peine avant de devenir l'ami de maintenant.

Je n'aurai garde d'oublier M. H. PANNUZI qui fut souvent mon agréable compagnon de terrain, MM. C. NODIN et J. M. BAROUSSE qui ont bien voulu consacrer de nombreuses journées à dessiner avec compétence les figures et planches qui illustrent ce mémoire et Mme G. PIGNAN qui a bien voulu se charger du premier travail dactylographique.

Enfin, mes remerciements iront à ceux qui ont grandement facilité ma tâche dans les différents services techniques de la Compagnie.

VOLUME I

ETUDES GEOLOGIQUES D'AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES

DANS LE LAURAGAIS

SOMMAIRE DU VOLUME I

ETUDES GEOLOGIQUES D'AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES DANS LE LAURAGAIS

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION	1
<u>PREMIERE PARTIE - LE CADRE DES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES DU LAURAGAIS AUDOIS</u>	
<u>CHAPITRE I - LE CADRE GEOGRAPHIQUE</u>	5
Le relief	5
Le réseau hydrographique	7
Les conditions climatiques	8
Le milieu humain	10
<u>CHAPITRE II - LE CADRE GEOLOGIQUE</u>	11
Le matériel géologique	17
La Montagne Noire (s.s.)	17
Antécambrien	20
Cambrien	20
Le matériel éruptif et métamorphique	21
Les schistes cristallins	21
Gneiss	21
Micaschistes	22
Schistes sériciteux	22
Amphibolites	22
Les granites	22
Le granite du Lampy	22
Le granite des Martys	23
Relations entre les granites du Lampy et des Martys	23
Age des formations éruptives et métamorphiques	24
La couverture immédiate de la Montagne Noire	25
Montien	25
Thanétien	26
Sparnacien	26
Yprésien-Lutétien	26
Le "Nummulitique"	27
Les graviers d'Issel	29

	<u>Pages</u>
Le pays mollassique -----	30
Lutétien moyen -----	31
Lutétien supérieur -----	31
Bartonien -----	32
Ludien -----	33
Sannoisien-Stampien inférieur -----	33
Stampien moyen -----	34
Stampien supérieur -----	34
Tableau synchronique des formations mollassiques -----	37
Etude sédimentologique de la couverture sédimentaire -----	38
Etude des conglomérats et des galets -----	38
Etude des grès et sables -----	39
Les marnes et argiles -----	42
Conclusions paléogéographiques -----	42
Les apports quaternaires -----	44
Cailloutis des plateaux -----	45
Alluvions anciennes du couloir audois -----	45
Alluvions récentes -----	47
Eluvions - éboulis - altération -----	47
Paléohydrographie -----	47
Structure et tectonique -----	49
La Montagne Noire -----	49
Zone axiale -----	49
Monts du Sorézois -----	52
La tectonique tertiaire de la Montagne Noire -----	52
Relations de la Montagne Noire avec le Sud Est du bassin aquitain et structure profonde de ce dernier -----	53
La couverture sédimentaire -----	53
 <u>DEUXIEME PARTIE - ETUDES GEOLOGIQUES HYDROGEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES D'AMENAGEMENTS DU LAURAGAIS AUDOIS</u>	
 <u>CHAPITRE III - SCHEMA DE L'AMENAGEMENT D'HYDRAULIQUE AGRICOLE DU LAURAGAIS AUDOIS</u> 57	
Schéma A -----	57
Schéma B -----	59
Schéma C -----	59
 <u>CHAPITRE IV - RESSOURCES AQUIFERES DU LAURAGAIS</u> ----- 61	
Caractères hydrogéologiques des terrains -----	62
Le socle ancien de la Montagne Noire -----	62
Les schistes -----	62
Les granites et gneiss -----	62
Les calcaires -----	62

	<u>Pages</u>
Les terrains de la couverture du socle -----	63
Le Montien -----	63
Le Thanétien -----	63
Le Sparnacien -----	63
L'Yprésien - Lutétien inférieur -----	63
Les mollasses -----	64
Les alluvions -----	65
Tableau du comportement hydraulique des terrains -----	66
La nappe phréatique de Bram -----	68
Les terrains -----	68
La mollasse bartonienne de Castelnaudary -----	68
Les alluvions -----	68
La nappe phréatique -----	70
Mode de gisement - alimentation -----	70
Carte des courbes isopiézométriques -----	72
Profondeur de la nappe sous le sol -----	75
Variation des niveaux de la nappe -----	75
Teneurs en sulfates -----	78
Les débits -----	78
Conclusions -----	78
Nappes profondes -----	82
Partie centrale -----	82
Partie occidentale -----	85
Partie orientale -----	85
Conclusions -----	87
Conclusions générales -----	88
 <u>CHAPITRE V - RECHERCHE DES SITES DE BARRAGES SUR LE VERSANT SUD DE LA MONTAGNE NOIRE - RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE</u> ----- 89	
Généralités -----	89
Méthode d'étude -----	89
Valeurs géotechniques des terrains -----	90
Le socle -----	90
La couverture sédimentaire -----	90
Reconnaissance géologique des sites -----	93
Site sur la couverture de la Montagne Noire -----	93
Site du Castelet -----	93
Site d'Issel-le-Grouzet -----	94
Site des Crozes -----	94
Site d'Issel-La-Batège -----	94
Site de Saint-Papoul-la-Capelette -----	95
Site de Las-Bordes -----	95
Site de Pech-Canari -----	95
Site de Jonquières -----	95
Site de Villespy -----	96
Site de Saint-Martin -----	96

	<u>Pages</u>
Sites sur le socle de la Montagne Noire	96
Site de Labécède-Basse	96
Site de Labécède-Haute	96
Site de Raziguet	98
Site de Villemagne	99
Site de Compagnes	99
Site de Villelongue	99
Site de Montolieu Villeneuve	99
Site de la Calaupe	100
Site de Montolieu Sempur	100
Site de Lacombe	101
Site de la Prade	101
Choix des sites - conclusions	102
CHAPITRE VI - PROJET DE COMPAGNES SUR LE LAMPY ET DE LA GALAUBE SUR L'ALZAU	105
Barrage de Compagnes sur le Lampy	105
Situation	105
Situation géologique générale	105
Etude géologique du projet	105
Caractéristiques techniques du barrage	109
Barrage de la Galaube sur l'Alzau	111
Situation	111
Situation géologique générale	111
Description géologique du projet	112
Caractéristiques techniques de l'ouvrage	114
CHAPITRE VII - LE BARRAGE DE JONQUIERES SUR LE TENTEN	115
Introduction	115
Géologie générale	116
Stratigraphie et lithologie	117
Sparnacien	117
Yprésien - Lutétien inférieur	117
Lutétien moyen	119
Lutétien supérieur	119
Cailloutis des plateaux	119
Alluvions récentes	119
Structure	122
Structure générale	122
Les brachyanticlinaux	122
Brachyanticlinal de la Bède	122
Brachyanticlinal de Mariou et de Daves	122
Les accidents nord ouest - sud est	125
Faille de Mariou - Daves	125
Faille de Jonquières - Jalabert	125
Les accidents nord est - sud ouest	126
Faille de Notre-Dame	126
Failles de Jonquières	126
Les plis masqués	126

	<u>Pages</u>
Etude géotechnique du site du barrage	127
Introduction	127
Les terrains	127
Stratigraphie	127
Faciès	127
Grès	127
Sables	130
Calcaires	130
Marnes	130
Description et structure du site	130
La rive gauche	131
La rive droite	131
Le thalweg	131
Valeur géotechnique du site - Choix du type d'ouvrage	131
Etanchéité au droit du barrage	131
Les perméabilités	135
Conclusions sur l'étanchéité au droit du barrage	135
Matériaux	136
La cuvette de retenue	136
Les terrains noyés	136
Les structures perméables noyées	136
Les inconnues à lever	140
Conclusions	140
Caractéristiques sommaires du projet	140
CHAPITRE VIII - L'AMENAGEMENT DE LA GANGUISE	143
Généralités	143
Situation de l'aménagement	145
La Ganguise	145
Méthode d'étude	146
Situation géologique générale	146
Stratigraphie	149
Structure	150
Le barrage de l'Estrade	150
La cuvette de retenue	150
Description lithostratigraphique	151
Structure	152
Etanchéité de la cuvette	153
Stabilité des versants	153
Le site du barrage	153
Les travaux de reconnaissance	157
Les terrains	157
Les faciès	157
Marnes	158
Grès	158
Sables	158

	<u>Pages</u>
Conglomérats -----	158
Marno-calcaires -----	160
Alluvions -----	160
Eboulis -----	160
Altération et remaniement -----	160
Les niveaux lithostratigraphiques -----	160
Résolution du problème de l'existence des alluvions inférieures -----	162
Etude sédimentologique -----	162
Conclusions -----	165
Valeur géotechnique du site - Choix du type d'ouvrage -----	165
L'étanchéité au droit du barrage -----	166
Les perméabilités -----	166
Importance de l'étude des cas de déboufrage -----	167
Les possibilités des fuites -----	167
Conclusions de l'étude des essais de perméabilité -----	168
Les niveaux piézométriques -----	169
Le voile d'étanchéité -----	169
Les matériaux -----	170
Les alluvions supérieures -----	170
Conclusions de l'étude géologique -----	173
Caractéristiques de l'ouvrage -----	174
L'évacuation des crues -----	174
Le système de drainage -----	174
La dérivation provisoire des crues -----	177
La galerie de Mandore -----	178
Première étude -----	178
Etude géologique -----	178
Etude des tracés -----	178
Choix et conclusions -----	181
Deuxième étude -----	181
Caractéristiques techniques de la galerie -----	183
Station de pompage du Mas-Saintes-Puelles -----	184
Géologie -----	184
Géotechnie -----	184
<u>CONTRIBUTION ET FAITS NOUVEAUX APPORTES PAR L'ETUDE D'AMENAGEMENTS DANS LE LAURAGAIS -</u>	
<u>CONCLUSIONS</u> -----	187
<u>ANNEXES</u> -----	189
<u>ANNEXE I - TRAVAUX DE RECONNAISSANCE COMPLEMENTAIRE AU BARRAGE DE L'ESTRADE</u> -----	191
Géologie et structure du site -----	191
Perméabilité au droit du site -----	191
Perméabilité au large du site -----	191
rive droite -----	191
rive gauche -----	193

	<u>Pages</u>
Essais d'injection -----	193
Coulis d'injection -----	194
Quantité des travaux -----	194
Injection de gels durs de silicate -----	195
Prélèvement des matériaux -----	195
Détermination de caractéristiques géotechniques des terrains de fondation et des matériaux de remblai -----	195
<u>ANNEXE II - SITES POUR DES PLANS D'EAU TOURISTIQUES</u> -----	197
Plan d'eau touristique à Moussoulens sur la Rougeanne -----	197
Géologie -----	197
Les formations -----	197
La structure -----	197
Géotechnie -----	199
Les sites -----	199
La cuvette -----	199
Conclusions -----	201
Plans d'eau touristiques dans la Montagne Noire -----	201
<u>BIBLIOGRAPHIE</u> -----	203

LISTE DES FIGURES

Pages

PREMIERE PARTIE

LE CADRE GEOGRAPHIQUE

Figure 1 - Carte géographique du Lauragais audois (s.l.)	6
Figure 2 - Isohiètes moyennes annuelles 1936-1965	9
Figure 3 - Précipitations moyennes mensuelles - Influence du climat	10

LE CADRE GEOLOGIQUE

Figure 4 - Esquisse géologique du bassin d'Aquitaine	12
Figure 5 - Carte géologique de la région du Lauragais audois (s.l.)	14
Figure 6 - Série stratigraphique et lithologique	16
Figure 7 - Carte géologique de la Montagne Noire (s.s.)	18
Figure 8 - Schéma de la mise en place des granites de la Montagne Noire	24
Figure 9 - La série nummulitique du versant sud de la Montagne Noire	28
Figure 10 - Coupe schématique de la formation des graviers d'Issel	30
Figure 11 - Série lithostratigraphique du Stampien	35
Figure 12 - Courbes granulométriques des mollasses et des graviers d'Issel	40
Figure 13 - Histogrammes des mollasses et des graviers d'Issel	41
Figure 14 - Répartition des apports pyrénéens et de la Montagne Noire	43
Figure 15 - Courbes granulométriques des anciens cônes de déjection	46
Figure 16 - Schéma tectonique de la partie sud ouest de la Montagne Noire (s.l.)	50
Figure 17 - Coupes géologiques de la Montagne Noire (s.s.)	51
Figure 18 - Coupe schématique des relations de la Montagne Noire avec la couverture sédimentaire	52

DEUXIEME PARTIE

SCHEMA DE L'AMENAGEMENT D'HYDRAULIQUE AGRICOLE DU LAURAGAIS AUDOIS

Figure 19 - Schéma de l'aménagement hydraulique du Lauragais audois	58
---	----

RESSOURCES AQUIFERES DU LAURAGAIS

Figure 20 - Carte géologique de la région de Bram	69
Figure 21 - Schéma des relations des formations aquifères de la région de Bram	71
Figure 22 - Plan de repérage des points d'eau dans la région de Bram	73
Figure 23 - Carte des courbes isopiézométriques dans la région de Bram, mars 1968	74
Figure 24 - Profondeur de la nappe sous le sol	76
Figure 25 - Carte des courbes isopiézométriques - juin 1968	77
Figure 26 - Les teneurs en sulfates - mars 1968	79
Figure 27 - Les teneurs en sulfates - juin 1968	80
Figure 28 - Situation des sondages de recherche des nappes profondes	83
Figure 29 - Coupe du forage des Cheminières et sondage électrique d'étalonnage	84
Figure 30 - Coupes structurales dans la région de Castelnaudary d'après une étude géophysique	86

	<u>Pages</u>
<u>RECHERCHE DES SITES DE BARRAGES SUR LE VERSANT SUD DE LA MONTAGNE NOIRE - RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE</u>	
Figure 31 - Recherche de sites de barrages dans le versant sud de la Montagne Noire -----	92
Figure 32 - Sites de barrages dans la Montagne Noire -----	97
Figure 33 - Coupe schématique de la région de Labécède -----	98
Figure 34 - Esquisse géologique de la région Saissac-Montolieu -----	100
<u>PROJET DE COMPAGNES SUR LE LAMPY ET DE LA GALAUBE SUR L'ALZAU</u>	
Figure 35 - Situation et cadre géologique du projet de Compagnes -----	106
Figure 36 - Site de Compagnes - esquisse géologique -----	107
Figure 37 - Coupe schématique du site de Compagnes -----	108
Figure 38 - Relevé statistique des discontinuités moyennes de la rive gauche du site de Compagnes -----	108
Figure 39 - Situation et cadre géologique du projet de la Galaube -----	111
Figure 40 - Site de la Galaube - Carte géologique -----	113
Figure 41 - Site de la Galaube - Courbes hauteurs - volumes - surfaces -----	114
<u>LE BARRAGE DE JONQUIERES SUR LE TENTEN</u>	
Figure 42 - Courbes hauteurs - volumes - surfaces -----	116
Figure 43 - Cadre géologique du projet de Jonquières -----	118
Figure 44 - Série lithostratigraphique de la région du barrage de Jonquières -----	120
Figure 45 - Carte géologique de la cuvette du barrage de Jonquières -----	121
Figure 46 - Carte structurale du "Nummulitique" de la cuvette du barrage de Jonquières -----	123
Figure 47 - Coupes géologiques transversales à la vallée du Tenten -----	124
Figure 48 - Carte géologique du site du barrage de Jonquières -----	128
Figure 49 - Coupe géologique générale au droit du site -----	129
Figure 50 - Coupe géologique de l'appui rive gauche du barrage de Jonquières avec les essais d'eau -----	132
Figure 51 - Coupe géologique du site du barrage de Jonquières avec les essais d'eau -----	134
Figure 52 - Carte hydrogéologique de la région du barrage de Jonquières -----	137
Figure 53a - Coupe montrant la possibilité des fuites en rive gauche -----	138
Figure 53b - Coupe suivant le synclinal du Tenten montrant la possibilité de fuites en rive droite -----	138
Figure 54 - Carte montrant la possibilité de fuites dans la cuvette -----	139
Figure 55 - Profil du projet du barrage de Jonquières -----	141
Figure 56 - Plan du projet du barrage de Jonquières -----	141
<u>L'AMENAGEMENT DE LA GANGUISE</u>	
<u>GENERALITES</u>	
Figure 57 - Courbes hauteurs - volumes - surfaces -----	143
Figure 58 - Schéma de l'aménagement de la Ganguise -----	144
Figure 59 - Cadre géologique de l'aménagement de la Ganguise -----	147
Figure 60 - Série lithostratigraphique de la région de la Ganguise -----	148

	<u>Pages</u>
<u>LE BARRAGE DE L'ESTRADE</u>	
Figure 61 - Carte géologique de la retenue de l'Estrade (hors texte)	
Figure 62 - Coupe géologique au large du site -----	152
Figure 63 - Carte des affleurements du site -----	154
Figure 64 - Carte géologique du site -----	155
Figure 65 - Carte des travaux de reconnaissance du site -----	156
Figure 66 - Coupes des sondages de reconnaissance (hors texte)	
Figure 67 - Coupes des sondages de reconnaissance (hors texte)	
Figure 68 - Profil amont (hors texte)	
Figure 69 - Profil aval (hors texte)	
Figure 70 - Histogrammes sommaires de différents faciès mollassiques -----	159
Figure 71 - Courbes granulométriques cumulatives du "grès" inférieur (mollasse) -----	163
Figure 72 - Courbes granulométriques cumulatives du grès moyen et supérieur (mollasse) -----	163
Figure 73 - Courbes granulométriques cumulatives des formations sablo-granuleuses en thalweg (alluvions inférieures) -----	164
Figure 74 - Courbes granulométriques simples de la mollasse et des alluvions -----	164
Figure 75 - Courbes granulométriques et caractéristiques physiques des matériaux alluvionnaires de la Ganguise -----	171
Figure 76 - Essais proctor des matériaux alluvionnaires de la Ganguise -----	172
Figure 77 - Plan du projet du barrage de l'Estrade -----	175
Figure 78 - Profil du projet du barrage de l'Estrade -----	176
<u>LA GALERIE DE MANDORE</u>	
Figure 79 - Galerie de Mandore - Carte géologique -----	179
Figure 80 - Coupes géologiques prévisionnelles de la galerie de Mandore -----	180
Figure 81 - Coupes géologiques de la galerie de Mandore -----	182
Figure 82 - Tête amont de la galerie de Mandore -----	183
<u>STATION DE POMPAGE DU MAS-SAINTE-S-PUELLES</u>	
Figure 83 - Coupes des sondages de la station de pompage du Mas-Saintes-Puelles -----	185
<u>ANNEXES</u>	
<u>ANNEXE I</u>	
Figure 84 - Implantation des travaux de reconnaissance complémentaire au barrage de l'Estrade -----	192
<u>ANNEXE II</u>	
Figure 85 - Plan d'eau touristique à Moussoulens - Esquisse géologique -----	198
Figure 86 - Coupe schématique suivant le lit de la Rougeanne -----	200
Figure 87 - Coupe schématique en travers du site n° 3 -----	200

INTRODUCTION

Pays de coteaux, de plateaux et de larges vallées, voué essentiellement à l'agriculture, le Lauragais est doté de conditions climatiques peu favorables à l'expansion agricole de l'époque actuelle.

Prenant exemple sur les régions voisines, coteaux de Gascogne à l'Ouest et région du Bas-Rhône-Languedoc à l'Est, le Lauragais a cherché à compenser ses mauvaises conditions climatiques par la maîtrise de l'eau qui comporte l'établissement de réserves et l'irrigation. Dans ce but l'administration et les collectivités locales ont chargé la C. N. A. B. R. L. (*) du plan général de l'aménagement.

Cet aménagement, qui actuellement n'intéresse que le seul Lauragais-audois, couvrira un périmètre de 40 600 hectares. L'établissement du plan général d'aménagement (**) a conduit à faire l'inventaire des ressources aquifères de surface et souterraines et de tous les sites possibles de réserve. L'adduction des eaux vers ces réserves ou vers le périmètre a de son côté nécessité l'étude de plusieurs galeries, canaux et station de pompage.

La part de la géologie dans l'établissement de ce plan général et dans l'étude particulière de chaque ouvrage était donc très importante. J'ai eu la chance, depuis janvier 1968, d'y être attaché dès le début du projet et c'est le résultat de mes travaux et de mes études qui est consigné dans les pages qui suivent.

(*) Compagnie Nationale d'Aménagement de la région du Bas-Rhône et du Languedoc, Société d'Economie mixte créée en 1955.

(**) Ce plan sera décrit au chapitre III.

PREMIERE PARTIE

LE CADRE DES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES DU LAURAGAIS AUDOIS

CHAPITRE I

LE CADRE GEOGRAPHIQUE

Le Lauragais correspond au pays des plateaux surbaissés, aux longues et larges vallées du Sud-Est du bassin d'Aquitaine, de l'Agout aux Pyrénées. Ses limites exactes sont difficiles à déterminer et elles sont différemment interprétées suivant qu'on se place à Toulouse, à Castelnaudary ou dans l'Ariège. La région considérée (fig. 1), ayant comme centre Castelnaudary, appartient presque en totalité au département de l'Aude. Elle correspond à l'extrémité occidentale du couloir audois, ouvert au Sud-Est vers la Méditerranée et au Nord-Ouest sur le seuil de Naurouze et par là sur l'Atlantique. Au Nord, elle s'étend jusqu'à la Montagne Noire, dernier contrefort du Massif Central, et au Sud jusqu'aux hauteurs du Razès et de la Piège, avants-pays des premiers chaînons pyrénéens.

LE RELIEF

La région ainsi définie rassemble une grande variété de paysages dus d'ailleurs aux différentes entités géologiques.

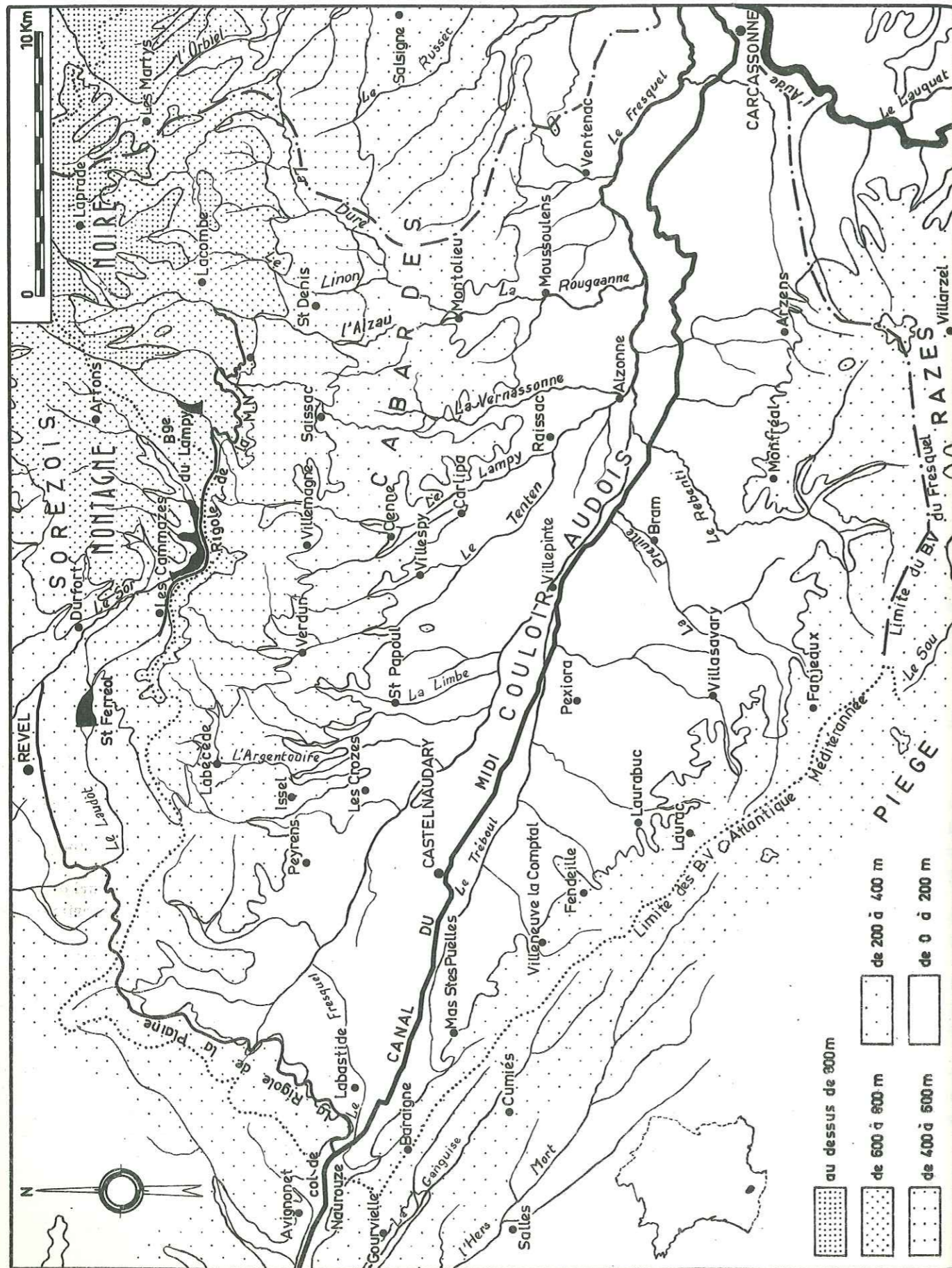
- Le couloir audois forme une grande voie naturelle qui ouvre le pays tolosan sur la Méditerranée, d'où aussi les noms de Porte d'Aquitaine ou de Seuil du Lauragais. Il s'agit d'une longue dépression creusée dans le substratum essentiellement mollassique, et s'étirant du Sud-Est vers le Nord-Ouest d'une manière presque rectiligne sur près de 100 km de longueur, de la plaine narbonnaise au col de Naurouze.

Cette disposition lui donne toute sa valeur humaine en dirigeant les routes anciennes et modernes ; le Canal du Midi y a trouvé également son tracé normal et Toulouse lui doit en grande partie son existence et son rôle de capitale orientée beaucoup plus vers le Midi méditerranéen que vers le Midi atlantique.

Le couloir débute au col de Naurouze (190 m) où on accède du côté ouest par une vallée en partie occupée par l'Hers Mort ; il suit ensuite la vallée du Tréboul, qui ressemble beaucoup à une plaine, puis celle du Fresquel. Il se rétrécit au niveau d'Alzonne où les mollasses sont moins argileuses et plus dures et rejoint la vallée de l'Aude à Carcassonne (105 m), où elle sort du cadre de notre étude, pour la suivre jusqu'à la plaine narbonnaise.

- Dès qu'on s'éloigne de ce couloir vers le Nord-Ouest ou le Sud, on pénètre dans un pays de collines aux sommets plats, séparées par de larges vallées qu'empruntent de faibles cours d'eau ; l'altitude y dépasse rarement 450 m et il faut s'avancer beaucoup plus au Sud et atteindre les contreforts des Pyrénées pour voir les reliefs s'accroître brutalement.

Il s'agit de coteaux du Lauragais constituant une région uniforme et monotone accidentée d'ici là par quelques



uestas calcaires et bien caractérisée sous le nom de "pays de terrefort" que lui donnent ses habitants.

- La Montagne Noire a prêté à plusieurs discussions quant aux limites à lui assigner. La définition de la Montagne Noire qui est celle de la plupart des géologues correspond à l'ensemble de terrains anciens constituant l'extrémité méridionale du Massif Central avec lequel elle se relie par l'isthme de l'Albigois cristallin.

A côté de cette définition, il convient de distinguer celle de Montagne Noire s. str., qui est celle des géographes : cette montagne est comprise entre la profonde coupure du Thoré au Nord, le pays tertiaire du Castrais à l'Ouest, le Lauragais et le Carcassonnais au Sud, et bordée à l'Est par une ligne théorique qui joindrait Mazamet aux monts du Minervois. C'est cette montagne qui correspond à peu près à la bordure nord de notre région d'étude.

Ce massif a une forme elliptique allongée d'Ouest en Est sur une trentaine de kilomètres. Ses sommets arrondis dont le plus haut dépasse à peine 1 200 m (pic de Nore, 1 210 m) séparent le domaine du drainage atlantique de celui du drainage méditerranéen et c'est sur leurs versants que P. RIQUET vint chercher, pour le Canal du Midi, les eaux alimentant le bief de Naurouze.

C'est à la végétation que la Montagne Noire doit son nom ; des forêts de haute futaie en couvrent en effet de grandes parties et contribuent à donner une teinte sombre si caractéristique à la chafne qui barre l'horizon au Nord quand on se dirige de Carcassonne vers Castelnaudary.

La Montagne Noire domine les plaines de Castres et de Revel par une majestueuse falaise élevée de 500 à 1 000 m et entaillée par des gorges profondes (région du Sorèzois). Le versant sud, le Cabardès, est fort différent ; c'est un glacis peu incliné appartenant à l'axe métamorphique de la Montagne Noire s.l. *, tel qu'il a été défini par BERGERON et sur lequel s'avance l'Eocène du Lauragais. Le Cabardès se relie plus au Nord-Est avec les massifs de Nore et des Martyrs.

Notre attention sera plus spécialement retenue par le massif du Cabardès, car les monts du Sorèzois drainés par le bassin atlantique ont par suite moins d'intérêt pour l'aménagement hydraulique du Lauragais audois.

- Le pied du flanc de la Montagne Noire, et notamment sa partie orientale, est occupé, avant de passer aux mollasses, par des formations éocènes essentiellement calcaires qui lui donnent un caractère uniforme qui contraste avec le relief plus accusé de la Montagne Noire elle-même. Il s'agit d'une série de petites causses qui débutent depuis Villespy à l'Ouest et se poursuivent vers l'Est dans le Minervois. Ces plateaux, d'une largeur de 1 à 4 kilomètres, sont à l'état de garrigues arides, parfois dépourvues de toute végétation.

LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le réseau hydrographique est guidé par l'orographie dépendant elle-même de la nature des terrains.

Ainsi les cours d'eau qui descendent de la Montagne Noire où la pluviométrie est forte et les pentes élevées, présentent un régime torrentiel et un débit notable, taillant souvent des gorges profondes. Ceux qui prennent naissance dans le pays mollassique ont un débit plus faible et aussi très variable. Ceci est directement en liaison avec le fait que la mollasse se transforme rapidement en surface en "terrefort", sol lourd doué d'un fort pouvoir de rétention. Leur talweg est en général assez marqué eu égard à l'importance du ruisseau et profond de 2 à 5 m.

La ligne de partage des eaux entre les bassins versants atlantique et méditerranéen passe au Sud d'Arfons et des Cammazes, puis au seuil de Naurouze, et de là s'infléchit vers le Sud-Est en se développant au Sud de Fendeille et de Fanjeaux.

La quasi totalité de la région étudiée, comprise dans le bassin versant méditerranéen, appartient au bassin de l'Aude et correspond plus précisément à celui d'un de ses affluents rive gauche, le Fresquel (925 km² soit 1/5 du bassin versant total de l'Aude).

* - s.l. : sens large.

Le Fresquel prend sa source dans la région de Naurouze. Il coule d'abord vers l'Ouest, mais il s'infléchit rapidement pour prendre une direction nord-est puis sud-ouest, direction qu'il garde sur tout son parcours. Cette disposition du Haut Fresquel fait penser que celui-ci a été victime du drainage méditerranéen dont le domaine s'étend vers l'Ouest. Le Fresquel reçoit d'abord en rive droite le Tréboul vers Villepinte, puis la Preuille et le Rebenty dans la région de Bram, tous deux ruisseaux au régime indigent, issus du pays mollassique. Le Fresquel coule à partir de ce point dans le couloir audois et plus à l'aval, il reçoit en rive gauche ses principaux affluents descendus de la Montagne Noire, la Vernassonne grossie du Lampy et du Tenten, puis la Rougeanne formée de l'Alzeau et de la Dure ; le Fresquel devient alors une rivière importante et conflue avec l'Aude, un peu à l'aval de Carcassonne.

La partie occidentale, appartenant au bassin atlantique est drainée essentiellement par l'Hers Mort (affluent de la Garonne) et ses affluents (la Ganguise et le Gardijol).

A ce système hydrographique il faut ajouter un réseau artificiel, qui jouera d'ailleurs un rôle essentiel dans la structure de l'aménagement :

Le Canal du Midi, œuvre de P. RIQUET, ouvert à la navigation en 1684 et matérialisant ainsi le vieux rêve de la jonction de l'Océan Atlantique à la Mer Méditerranée.

L'alimentation du canal au point de partage des eaux, le col de Naurouze, est faite à partir des rigoles, sortes de petits canaux qui drainent les eaux depuis la Montagne Noire (fig. 1). La Rigole de la Montagne dont la tête se trouve à la Galaube sur l'Alzeau, collecte les affluents rive gauche du Fresquel, reçoit les eaux du réservoir du Lampy et après avoir drainé une petite partie du versant atlantique elle emprunte sur 120 m le souterrain des Cammazes avant d'aller se jeter dans le Haut-Laudot. Par l'intermédiaire de celui-ci les eaux ainsi captées arrivent dans le bassin de St-Ferreol. A la sortie de celui-ci, la Rigole de la Montagne conflue avec la Rigole de la Plaine qui draine les eaux du Sor, affluent rive gauche de l'Agout, jusqu'à Naurouze.

Enfin les plans d'eau artificiels, derniers éléments du complexe hydrographique, sont à part le barrage du Lampy (1,7 million de m³) et le bassin de St-Ferreol (6,3 millions de m³), le barrage de Cammazes sur le Sor (18,8 millions de m³), construit en 1959 pour les besoins en eau potable et d'irrigation. L'alimentation en eau potable des villages du Cabardès est également assurée par les petits barrages de Cenne-Monesties sur le Lampy et de St-Denis sur l'Alzeau.

LES CONDITIONS CLIMATIQUES

Le climat du Lauragais est dominé :

- par sa disposition en couloir ouvert sur l'Atlantique et la Méditerranée où s'engouffrent tous les vents, sauf le vent du Sud ;
- par des précipitations croissant normalement et régulièrement avec le relief en Montagne Noire, mais décroissant en plaine de Carcassonne et vers le seuil de Naurouze (fig. 2) ;
- par un mélange de climat atlantique avec précipitations minimums en été et maximums en hiver et de climat méditerranéen avec un minimum en été encadré par un maximum d'automne et un maximum de printemps.

L'influence méditerranéenne est de plus en plus nette lorsqu'on se rapproche de l'Est, tant par la pluviométrie annuelle moyenne que par le nombre de jours de pluie. A Castelnaudary la moyenne annuelle (sur 100 ans) est de 725 mm répartis sur 100 jours de pluie ; elle n'est que de 643 mm avec 80 jours de pluie à Carcassonne (30 ans). Par contre, elle atteint 780 mm à la limite ouest où se manifeste plus intensément l'influence océanique (fig. 3) ;

- des pertes par évaporation assez élevées,

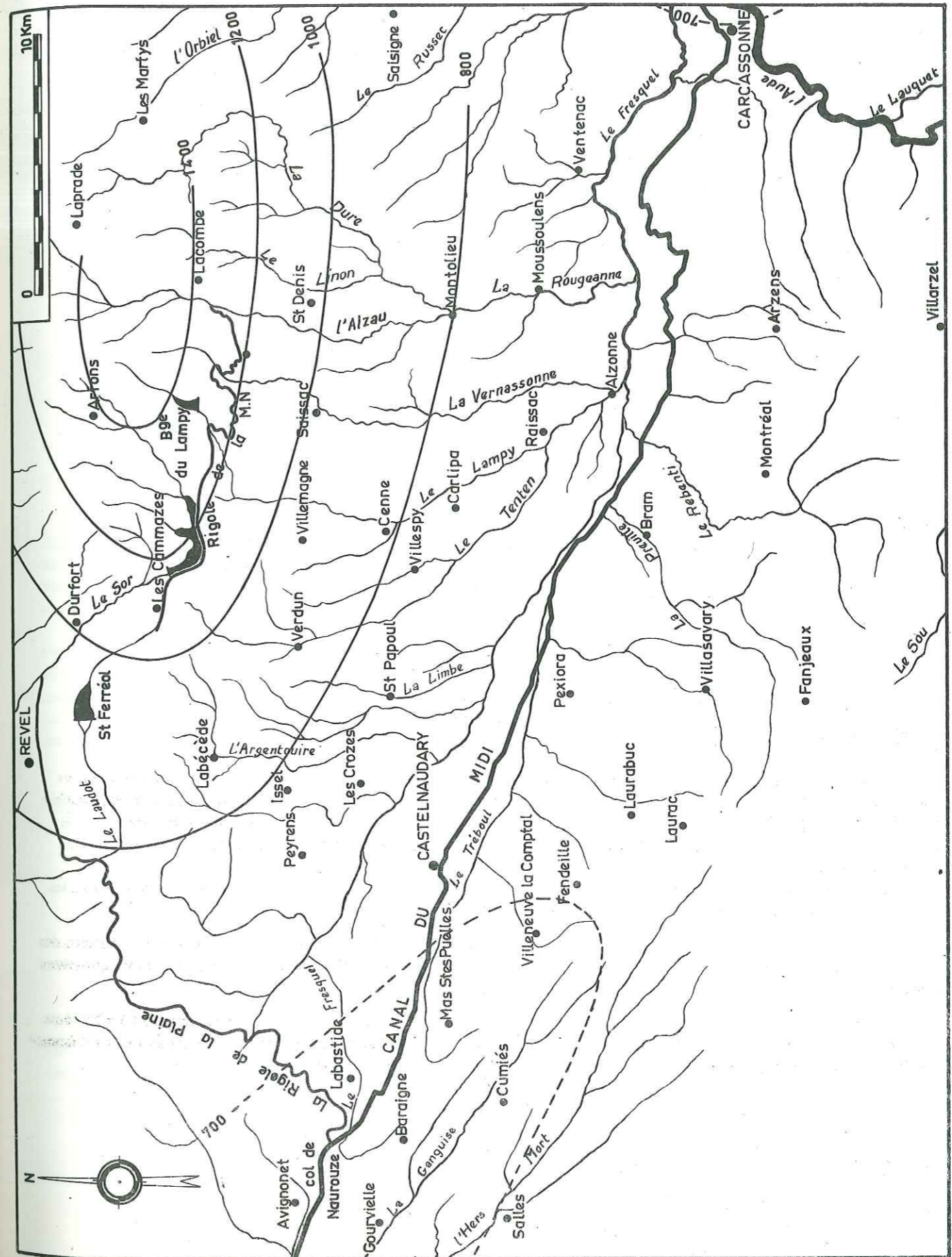
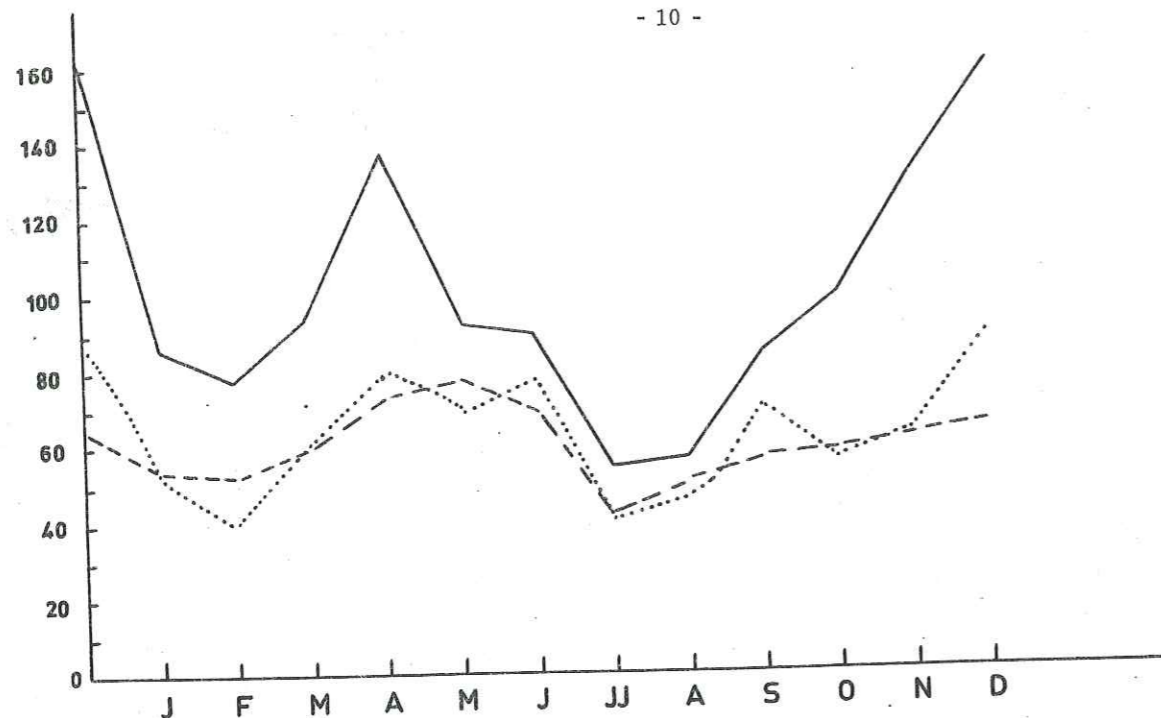


Fig 2 - ISOHYETES - MOYENNES ANNUELLES 1936-1965 (d'après document E. D. F)



----- 1 CASTELNAUDARY (90 ans) - (160 m) influence méditerranéenne
 ——— 2 LES CAMMAZES (1957-1966) - (593 m) } influence atlantique
 3 VILLEFRANCHE DE LAURAGAIS (1957-1966) - (200 m) }

Fig 3

**PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES
 INFLUENCE DU CLIMAT**

LE MILIEU HUMAIN

Le périmètre d'irrigation de la plaine lauragaise entre Naurouze et Carcassonne intéresse environ 45 communes rurales en partie ou totalité et une population globale de 25 000 personnes dans les différentes catégories professionnelles. La densité au km² est faible à la périphérie du périmètre ; par contre un complexe urbain est amorcé de Carcassonne à Castelnaudary sur l'axe de la RN. 113. La population rurale comporte très peu de jeunes agriculteurs, mais une proportion notable d'exploitants d'âge moyen.

Ce périmètre peut être découpé en deux zones caractérisées par leur milieu naturel, les structures foncières, les types de cultures qu'on y rencontre et leur économie agricole :

- à l'Ouest, il s'agit de la grande zone de polyculture du Lauragais. On y pratique par tiers la culture des céréales, le maïs, la luzerne ; les élevages y sont développés. La structure foncière est assez bonne et les coopératives agricoles sont puissantes et bien organisées ;

- à l'Est, c'est la zone à dominance viticole d'Alzonne à Carcassonne. La vigne occupe de 40 à 60 % de la surface agricole et les élevages sont peu nombreux et dispersés. La structure foncière est souvent médiocre et l'économie viticole devient la principale source de revenus.

CHAPITRE II

LE CADRE GEOLOGIQUE

La région du Lauragais audois définie au chapitre précédent, correspond à la bordure sud-est du bassin aquitain. Ainsi qu'il est connu, ce bassin se présente schématiquement sous l'aspect d'une vaste dépression de forme triangulaire bordée par le Massif Central au Nord et les Pyrénées au Sud ; l'Atlantique forme sa limite occidentale. A l'Est, ce bassin communique avec la région languedocienne et méditerranéenne par le col de Naurouze et le golfe de Carcassonne, bordé par la Montagne Noire (fig. 4).

Le bassin aquitain correspond essentiellement à un golfe déjà existant au Secondaire mais dont le remplissage s'est surtout effectué au Tertiaire. Après le paroxysme pyrénéen, qui paraît avoir pris place vers le milieu de l'Eocène, entre le Lutétien inférieur et moyen, la mer nummulitique qui mettait en communication les régions atlantiques et méditerranéennes, a été définitivement rejetée de cette région est du bassin. On n'y trouve plus alors que des formations continentales et d'eau douce, provenant essentiellement de la démolition de la chaîne pyrénéenne et pour moindre part du Massif Central au relief rajeuni.

Dans notre région, l'examen de la carte géologique de la figure 5 fait apparaître avec netteté deux grands domaines :

- au Nord, la Montagne Noire formée de terrains anciens et de structure essentiellement hercynienne ;
- au Sud, une couverture sédimentaire tertiaire relativement tranquille qui peut, elle-même, être subdivisée en deux unités différentes :
 - + la couverture immédiate de la Montagne Noire, constituée des terrains de l'Eocène inférieur et moyen avant la surrection des Pyrénées ;
 - + le domaine mollassique qui commence avec la naissance de la chaîne et qui constitue le Sud-Est du bassin aquitain.

Les pages qui vont suivre traiteront la lithostratigraphie, la sédimentologie et la structure de ce cadre, où sont insérées les études d'aménagement qui feront l'objet de la deuxième partie de ce travail. La connaissance de ce cadre géologique était absolument indispensable pour les études des barrages et des nappes.

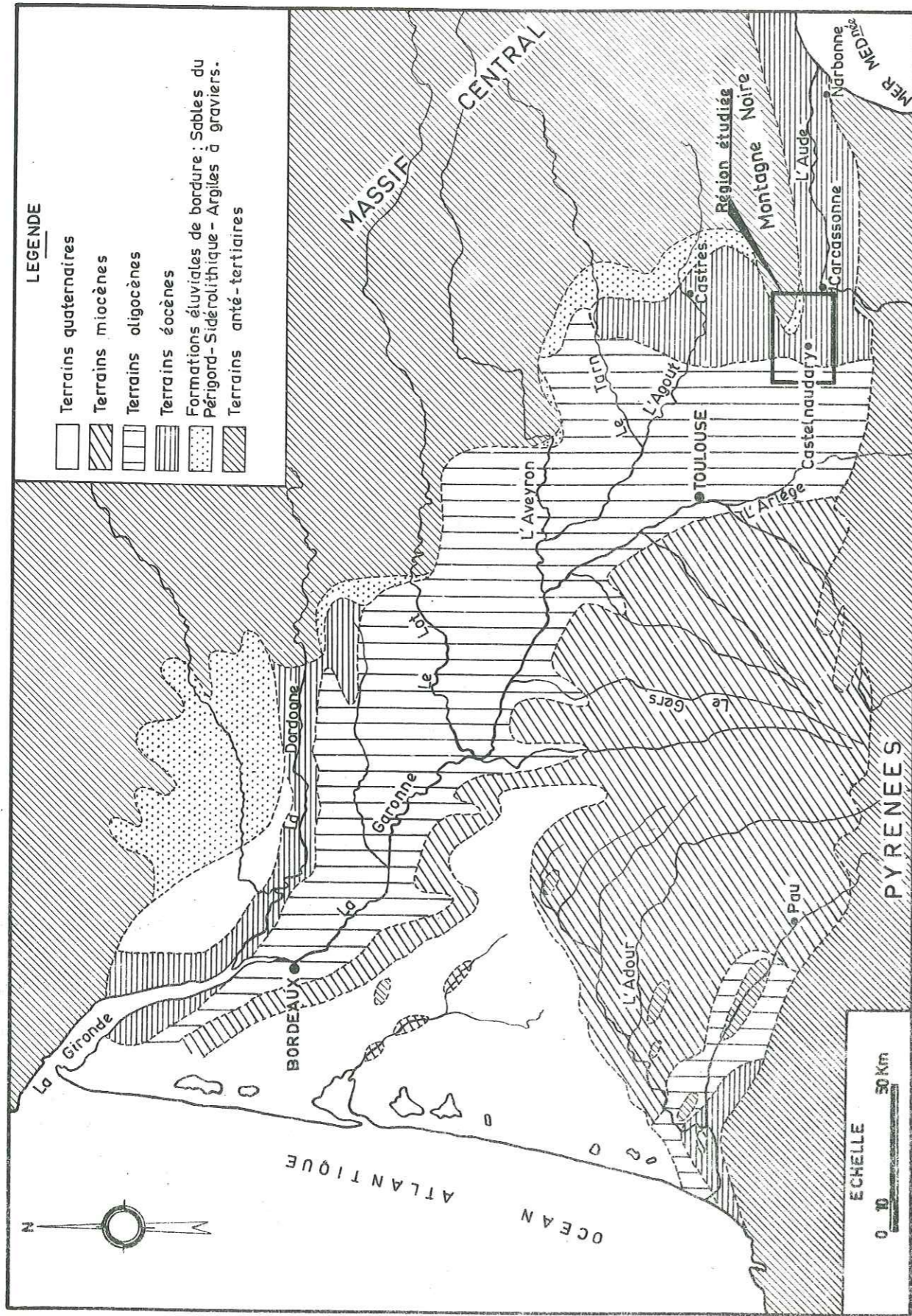


Fig 4 - ESQUISSE GEOLOGIQUE DU BASSIN D'AQUITAINE (d'après Mlle M. Richard)

Sur un plan plus général cette connaissance du cadre géologique a orienté à plusieurs reprises la mise au point du projet général et facilité le choix des différentes solutions. Ceci nous a également permis de dominer bien des problèmes et nous a appréciablement aidé à résoudre des questions hydrogéologiques et surtout pour donner rapidement sur la validité des sites de retenues, un avis valable en toute connaissance des conséquences économiques.

Cette étude de la géologie générale est une synthèse des travaux géologiques déjà existants, de notre contribution et de nos observations, notamment en ce qui concerne la couverture sédimentaire. Nous reviendrons avec plus de détails sur certaines questions lors de l'étude de chaque aménagement.

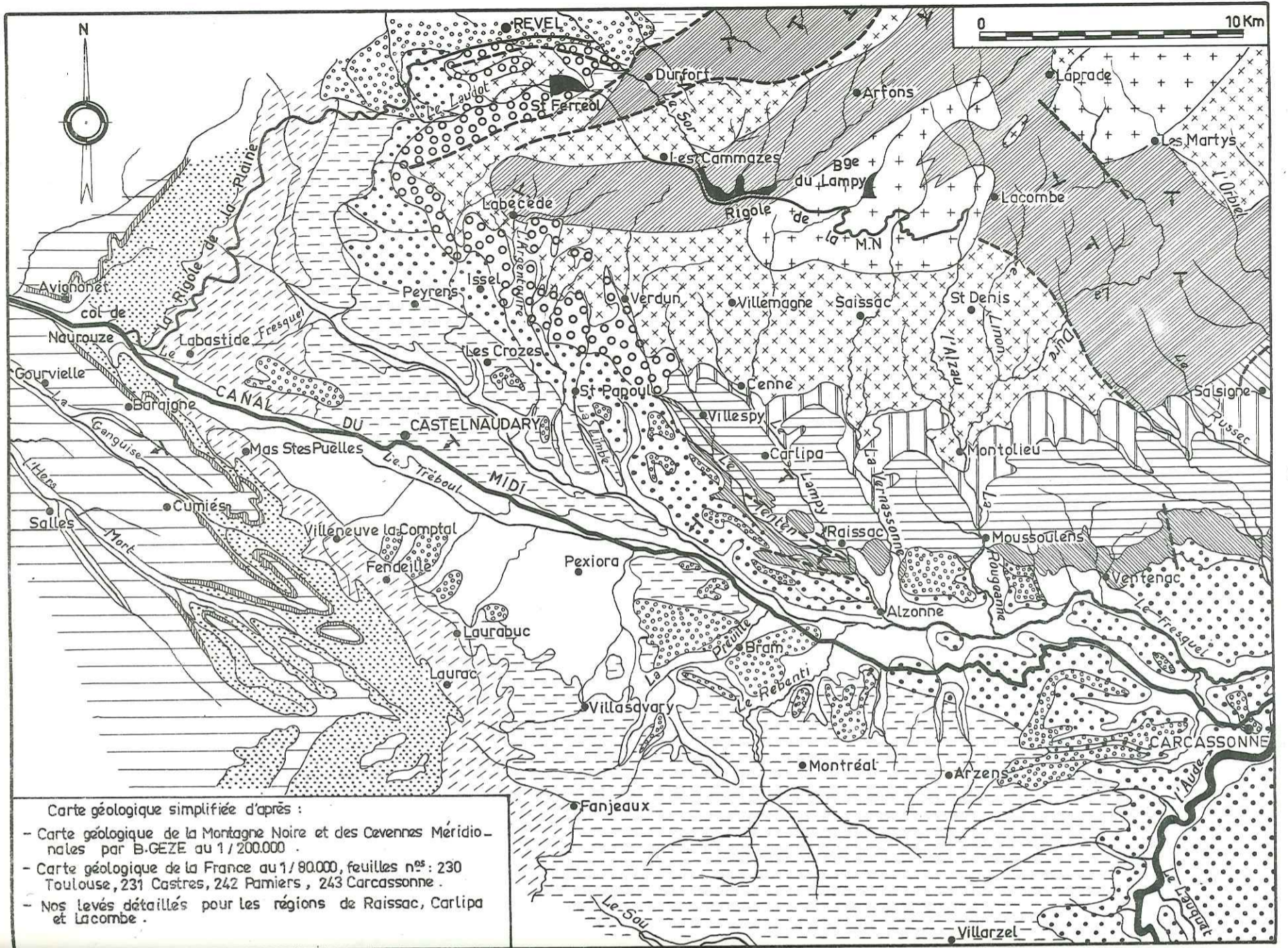
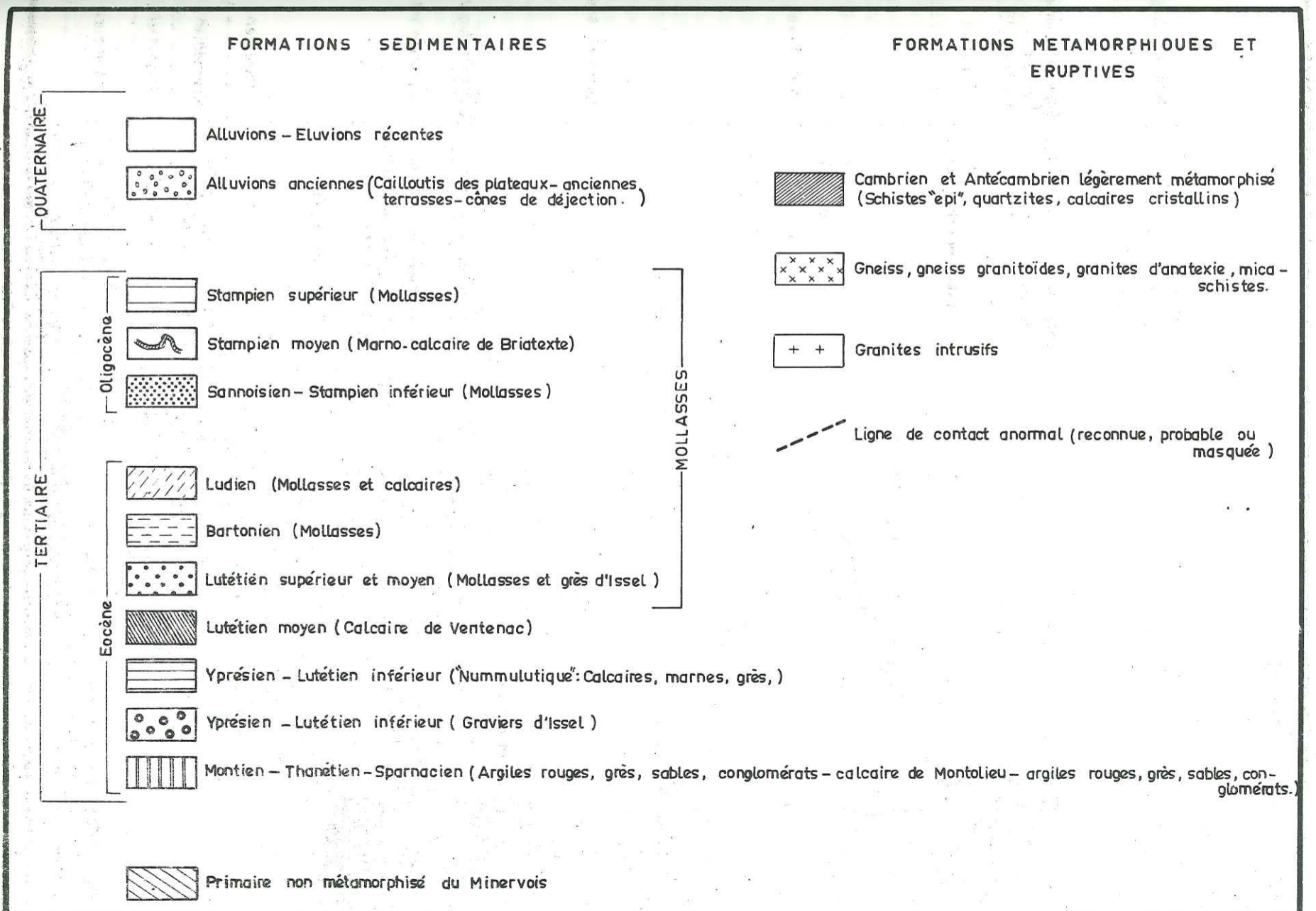


Fig 5 - CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DU LAURAGAIS AUDOIS (s.l.)

LEGENDE DE LA FIGURE 5



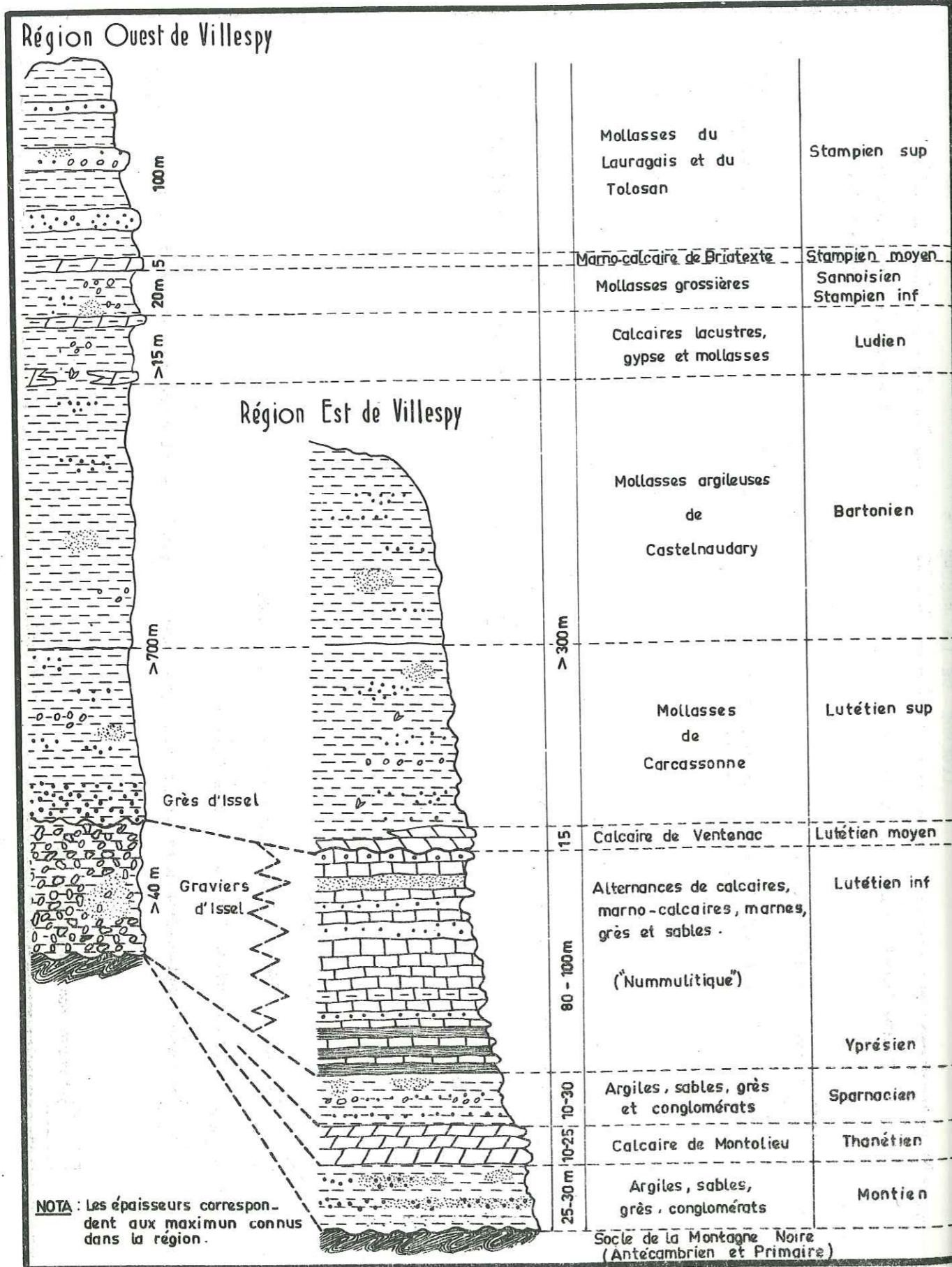


Fig 6 - SERIE STRATIGRAPHIQUE ET LITHOLOGIQUE

I. LE MATERIEL GEOLOGIQUE

A. - LA MONTAGNE NOIRE (s.s.)

La Montagne Noire, considérée comme faisant partie des "chafnes hercyniennes périphériques" du Massif Central, est tout à la fois antécambrienne et cambrienne par son matériel, hercynienne par sa structure et tertiaire par ses limites.

Les travaux géologiques se rapportant à ce massif peuvent être classés en deux groupes :

- Les travaux concernant la Montagne Noire s.l., sont extrêmement nombreux mais s'occupent le plus souvent peu, ou d'une manière trop générale de la région de la Montagne Noire s.s., qui nous intéresse. Cependant leur étude reste indispensable car l'ensemble constitue une unité géologique surtout au point de vue métamorphisme et tectonique. Parmi les principaux auteurs on peut citer J. BERGERON, M. THORAL, DREYFUSS, M. ROQUES et B. GEZE. Actuellement F. ELLENBERGER et l'équipe de M. MATTAUER, par application des méthodes structurologiques apportent chaque jour des précisions sur la constitution complexe de cette région.

- Les travaux concernant la Montagne Noire s.s., sont beaucoup moins nombreux. Certains des auteurs cités plus haut (B. GEZE, J. BERGERON, M. ROQUES) se sont intéressés à ce secteur mais certains problèmes n'ont été qu'effleurés. La plupart des études de la Montagne Noire s.s., sont en général très fragmentées et le plus souvent ne traitent que de problèmes bien localisés. Citons en commençant les travaux de A. LEYMERIE (1873-1879) abordant l'étude du versant sud à proximité des formations tertiaires qui sera achevée en 1886 par De ROUVILLE et VIGUIER. L'école de Toulouse est ensuite représentée par L. MENGAUD, G. ASTRE et E. RAMIERE de FONTANIER. En 1955, O. DOTTIN présente le seul travail concernant la totalité de la région dans le cadre d'un diplôme de pétrographie et en 1958 S. OKSENGORN dans une thèse de 3e cycle de métallogénie décrit la région de la Loubatière, reprenant les études de E. RAGUIN et H. VINCENNE. En 1964 C. BOYER donne une description des terrains cristallins de la partie orientale du Cabardès. Enfin P. DEBAT (1968) amorce une étude structurologique sur cette même région*.

Les formations de la Montagne Noire s.s., vont de l'Antécambrien au Cambrien supérieur. L'Ordovicien affleure plus à l'Est, hors de notre secteur, dans le Minervois. En l'absence de fossiles, ce sont les faciès des roches et leur comparaison avec des faciès équivalents datés ailleurs qui ont permis de définir l'échelle stratigraphique. Ceci bien entendu compte tenu également de l'existence des plissements hercyniens. La carte géologique représentée par la figure 7 correspond à celle de B. GEZE qui avait repris les anciens contours de J. BERGERON** ; ceux-ci sont d'ailleurs contestés pour certains secteurs par l'étude pétrographique de O. DOTTIN. L'examen de cette carte permet de distinguer d'Ouest en Est un certain nombre d'unités que nous pouvons déjà énumérer pour rendre plus facile la lecture des quelques pages qui vont suivre :

- (a) - le petit massif gneissique de Saint-Ferreol ;
- (b) - le synclinal de Durfort à matériel cambrien et antécambrien ;
- (c) - la série anticlinale à cœur gneissique des Cammazes ;
- (d) - le synclinal d'Arfons de mêmes caractères que celui de Durfort ;
- (e) - le Cabardès (gneiss) avec le granite du Lampy ;
- (f) - le détroit de Lacombe (La Loubatière) qui avec ses schistes épimétamorphiques établit une liaison entre le

* - On ferait une omission si, sur cette liste des chercheurs de la Montagne Noire s.s., on n'ajoutait pas le nom de A. DAVID qui a fait une très remarquable étude géomorphologique dont l'essentiel a été adopté par H. BAULIG dans sa thèse et F. ELLENBERGER et B. GEZE pour la tectonique tertiaire.

** - Nous avons cependant apporté des modifications sur la partie nord-est du massif granitique du Lampy.

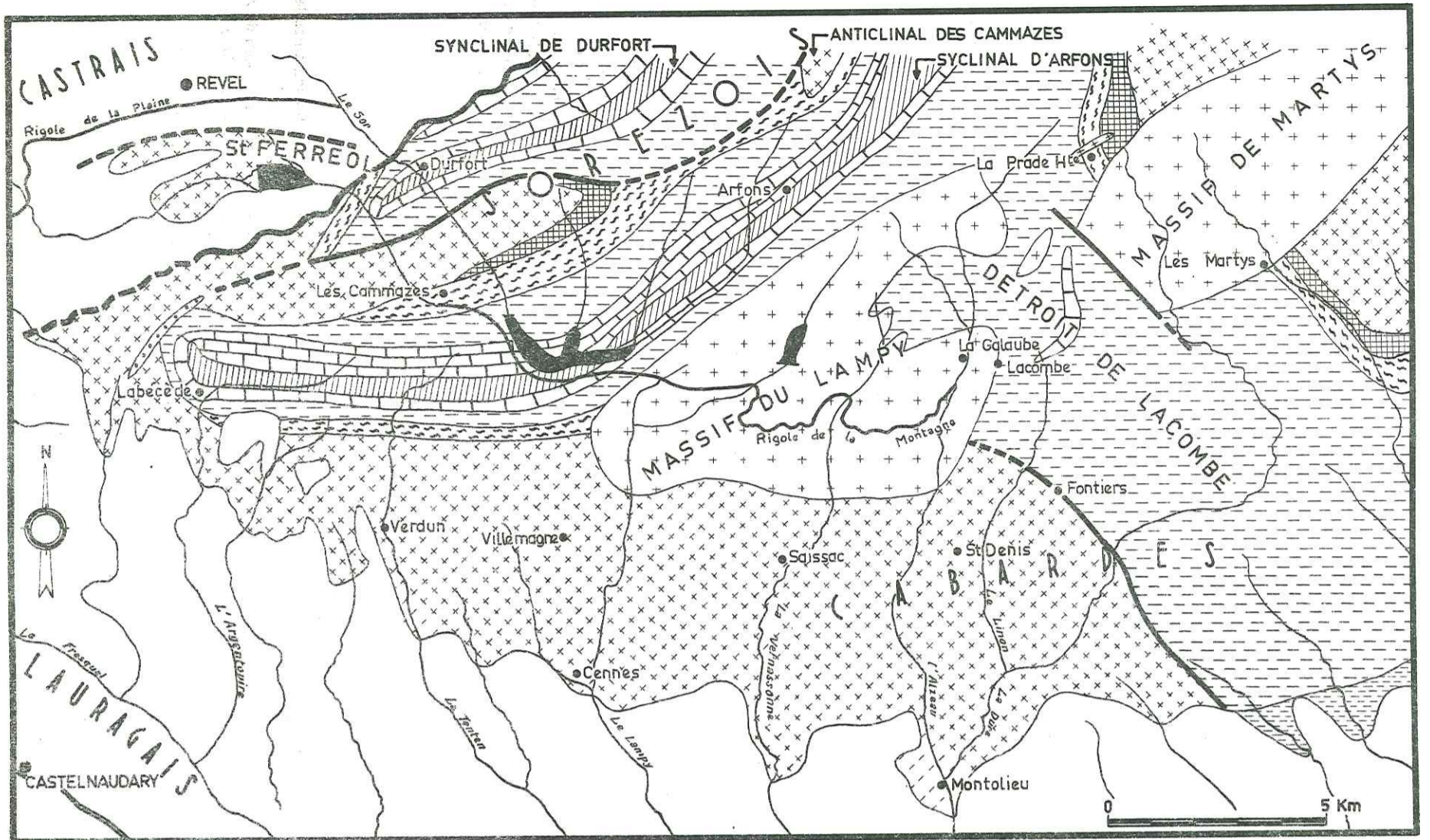
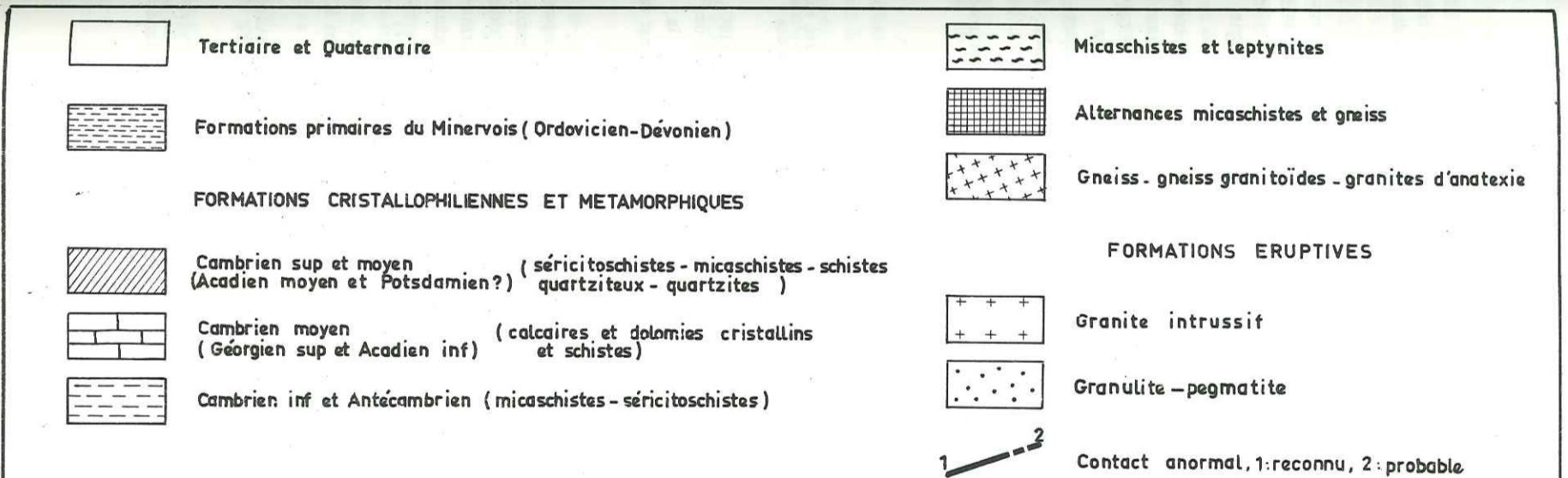
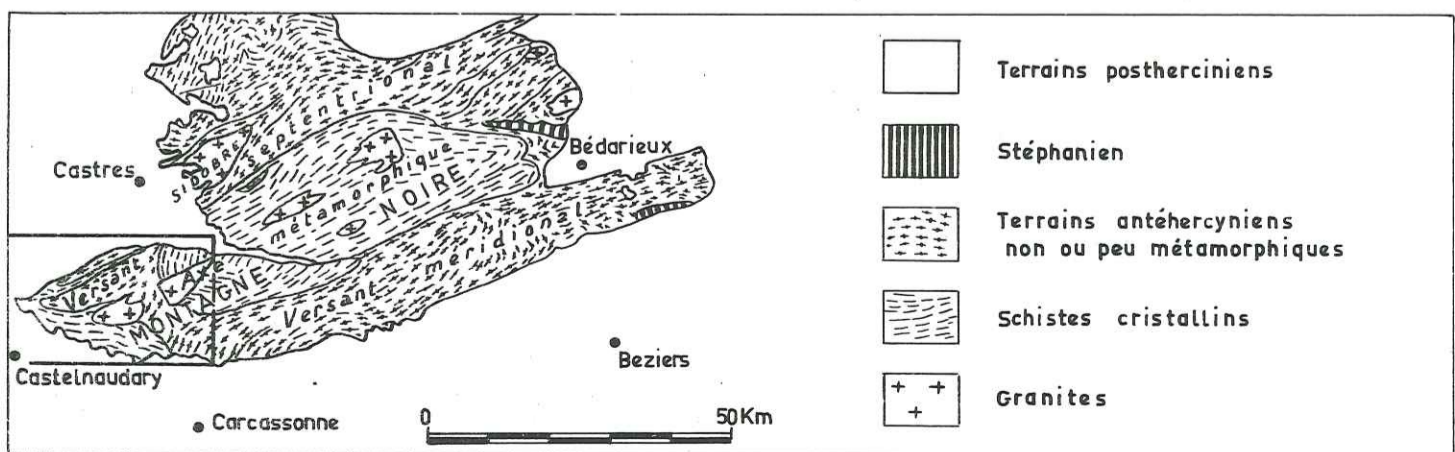


Fig 7 — CARTE GEOLOGIQUE DE LA MONTAGNE NOIRE (s.s.)
 (Carte simplifiée d'après la carte géologique au 1/200000 de la M.N et
 des Cévennes Méridionales de B.GEZE)

LEGENDE DE LA FIGURE 7



LA PLACE DE LA MONTAGNE NOIRE ss. DANS LA MONTAGNE NOIRE s.l.



versant septentrional (Monts du Sorézois) et le versant méridional (Minervois) ;
(g) - le massif de Nore (gneiss) avec le granite des Martys.

Les quatre premières unités appartiennent aux monts du Sorézois ; les autres à la zone axiale comme cela a été défini par J. BERGERON.

ANTECAMBRIEN

En 1932 A. Michel LEVY et M. THORAL ont démontré l'existence de terrains antécambriens dans la Montagne Noire (s.l.) sous un niveau de poudingues et arkoses considéré comme représentant la base du Cambrien. Selon M. THORAL (104)* l'Antécambrien se trouverait aussi dans la totalité de la zone axiale de la Montagne Noire dont le métamorphisme serait lui-même antécambrien. M. ROQUES (93) tout en admettant l'existence de l'Antécambrien dans cette zone axiale estime que le métamorphisme est post-georgien comme le pensait J. BERGERON. B. GEZE s'est ralié à cette dernière hypothèse, mais il a en outre découvert d'autres affleurements d'Antécambrien, certains entre autres dans le Sorézois. Ceux-ci se trouvent au-dessous des formations détritiques de la base du Cambrien entre deux replis anticlinaux dans la zone anticlinale des Cammazes. Ils sont essentiellement constitués de schistes et de grès arkosiques qui dénotent ainsi des venues éruptives antérieures.

Dans la zone axiale, il est très probable que l'Antécambrien est largement représenté ; il est tantôt épimétamorphique (déroit de Lacombe), tantôt franchement métamorphisé (massif gneissique du Cabardès et de Nore).

CAMBRIEN

Le Cambrien représente ici un cycle sédimentaire presque complet, compris entre une transgression à la base et une régression à la fin. Le Cambrien constitue la presque totalité des monts du Sorézois et une partie de l'axe métamorphique.

Dans la première de ces régions, il présente dans les zones synclinales de Durfort et d'Arfons une série presque complète sur l'Antécambrien. B. GEZE (62) voit dans le synclinal de Durfort des faciès analogues à ceux de l'Est de Lacaune tandis que le synclinal d'Arfons renfermerait des faciès rappelant ceux de l'Ouest de Lacaune.* Pourtant, la comparaison de ces formations à celles des régions de Lacaune est difficile, car ici ces terrains ont été affectés par le métamorphisme général et ont une prédominance schisteuse.

Ainsi pour le premier synclinal nous avons la succession suivante (B. GEZE) :

- poudingue de base et arkoses mylonitisés au-dessus des terrains antécambriens. Ces arkoses avaient été étudiées par BERGERON qui en faisait une "Blaviérite". M. THORAL y voit une formation mylonitique résultant de l'écrasement d'un poudingue à éléments granulitiques ; M. ROQUES interprète cette même formation comme des coulées de rhyolite partiellement remaniées. O. DOTTEIN (48) ne partage pas l'avis de GEZE faisant de cette formation une formation de base mais la considère comme une coulée de porphyroïde-rhyolite qui se serait interstratifiée dans les schistes.
- Schistes micacés ou ardoisiers correspondant à la formation de Marcory (région de Lacaune) (Georgien inférieur et moyen).
- Calcaires cristallins et dolomies, massifs avec alternances grésocalcaires à la base, correspondant aux calcaires à Archaeocyathus ; leur épaisseur est de 200 à 500 m (Georgien supérieur et Acadien inférieur).
- Schistes micacés ou quartziteux et quartzites correspondant aux schistes à Paradoxites et à la formation de Barroubio (Acadien supérieur et Postdamien ?).

Dans le synclinal d'Arfons, la série débute par une formation essentiellement schisteuse dont la base serait antécambrienne. Ensuite vient une formation calcaire qui présente sur le flanc sud du synclinal une seule bande, tandis

* - Les chiffres entre parenthèses mentionnent la numérotation bibliographique.
** - Régions du versant septentrional de la Montagne Noire s.l.

que sur le flanc nord en apparaissent trois, entre lesquelles s'intercalent des zones plus gréseuses vers la base et plus schisteuses vers le sommet. L'ensemble a une puissance de 500 m environ. La série se termine avec une formation schisteuse semblable à celle du synclinal de Durfort.

Les calcaires du synclinal d'Arfons ont une structure plus compliquée que ceux de Durfort, mais on reconnaît toujours trois faciès (B. GEZE, O. DOTTEIN) : calcaire gris, très dolomitique passant souvent à des calcschistes noirs ; calcaire blanc cipolin ; calcaire jaune, le plus récent, souvent altéré par des oxydes de fer. Tous ces calcaires contiennent des minéraux de métamorphisme tels la pargasite, muscovite, épidote, pyrite, chalcopryrite et graphite.

Enfin il faut noter que la continuité des bandes calcaires que la carte géologique montre n'est pas toujours exacte, tout au moins pour la région des Cammazes. Le calcaire passe souvent à des schistes ou se charge en silice et le plus souvent est complètement couvert par le manteau de recouvrement. Nous avons également noté la présence d'autres niveaux calcaires lenticulaires dans les schistes qui surmontent les niveaux principaux. Les bandes calcaires peuvent d'ailleurs être étirées et présenter des boudinages.

En dehors du Sorézois dans la zone axiale, les calcaires de la forêt de la Loubatière pincés dans les schistes épimétamorphiques du déroit de Lacombe montrent l'existence de niveaux cambriens sur l'Antécambrien de cette zone. Ces calcaires métamorphiques en raison de leur minéralisation importante ont fait l'objet des études détaillées par E. RAGUIN et H. VINCIENNE (90) et S. OKSENGORN (48) ; ils constituent une importante lentille de 100 m de puissance, intercalée dans les schistes ; son faciès est calcaire à la partie inférieure et dolomitique à son sommet. Cette lentille est affectée par divers accidents tectoniques locaux de direction nord nord ouest - sud sud est.

Au point de vue paléogéographique, B. GEZE, en se basant sur la constitution détritique grossière des formations de base et du sommet du Cambrien de la Montagne Noire, s.l., pense que ces dépôts de mers très peu profondes dénotent la présence de terres émergées situées à faible distance au début et à la fin du Cambrien. Dans notre région, ces terres seraient plutôt situées vers l'Ouest sous l'actuel golfe du Castrais, que vers l'axe métamorphique où les sédiments cambriens sont assez monotones et fins.

LE MATERIEL ERUPTIF ET METAMORPHIQUE

Les schistes cristallins

La zone "cata" (gneiss) est représentée dans la plus grande partie de l'axe métamorphique de la Montagne Noire et se poursuit sur son versant septentrional (Sorézois). La zone "meso" (micaschistes) entoure étroitement les gneiss suivie de la zone "épi" (schistes sériciteux).

1. - Gneiss

Les différents noyaux gneissiques de notre région sont : le massif de Nore ; le massif du Cabardès, l'anticlinal des Cammazes et le massif de Saint-Ferreol. En règle générale on a à faire à des paragneiss à un ou deux micas, à anorthose et parfois microcline et oligoclase ; accessoirement zircon et apatite et quelquefois des grenats. Ils se présentent souvent sous l'aspect œillé, surtout à la périphérie des massifs.

Près des bordures, la muscovite prédomine et se montre plus récente que la biotite alors que vers le centre du massif la biotite est prépondérante et la roche moins régulièrement litée passe à des gneiss granitoïdes ou des granites d'anatexie dont les contours sont difficiles à définir. Les feldspaths de ces granitoïdes sont zonés et n'ont pas la taille des yeux des gneiss francs. Il existe également des filons d'injection de granulite ou des granites pegmatitiques ou aplitiques.

La schistosité est habituellement parallèle à l'allongement des massifs (Ouest Sud Ouest - Est Nord Est). Des écrasements suivis de recristallisations sont visibles dans les gneiss et les granites gneissiques près des failles (faille de Fontiers-Cabardès, des Cammazes et de Saint-Ferreol).

2. - Micaschistes

Les micaschistes francs sont à mica noir et séricite avec ou sans muscovite ; à l'extrémité ouest du synclinal d'Arfons, les schistes sont grenatifères. La structure est lépidoblastique, les lits micacés sont souvent plissés, même à l'échelle de l'étude micrographique. Ils ont un développement moins puissant que les gneiss, quelques centaines de mètres d'après B. GEZÉ.

Souvent le passage des gneiss aux micaschistes se fait par une série d'alternances de bancs franchement gneissiques et de bancs micaschisteux. J. BERGERON voyait dans cette disposition des replis et M. ROQUES justifie ces alternances par la montée d'un front des migmatites, hypothèse adoptée aussi par O. DOTTIN. B. GEZE, eu égard au développement de ces zones sur de grandes distances, les considère comme un passage normal. La zone des micaschistes pénètre dans les terrains cambriens. Ce phénomène peut être observé dans une grande partie du synclinal d'Arfons où les calcaires se transforment en cipolins micacés ou grenatifères.

Les schistes du centre du synclinal d'Arfons sont des micaschistes, et l'examen de lames minces des échantillons provenant des régions des sites de barrages que nous avons étudié dans ce secteur, montrent un métamorphisme général plus fort que les schistes épimétamorphiques qui forment les flancs du synclinal et qui leur sont stratigraphiquement inférieurs. Ceci montre que la zonéographie du métamorphisme n'est pas toujours parallèle à la stratigraphie comme la carte géologique le fait penser. Enfin au voisinage du massif des Martyrs, les micaschistes sont traversés par quelques importants filons de granite à deux micas à rattacher à ce massif même.

3. - Schistes sériciteux

La limite supérieure des micaschistes est difficile à définir, car le passage est très progressif.

On a des schistes à grains de quartz, peu ou pas recristallisés mais avec glandules fréquentes renfermant encore accidentellement du mica noir ; des schistes à peine touchés par un épimétamorphisme léger et où le séricite domine, avec parfois de la chlorite et assez fréquemment de la muscovite ou de la biotite.

Dans certaines régions, au détroit de Lacombe notamment, existent des schistes avec andalousite, fait dû au métamorphisme de contact (voisinage du granite de Lamy).

4. - Amphibolites

On ne connaît qu'un banc de faible puissance dans les micaschistes près des Cammazes. Il semble qu'il s'agit des para-amphibolites résultat du métamorphisme de bancs calcaires ou dolomitique du Cambrien ou de l'Antécambrien.

Enfin dans toutes ces formations abonde le quartz d'exsudation en filons interstratifiés. Les filons quartzeux intrusifs sont moins nombreux.

Les granites

Les granites se localisent dans la zone axiale de la Montagne Noire et constituent les massifs de Lamy et des Martyrs en plus des gneiss granitoïdes ou granites diffus du Cabardès dont il a été question plus haut.

Leur orientation est celle de la zone axiale (Ouest Sud Ouest - Est Nord Est) observable sur des clivages, litages ou alignement des zones écrasées. Il s'agit de granites à grains moyens assez riches en quartz avec orthose mais surtout microcline et oligoclase zonée passant à l'andésine, ou au labrador. La biotite est abondante et on trouve aussi l'apatite et le zircon. Dans certaines zones périphériques ces granites prennent souvent un caractère aplitique avec muscovite.

1. - Le granite de Lamy

Le massif granitique du Lamy a des contours assez nets au Nord et une apparence intrusive, mais concordant ou subconcordant avec les schistes encaissants. Au Sud, la limite avec les gneiss est difficile à définir et les contours de

la carte géologique de Castres sont contestés par les chercheurs récents. On y trouve souvent à l'état d'enclaves des panneaux de gneiss ou gneiss granitoïdes et vice versa. Récemment C. BOYER (23) a distingué au Sud Sud Est de Saissac des granites (granite de Montolieu et de Brousse) que nous avons aussi différenciés en prospectant cette zone pour la recherche des sites de barrage. L'auteur note une répartition anormale de la muscovite et de la tourmaline dans les roches mais il n'avance aucune théorie sur l'origine et les rapports de ces granites.

L'orientation des lits des biotites dans le granite de Lamy est faible dans le massif même, mais plus accusée vers le Sud dans la région de Saissac.

Le métamorphisme de contact est plus intensivement ressenti par les schistes à séricite de la forêt de la Loubatière, où il se développe en auréole autour de la partie nord du massif de Lamy. Les minéraux de métamorphisme sont la biotite de néoformation qui apparaît indistinctement parallèle ou oblique à la schistosité.

Puis vient surtout de l'andalousite et accessoirement la staurotite et la tourmaline avec toujours une disposition en vrac (O. DOTTIN).

Les lames minces que nous avons examinées dans le secteur de la forêt de la Loubatière où le métamorphisme de contact est plus intense, nous ont donné les résultats suivants :

Il s'agit de micaschistes à cornéennes orientées, tachetées ou noduleuses avec comme minéraux de métamorphisme essentiellement l'andalousite et la biotite souvent chloritisée. Nous avons aussi trouvé de la cordiérite, mais très séricitisée et de la tourmaline. La biotite est le dernier minéral de ce métamorphisme car, il coupe la cordiérite et l'andalousite.

Une telle structure de métamorphisme de contact en même temps que l'allure des contacts francs du granite avec les schistes épimétamorphiques font penser à un granite intrusif. Mais la concordance des contacts, bien observable à plusieurs endroits, est un caractère de batholite d'anatexie. Il doit donc s'agir, comme le note O. DOTTIN, d'une troisième catégorie de granite batholitique décrite par M. ROQUES *, le "batholite intrusif concordant" dont les critères de définition sont en accord parfait avec le granite de Lamy.

2. - Le granite des Martyrs

Sa propriété la plus marquante est sa parfaite homogénéité. Le caractère intrusif du massif se voit de façon nette sur la carte géologique. On est ici en présence d'une intrusion normale sans aucune concordance ; le métamorphisme de contact existe mais est insignifiant par rapport à celui du Lamy.

3. - Relations entre les granites du Lamy et des Martyrs

E. RAGUIN et H. VINCIENNE (90) avaient supposé que les granites du Lamy et des Martyrs correspondent à un seul granite et se rejoignent sous la cuvette formée par la région de la Loubatière. D'après O. DOTTIN (48) l'origine pourrait être la même mais le processus d'assimilation serait différent selon la rapidité de mise en place du batholite : brutale pour le batholite des Martyrs (contact discordant), lente pour celui du Lamy d'où contacts concordants. Cette assimilation pour le granite du Lamy étant plus ou moins parfaite, certaines parties de la roche digérée ont résisté à la transformation et ont donné au sein du granite actuel les panneaux témoins de la partie centrale de l'ancienne série cristallophyllienne. Ces panneaux, toujours d'après O. DOTTIN, étaient déjà à l'état de migmatites : gneiss granitoïdes, granites d'anatexie (Cabardès).

B. GEZE (62) avait bien auparavant reconnu une origine commune aux deux granites, mais pour lui il fallait aller la chercher dans la mise en mouvement sous une forme spécialement mobile et non orientée des gneiss "fondants" de la base de la série métamorphique. Ainsi l'état actuel résulte du décapage par l'érosion à des profondeurs différentes (fig. 8).

* - Pour le granite de Cape-Coast dans l'étude du Précambrien de l'Afrique occidentale.



Fig8- Schéma de la mise en place des granites de la Montagne Noire (d'après B. GEZE modifié)

Le massif du Lampy correspondrait alors à ce niveau de gneiss "fondant" de la cheminée granitique ; celui des Martys représenterait une coupe de la colonne déjà bien différenciée, traversant les terrains encaissants. Cette hypothèse permettrait de relier ainsi sans discontinuité les deux massifs sous la région de la Loubatière.

AGE DES FORMATIONS ERUPTIVES ET METAMORPHIQUES

Comme nous l'avons déjà dit, A. MICHEL-LEVY et M. THORAL considéraient le métamorphisme de la zone axiale comme antécambrien. Mais d'après des observations dans toute la Montagne Noire (s.l.), J. BERGERON d'abord, M. ROQUES et B. GEZE ensuite, soulignaient que le métamorphisme devait être post-géorgien au moins*. M. ROQUES propose de le considérer comme Calédonien en se basant sur des faits situés hors de la Montagne Noire, s.s. B. GEZE par l'analyse des rapports des granites et des terrains métamorphiques, l'identité de composition minéralogique des granites et des gneiss de la zone cata, construit une théorie séduisante sur la succession continue du phénomène :

- celui-ci part d'un métamorphisme général, postérieur à une légère phase de plissement (calédonienne), qui donne naissance aux schistes sériciteux, aux micaschistes-leptynites, aux gneiss et aux granites d'anatexie ;
- progression du magma granitique avec métamorphisme de contact, postérieurement à une phase de plissement accusé**

* - B. GEZE écrit cependant "qu'il est impossible d'affirmer qu'il n'existe aucun terrain métamorphique d'âge antécambrien, car on peut toujours admettre que certains noyaux de la zone axiale, avaient été métamorphisés à cette époque". Il reconnaît pourtant que l'hypothèse en est gratuite.

** - En effet l'orientation des massifs granitiques est la même que celle des plis les plus intenses du Sorézois, et le synclinal d'Arfons paraît moulé sur les contours du granite du Lampy.

- achèvement de la mise en place des granites et du métamorphisme de contact et genèse des granulites-pegmatites en liaison avec la fin de la tectonique hercynienne. Les granites de la Montagne Noire sont donc synorogéniques ;
- injection filonienne (microgranites, rhyolites, dolérites) ;
- injection quartzeuse, phénomène lié aux phénomènes précédents, quoique franchement postérieur à la phase hercynienne majeure (phase tertiaire).

Ainsi d'après B. GEZE, la mise en place du granite avec métamorphisme de contact étant d'âge hercynien, la phase de métamorphisme général qui la précède immédiatement serait un peu plus ancienne et aurait pu débiter dès le Viséen supérieur. Les mesures de Y. VIALETTE (118) sur une migmatite de gneiss des gorges d'Héric (versant méridional de la zone axiale) donnent un âge un peu plus jeune que celui attribué par B. GEZE : Stéphanien inférieur.

Enfin, dernièrement une datation effectuée par C. VASCONCELOS (108) sur des échantillons du granite du Lampy montre un âge moyen de 300 millions d'années (Westphalien).

B. - LA COUVERTURE IMMEDIATE DE LA MONTAGNE NOIRE

Les terrains plus récents, qui reposent sur les roches anciennes de la Montagne Noire que nous venons de décrire, forment sur son flanc méridional et jusqu'à sa base une large bande dont la faible inclinaison contraste avec le relief plus prononcé de la Montagne même. Cette bande se compose de plusieurs unités géologiques disposées en gradins, les uns au-dessus des autres et à stratification plus ou moins concordante. Cette série, à faible prolongement général vers le Sud, est constituée de terrains de l'Eocène inférieur (Montien-Yprésien) et du début de l'Eocène moyen (Lutétien inférieur) (fig. 5 et 6). Elle se rattache aux formations du golfe de Carcassonne et elle est continentale à lacustre à sa base et marine au sommet ("Nummulitique"). A partir du Lutétien moyen la couverture de la Montagne Noire perd son individualité et passe aux mollasses du bassin d'Aquitaine proprement dit.

Cette région a fait l'objet de plusieurs études d'ordre stratigraphique et paléontologique dès le siècle dernier et jusqu'au début du nôtre. Elle a été décrite d'abord par A. LEYMERIE (1846-1878), TALLAVIGNE (1847) et V. RAULIN (1848). Puis en 1882 par HEBERT. Un peu plus tard les travaux de G. VASSEUR en premier lieu, puis M. BRESSON et G. ROUSSEL ont complété les connaissances de l'époque et surtout on fait connaître l'extrémité occidentale de la bande et la façon dont elle passe aux formations lacustres du Castrais.

Depuis cette époque, à part quelques contributions portant sur des points de détail ou des lieux bien précis et dont G. ASTRE est le principal auteur, aucun travail important n'a été fait.

Notre étude des barrages situés dans cette région nous a permis de préciser et de compléter l'échelle lithostratigraphique et notamment celle du "Nummulitique", de préciser les contours géologiques et surtout de définir la structure de cette couverture de la Montagne Noire, considérée jusqu'à aujourd'hui comme très simple ou seulement soupçonnée par certains (G. ASTRE) d'être un peu plus compliquée.

MONTIEN

On ne connaît, sur le versant sud de la Montagne Noire, aucune formation datée de la base de l'Eocène inférieur. Cependant on a rapporté à cet étage les argiles rutilantes, les sables, grès et conglomérats qui reposent sur les terrains anciens et supportent en concordance le calcaire de Montolieu, par assimilation avec les marnes rouges de l'Eocène pyrénéen (Montien). Ces formations dont l'épaisseur varie autour de 25 à 30 m apparaissent à l'Ouest de Cenne et se poursuivent à l'Est dans le Minervois.

THANETIEN

Le Thanétien est représenté par le calcaire de Montolieu correspondant à un épisode lacustre. Il se poursuit de la région de Villespy vers l'Est d'une façon continue au pied de la Montagne Noire, accompagnant les argiles rouges continentales du Montien.

Ce calcaire présente des affleurements très dissemblables suivant leur position. Ainsi dans les régions situées sur les versants rive droite des cours d'eau, eu égard au pendage sud sud ouest, le calcaire forme un étroit ruban ; au contraire sur les rives gauches il se développe en surfaces structurales et forme de petites causses, formant un gradin inférieur à celui du "Nummulitique" qui se développe plus au Sud. (Régions à l'Est de Cenne, de Villelongue et de Montolieu).

L'assise de Montolieu présente des calcaires compacts blancs ou plus rarement gris. Ils sont imparfaitement stratifiés, assez souvent vacuolaires ou renfermant des petites cavités intérieurement tapissées de calcite. Ils ont un aspect parfois bréchoïde avec cependant des parties compactes irrégulièrement distribuées. Ces calcaires se débitent facilement en nodules ou en rognons. Enfin, ils renferment parfois des silex.

Au point de vue paléontologique, la principale espèce trouvée dans le calcaire de Montolieu est la Physa prisca, NOULET ; les autres mollusques décrits par NOULET sont : Pupa, Limnea, Cyclostoma, Bulimus, Planorbis.

Récemment (41) dans la région de Villelongue on a découvert des huîtres et des Ostracodes dans un niveau marneux se trouvant sous le calcaire de Montolieu à Physa prisca. Ceci a permis de reconnaître la présence sous le calcaire lacustre de Montolieu d'un épisode marin ou laguno-marin d'âge thanétien et de démontrer l'existence d'incursions marines de même âge sur le versant sud de la Montagne Noire.

L'épaisseur totale du Thanétien varie de 10 à 25 m.

SPARNACIEN

Le calcaire de Montolieu est surmonté d'un nouvel épisode argileux épais de 10 à 30 m et de même extension que le Thanétien. Les auteurs lui ont assigné un âge sparnacien.

Cette assise correspond dans le paysage à un adoucissement du relief et la combe qu'elle suscite est plus ou moins marquée selon les endroits. Les affleurements sont en règle générale masqués par des éboulis ou de l'altération.

Ce Sparnacien est constitué d'argiles rouges ou gris vert, parfois à petits nodules de calcaire blanc. Ces nodules ne proviennent pas d'une concentration de calcium, car les argiles sont dépourvues d'élément calcaire, mais doivent provenir des débris du calcaire de Montolieu, emportés par le matériel argileux. Les argiles sont accompagnées très fréquemment par des sables et des grès à éléments presque entièrement constitués de quartz anguleux, provenant de la Montagne Noire (voir aussi plus loin l'étude sédimentologique).

Des diagrammes de R X effectués sur divers échantillons de la même formation d'argile dans le Minervois (M. BIGOT (20)), ont montré un cortège minéralogique constitué d'illite, kaolinite et de montmorillonite.

YPRESIEN - LUTETIEN INFÉRIEUR

Ces étages correspondent au principal épisode marin de la couverture de la Montagne Noire qui a donné naissance à des calcaires, marnes et grès très riches en fossiles et en particulier en Nummulitiques et Alvéolines. C'est la raison pour laquelle les géologues locaux lui ont donné le nom de "Nummulitique" qui a ici le sens restrictif de terrains où abondent ces foraminifères et non celui correspondant à la stratigraphie classique.

Ce "Nummulitique" dessine de Villespy à St-Chinian une large ceinture de plateaux (causses) doucement inclinés vers le Sud. A l'Ouest de Villespy le faciès change, la formation marine devient littorale et passe latéralement à des poudingues et argiles jaunes à graviers de quartz ; cette formation connue sous le nom de graviers d'Issel se poursuit dans la région du Castrais.

a) Le "Nummulitique"

L'aspect du "Nummulitique" est assez uniforme. Comme nous l'avons dit, il forme de grands plateaux faiblement inclinés, vers le Sud, à l'état des garrigues fort arides, qui s'arrêtent au-dessus du calcaire de Montolieu par un talus escarpé tourné vers la Montagne. Au Sud, cette formation s'enfonce sous le calcaire d'eau douce de Ventenac et les mollasses.

La succession presque complète était seulement connue jusqu'à présent dans la région de Moussoulens par l'étude d'HEBERT (67). Nos sondages de reconnaissance pour le barrage de Jonquières sur le Tenten un peu à l'amont de Raissac nous ont permis de traverser la totalité du "Nummulitique" et d'établir ainsi sa lithostratigraphie fine. Les deux coupes, celle d'HEBERT et la nôtre, figurent sur la fig. 9.

Ces deux coupes peuvent être résumées ainsi :

- 1° A la base un horizon gris de calcaires avec intercalations de calcaires marneux et des marnes en couches ou en petits lits ; les principaux fossiles sont les Alvéolines, les Nummulites et un Lamellibranche, Velates cf Schmideli, caractéristique de l'Yprésien du bassin parisien.
- 2° A mi-hauteur des calcaires ou marnocalcaires compacts avec de rares intercalations de grès ou de marnes à Alvéolines et quelques Nummulites et aussi des Terébratula, Cerithium, des Echinides et Ostrea strictiplicata qui forme presque entièrement deux ou trois bancs de quelques dizaines de centimètres, dont un au moins, assez régulier, forme un niveau repère aux affleurements.
- 3° Au sommet des grès ou sables, jaunes en général, avec niveaux de calcaire surtout gréseux et contenant des Alvéolines, de petites Nummulites et Ostrea strictiplicata.
La partie terminale de ce niveau est constituée par un calcaire gréseux très détritique passant souvent à un conglomérat avec quelques Cerithium et Ostrea.
L'épaisseur du "Nummulitique" dans la région de Raissac est de 85-90 m et à Montolieu de plus de 100 m.

Si on compare le "Nummulitique" du versant sud de la Montagne Noire avec celui du Sud du golfe de Carcassonne, des Pyrénées et des Corbières, il semble qu'il n'est ici représenté que par son assise supérieure. En effet, on n'y trouve pas le calcaire à Milliolites qui dans ces autres régions forme constamment la base de ce dépôt marin. Il y a aussi absence totale de marnes bleues à Turritelles, Polypiers, Assilines, Orbitoïdes, etc. qui se développent au centre du synclinal nummulitique dans la région d'Alaric.

Tout cela peut s'expliquer par la position littorale de nos dépôts. Il est probable que sur le rivage des calcaires à Alvéolines ont continué à se former tandis que dans le centre du synclinal se déposaient des marnes fines avec seulement quelques bancs à Alvéolines intercalés. Cette remarque exclut l'idée que la mer serait avancée plus au Nord, arrivant à submerger l'éperon actuel de la Montagne Noire et à s'approcher des sédiments continentaux du Castrais qui, au Nord de cet éperon, résultaient de la démolition du Massif Central.

Il faut aussi remarquer que le sommet du "Nummulitique" de notre région est très détritique, témoignant peut-être ainsi un mouvement d'exhaussement progressif qui, à la fin du Lutétien inférieur, a définitivement chassé la mer.

En ce qui concerne le faciès du "Nummulitique" de ce versant sud de la Montagne Noire, l'examen de notre coupe et sa comparaison avec celles décrites dans la littérature, notamment celle du Moussoulens, montrent que dans les parties éloignées des bordures immédiates de la Montagne, la constitution est assez constante.

Des variations lithologiques et faunistiques existent dans le détail, nous reviendrons d'ailleurs sur ce sujet, lors de l'étude du barrage de Jonquières. Les épaisseurs de deux niveaux supérieurs ne montrent pas de grandes différences, au contraire le niveau inférieur de calcaires et marnes à Alvéolines et Velates est plus puissant dans la région de Moussoulens. Ceci peut s'expliquer par le fait que la région de Moussoulens est plus éloignée des rivages que celle de Raissac.

Au contraire, au fur et à mesure qu'on avance vers l'Ouest on commence à observer des variations de faciès très progressives et avec des formations de plus en plus continentales pour aboutir aux dépôts d'argiles et graviers d'Issel. Ainsi, comme G. VASSEUR (109) l'a fait remarquer, à partir de Villespy se manifeste une première modification dans la formation "Nummulitique" ; les calcaires gris de cette région s'appauvrissent en Nummulites et des Orbitolites y apparaissent

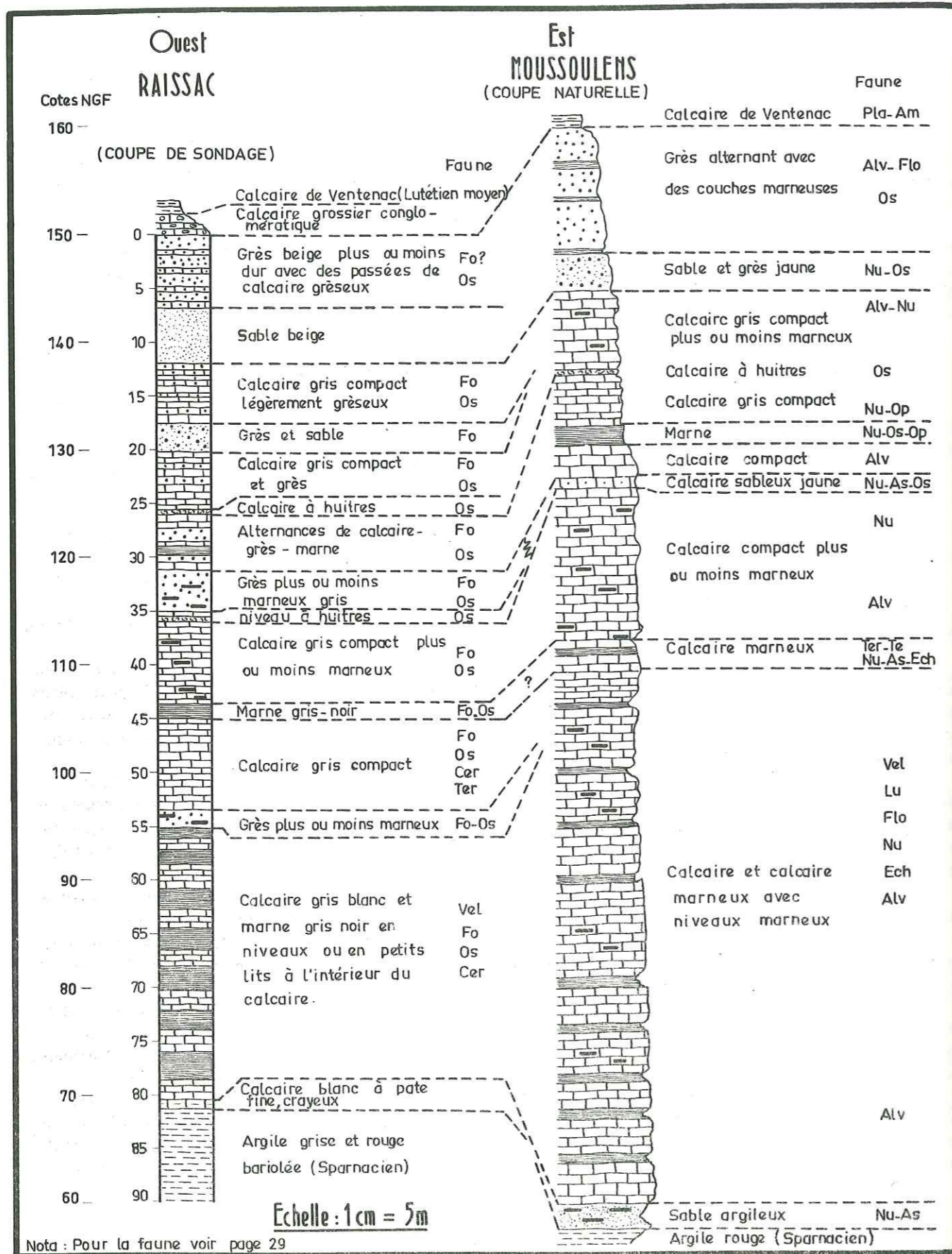


Fig 9 - LA SERIE NUMMULITIQUE DU VERSANT SUD DE LA MONTAGNE NOIRE

associées à des Mollusques très variés (*Velates-Cerithium*), des *Terebellum*, etc. Plus au Nord Ouest, le calcaire nummulitique devient plus gréseux et lité alternant avec des bancs grossiers à nombreux cailloux de quartz. On y rencontre encore des Nummulites mais les *Ostrea* deviennent particulièrement abondantes. Ensuite, toujours dans la même direction le terrain devient de plus en plus sableux à la surface et à Ferrals (mi-chemin entre Villespy et Saint-Papoul) le calcaire disparaît complètement et il ne subsiste qu'un sable jaunâtre graveleux qui s'étend jusqu'aux terrains anciens de la Montagne Noire.

Enfin il faut remarquer que beaucoup plus à l'Ouest, dans le pays mollassique, le sondage profond du Mas Saintes Puelles a recoupé sous les mollasses, vers 770 m de profondeur, des niveaux de calcaire à Foraminifères. Il est possible qu'il s'agisse là du même "Nummulitique" marin qui se serait développé au large de la bordure (rivage) représentée par les graviers d'Issel.

En ce qui concerne la sédimentation nous pouvons faire quelques remarques supplémentaires après examen des carottes des sondages :

- La partie inférieure du "Nummulitique" correspond à un calcaire blanc crayeux à pâte fine qui existe sous la région de Raissac, mais qui disparaît probablement vers l'Est ; il contient de petits amas de pyrite et des débris d'algues, mais apparemment sans faune. Il ressemble à un calcaire lacustre qui ferait donc transition entre le régime laguno-continentale du Sparnacien et le régime "Nummulitique" marin.

- Les lits où les niveaux marneux ont une structure tourbillonnante, qui dénote une vitesse de sédimentation élevée, due vraisemblablement à une forte pente du fond de la mer. La même structure s'observe autour des macrofossiles qui ont fait obstacle aux courants marins et autour desquels les marnes se sont déposées en amas nuageux tourbillonnants.

b) Les graviers d'Issel

Nous avons vu qu'à l'Ouest de Villespy les formations marines du "Nummulitique" disparaissaient et étaient remplacées par des argiles à graviers, des graviers et des sables grossiers, dépourvus de fossiles connus sous le nom de graviers d'Issel, reposant directement sur le socle et couverts par les formations du grès d'Issel du Lutétien supérieur.

Nous avons également déjà décrit le passage progressif et latéral des formations marines du "Nummulitique" à ces formations-ci, passage qui avait permis à G. VASSEUR de les dater comme étant contemporaines du "Nummulitique" (Yprésien-Lutétien inférieur).

D'autre part, à 3 kilomètres au Nord Est de Ferrals, où on observe les derniers affleurements calcaires, ce même chercheur et M. BRESSON ont signalé des grès grossiers calcaires à cailloux roulés de quartz qui renferment en abondance des *Ostrea* et *Cerithium* et des calcaires à l'état de lambeaux avec *Ostrea*, Alvéolines et Orbitolites. Ces découvertes avaient dissipé selon G. VASSEUR tous les doutes que l'on pourrait avoir sur la relation des formations de graviers avec le "Nummulitique".

Les graviers d'Issel s'enfouissent au Sud et au Sud Ouest, sous les grès d'Issel et on les a retrouvés en sondage sous la région de Castelnaudary à 240 m de profondeur environ. Leur extension plus au Sud est problématique vu l'éloignement de la bordure et nous avons vu plus haut, que vers le Sud Ouest, les formations marines semblaient réapparaître à l'aplomb du Mas Saintes Puelles.

Au contraire on peut les suivre au Nord Ouest dans la région sise au Sud de Labecède, à Tréville et à Lapomarde ; ils contournent alors le promontoire de la Montagne Noire pour s'étendre sur son versant septentrional vers Saint-Ferreol, Durfort et la vallée du Thoré.

Nota pour la figure 9 :

Pla : Planorbis, Am : Amphidromus, Cer : Cerithium, Os : Ostrea, Vel : Velates, Ter : Terebellum, Te : Terebratula, Ech. : Echinides, Op : Operculines, Flo : Flosculina, Alv : Alveolina, Nu : Nummulites, As : Assilines, Lu : Lucina, Fo : Foraminifères non différenciés.

Une de nos prospections sur le terrain, dans le but d'étudier les ressources aquifères du Lauragais (voir chapitre IV), a montré que cette formation n'était pas lithologiquement homogène. Ainsi au voisinage des formations marines de l'Est et jusqu'au niveau de l'alignement Verdun-Saint-Papoul, l'élément argileux rouge est assez abondant. Ce n'est qu'à l'Ouest de cet alignement qu'apparaissent des affleurements de graviers mais plus au Nord Ouest, au-delà de l'axe Labécède-Issel, la phase argileuse devient de nouveau abondante. Ailleurs, sur le versant septentrional, les argiles offrent des colorations vives variant du blanc au rouge et donnant lieu à des exploitations de kaolin.

Les graviers sont presque uniquement des quartz provenant de la Montagne Noire et ont probablement une origine essentiellement filonienne. Les sables et les argiles, qui les accompagnent, proviennent des granites, gneiss et schistes.

Pour le secteur où les graviers ont leur maximum de développement, nous avons pu dégager la succession suivante depuis le socle (fig. 10) :

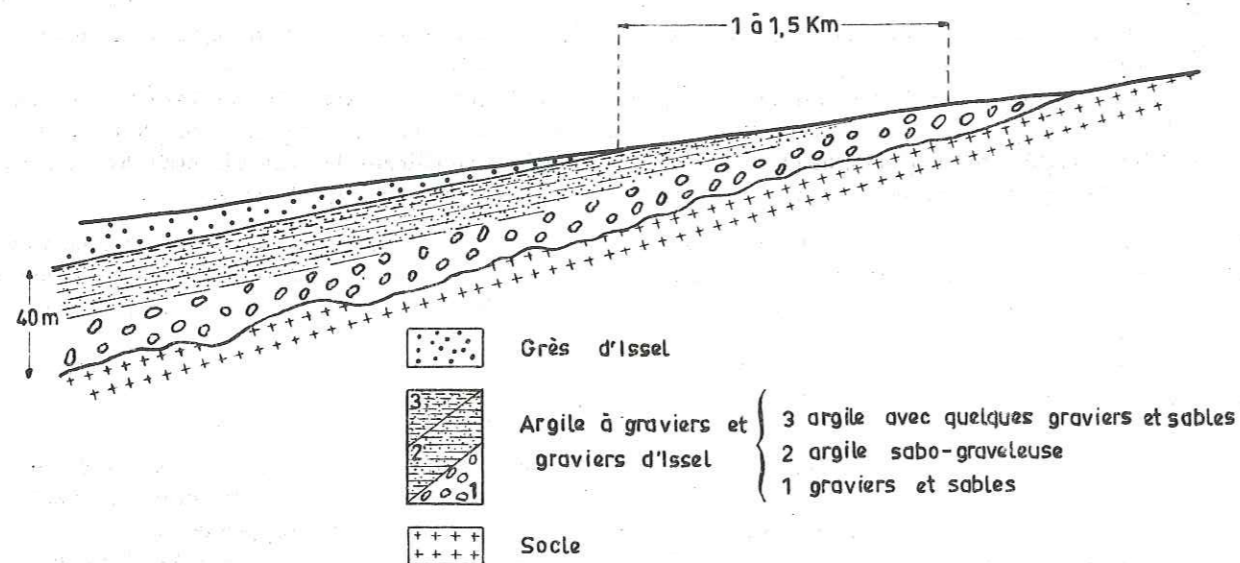


Fig 10 - COUPE SCHEMATIQUE DE LA FORMATION DES GRAVIERS D'ISSEL

Pour cette même région l'ensemble des graviers d'Issel a une épaisseur de 20 à 30 m ; sous Castelnaudary cette épaisseur est au moins de 40 m.

C. - LE PAYS MOLLASSIQUE

Le pays mollassique appartient au Sud Est du bassin aquitain et plus précisément à la zone sous-pyrénéenne. C'est le pays du Lauragais proprement dit avec les coteaux aux formes arrondies, et traversé par de larges vallées.

Après le Lutétien inférieur et la surrection de la chaîne pyrénéenne, la mer se retire définitivement et la région s'esquisse alors entre la jeune chaîne des Pyrénées au Sud et les vieux reliefs rajeunis de la Montagne Noire au Nord, que l'érosion attaque aussitôt.

Au-dessus du Lutétien inférieur marin encore incorporé au domaine pyrénéen, viennent un Lutétien moyen et un Lutétien supérieur avec lesquels s'installe un régime continental et lacustre qui va ensuite régner sur cette partie du bassin.

A ce régime correspondra, du Lutétien au Stampien, un dépôt de mollasses et de calcaires lacustres qui forment le

couloir audois et le pays de coreaux du Lauragais. L'Aquitainien et le Miocène affleurent plus à l'Est mais hors de notre étude.

Alors que les travaux géologiques concernant l'ensemble du Sud Est du bassin aquitainien sont nombreux, ceux ayant pour objet notre secteur sont relativement plus limités. Au siècle dernier, A. LEYMERIE a surtout décrit les mollasses lutétiennes. Mais les travaux les plus importants de cette époque sont ceux de G. VASSEUR et de ses élèves, auteurs des levés de cartes géologiques. En 1948, Mlle M. RICHARD a présenté un ouvrage fondamental sur les gisements de Mammifères tertiaires. Enfin G. ASTRE depuis 1920 a publié un nombre considérable de notes et en 1959 une grosse étude de synthèse sur les terrains stampiens du Lauragais et du Tolosan, mais sans trop s'attarder à notre région. Nous avons personnellement contribué à la connaissance du Lauragais en établissant une lithostratigraphie fine particulièrement pour les mollasses du Stampien. Les travaux sédimentologiques, bien que ne s'occupant pas trop de notre région, nous ont cependant fourni les éléments nécessaires pour en aborder l'étude dans notre secteur.

Enfin il faut remarquer que, malgré une simplicité apparente, l'étude de ces mollasses est fort difficile en détail ; sauf, quelques cas exceptionnels, les coupes aussi bien naturelles qu'artificielles sont très rares et limitées.

LUTETIEN MOYEN

Le Lutétien moyen est représenté sur le flanc sud de la Montagne Noire, où il repose sur les terrains de couverture que nous venons de décrire. On le retrouve plus à l'Est, hors de notre région, sur le pourtour de la montagne d'Alaric et à l'extrémité tout à fait occidentale du golfe de Carcassonne, à la limite de la région ariègeoise, sur le versant nord du chafnon du Plantaurel.

Il est formé de mollasses avec intercalations des niveaux de calcaires lacustres. Le niveau le plus important de ces calcaires constitue le calcaire de Ventenac situé à la base de cette série, au contact du terrain nummulitique et se développe en une étroite bande. Ce calcaire ne forme pas un niveau continu mais contient plusieurs intercalations marneuses souvent imbriquées et prédominantes. Cet ensemble de Ventenac a son maximum de développement dans la partie orientale où sa puissance est de 20 à 30 m. Au contraire, à l'Ouest, à partir d'Alzonne, les calcaires et marnes sont peu développés et leur épaisseur varie de quelques mètres à une quinzaine de mètres ; au-delà de Villespy, les niveaux calcaires se réduisent à quelques décimètres ou disparaissent même totalement. Ils passent alors à des argiles rouges inférieures aux grès d'Issel et reposent sur les graviers du même nom comme l'a fait connaître M. BRESSON ; elles se confondent alors avec le Lutétien supérieur.

Les affleurements du calcaire de Ventenac sont très souvent désagrégés par le labour et n'apparaissent qu'à l'état d'éclats. On y trouve des fossiles lacustres, surtout des Planorbis. Près de Ventenac, au Nord Ouest de Carcassonne, ce calcaire a fourni une intéressante faune de mollusques avec *Bulimus Hopei*, *Planorbis*, *Strophostoma*, *Melanopsis* *.

Au point de vue lithologique, les calcaires sont gris ou blancs, souvent sub-crayeux et se morcellent facilement ; leurs cassures sont souvent pleines de vacuoles. Les marnes qui s'intercalent sont grises ou bariolées et ressemblent aux niveaux marno-argileux de la mollasse du Lutétien supérieur. Enfin dans la région de Carlipa, en rive droite du Tenten, nous avons trouvé des niveaux discontinus de gypse de quelques centimètres d'épaisseur.

LUTETIEN SUPERIEUR

Le Lutétien supérieur occupe une grande partie du golfe de Carcassonne et on le retrouve en franchissant l'éperon de la Montagne Noire dans le golfe du Castrais **. Les formations correspondant à cet étage passent insensiblement à celles du Bartonien qui présente des faciès identiques.

* - MATHERON (78) a synchronisé le calcaire de Ventenac avec les calcaires de Provence à *Bulimus Hopei* et *Planorbis*.

** - Le calcaire de Castres d'après Mlle M. RICHARD (92) représenterait un niveau plus élevé que le Lutétien supérieur du Carcassonnais.

Il est constitué par des mollasses composées de marnes ou d'argiles, de grès, de sables et de conglomérats. Au Sud Est il emplit à peu près tout le centre du golfe de Carcassonne (grès de Carcassonne) avec divers niveaux de calcaire lacustre. Vers le Nord Ouest, il forme d'abord la partie basse de la dépression du canal du Midi où il est souvent couvert par des alluvions récentes ou anciennes. Il constitue ensuite une large bande qui surmonte d'abord les formations nummulitiques par l'intermédiaire des assises de Ventenac. A l'Ouest de Villespy, la bande se rétrécit et se trouve directement superposée aux argiles à graviers (graviers d'Issel) et est formée en grande partie de grès plus ou moins grossiers et de conglomérats connus sous le nom de grès d'Issel (fig. 5).

Dans cette bande d'affleurement, la formation se marque par une série d'ondulations ou de collines peu élevées, allongées parallèlement au versant de la Montagne Noire en direction nord ouest - sud est, et terminées par d'étroits plateaux couverts de cailloutis quartzeux. L'épaisseur du Lutétien supérieur est de quelques dizaines de mètres sur la bordure de la Montagne Noire et supérieure à 100 m sous les mollasses plus récentes du Sud Ouest de notre région.

La matière argileuse constitue, sauf dans la région d'Issel, l'élément essentiel de composition de ces mollasses lutésiennes. Les bancs de grès, de sables ou de conglomérats sont en général lenticulaires avec des passages latéraux à des marnes ou entre eux. Les grès et sables essentiellement quartzeux montrent très souvent une stratification entrecroisée et sont plus ou moins argileux. Les argiles sont bariolées et leur pourcentage en Ca est variable de telle sorte que l'on observe toute la gamme de l'argile à la marne et même souvent au marno-calcaire. La constitution détaillée de ces roches ainsi que celle des mollasses plus récentes et leur évolution en fonction de l'éloignement de la source d'origine sera examinée plus loin, d'après les résultats de l'étude sédimentologique que nous avons effectuée. En ce qui concerne la faune qui correspond à cet étage, la célèbre localité d'Issel avec sa faune mammalogique riche et abondante peut représenter le gisement type du Lutétien supérieur. Ce gisement a été étudié par un nombre impressionnant de mammalogistes dont nous retenons les noms de A. FILHOL (59) et de Mlle M. RICHARD (92). Il est situé près du village d'Issel et comprend une alternance de sables et d'argiles avec des bancs de grès et de conglomérats ; c'est dans ces deux dernières formations qu'on peut encore trouver des restes de mammifères ; nous citerons : Lophiodon isselense, Lophiaspis occitanicus, Lophiaspis sp., Propalaeotherium isselanum, Pr. parvulum, Pr. sp., Hyoenodon sp.

BARTONIEN

Les mollasses bartoniennes ont une extension plus importante et occupent une grande partie de notre région, constituant le sous-sol de Castelnaudary (mollasses de Castelnaudary) et le substratum de la majeure partie de la dépression du Canal du Midi où elles sont couvertes par les formations alluviales ou éluviales. Elles plongent vers le Sud-Ouest sous les collines qui s'étendent de Fanjeaux au Mas Saintes Puelles ; elles se poursuivent vers le Sud et forment les hauteurs du Razès. Au Nord, le Bartonien contourne la Montagne Noire et passe dans le golfe du Castrais aux mollasses de Saix et de Lautrec.

Les mollasses bartoniennes ressemblent grandement à celles du Lutétien supérieur et aucun argument stratigraphique ne permet une délimitation entre les deux étages. Sur la carte géologique de la figure 5, nous avons esquissé le contact figuré sur la carte géologique de France au 1/80 000 (feuille de Carcassonne) et tracé en se basant sur des horizons gréseux plus ou moins continus, surtout dans la partie septentrionale (grès d'Issel) *. En général, la matière argileuse est dans la mollasse bartonienne un peu plus importante. Les lentilles détritiques (grès, sables et conglomérats) deviennent plus nombreuses vers le Sud, dans la région du Razès, en se rapprochant de la source d'origine (Pyrénées).

L'épaisseur de la mollasse de Castelnaudary est très importante et s'accroît rapidement de la bordure nord du bassin, où avec la mollasse lutésienne, elle est de 240 m environ (près des Crozes), vers le centre du bassin où elle est supérieure à 400 m sous la dépression du Canal du Midi (Cheminières). Plus à l'Ouest, sous le Mas Saintes Puelles, elle s'accroît encore et dépasse 700 m **.

* - C'est pour cette raison que les anciens auteurs ont souvent confondu ou fusionné ces deux formations. A. LEYMERIE (72) même, présente sur une coupe le grès de Carcassonne sur les mollasses de Castelnaudary.

** - Ces chiffres sont tirés de trois sondages profonds de recherche d'eau et nous reviendrons au chapitre IV.

Dans la région de Crozes on a d'abord une centaine de mètres presque uniquement constituée de marnes ou d'argiles bariolées, puis jusqu'à 240 m environ (jusqu'aux graviers d'Issel) les mêmes terrains avec alternances de sables ou grès. Aux Cheminières on ne possède pas une coupe complète de sondage mais d'après les renseignements que nous avons pu recueillir et les différentes publications sur ce sondage, on rencontre d'abord une mollasse argileuse épaisse de 310 m environ, puis jusqu'à 410 m environ une mollasse gréseuse et enfin jusqu'à 420 m (fond du forage) des grès durs (grès d'Issel). D'après donc les données de ces sondages l'individualité des grès d'Issel semble disparaître au Nord de Castelnaudary pour réapparaître sous la dépression du Canal du Midi.

Enfin, il faut signaler que dans notre région le Bartonien n'a fourni aucun gisement de faunes * ce qui augmente la difficulté à fixer les limites exactes de l'étage.

LUDIEN

Le Ludien apparaît dans la partie ouest de notre région aux abords de la dépression suivie par le Canal du Midi et se développe vers le Sud. Il renferme des mollasses comprises entre deux principaux niveaux de calcaire lacustre. Ces niveaux lacustres ludiens, très proches l'un de l'autre, forment dans la topographie une cuesta connue sous le nom de "crête ludienne". Le niveau de calcaire inférieur est désigné sous le nom de calcaire d'Hounoux ou de Mireval-Lauragais. Il renferme près de Miraval des restes de Palaeotherium et aux environs d'Hounoux de nombreux mollusques. Dans la dépression du Canal du Midi ce calcaire lacustre est remplacé par le gypse du Mas Saintes Puelles, lequel passe à son tour vers le Nord dans le Castrais au calcaire de Cuq et de Vielmur. Le gypse du Mas Saintes Puelles, rapporté par HEBERT (67) aux mollasses de Castelnaudary a fait l'objet de quelques exploitations. Mais d'après la forme et la profondeur de ces carrières, aujourd'hui transformées en étangs, il semble que le gypse ne formait pas un gisement continu et régulier. Les coupes des sondages que nous avons effectuées à proximité de l'étang pour l'étude de la fondation d'une station de pompage n'ont montré aucun niveau ou lentille de gypse proprement dit, mais des argiles à gypse où celui-ci est à l'état de petits cristaux.

Au-dessus de ce niveau inférieur vient une mollasse, connue sous le nom de mollasse de Fanjeaux et de Laurac, ou mollasse de Blam dans le Castrais, peu fossilifère et contenant des conglomérats avec des éléments d'origine pyrénéenne surtout dans la partie méridionale. Enfin le niveau supérieur de calcaire, calcaire de Villeneuve-la-Comptail ou du Mas Saintes Puelles. Il s'agit comme pour le niveau inférieur, de calcaires travertineux, marneux ou crayeux, parfois noduleux, blancs ou rosés, localement exploités pour la fabrication de la chaux. Dans ces carrières, les calcaires ont fourni la plus belle faune ludienne de l'Aquitaine avec des mollusques (Planorbis, Limnaea, Cyclostome, etc.) et des vertébrés de la faune typique du gypse de Montmartre du bassin parisien : Palaeotherium médium, P. magnum, P. crassum, Plagiolophus annectens, etc. (Ludien supérieur). Au Nord du seuil de Naurouze le calcaire du Mas Saintes Puelles passe à des marnes rouges.

Dans notre région, la formation a une puissance de quelques dizaines de mètres.

SANNOISIEN-STAMPIEN INFÉRIEUR

Après le Ludien, l'Oligocène ** présente des mollasses mais avec des formations conglomératiques plus importantes ce qui a conduit les anciens géologues à donner un sens plus large aux "poudingues de Palassou" ***.

* - Sauf peut-être à Bram (Lophiodon ?) mais les documents (75) à ce sujet sont très imprécis pour être pris en considération.

** - "Les géologues qui considèrent surtout les faciès marins, font débiter l'Oligocène avec le Ludien, car ils y rencontrent déjà des éléments annonçant d'importantes transformations de la faune. Au contraire, les auteurs qui accordent quelque crédit aux faunes de mammifères du point de vue stratigraphique intègrent le Ludien dans l'Eocène, leur faune ne présentant encore aucun indice des grands renouvellements dont serait témoin le Sannoisien" (Mlle M. RICHARD).

*** - Nous rappelons que les "poudingues de Palassou" correspondent aux dépôts détritiques qui ont été accumulés au pied des Pyrénées, après leur surrection et jusqu'à l'Oligocène.

Le Sannoisien ne s'impose pas dans le pays comme une individualité, mais présente au contraire de grandes analogies avec le Stampien inférieur sous-jacent*. Les deux formations ont donc été considérées comme un ensemble qui débutant vers Mirepoix au Sud, forme dans notre région une auréole entre la "crête ludienne" et le calcaire de Briatexte du Stampien moyen. On le suit au Nord de Naurouze où il forme la mollasse de Puylaurens.

Cet ensemble est constitué de mollasses marno-argileuses avec lentilles ou petits bancs de grès, sables et conglomérats et localement de fines intercalations de marno-calcaire lacustre blanc rosé. Dans la région au Sud de Naurouze, l'épaisseur de ce complexe varie de 10 à plus de 20 m et augmente encore vers le Sud.

STAMPIEN MOYEN

Le Stampien moyen, ou tout au moins la base de celui-ci, est représenté par un niveau de calcaire lacustre, fossilifère au Nord de notre région (Hélix, Planorbis, etc.) et connu sous le nom de calcaire de Briatexte.

Il sert de repère et de limite entre les mollasses du Stampien supérieur et celles du Stampien inférieur et du Sannoisien. Sur la carte de la figure 5 nous avons représenté ce calcaire de Briatexte avec les contours de la carte géologique au 1/80 000, feuille Pamiers, mais la continuité de ce niveau n'est pas toujours exacte car les variations y sont nombreuses. On peut avoir en effet un, deux ou plusieurs bancs séparés par des marnes argileuses détritiques, souvent gréseuses, de couleur rose et en général dures à très dures ; souvent le calcaire passe latéralement à ces marnes. Ce niveau de Briatexte désigné comme calcaire dans la littérature est en réalité un marno-calcaire un peu dolomitique, blanc rose, crayeux ou parfois noduleux. Enfin souvent ce banc marno-calcaire s'associe à des marnes argileuses plus ou moins détritiques. L'épaisseur de ce niveau varie de quelques dizaines de cm à 1 ou 2 m, mais dépasse rarement 2 m.

STAMPIEN SUPERIEUR

A l'Ouest de la zone du calcaire de Briatexte, s'étend l'ensemble des terrains qui constituent les mollasses du Stampien supérieur. Ce Stampien supérieur est une des plus importantes formations géologiques du bassin d'Aquitaine où il occupe tout le pays situé à l'Est de l'Ariège et de la Garonne. A l'Ouest de cette région, commence, par l'intermédiaire d'un Stampien terminal, l'aire des mollasses aquitaniennes et burdigaliennes qui empruntent le même faciès.

Les mollasses sont toujours présentées de la même façon : marnes argileuses bariolées en prédominance, avec grès, sables, conglomérats et plus rarement marno-calcaires ; ces formations sont comme d'habitude couvertes par les produits de leur altération ou désagrégation (le terrefort). Les gisements fossilifères (mammifères) sont nombreux et ont permis de dater ces terrains et d'y établir une chronologie relative (46, 92). Dans notre région le gisement le plus important est à Saint-Michel-de-Lanès où à une quarantaine de mètres au-dessus du calcaire de Briatexte on a trouvé des restes de *Cainotherium nouletii*.

D'après la littérature géologique existante (92, 11, 124) les rapports entre ces différentes formations lithologiques sont très irréguliers. On admettait jusqu'à présent, comme pour les autres mollasses une structure imbriquée, formée de passages latéraux de faciès, de niveaux lenticulaires argileux ou sablo-gréseux, mais jamais de couche continue d'une même nature lithologique. En fait, notre étude détaillée** a montré, tout au moins dans la partie sud est du bassin aquitain qu'à partir du calcaire de Briatexte, l'irrégularité lithostratigraphique des mollasses disparaissait et qu'on pouvait distinguer des niveaux bien individualisés de marnes argileuses d'une part et de grès, de sables et conglomérats d'autre part, qui alternent avec une certaine rythmicité et plongent régulièrement vers le centre du bassin. Dans ce qui

* - La pauvreté et la dispersion des gisements faunistiques ont d'ailleurs autrefois causé une confusion et une imprécision en ce qui concerne la classification chronologique exacte des mollasses supérieures au Ludien.
 ** - Etude de l'aménagement de la Ganguise.

suit nous appellerons "marne" les niveaux de marnes argileuses et "grès" les niveaux de grès, de sables et de conglomérats. Au-dessus du calcaire de Briatexte nous avons ainsi distingué (fig. 11) :

- une "marne" inférieure
- un "grès" inférieur
- une "marne" moyenne
- un "grès" moyen
- une "marne" supérieure
- un "grès" supérieur
- une "marne" terminale*

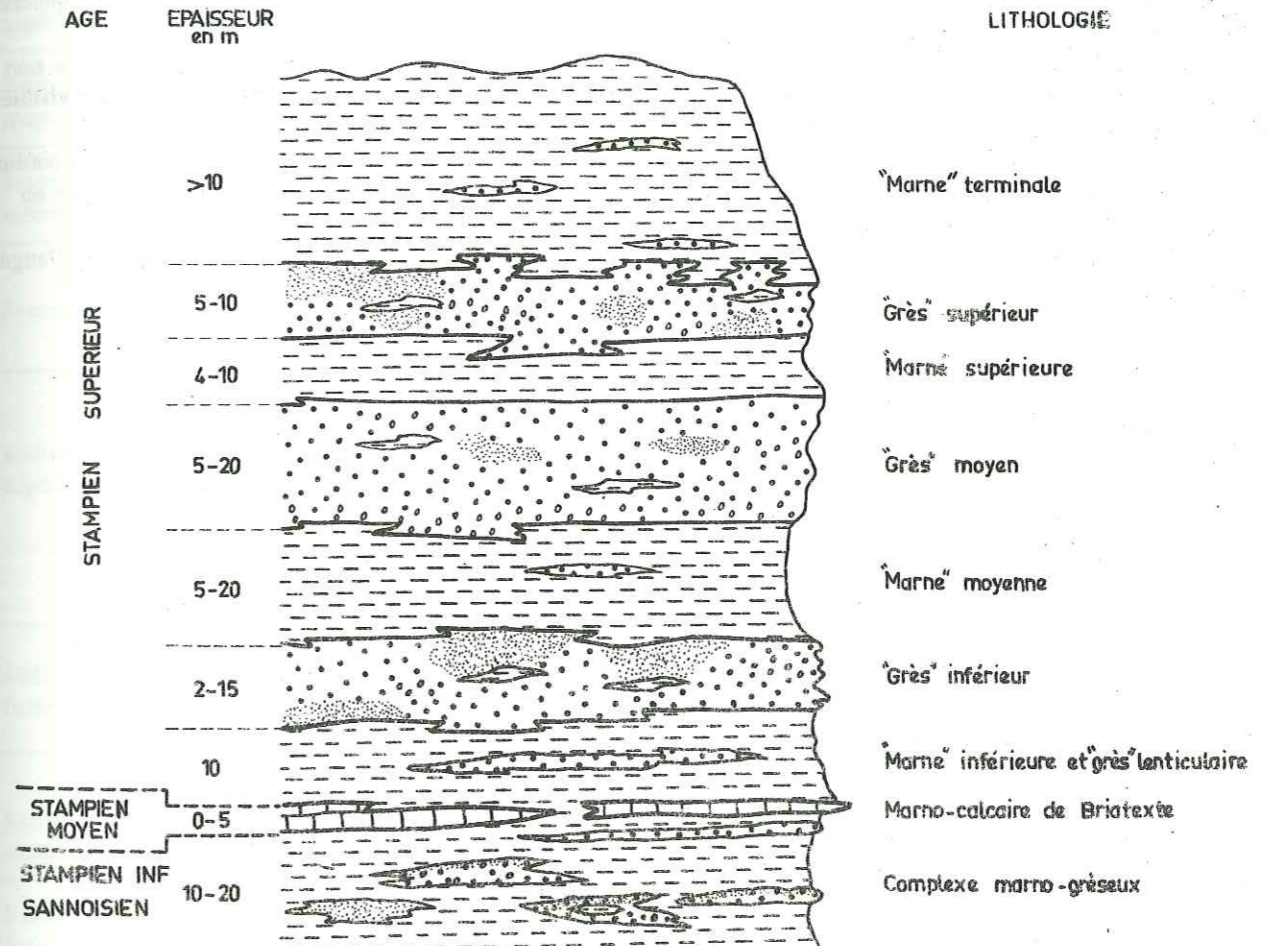


Fig 11 - SERIE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DU STAMPIEN

* - Terminal en terme de chantier et non stratigraphique.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 Mail : plalour@ujf-grenoble.fr

Dans le détail, ces niveaux peuvent présenter quelques petites irrégularités dues à la présence de menues lentilles de marnes argileuses dans les niveaux de "grès" et vice versa ; on n'a noté qu'un seul niveau lenticulaire de quelque importance, intercalé dans la "marne" inférieure.

L'épaisseur de ces niveaux va de quelques mètres à une vingtaine de mètres et peut présenter quelques variations qui sont de plus en plus fortes vers le Nord Ouest au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la bordure sud du bassin. L'épaisseur de l'ensemble du Stampien supérieur est de 80 à 100 m dans la région de la Ganguise ; elle serait de l'ordre de 400 m près de Toulouse, d'après des documents de sondages.

Au point de vue faciès, les niveaux de "marnes" sont essentiellement constitués de marnes plus ou moins argileuses, bariolées, passant parfois à des argiles marneuses ; elles sont souvent détritiques ou sableuses, quelquefois noduleuses. Elles peuvent contenir quelques niveaux discontinus et de faible épaisseur d'argile plastique, mais sont en général dures à très dures.

Aux niveaux des "grès" appartiennent des grès plus ou moins consolidés, des sables et des conglomérats, le tout parfois légèrement argileux et avec de nombreux passages latéraux. Une stratification entrecroisée est souvent visible et indique les Pyrénées comme direction de provenance.

Par ailleurs, on arrive aux mêmes conclusions en observant qu'au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la bordure du bassin vers le Nord Ouest, les matériaux détritiques diminuent très nettement en quantité et en granulométrie en même temps que la phase argileuse augmente proportionnellement (voir sous-chapitre suivant).

Nous reviendrons avec plus de détail sur la mollasse stampienne, lors de l'étude de l'aménagement de la Ganguise (chapitre VIII).

TABLEAU SYNCHRONIQUE DES FORMATIONS MOLLASSIQUES

En fin de cette description lithostratigraphique de la couverture mollassique nous donnons un tableau synchronique des formations de notre région avec celles des régions voisines et également avec celles du bassin parisien.

Etage	Lauragais Golfe de Carcassonne	Golfe de Castres	Minervois	Bassin de Paris
Stampien supérieur	Mollasses du Lauragais et du Tolosan	Mollasses		Sables et grès de Fontainebleau Marnes à Huftres
Stampien moyen	Calcaire de Briatexte			
Stampien inférieur	Mollasses	Mollasse de Moulayres		
Sannoisien		Calcaire de Lautrec et mollasses de Puylarens		Marnes supragypsi-fères
Ludien supérieur	Calcaire du Mas Stes Puelles Mollasses de Fanjeaux	Calcaire de St. Martin Calcaire de Viterbe Marnes de Pont d'Assou Mollasses de Blan		Gypse
Ludien inférieur	Calcaire d'Hounoux et Miraval et gypse de Mas Saintes Puelles	Calcaire de Cuq et de Vielmur		
Bartonien supérieur	Mollasses de Castelnaudary	Sables et mollasses de Lautrec et du Castrais		Calcaire de Saint-Ouen et sables de Beau-Champ
Bartonien inférieur		Argiles de Castres	Grès et argiles d'Aigue	
Lutétien supérieur	Grès d'Issel et mollasses de Carcassonne	Calcaire de Castres	Marno-calcaire d'Agel Grès d'Assignan	
Lutétien moyen	Mollasses de Carcassonne et calcaire de Ventenac	Argiles à graviers	Calcaire de Ventenac	Calcaire grossier supérieur

PAROXYSMES PYRENEEN

D. - ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DE LA COUVERTURE SEDIMENTAIRE

Depuis longtemps il est connu que les formations sédimentaires continentales du bassin aquitain portent la marque d'une double origine : Massif Central (Montagne-Noire pour notre cas) et Pyrénées.

Dans notre région, les formations dont les éléments viennent de la Montagne Noire sont essentiellement les formations antérieures au paroxysme pyrénéen dont les affleurements se situent au pied de cette montagne : formation des argiles, grès, sables et conglomérats du Montien et du Sparnacien et argiles à graviers et graviers d'Issel.

Les Pyrénées, vivement attaquées par l'érosion, dès leur apparition, ont donné par contre naissance aux mollasses du Lutétien moyen au Stampien supérieur.

Bien que le bassin aquitain ait fait l'objet d'importantes études sédimentologiques notamment de la part de BERGOUNIOUX, H. SCHOELLER, A. VATAN et G. KULBICKI, notre région est toujours restée en dehors de ces travaux sauf peut-être d'une étude des minéraux lourds (A. VATAN (112) et d'une étude sédimentologique de la mollasse lutétienne du golfe de Carcassonne à l'Est de notre région (M. BIGOT (20)).

Dans le souci d'avoir une idée complète de la structure de notre région, nous avons effectué une étude sédimentologique sur les formations citées plus haut, sans toutefois entrer dans les détails, ce qui pourrait nous éloigner du but de notre travail.

1 - Etude des conglomérats et des galets

Nous avons essentiellement fait des observations sur place des lentilles ou niveaux conglomératiques. Néanmoins, nous avons prélevé quelques échantillons pour une étude lithologique (comptage pétrographique).

Les galets des formations montiennes, sparnaciennes et des graviers d'Issel sont presque exclusivement composés de quartz blanc ou rose et leurs dimensions maximums sont celles du poing. Exceptionnellement, on trouve des galets de quartz à tourmaline ou de lydienne. La nature de ces galets provenant de la Montagne Noire montre une prédominance de l'altération sur l'érosion mécanique indiquant ainsi un climat caractérisé par des conditions d'hygrométrie et température assez élevées.

Les conglomérats, bien que présents dans toutes les mollasses, sont plus nombreux au Lutétien supérieur, au Sannoisien et au Stampien. Ils se présentent en principe en lentilles dans les argiles et marnes de la plupart des formations mollassiques, ou se développent en petites nappes discontinues dans les niveaux gréseux que nous avons distingués dans les mollasses du Stampien supérieur. Dans le premier cas ces conglomérats présentent les caractères de décharges torrentielles avec diminution de la taille des galets et augmentation du ciment et de la matière sableuse, aux extrémités latérales et au sommet des lentilles. Mais pour les deux cas le fait constant, et qui dénote bien le sens de l'apport, est une diminution nette de la granulométrie des galets, de l'épaisseur et de la densité des lentilles et niveaux conglomératiques en direction sud-nord. Ceci est particulièrement net pour les mollasses du Stampien supérieur où la disposition en niveaux facilite l'observation, et pour les mollasses bartoniennes où les galets font pratiquement défaut à partir de la dépression du couloir audois. Vers le Sud, en approchant des Pyrénées, les conglomérats deviennent de plus en plus abondants et les mollasses passent ainsi aux poudingues de Palassou où des puissants conglomérats alternent avec des mollasses marneuses ou sableuses, et exceptionnellement avec quelques niveaux calcaires. La nature pétrographique des galets est variée et on a en général des roches de la famille du granite (granites, pegmatites, aplites), des roches métamorphiques et cristallines (amphibolites, gneiss, micaschistes, quartz, quartzites) et sédimentaires (schistes, grès, calcaires).

L'évolution de cette lithologie est aussi en fonction du sens de l'apport.

Les roches fragiles sont de moins en moins fréquentes vers le Nord. Ainsi les granites et schistes disparaissent assez vite tandis que les galets de quartz et de calcaire, tout en diminuant en taille, voient leur pourcentage augmenter.

Pour illustrer ces constatations, nous donnons ci-dessous le comptage pétrographique des galets que nous avons effectué sur des échantillons prélevés à l'Est de Villarzel, dans le Sud de notre région, au passage des mollasses lutétiennes à bartoniennes et les résultats d'une analyse faite par M. BIGOT, au Nord de Carcassonne (Lutétien).

	Région du Sud (%)	Région du Nord (%)
Calcaires	10	68
Quartz	7	18
Quartzites	16	} 14
Schistes-grès	60	
Granites	7	--

La nature des galets dans le Sud Ouest de la région (Gourvieille-mollasses stampiennes) est :

Calcaire	63 %
Quartz	19 %
Quartzites	11 %
Schistes-grès	6 %
Granites	1 %

2 - Etude des grès et sables

Les échantillons de grès et sables ont fait l'objet d'une étude granulométrique. Les différentes fractions du tamisage ont été examinées au microscope stéréoscopique pour l'étude de la nature et de la forme des grains. Ensuite une fraction bien déterminée a fait l'objet d'une étude des minéraux lourds.

Les grès et sables des mollasses sont généralement constitués de grains de quartz mais contiennent également des fragments de roches cristallines et des paillettes de mica. Leur ciment est essentiellement calcaire.

Au point de vue répartition et épaisseur, les formations sablo-gréseuses présentent les mêmes caractères que les conglomérats : affaiblissement au fur et à mesure qu'on s'éloigne du Sud.

Souvent on observe encore ici un litage entrecroisé qui indique également les Pyrénées comme source d'origine ; la direction prédominante, aussi bien pour les mollasses lutétiennes que pour les mollasses stampiennes, serait plus exactement sud sud est - nord nord ouest.

L'examen comparatif au microscope stéréoscopique des mêmes fractions des produits de tamisages des différents échantillons conduit au même résultat au point de vue évolution. Ainsi pour la mollasse bartonienne des échantillons prélevés dans la région de Villarzel et au Sud d'Arzens d'une part, et ceux prélevés près de Laurabuc et Villasavary d'autre part, montrent pour la deuxième région une prédominance de quartz et une diminution du nombre des roches grenues et des paillettes de mica qui existent en quantité élevée dans la première. De plus les grains de la deuxième région sont moins anguleux que dans la région sud de Villarzel, mais la différence est cependant très faible.

Les sables, qui existent dans les graviers d'Issel et qui ont, comme nous l'avons vu, une autre provenance, ont partout une constitution entièrement quartzeuse.

Les courbes granulométriques cumulatives des échantillons (fig. 12) donnent des résultats confirmant une fois de plus l'origine méridionale des mollasses. Toutes les courbes granulométriques traduisent un transport par l'eau, mais pas strictement fluvial ; elles se rapprochent plus des dépôts type deltaïque ou de régime d'épandage.

Les sables des graviers d'Issel ont un classement très mauvais, justifié par la proximité immédiate de la Montagne Noire qui a fourni leurs éléments (So > 5, Q de phi de Krumbain et Hétérométrie de Cailleux élevés).*

Le classement des mollasses est bien meilleur et évolue du Sud au Nord : la pente des courbes se redresse et ainsi les So, Q de phi et He diminuent, caractérisant un classement plus parfait.

Les histogrammes de la figure 13 illustrent ces constatations.

Les fractions de 0,315-0,080 mm des sables ont fait l'objet d'une analyse des minéraux lourds. Comme le dit A. VATAN, les minéraux lourds "sont un fil conducteur certain pour remonter à la source des matériaux". Les travaux de cet auteur (112, 113, 114, 115) sur tout le bassin aquitain ont montré que les matériaux issus du Massif Central sont

* - So (= Sorting index) Q de phi, Hé sont des paramètres relatifs au mode et à l'agent du dépôt (voir pour plus de détail note infrapaginale p. 162).

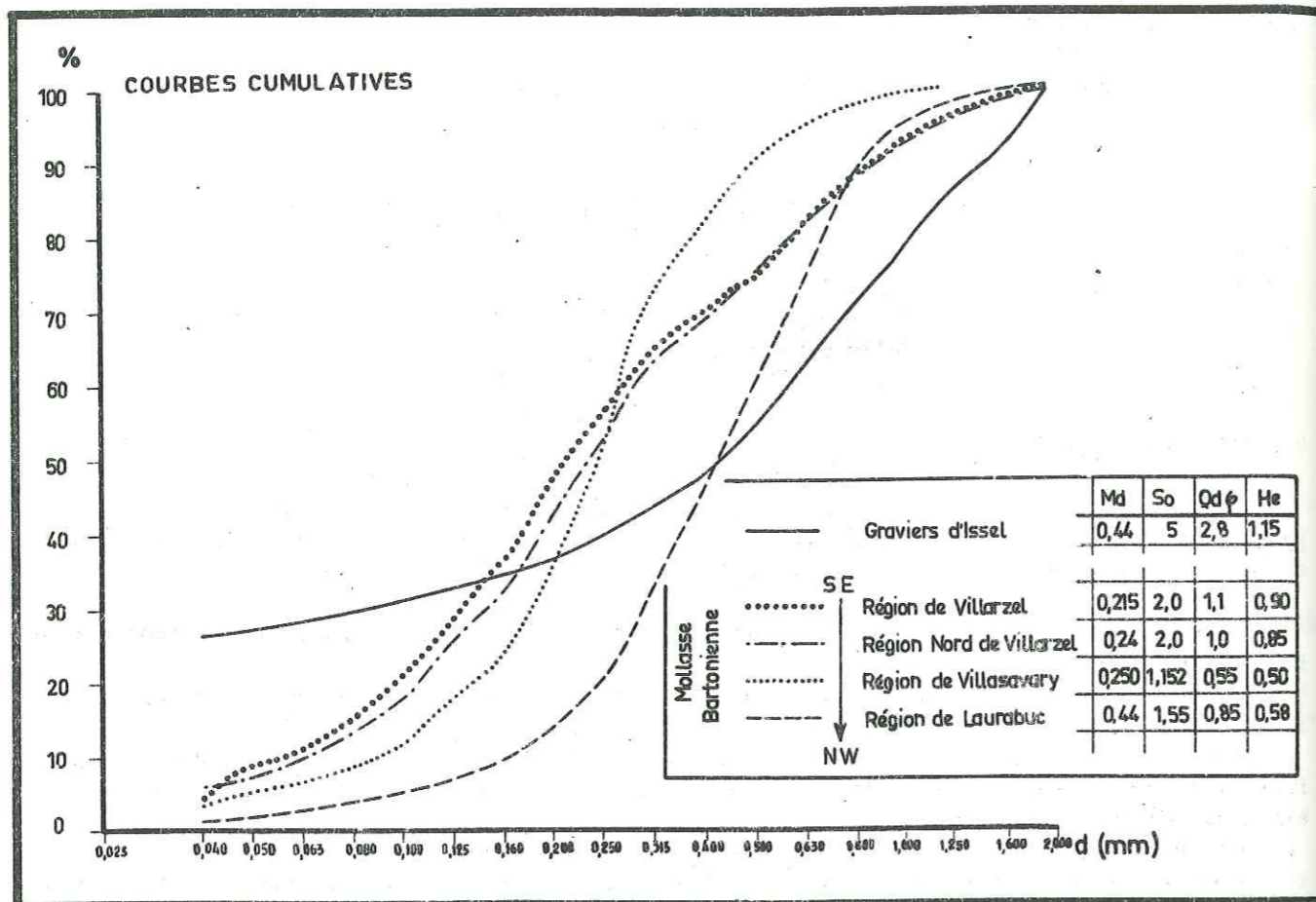


Fig 12 - COURBES GRANULOMETRIQUES DES MOLLASSES ET DES GRAVIERS D'ISSEL (sables et grès)

caractérisés par une prédominance de métamorphisme général (disthène, staurotite), tandis que les matériaux pyrénéens sont caractérisés par une prédominance de matériel de métamorphisme de contact (grenat et andalousite) et absence de disthène. Toujours d'après A. VATAN "cette diversité s'explique par les stades d'érosion différents de deux massifs : le Massif Central étant raboté jusqu'à son tréfond tandis que les Pyrénées sont à un stade beaucoup plus jeune".

Ce caractère général pour le bassin aquitain n'est pourtant pas valable pour notre région.

En effet, comme le même auteur (112) le note dans sa première publication, et, comme nous l'avons vu, la Montagne Noire a des schistes métamorphiques affectés par un métamorphisme de contact et contiennent des minéraux comme l'andalousite, tourmaline et la cordiérite dus à ce métamorphisme.

Ainsi les minéraux lourds sont ici un moyen moins sûr pour chercher l'origine des dépôts continentaux. L'analyse des minéraux lourds que nous avons effectuée sur des échantillons provenant aussi bien de la Montagne Noire (graviers d'Issel) que des Pyrénées a donné les résultats suivants * :

* - La méthodologie utilisée était : séparation par densité par le bromoforme (d = 2,9) et ensuite observation des caractères optiques et de l'indice de réfraction à l'aide des différentes liqueurs, puis observation au microscope stéréoscopique. - Nous remercions d'ailleurs M. ERHSTROM qui a bien voulu nous aider pour ce travail.

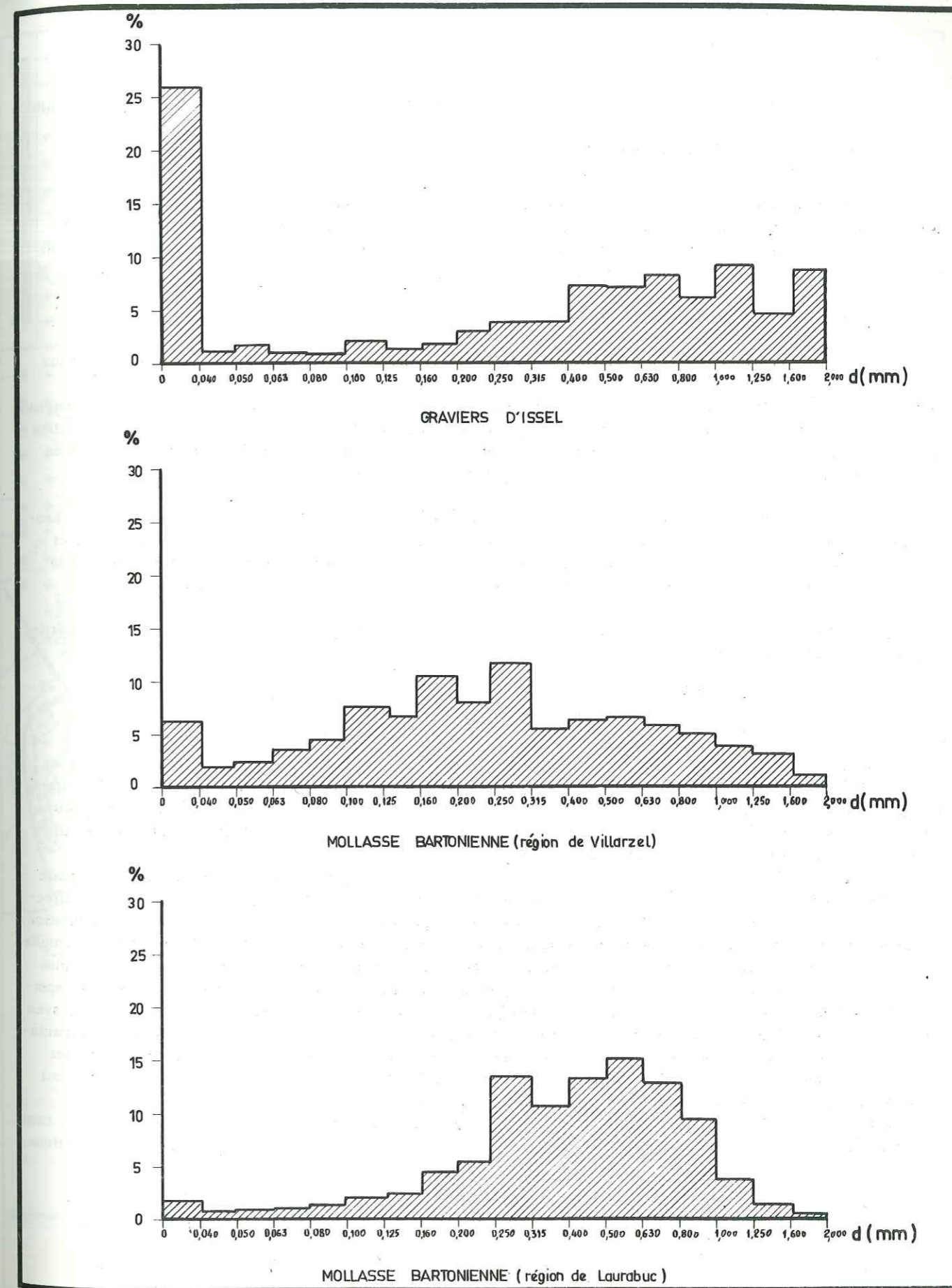


Fig 13 HISTOGRAMMES DES MOLLASSES ET DES GRAVIERS D'ISSEL (sables et grès)

- Gravier d'Issel : tourmaline et andalousite abondante, grenat, zircon, apatite et probablement staurotite et sphène.
- Mollasses bartoniennes : grenat, zircon et pyroxène.
- Mollasses stampiennes : tourmaline, andalousite, grenat, zircon, apatite.

On voit que la mollasse stampienne est identique au point de vue minéraux lourds aux graviers d'Issel qui ont pourtant une origine différente. A. VATAN (112) note dans les mollasses lutétiennes et bartoniennes, près de la Montagne Noire, le disthène, minéral inexistant dans les venues pyrénéennes. Il n'est donc pas impossible qu'il y ait des influences septentrionales aux extrémités nord des dépôts mollassiques.

3 - Les marnes et argiles

Les marnes et argiles ont des teneurs en calcaire très variées qui couvrent toute la gamme des argiles pures aux marno-calcaires.

Mais d'une manière générale, la teneur moyenne en calcium augmente en s'élevant dans la série et en s'éloignant des Pyrénées. Dans le détail, les variations sont beaucoup plus complexes. Au Stampien, après la tranquillité relative qui a donné pendant le Ludien le maximum des calcaires dans notre région, les mollasses se chargent de nouveau en niveaux grossiers probablement à la suite de mouvements tectoniques tardifs.

Les argiles du Sparnacien, constituées d'éléments venus de la Montagne Noire, ont une association d'illite, kaolinite et de montmorillonite ; au contraire, les argiles des mollasses lutétiennes présentent de la chlorite, illite et montmorillonite (M. BIGOT (20)). Ceci montre encore une fois que l'altération chimique était plus poussée dans la Montagne Noire que dans les Pyrénées pendant les époques respectives des dépôts de ces sédiments.

A la fin de cette étude sédimentologique nous résumerons les résultats exposés plus haut sur une carte de répartition des venues septentrionales et méridionales (fig. 14).

E. - CONCLUSIONS PALEOGEOGRAPHIQUES

Comme nous le verrons plus loin, depuis la fin du Primaire les grandes lignes de la Montagne Noire étaient les mêmes qu'aujourd'hui. L'absence de toute formation secondaire dans notre région semble être due à une lacune stratigraphique plutôt qu'à un phénomène d'érosion. Avec le Tertiaire un glacis couvre les pentes de la Montagne Noire avec un épisode lacustre au milieu. A l'Yprésien un abaissement du fond du bassin donne naissance au régime marin avec le dépôt des importantes formations nummulitiques.

La sédimentation de l'Eocène inférieur assez diversifiée ne caractérise pas spécialement notre région et dépasse largement son cadre. Le caractère paléogéographique essentiel commence à partir de la phase principale de la surrection de la chaîne pyrénéenne entre le Lutétien inférieur et moyen. La mer se retire définitivement et la sédimentation change totalement ; des mollasses alimentées par le démantèlement intense de la chaîne nouvellement formée remplissent la dépression sous-pyrénéenne tandis que par endroits, dans les lacs temporaires, se déposent des calcaires ; plus au Nord, en s'éloignant de cette chaîne, les conditions plus tranquilles permettent l'établissement des lacs plus importants (calcaire de Ventenac). Pendant le Bartonien, le régime de sédimentation continentale continue identique, avec pourtant dans notre région une relative tranquillité et prédominance de la matière argileuse. Au Ludien, la sédimentation devient surtout lacustre avec deux lacs, l'un du Ludien inférieur, et l'autre du Ludien supérieur, avec entre les deux épisodes lacustres un nouveau dépôt continental. Pendant l'existence du lac inférieur, des eaux séléniteuses ont laissé par endroits des marnes à gypse provenant du lessivage des roches triasiques (92).

Le Sannoisien et le Stampien inférieurs correspondent à un ralentissement dans la sédimentation représentée, comme nous l'avons vu, par des mollasses peu épaisses à éléments grossiers. Le même régime, cependant moins détritique,

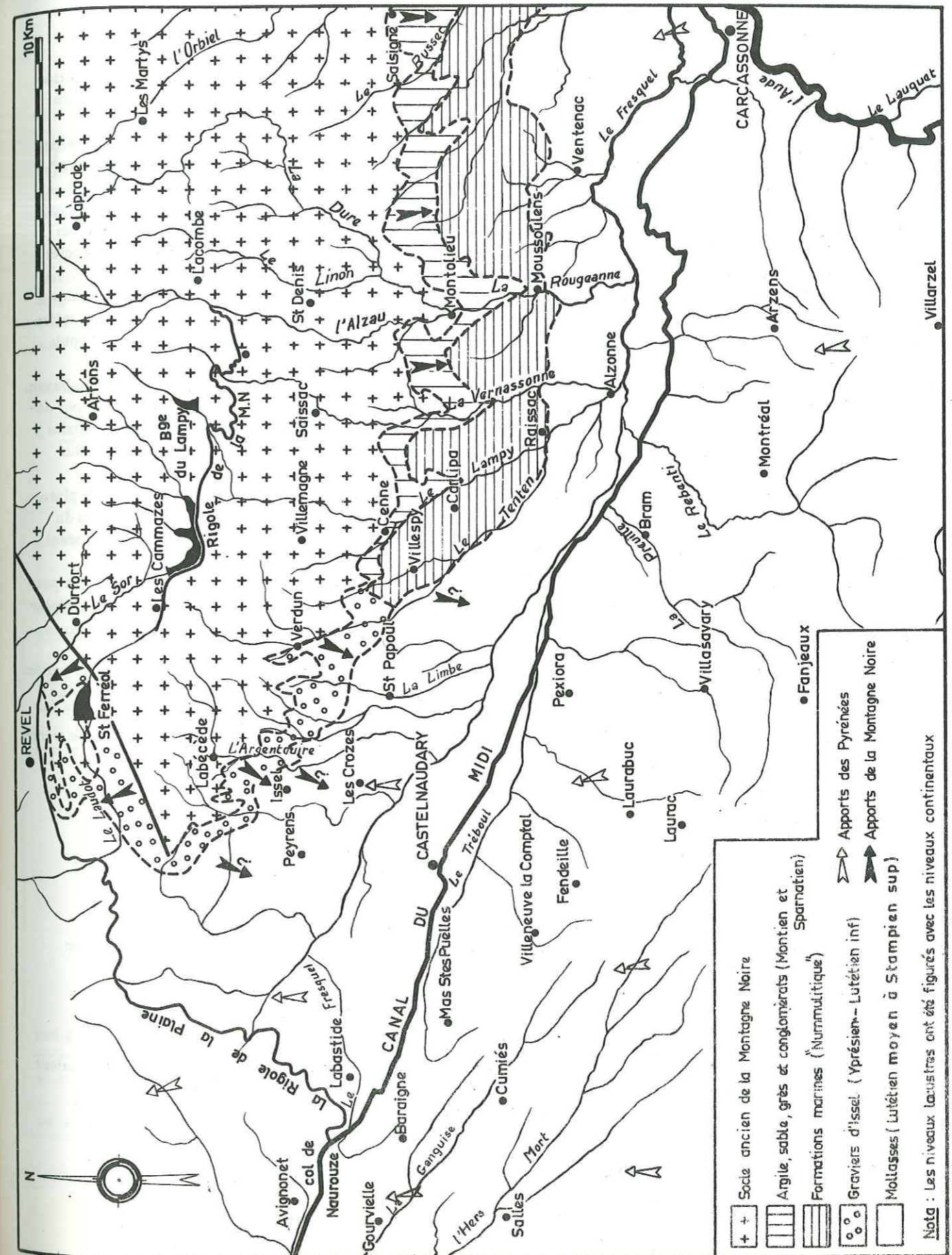


Fig 14 REPARTITION DES APPORTS PYRENEENS ET DE LA MONTAGNE NOIRE

règne pendant le Stampien supérieur mais les dépôts importants des mollasses indiquent l'accélération de la démolition des Pyrénées. A noter aussi au Stampien moyen un épisode lacustre d'assez grande ampleur : le calcaire de Briatexte.

Depuis le Lutétien moyen et supérieur, le pays présentait donc l'aspect de plaines très plates avec de grandes rivières divagantes et instables qui descendaient de la chaîne pyrénéenne transportant les matériaux de sa démolition*. Le climat qui régnait, d'après la faune, était subtropical humide. G. ASTRE concevait ainsi le phénomène (11) :

Au moment des crues, ces rivières débordaient largement, charriaient d'énormes masses boueuses mêlées souvent d'éléments détritiques, qui glissaient d'elles mêmes, tel un flux à débits solides important. Ces masses quasi fluides remblaient des creux et déportaient souvent le courant de son tracé initial. Elles entraînèrent le cours à se dissocier en multiples bras et cela favorisait d'amples épandages, à la manière des étalements deltaïques.

Avec un tel régime, les berges fluviales n'offraient le plus souvent qu'une pente inappréciable. Mais, par endroits ces berges s'entaillaient, parfois sur une hauteur de quelques mètres et encadraient alors un lit canalisé. Dans de telles "érosions" on avait souvent dépôt de matériaux grossiers et formation de sables ou galets qui souvent à cause du poids accumulé devenaient, grès et conglomérats.

Mais pendant le Stampien supérieur ce régime devient plus régulier, tout au moins pour la région sud est du bassin. Suivant les variations climatiques et peut-être les renouvellements tectoniques, nous avons rencontré des formations détritiques, grès, sables et conglomérats à granulométrie décroissante du Sud vers le Nord, correspondant à des périodes de cours d'eau puissants, alternant avec rythmicité avec des dépôts argileux ou marneux, marquant un régime plus calme.

"Le volume considérable de matériaux enlevés aux Pyrénées laisse penser que la chaîne s'élevait beaucoup plus que de nos jours**. Or, " le bassin étant un bassin de subsidence, dont le fond s'est enfoncé bien au-dessous du niveau de la mer, il est probable que depuis lors un mouvement compensateur de bascule a surélevé le bâti pyrénéen au moins en faible proportion" (11).

Après le Stampien, pendant le Miocène, il semble que dans notre partie du bassin le remplissage ne continue pas, les courants et les épandages s'étant déplacés vers l'Ouest dans la partie centrale restée profonde. La cause de ce déplacement de sédimentation semble être le gauchissement progressif de la surface qui a fait basculer légèrement vers l'Ouest les zones plus basses à remblayer.

Ainsi les érosions post-stampiennes eurent l'occasion de s'exercer et, de la phase de creusement général des vallées miopliocènes avec dépôts de cailloutis quartzeux des plateaux (dont les vestiges sont encore visibles plus à l'Ouest de notre région) on arrive à la phase quaternaire et à la topographie actuelle.

Ainsi donc les vastes surfaces plates et instables constamment remblayées par l'apport incessant des dépôts se transforment en pays des coteaux, faiblement ondulé.

F. - LES APPORTS QUATERNAIRES

Les apports quaternaires ont comme les formations tertiaires une double origine.

Nous pouvons distinguer :

- des cailloutis des plateaux venant de la Montagne Noire
- des alluvions anciennes d'origine méridionale distribuées en cônes de déjection (alluvions basses) et en alluvions hautes ;
- des alluvions récentes des vallées se divisant parfois en alluvions supérieures et alluvions inférieures ;
- des éluvions, éboulis et sols résultant de la décomposition de leur substratum.

* - Des rivières descendaient certainement aussi du Massif Central et de la Montagne Noire, mais elles ne charriaient que de faibles débits solides.

** - A. VATAN estime à plus de 3 000 m d'épaisseur les couches érodées (pour tout le bassin).

1 - Cailloutis des plateaux

Les cailloutis des plateaux occupent les sommets des collines du pied sud de la Montagne Noire, au Nord de la dépression du Canal du Midi*. Nous avons distingué deux niveaux, un niveau supérieur et un niveau inférieur dont le dépôt rappelle celui d'un épandage. Le niveau supérieur a des galets à patine jaune due à une large exposition aux agents atmosphériques qui lui confèrent un air ancien. Au contraire, les galets du niveau inférieur, plus frais, témoignent d'une origine plus récente.

Leur pente très douce vers le Sud Est montre une provenance de la Montagne Noire.

A l'Ouest d'une ligne de direction sud est passant par Villespy (et laissant dans sa partie ouest les affleurements de graviers d'Issel) les cailloutis sont beaucoup plus nombreux et ont une constitution exclusivement quartzeuse. Au contraire dans les cailloutis situés à l'Est de cette ligne on peut observer en plus du quartz des roches cristallines, gneiss ou granites. Ceci nous conduit à penser que les cailloutis occidentaux doivent provenir non seulement de la Montagne Noire, mais aussi des formations des graviers d'Issel.

L'épaisseur de ces cailloutis varie de quelques dizaines de cm à quelques mètres. Leur extension actuelle déborde certainement des limites initiales du dépôt, par suite des glissements sur les versants des plateaux.

2 - Alluvions anciennes du couloir audois

Ces alluvions anciennes sont surtout cantonnées dans la dépression du Canal du Midi. Leur nature et origine sont tout à fait différentes de celles des cailloutis des plateaux issus de la Montagne Noire.

Nous avons distingué des alluvions hautes et des alluvions basses, réparties surtout en cônes de déjection. Les dépôts les plus importants sont localisés dans le secteur de Bram.

Les alluvions hautes se trouvent essentiellement sur les coteaux au Nord et au Sud de Bram, dominant sa plaine d'environ 20 m. Elles sont constituées de galets et sables. Les galets sont formés de quartz, calcaire, schistes, ainsi que de roches de la famille granitique.

Les cônes de déjection sont situés au pied des reliefs qui limitent au Sud le couloir audois. Leur surface est régulièrement inclinée vers le centre de la dépression et leurs matériaux sont dans les grandes lignes, les mêmes que ceux des alluvions hautes. Il semble pourtant que le pourcentage en quartz soit inférieur à celui des alluvions des coteaux.

Le cône de déjection le plus important se trouve dans la zone de Bram où les alluvions anciennes ont une épaisseur maximum de 11 m environ et sont exploitées par de nombreuses carrières** (voir aussi chapitre IV).

Ce cône est constitué de niveaux alternatifs de sables et galets.

Les galets sont constitués, d'après les comptages pétrographiques que nous avons fait, par :

Calcaires	29 %
Quartz	9 %
Quartzites	11 %
Schistes-grès	17 %
Granites	4 %
Argiles-marnes	{ 30 %
et grès mollas-	
siques	}

Ces galets sont d'origine pyrénéenne, mais il est plus logique de penser qu'ils viennent des niveaux de conglomérats des mollasses qui se trouvent dans leur voisinage méridional. La présence d'argiles et de grès mollassiques, roches

* - Les alluvions caillouteuses de Revel ont une constitution et origine semblables, mais sont situées en dehors du cadre de l'aménagement.

** - Dans ces carrières on a signalé des restes d'Elephas primigenius (125).

qui résistent mal à de longs transports (même sous régime périglaciaire), est un sérieux argument en faveur de cette origine.

Si d'ailleurs, on ne tient pas compte du pourcentage des argiles et des grès mollassiques et si on ramène les quantités des autres galets en %, on obtient :

Calcaires	41 %
Quartz	13 %
Quartzites	16 %
Schistes-grès	24 %
Granites	6 %

La comparaison de ce dernier pourcentage rappelle celui des mollasses affleurant sur les hauteurs sises au Sud, que nous avons étudiées lors de l'étude sédimentologique des mollasses. L'augmentation du pourcentage de calcaire et de quartz et la diminution de celui des schistes et des granites est dû au fait que ces galets ont fait un chemin complémentaire vers le Nord pour donner naissance à ce cône de déjection.

Les courbes granulométriques (fig. 15) des sables des alluvions de Bram, ainsi que d'autres cônes de déjection dans les régions de Laurabuc et Fendeille montrent une analogie avec les courbes mollassiques en amont de ces régions. Ceci exclut un long transport, car on n'y voit pas le triage imparfait et préférentiel qui caractérise les dépôts fluviaux. De plus le caractère deltaïque des courbes justifie l'attribution à ces alluvions du terme de cônes de déjection.

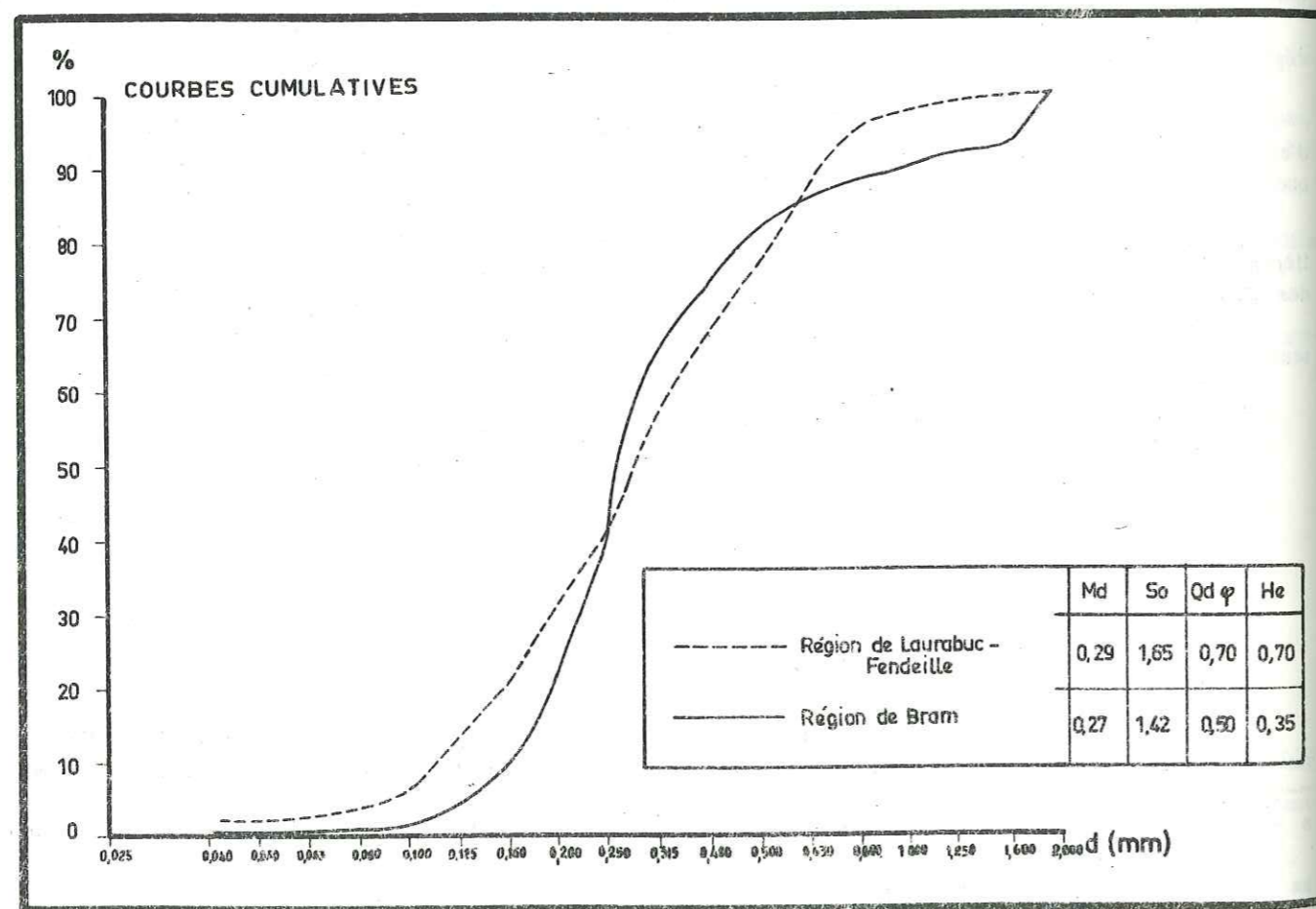


Fig 15 - COURBES GRANULOMETRIQUES DES ANCIENS CÔNES DE DEJECTION

Enfin il faut noter que les cônes de déjection de la région de Laurabuc ont une constitution lithologique qui montre un apport beaucoup plus proche que celui du cône de Bram (pourcentage élevé de calcaires anguleux provenant de la "crête ludienne" située à proximité).

3 - Alluvions récentes

Les alluvions récentes sont localisées dans les lits et sur les rives des cours d'eau. Leur constitution est essentiellement limono-argileuse ou limono-sableuse ; les graviers y sont rares et on les trouve surtout à la base du dépôt.

Dans le Fresquel, les alluvions peu développées dans la partie haute, prennent une grande extension dès l'entrée dans le couloir audois. La zone alluviale de Tréboul est, elle aussi, considérable, pouvant atteindre une largeur de quelques centaines de mètres.

Les cours d'eau du versant atlantique (l'Hers Mprt et un de ses affluents principaux dans notre région, la Ganguise) ont également de larges bandes alluviales.

Les alluvions des émissaires qui descendent de la Montagne Noire sont moins importantes. Elles s'individualisent surtout dans les parties inférieures quand ces ruisseaux entrent dans le domaine mollassique.

Toutes ces alluvions récentes reflètent très étroitement la composition des marnes et sables dont elles proviennent. Leur épaisseur va de quelques dizaines de cm à quelques mètres.

Enfin il faut noter une assez épaisse (4-5 m) couche d'alluvions gravelo-sableuse, que nous avons trouvée sous les alluvions fines de la Ganguise (voir chapitre VIII).

4 - Eluvions - Eboullis - Altération

Ces formations tapissent les versants des collines mollassiques et occupent de très grandes surfaces couvrant les affleurements (terrefort). L'altération est trop peu évoluée pour être considérée comme telle et correspond plutôt à une désagrégation de la roche mère. Leur épaisseur n'est jamais très importante, sauf parfois aux points bas des versants.

G. - PALEOHYDROGRAPHIE

Notre région a un caractère hydrographique particulier, par suite de sa situation à la limite de partage des eaux vers l'Atlantique et la Méditerranée et a fait l'objet, notamment de la part des géographes, de plusieurs hypothèses concernant son hydrographie ancienne.

Ainsi en 1907, J. BLAYAC (21) reprenant les observations plus anciennes de LEYMERIE et MAGNAN a développé l'idée "que le couloir du Lauragais et la plaine de Naurouze furent à une époque géologique récente le théâtre de captures fluviales répétées. L'Agout supérieur (en amont de Castres) aurait jadis coulé vers le Sud Ouest par la plaine de Revel puis, tournant au Sud Est, aurait rejoint l'Aude par la vallée du Fresquel".

Par la suite, le même auteur suppose une dislocation par deux captures, la première effectuée par l'Hers Mort qui aurait passé sa tête à l'Est de Naurouze, le deuxième par l'Agout (en aval des Castres) affluent du Tarn. En 1927, H. BAULIG (15) après avoir battu en brèche l'hypothèse de BLAYAC et se basant sur des faits essentiellement morphologiques avançait celle que le Laudot, sous-affluent de l'Agout par le Sor aurait coulé vers l'Hers Mort par Naurouze, avant d'être dévié pour sa partie supérieure par le Sor et pour sa partie inférieure par le Fresquel. Il a démontré aussi que le drainage méditerranéen a un caractère conquérant sur le drainage atlantique. En 1928, L. MENGAUD (81) a ruiné définitivement l'hypothèse de l'écoulement de l'Agout vers l'Aude. En 1930, D. FAUCHER (52) ne trouve pas excessive la largeur de la vallée de l'Hers Mort, argument des auteurs précédents, car cette largeur est un phénomène constaté dans tout le Lauragais ; il n'admet pas ainsi, comme démontrées, les venues orientales. R. PLANDRE (88) ajoute des considérations de même tendance sur la question du déplacement présumé du seuil de Naurouze vers l'Ouest*.

* - Rien pourtant ne permet de préciser les limites d'extension du drainage atlantique qu'on a voulu parfois placer à Carcassonne (voir P. VERDEIL (116)).

Dans un autre ordre d'idées P. VERDEIL (116, 117), en se basant sur l'existence des alluvions de Bram, de Ville-sisic et plus au Sud de Lauraguel (au Sud de Villarzel) avance l'hypothèse "d'un drainage depuis l'Aude en amont du confluent avec le Lauquet, en direction des cuestas de Fanjeaux, le Lauquet assurant seul le drainage du bassin de l'Aude en direction de Carcassonne". Nous ne partageons pas cet avis : un simple examen sur carte montre que, entre les alluvions du Lauraguel (dans la vallée du Sou) et celles de la région de Bram, il n'existe aucun point de cote intermédiaire sur la crête qui sépare les deux vallées. On ne peut pas non plus admettre des complications tectoniques majeures pour une période si récente. De plus, comme nous l'avons vu, les conditions sédimentologiques du dépôt des alluvions de Bram montrent un apport en épandage de provenance peu lointaine.

II. - STRUCTURE ET TECTONIQUE

La structure de notre région est très contrastée : vieux socle plissé de la Montagne Noire au Nord, couverture relativement calme au Sud, avec cependant un fait capital survenu pendant son dépôt, celui de la naissance de la chaîne des Pyrénées.

A. - LA MONTAGNE NOIRE (fig. 16 et 17)

Ainsi que l'exprime B. GEZE "l'essentiel de la structure de la Montagne Noire est dû à l'orogénèse hercynienne, mais l'orogénèse calédonienne avait eu auparavant un rôle non négligeable et l'aspect essentiel résulte surtout de re-touches alpines".

Le même auteur affirme qu'il est impossible de distinguer les discordances dans la série antécambrienne ou entre l'Antécambrien et le Cambrien. Les petites anomalies sont locales et il croit qu'il s'agit de dysharmonie de plissements des différents faciès lithologiques. B. GEZE explique cette transgression cambrienne, soit par de très légers gauchissements provoquant de faibles ondulations dans le socle immédiatement avant le Cambrien, soit par une simple émergence partielle, consécutive à une modeste régression. Pendant le Cambrien aucun véritable mouvement ne paraît s'être produit.

La série stratigraphique de la Montagne Noire s.s. s'arrête au Cambrien supérieur. Il est donc difficile de s'exprimer sur l'existence d'une phase de plissement calédonienne. Cependant, les observations sur la Montagne Noire s.l., où existent d'autres termes de la série primaire, ont permis à M. THORAL et à B. GEZE de certifier l'existence de l'orogénèse calédonienne.

L'orogénèse qui a formé l'essentiel de la structure de notre Montagne Noire n'est peut-être qu'hercynienne ; le granite de Lampy daté d'âge westphalien étant touché par cette orogénèse.

La zone axiale représente grossièrement un anticlinorium avec des complications secondaires difficilement observables à cause du métamorphisme général. Le versant septentrional - Monts du Sorézois - est dominé par un régime de plis isoclinaux.

Le versant méridional, qui sort du cadre de notre étude, a, à côté des zones autochtones, des nappes poussées sur des distances assez notables, montrant partout une complexité fort sérieuse. B. GEZE donne une origine méridionale à ces nappes, alors qu'une autre interprétation leur octroie une origine septentrionale (L. U. de SITTER et R. TRUMPY (63). Plus récemment, l'équipe de M. MATTAUER (1, 2, '79) a montré que la schistosité liée aux plis couchés n'était compatible qu'avec l'existence de têtes plongeantes venues du Nord.

1 - Zone axiale

Dans le massif de Cabardès les gneiss souvent granitoïdes ont un plongement de 30° à 40° N.W. dans la partie nord ouest qui s'enfonce sous le synclinal à matériel cambrien d'Arfons. Ailleurs, les bancs paraissent plus proches de l'horizontale.

La limite orientale correspond à une faille nord ouest - sud est d'âge hercynien tardif (GEZE) avec des zones broyées depuis Fontiers-Cabardès jusqu'à la bordure des terrains tertiaires au Sud.

Le détroit de Lacombe assure la jonction relative entre le Sorézois (pendage nord ouest en bordure du synclinal d'Arfons) et le Minervoï (pendage sud). Sa structure ne doit pourtant pas être très simple puisqu'il renferme en son milieu le calcaire probablement cambrien de la Loubatière. B. GEZE y voit un fond de synclinal pincé avec une structure propre aux plis du Sorézois. Les accidents secondaires ne doivent pas manquer non plus car on observe des petites failles, plissements et affaissements.

Le massif granitique des Martyrs est d'après GEZE limité au Sud Ouest par une faille à peu près parallèle à celle de Fontiers-Cabardès et probablement du même âge. O. DOTTEIN, tout en admettant l'existence des mylonites à cette région, considère ce contact rectiligne comme normal, et dû à l'intrusion.

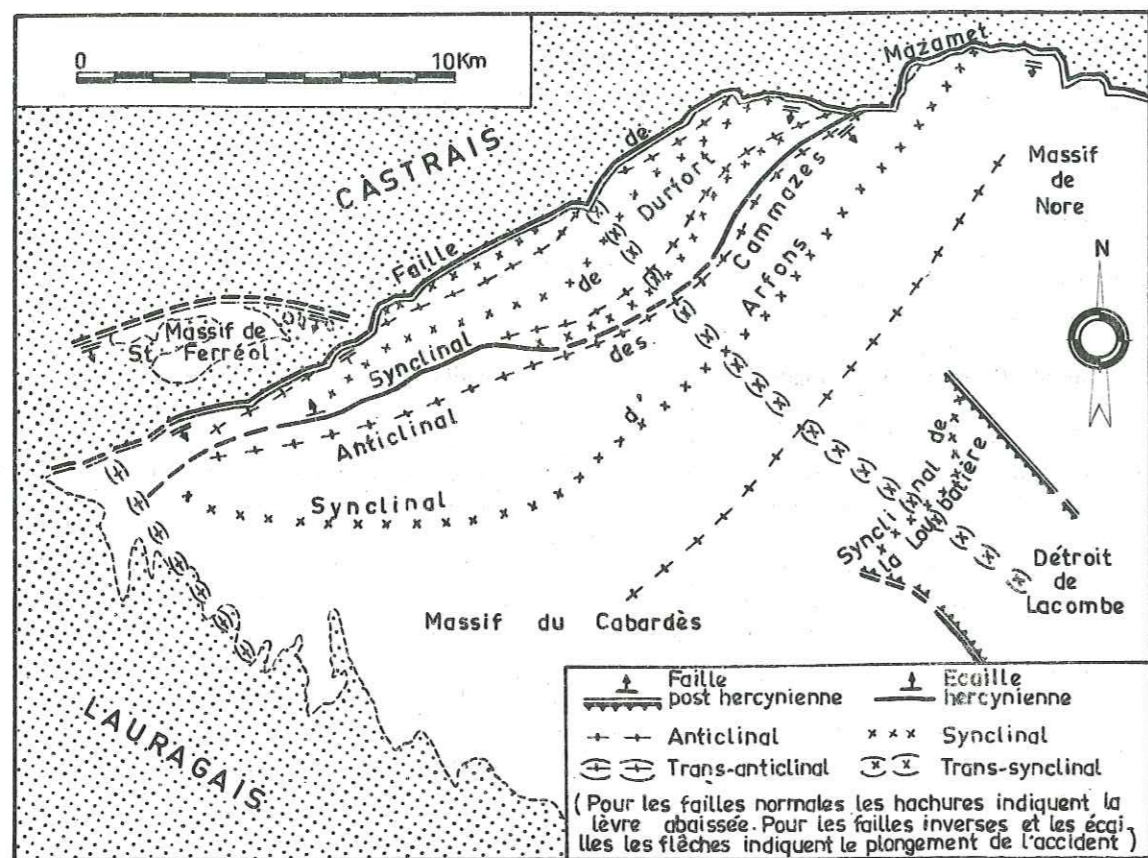


Fig 16 - SCHEMA TECTONIQUE DE LA PARTIE SUD OUEST DE LA MONTAGNE NOIRE s.l.
(D'après B. GEZE)

Légende de la figure 17

- | | |
|---|---|
| 1 - Gneiss. | 12 - Cambrien moyen et supérieur. |
| 2 - Gneiss granitoïdes. | 13 - Granites intrusifs. |
| 3 - Alternances de gneiss et micaschistes. | 14 - Cambrien inférieur et Antécambrien affectés par le métamorphisme de contact. |
| 4 - Micaschistes. | 15 - Granulite - pegmatite. |
| 5 - Antécambrien plus ou moins métamorphisé. | 16 - Filons de quartz. |
| 6 - Cambrien inférieur et Antécambrien plus ou moins métamorphisé. | 17 - Eocène inférieur. |
| 7 - Géorgien inférieur ? plus ou moins métamorphisé. | 18 - Eocène inférieur et moyen. |
| 8 - Cambrien inférieur plus ou moins métamorphisé. | 19 - Eocène moyen. |
| 9 - Cambrien inférieur (calcaires et grès) plus ou moins métamorphisé. | 20 - Eocène moyen et supérieur. |
| 10 - Géorgien supérieur - Acadien inférieur (calcaires) plus ou moins métamorphisé. | 21 - Eocène supérieur. |
| 11 - Géorgien supérieur - Acadien inférieur (calcaires et schistes) plus ou moins métamorphisé. | 22 - Quaternaire ancien. |

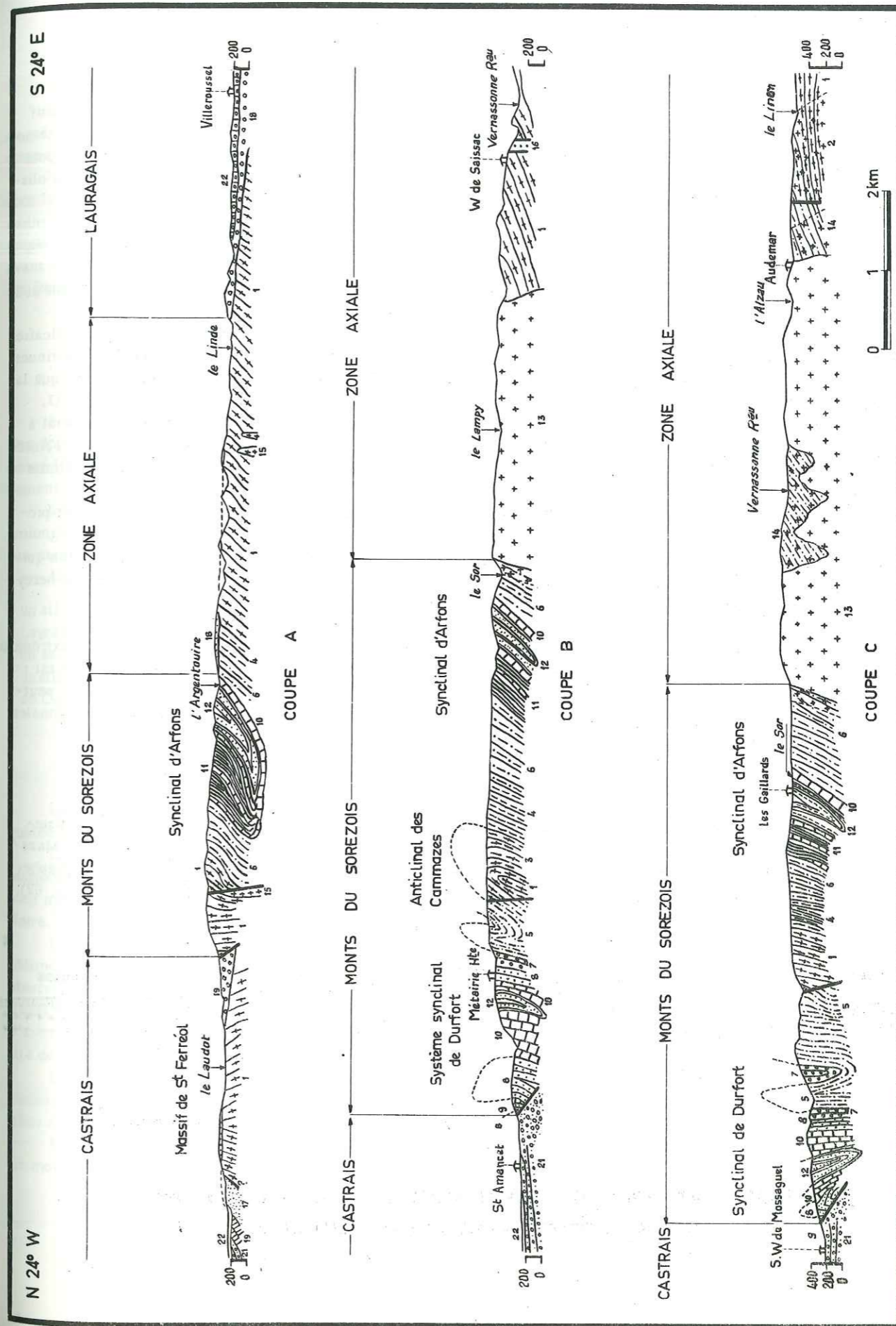


Fig 17 - COUPES GEOLOGIQUES DE LA MONTAGNE NOIRE (s.s.) (d'après B. GEZE)

Très récemment, P. DEBAT (44) voit un contact anormal chevauchant, du granite de Brousse (au Sud du massif de Lampy) sur le gneiss de Saissac. Sans avancer des âges précis il considère cet accident comme lié à une phase tectonique postérieure à la première phase tectonique principale avec laquelle le granite est syntectonique. Il se base pour cela sur l'existence de deux schistosités, une d'orientation N. 40° - 60° correspondant à cette phase principale des plissements et une deuxième de direction N. 120° et 140° parallèle à l'accident de Saissac.

2 - Monts du Sorézois

De l'intérieur du massif vers la plaine du Castrais se succèdent, comme nous l'avons vu, le synclinal d'Arfons et le synclinal de Durfort qui sépare l'anticlinal à cœur gneissique des Cammazes (fig. 17).

Le synclinal d'Arfons est subvertical dans le Nord Ouest et très couché au Sud Ouest. Sur son flanc sud le calcaire apparaît en une bande unique tandis que sur le flanc nord on trouve un complexe calcaire à trois bandes discontinues. B. GEZE (62) pense que ce complexe correspond à une variation de faciès liée à un approfondissement de la mer et que la bande unique du flanc sud passe à la formation calco-schisteuse à trois bancs calcaires ; M. VIGNEAUX (148) et O. DOTIN (48) l'interprètent au contraire comme des replis d'une seule bande calcaire. Le flanc nord de l'anticlinal à cœur gneissique des Cammazes est d'après B. GEZE anormal et les gneiss se trouvent brutalement au contact de l'Antécambrien à peine métamorphique du système synclinal de Durfort. O. DOTIN, quant à lui, voit ce contact comme parfaitement normal.

Le système synclinal de Durfort est composé de petits anticlinaux et synclinaux avec le synclinal de Durfort proprement dit au centre.

Enfin tout à fait à l'Ouest, sous le Tertiaire apparaît le petit massif gneissique de Saint-Ferreol. Le Lutétien qui le recouvre présente à sa limite nord ouest une forte flexure assez rectiligne que B. GEZE rattache à un accident hercynien masqué, ayant légèrement joué lors de la phase pyrénéenne.

Eu égard à la disposition générale des différents faciès des roches métamorphiques, B. GEZE (62) voit à l'extrémité sud ouest de la Montagne Noire s.l. une surélévation axiale générale, sorte de "transanticlinal" nord ouest - sud est ; le Déroit de Lacombe au contraire correspond à un abaissement ("transynclinal"). Ces mouvements, en relation peut-être avec la zonéographie métamorphique font ainsi apparaître des ondulations à grand rayon de courbure, orthogonales aux directions des plissements auxquels elles sont postérieures quoique probablement hercyniennes.

3 - La tectonique tertiaire de la Montagne Noire

Pour la dernière grande phase tectonique, la phase pyrénéenne, B. GEZE n'écarte pas l'existence de gauchissements légers. Mais l'accident tertiaire le plus remarquable de la Montagne Noire est la grande faille inverse de Mazamet (fig. 18) qui constitue sa limite septentrionale. Cet accident avait d'ailleurs été déjà pressenti par les géographes A. DAVID (43) et H. BAULIG (16) et a été ensuite étudié en détail par F. ELLENBERGER (50, 51) et B. GEZE (61, 62).

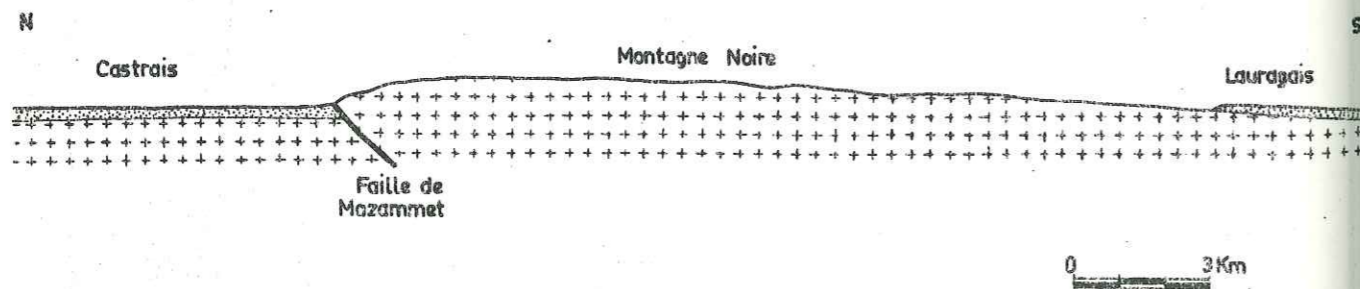


Fig 18 - COUPE SCHEMATIQUE DES RELATIONS DE LA MONTAGNE NOIRE AVEC LA COUVERTURE SEDIMENTAIRE (d'après F. ELLENBERGER)

Pour A. DAVID cet accident s'est formé lors d'un basculement général vers le Sud, qui a entraîné une dislocation ou même une rupture de la bordure nord suivant une grande faille principale et la formation d'une fosse en avant de cette faille (sillon de Thoré).

F. ELLENBERGER et B. GEZE donnent des explications assez rapprochées : "Il s'agit d'un petit pli de fond, tertiaire, dont la mise en place serait liée aux poussées pyrénéennes. Il semble que l'existence antérieure du sillon du Thoré, au moins sous forme d'un gauchissement à large rayon de courbure, ait motivé l'emplacement de la cassure. Mais son ampleur actuelle et son obliquité n'ont été obtenues que par une série d'à-coups tectoniques répétés, suivis d'érosions, avant le Bartonien, au Sannoisien, au Stampien et probablement à l'Aquitainien, ainsi que l'examen des sédiments de son front permet de supposer". (62).

B. - RELATIONS DE LA MONTAGNE NOIRE AVEC LE SUD EST DU BASSIN AQUITAIN ET STRUCTURE PROFONDE DE CE DERNIER

A la fin du Primaire, il semble que les grandes lignes de notre Montagne Noire n'étaient pas très différentes de leur état actuel. Pendant le Secondaire et le début du Tertiaire elle correspondait à un pays aplani par l'érosion qui a donné l'aspect vieux des granites et des gneiss. Mais ce pays présentait, d'après B. GEZE, le caractère d'un vaste bombement dans les zones qui devaient devenir le Bassin d'Aquitaine.

L'absence de tout trace de sédiment secondaire dans cette bordure sud et sud ouest est une preuve de plus pour le prolongement assez loin vers le Sud Ouest de l'axe métamorphique et de tous les chafnons plissés de l'éperon qui ne sera que partiellement recouvert au Tertiaire.

Ainsi sous l'actuel bassin tertiaire de l'Aquitaine nous avons :

- un sillon septentrional que les géologues ont appelé "sillon garonnais". Il se trouverait sous le Castrais, le Nord du Lauragais et se poursuivrait sous le Montbarnais et l'Agenais;
- un seuil médian prolongeant l'éperon actuel de la Montagne Noire ;
- un sillon méridional appelé "fossé aturien" ou "sous-pyrénéen", s'étendant au Nord des Pyrénées, supportant le golfe de Carcassonne et la majeure partie du Lauragais et se poursuivant plus à l'Ouest par le cours de l'Adour.

C. - LA COUVERTURE SEDIMENTAIRE

La structure de la couverture contraste fortement avec celle de la Montagne Noire et elle est essentiellement guidée par les phases tectoniques pyrénéennes.

La phase embryonnaire du Crétacé supérieur n'est pas décelable dans la couverture de notre région dont les formations débutent avec la base de l'Eocène. Au contraire, la phase paroxysmale située à la fin du Lutétien inférieur est bien marquée et a pour principal effet l'exondaison définitive de la couverture marine du versant sud de la Montagne Noire.

Mais des mouvements prémonitoires avaient auparavant légèrement ondulé le fond marin et par conséquent les sédiments qui s'y étaient déposés, et sur lesquels la sédimentation avait ensuite continué. De tels plis ont déjà été observés (3), où on voit le calcaire nummulitique en bancs légèrement plissés, recouverts par d'autres bancs nummulitiques horizontaux sans qu'aucun indice de discontinuité de sédimentation n'apparaisse. Nous avons aussi remarqué à d'autres endroits des discordances angulaires entre différents bancs du même calcaire, sans exclure pourtant l'éventualité de glissements sous-marins de nature purement sédimentologique.

Il faut également noter que les calcaires présentent assez souvent, et surtout vers leur base, des fissures interformationnelles. Ces fissures, observées dans les carottes des sondages lors de l'étude du barrage des Jonquières, sont emplies de marnes nummulitiques et ont certainement la même origine que les contacts discordants cités ci-dessus.

Enfin le passage du sommet du "Nummulitique" à des formations détritiques montre, comme nous l'avons déjà dit, un mouvement d'exhaussement progressif.

Avec la phase pyrénéenne principale et l'émersion des dépôts "nummulitiques" la couverture antélutétienne se trouve en position isoclinale avec un faible pendage vers le Sud et le Sud Ouest. Ceci est vrai dans les grandes lignes mais une étude plus approfondie de cette structure nous a montré qu'elle était dans le détail beaucoup plus compliquée avec des plis d'assez grande courbure et des failles^{*}.

Ainsi dans la partie ouest de la bande nummulitique nous avons noté du pied de la Montagne Noire vers le Sud Ouest :

- des axes synclinaux et anticlinaux qui s'alternent et se succèdent du Nord Est vers le Sud Ouest en s'étirant du Nord Ouest vers le Sud Est ;
- la brusque apparition de brachyanticlinaux rompant la régularité des ondulations anticlinales et synclinales précitées ;
- des failles plus récentes qui s'organisent suivant les directions nord ouest - sud est (Pyrénées) et nord est - sud ouest, disloquant les terrains et cassant les structures antérieures.

Nous reviendrons plus loin sur la description détaillée de ces structures lors de l'étude de l'aménagement de Jonquières (chapitre VII).

En ce qui concerne l'âge des plissements il semble que ceux-ci datent de la surrection de la chaîne pyrénéenne qui se situe à l'Eocène moyen. Les formations de Ventenac (Lutétien moyen) ne paraissent pas avoir été affectées par ces plissements et montrent leur maximum de développement dans les synclinaux nummulitiques : l'époque des plissements se placerait alors exactement entre la fin du Lutétien inférieur et le début du Lutétien moyen. Les failles disloquent aussi bien le "Nummulitique" que les formations de Ventenac et les mollasses du Lutétien supérieur : elles sont donc postérieures à ce dernier étage. Nous n'avons par contre aucune donnée sur l'âge relatif des deux directions des failles.

Avec la surrection des Pyrénées commence le remplissage mollassique déjà décrit. La surrection principale a eu des répliques tardives comme en témoignent les failles que nous avons observées dans la couverture nummulitique. De même comme le note M. CASTERAS (36) la rencontre des conglomérats jusqu'au Stampien traduit une certaine persistance de l'activité tectonique de la chaîne.

Mais les contrecoups qu'a certainement reçu l'épaisse masse mollassique, ont été amortis par son inertie à laquelle s'ajoute son caractère essentiellement argilo-marneux^{**}. Dans notre région les strates sont subhorizontales ou sont affectées par un léger pendage vers le Sud Ouest. Les accidents de détail sont eux aussi difficilement observables, à cause de la couverture des produits de décomposition qui homogénéisent le relief en lui enlevant ses lignes impératives. On peut cependant observer des ondulations locales, failles de tassement, cassures ou flexures toujours limitées et de petite échelle.

Mais le résultat le plus marquant des dislocations profondes est probablement le gauchissement progressif du bassin, chassant le remblaiement et la subsidence vers l'Ouest.

* - G. ASTRE (10) avait déjà signalé quelques anomalies tectoniques et avait soupçonné une structure plus compliquée de la couverture immédiate de la Montagne Noire.

** - Comme le suppose G. ASTRE (11) "le soubassement du bassin sous-pyrénéen peut se concevoir comme une mosaïque brisée, à la formation de laquelle deux ordres de facteurs interviennent : d'une part avec rôle dominant les accidents de direction pyrénéenne (parfois armoricaine) rides, plis, cassures... d'autre part éventuellement des accidents orthogonaux aux précédents, bombements ou failles..."

DEUXIEME PARTIE

ETUDES GEOLOGIQUES HYDROGEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES D'AMENAGEMENTS DU LAURAGAIS AUDOIS

CHAPITRE III

SCHEMA DE L'AMENAGEMENT D'HYDRAULIQUE AGRICOLE DU LAURAGAIS AUDOIS

Le périmètre de 40 600 ha du Lauragais audois a des besoins annuels en eau d'irrigation de 94 millions de m³ correspondant en moyenne à 2 300 m³ par hectare.

Ce périmètre a sa partie ouest éloignée et a une altitude supérieure à celles des retenues importantes en projet situées dans la vallée de l'Aude en amont de Carcassonne et destinées à l'irrigation de la basse vallée de ce fleuve.

Une recherche systématique (voir chapitre V) des retenues possibles dans le bassin du Fresquel n'a conduit qu'à la découverte de sites de faible importance dans la Montagne Noire. Ces barrages éloignés du périmètre et de rentabilité médiocre ne paraissent valables que comme appoint à des aménagements de base.

Il est donc apparu nécessaire d'envisager des stockages sur les bassins limitrophes du versant atlantique où plusieurs retenues importantes ont été reconnues :

- le barrage de l'Estrade (45 millions de m³) sur la Ganguise affluent de l'Hers Mort sans ressources propres mais qui peut être alimenté grâce à un pompage à Naurouze, par les eaux excédentaires du Canal du Midi, provenant de la Montagne Noire, eaux en quasi totalité d'origine méditerranéenne ;
- le barrage de Gardijol (116 millions de m³) sur le Gardijol affluent de l'Hers Mort, également sans ressources propres mais qui peut être alimenté par une dérivation des eaux de l'Ariège ;
- le barrage de Fanjeaux (99 millions de m³) sur la Vixiège, affluent de l'Hers Vif qui peut être empli par pompage des eaux de ce cours d'eau ;
- le barrage de Montbel (65 millions de m³) sur un petit affluent de l'Hers Vif qui peut être alimenté par dérivation des eaux de ce dernier.

A partir de ces données les spécialistes de la Compagnie du Bas-Rhône-Languedoc ont établi plusieurs schémas (fig. 19) mettant en jeu certains des ouvrages précédents tout en faisant appel le moins possible aux ressources du bassin atlantique avec des investissements minimums, et à un étalement de ceux-ci dans le temps.

Schéma A

Le barrage de l'Estrade, de par son emplacement près du seuil de Naurouze permet l'irrigation de la partie ouest du Lauragais audois, dont les structures d'accueil sont particulièrement favorables ; utilisé comme réserve interannuelle il permet de délivrer annuellement 23 millions de m³, ce qui assure l'irrigation d'environ 10 000 ha entre Naurouze et Castelnaudary.

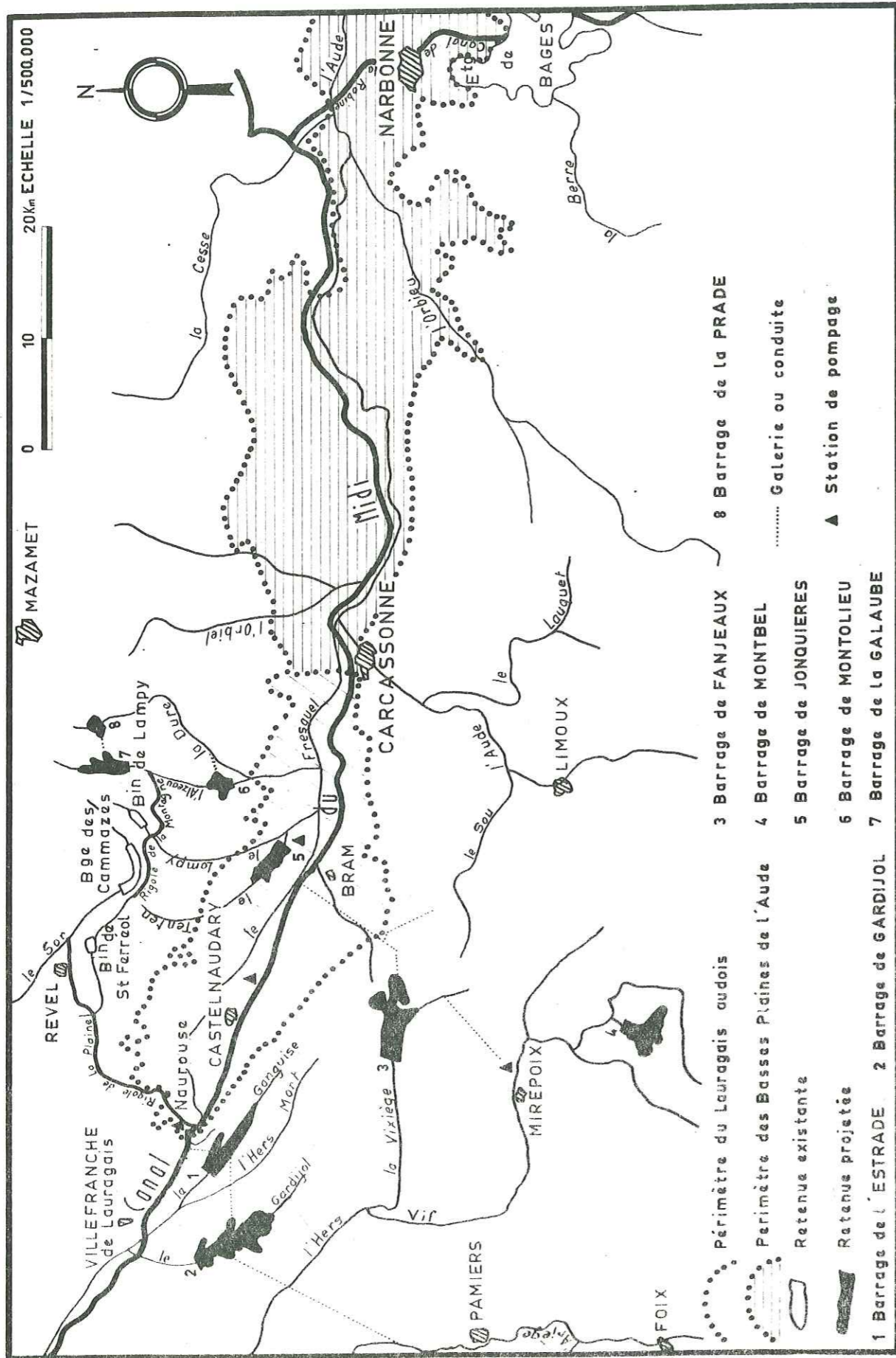


Fig 19 - SCHEMA DE L'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE DU LAURAGAIS AUDOIS

Dans ce schéma le deuxième ouvrage de base sera le barrage de Fanjeaux qui du fait de sa position favorable permet au prix d'une galerie de 4 km de longueur et d'un tronçon adducteur réduit, de desservir gravitairement en charge les 30 000 ha de Castelnaudary à Carcassonne.

Pour pallier les étiages particulièrement secs, les pertes des retenues par évaporation ou lors du transit des eaux destockées dans les cours d'eau naturels, on a envisagé l'éventuelle construction d'un barrage sur le Tenten, le barrage de Jonquières (14 millions de m³). Celui-ci pourrait également servir d'appoint pour l'irrigation de la basse vallée de l'Aude.

Les autres ouvrages généraux sont :

- une station de pompage au col de Naurouze destinée d'une part au remplissage de la retenue de l'Estrade (au débit de 7,5 m³/sec à 45 m de hauteur) d'autre part à la mise en pression d'aspersion (au débit de 5,4 m³/sec à 100 m) ;
- une station de pompage sur l'Hers en amont de Mirepoix refoulant sur 65 m de hauteur vers la retenue de Fanjeaux un débit de 6 m³/sec.

Enfin il faut noter que comme nous venons de le dire, le barrage de l'Estrade ne délivrerait que 23 millions de m³ pour une capacité totale de 45 millions de m³. Ainsi cette tranche pourrait irriguer une partie du Lauragais tolosan (soit entre Naurouze et Toulouse). Ceci implique un recalibrage de la rigole de la Montagne et la construction d'un barrage écrêteur sur le haut bassin (la Galaube sur l'Alzau ou la Prade sur la Dure) pour augmenter les débits excédentaires du Canal du Midi qui alimentent la retenue de l'Estrade.

Schéma B

Dans ce schéma les eaux de l'Ariège, déviées par un système de canaux et une galerie de 3,2 km de longueur, alimenteraient la retenue de Gardijol et celle de l'Estrade, les deux retenues étant reliées par une galerie. Le volume d'eau ainsi mis en jeu serait de 140 millions de m³.

Une partie de ces eaux serait remise en pression à la station de Naurouze pour alimenter les 10 000 ha du périmètre de Castelnaudary Ouest. Le restant, soit 123 millions de m³, devrait être envoyé vers l'Est pour une utilisation soit dans le Lauragais, soit dans la basse vallée de l'Aude*. Ce transit aurait un débit de pointe de l'ordre de 25 m³/sec et serait effectué par le lit du Fresquel recalibré et canalisé, le Canal du Midi ne pouvant transiter plus de 8 à 10 m³/sec et ceci sans tenir compte des difficultés que poserait le passage des écluses.

Schéma C

Comme pour le schéma A, le point de départ est l'utilisation des eaux de la Montagne Noire par le barrage de l'Estrade pour le périmètre de Castelnaudary Ouest.

Le périmètre de Castelnaudary Est pourrait être irrigué en valorisant le barrage de l'Estrade par le recalibrage des rigoles. Le volume régularisé par le barrage passe alors de 23 à 37 millions de m³ permettant d'irriguer 6 350 ha supplémentaires. Ces eaux destockées de l'Estrade seraient transitées jusqu'au périmètre sur le Canal du Midi, et remises en pression par une station de pompage.

Une tranche suivante pourrait être constituée par l'aménagement du Tenten avec le barrage de Jonquières** qui pourrait ainsi desservir un périmètre de 5 500 ha environ.

Le restant, soit 18 200 ha, pourrait être irrigué par le barrage de Montolieu sur l'Alzau ou par celui de Fanjeaux.

* - Dans ce deuxième cas le barrage de Fanjeaux permettrait d'alimenter directement la partie restante du Lauragais.

** - A condition que ce projet soit géologiquement réalisable (voir aussi chapitre VII).

Les chapitres qui suivent concernent les études géologiques, les études des ressources souterraines, la recherche, la prospection et la reconnaissance des sites de retenues possibles et les études géologiques et géotechniques de certains ouvrages comme celui de l'Estrade qui se construira en priorité et de Jonquières. L'étude géologique détaillée des barrages de Fanjeaux et de Gardijol prévue pour l'avenir devra aider certainement le choix d'un schéma définitif*.

* - Le barrage de Gardijol est situé dans les mêmes terrains que celui de l'Estrade. Pour le barrage de Fanjeaux, d'après une étude de G. DENIZOT; il résulte que le projet paraît viable.

CHAPITRE IV

RESSOURCES AQUIFERES DU LAURAGAIS

Après avoir examiné la géologie de la région d'aménagement du Lauragais, il nous a paru indispensable d'étudier son hydrogéologie : comportement hydrogéologique des terrains et étude des nappes. Cette étude a un double intérêt :

- tout d'abord utiliser les ressources aquifères souterraines en vue de l'irrigation quand leurs caractéristiques le permettent ;
- ensuite faciliter la recherche et l'étude des sites de réservoirs artificiels, au point de vue étanchéité.

La présente étude sur les ressources aquifères nous l'avons divisées en trois parties :

- La première partie concerne uniquement les caractères hydrogéologiques et hydrologiques des différentes formations (perméabilité, sources ...).
- La deuxième partie étudie la nappe aquifère phréatique de Bram, la plus importante et la plus intéressante pour l'irrigation.
- La troisième partie étudie l'existence ou la possibilité du développement des nappes profondes en charge et l'éventualité de les utiliser pour l'irrigation.

A. - CARACTERES HYDROGEOLOGIQUES DES TERRAINS

1 - Le socle ancien de la Montagne Noire

- Les schistes

Les schistes présentent de par leur nature une imperméabilité quasi totale. Cependant ils se délitent et s'altèrent très facilement en surface donnant lieu à la formation d'un manteau de recouvrement qui peut parfois atteindre une certaine épaisseur dont l'importance est encore accrue par le tapis forestier. Ce manteau retient une certaine quantité d'eau, qui alimente de nombreux suintements et ruisselets groupés au fond des vallées. Ces aquifères toujours d'un débit médiocre directement lié à la pluviosité, assez élevée dans la Montagne Noire, sont relativement plus importants pour les schistes épimétamorphiques du Cambrien inférieur - Antécambrien, qui se délitent plus facilement.

Ces aquifères peuvent également se développer au sein des schistes même, dans leurs réseaux de fissures mais seulement jusqu'à une faible profondeur au-delà de laquelle les fissures ne sont plus ouvertes. Certaines de ces sources ont fait l'objet de captage par drains, établis à la limite des schistes et de la masse de recouvrement. Ainsi, dans le haut bassin du Tenten, les pentes, couvertes de prairies très humides donnent naissance à une série de sources qui sortent du manteau de terre argilo-sableuse ou des schistes en voie de décomposition.

Comme sources du même type on peut citer dans la région de Lacombe, la source des Canets ou la source de la Canade à Fontiers-Cabardès (0,65 l/sec à l'étiage).

Un autre type peu répandu de source dans ces terrains est celui de contact schistes/gneiss (sources de la région des Cammazes).

- Les granites et gneiss

Ils sont imperméables dans leur masse, mais présentent quelques circulations en réseau de fissures, localisées près de la surface où ces fissures sont plus ouvertes.

Les arènes qui constituent le manteau de désagrégation sont en général trop argileuses pour permettre la création de réserves aquifères importantes.

Comme sources on peut citer :

- à la Prade, la Fontchaude au contact du gneiss et de ses propres arènes ;
- à Lacombe, la source de Hourtalous dans les arènes granitiques ;
- à Saissac, les sources de Bousquet et d'Arfons apparaissent au contact des arènes et des gneiss d'un débit de 1 l/sec.

- Les calcaires

Les calcaires comme nous l'avons déjà vu (chapitre II) ne présentent en surface que des affleurements relativement limités, mais qui seraient continus et disposés en synclinal sous la couverture végétale.

Ces calcaires sont assez fissurés et malgré leur cristallinité montrent des phénomènes de dissolution karstique. Ils donnent naissance à de nombreuses sources à débits notables. Le débit relativement important provenant de sources situées à des points hauts est un argument en faveur d'une structure en gouttière synclinale des calcaires dont l'impluvium des affleurements proprement dit est insignifiant.

Par ailleurs d'importantes sources situées dans le secteur des pointements calcaires, mais qui exultent en des points où le reste est couvert par le manteau de recouvrement, sont attribuées à ces calcaires à cause de leur débit élevé. Nous citerons ici deux sources qui ont fait l'objet de captages pour l'alimentation en eau potable de la ville de Castelnaudary.

- La source de Co d'Ensans, située à 2 km à l'Est Sud Est du village de Labécède. Comme il ressort d'un rapport d'ESTIVAL et BLAYAC (133) elle est originaire de calcaires cambriens qui n'affleurent que sur une étroite superficie. "Ils sont même cachés en grande partie par des terres de décalcification qui proviennent de leur altération

sur place. Ils n'apparaissent autour de la source qu'en de rares points et la carte géologique (feuille de Castres 1/80 000) n'en fait point mention. Mais ils se poursuivent cependant assez loin en direction est, se reliant souterrainement aux autres affleurements calcaires de la région".

Cette origine a été avancée pour expliquer l'importance du débit et la pérennité de la source.

D'après les derniers jaugeages, le débit est de 800 - 1 100 m³/jour et 500 - 600 m³/jour à l'étiage. L'eau semble être ascendante car les griffons de la source sont des bouillants et la température de l'eau est de 13°C, c'est-à-dire un peu supérieure à la normale.

- Les sources de Los Nobios : ce sont en fait des drains captant une nappe aquifère du manteau de recouvrement dans la haute vallée du Tenten près de la ferme de Raziguët. Il y a aussi localement des venues d'eau ou des sources dans des bancs de quartzites plus ou moins fissurés intercalés dans les schistes.

De plus, l'un des puits de ce système de captage recueille de l'eau provenant d'une bande calcaire découverte par hasard, lors d'un creusement des tranchées de recherche. Le puits présente un débit peu important, mais sujet à de faibles variations par rapport à celles des sources prenant naissance dans les schistes décomposés. Le banc calcaire n'a qu'un affleurement visible très restreint de pendage de 15° vers le Nord, et comme pour la source de Co d'Ensans il est possible qu'il se prolonge vers l'intérieur en direction est-ouest.

En résumé, les formations anciennes de la Montagne Noire présentent des aquifères très morcelés, se traduisant par une multitude de sources de faible importance correspondant au drainage des ressources d'imprégnation du manteau superficiel. Les débits sont très variables dans le temps et sont fonction du très important apport pluvial qui règne sur la Montagne Noire. Les calcaires, au contraire, montrent des débits relativement importants mais l'incertitude de leur structure exacte rend leur interprétation hydrogéologique difficile.

2 - Les terrains de la couverture du socle

En allant de la bordure de la Montagne Noire au Nord vers le Sud, nous rencontrons :

- Le Montien

Il est en gros, peu perméable mais présente souvent à sa base des horizons sableux et caillouteux favorables aux circulations d'eau : cependant les aquifères correspondant ne sont jamais très importants.

- Le Thanétien

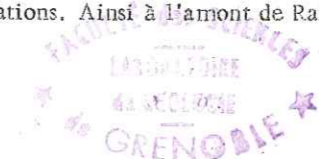
Le calcaire de Montolieu présente des phénomènes karstiques et peut être considéré comme perméable en grand et susceptible de contenir une certaine quantité d'eau.

- Le Sparnacien

Il est en général constitué par des argiles rouges ou des grès, mais contient parfois des niveaux de sable capables de recueillir localement de l'eau mais non de former une nappe continue.

- L'Yprésien - Lutétien inférieur ("Nummulitique")

Les formations nummulitiques, calcaires dans leur majorité, présentent une épaisseur assez grande (plusieurs dizaines de mètres à 100 m) et montrent une fissuration importante en surface ainsi que plusieurs phénomènes karstiques, qui donnent naissance à de nombreuses circulations. Ainsi à l'amont de Raissac-sur-Lampy, en rive gauche du Lampy,



les calcaires nummulitiques donnent naissance à une série de sources à griffons ascendants, qui se localisent dans les fissures du calcaire. Ces sources nommées Sources de la Boundouze Haute et Basse ont un débit qui varie de 40 à 90 m³/jour... VERDEIL (116) suppose qu'il s'agit de la réapparition des eaux infiltrées dans la vallée de la Vernassonne. Mais tout au moins pour la Boundouze Haute (cote 169), il ne semble pas que ce soit exact car la Vernassonne traverse les terrains nummulitiques entre les cotes 145 et 133 environ. Le calcaire de Montolieu affleure également à une cote inférieure (150-155) à celle de l'émergence et toute infiltration qui pourrait s'y produire se trouverait bloquée au toit par les argiles sparnaciennes. Il est plus probable que ces sources sont dues à un drainage des infiltrations sur le causse qui forme le versant rive gauche du Lampy (des faibles sources mais d'un débit moins important existent sur le versant sud du plateau de Carlipa). Plus vers l'Est, dans la région de Montolieu, des phénomènes karstiques s'observent dans les mêmes calcaires. Ainsi, au Sud de la grotte de l'Angélique, une source donne un débit de 0,2 l/sec qui se perd presque aussitôt dans une fissure de ces mêmes calcaires. L'eau réapparaît au contact des argiles sparnaciennes avec un débit accru de 5 l/sec puis disparaît de nouveau dans le calcaire de Montolieu.

Au Sud de la Chapelle Saint-Roch à la base du Nummulitique, une source à débit de 1 l/sec se perd également dans le calcaire de Montolieu (P. VERDEIL (116)). Dans la même région on note encore plusieurs autres sources mais d'un débit moins important.

Enfin vers Moussoulens des pertes dans les calcaires nummulitiques réapparaissent près du hameau de la Caunette.

- Les graviers d'Issel

Comme leur nature lithologique l'indique, ils sont très perméables. Mais cette perméabilité se réduit par endroits, et surtout en allant vers l'Ouest où les graviers sont enrobés dans l'argile ou passent à celle-là.

3 - Les mollasses

- Les grès d'Issel qui constituent la base de la mollasse lutétienne se montrent assez aquifères. Cependant cette perméabilité n'est pas uniforme car les passages marneux ou argileux sont nombreux.

- La partie supérieure de la mollasse lutétienne, la mollasse bartonienne (mollasse de Castelnaudary), la mollasse ludienne, sannoisienne et du Stampien inférieur ont en général un comportement hydrogéologique identique dans les grandes lignes.

La topographie de la partie du Lauragais occupée par les mollasses, avec sa multitude de vallées et thalwegs montre immédiatement la faible perméabilité du sol.

Ces formations mollassiques telles qu'elles ont été caractérisées plus haut avec des masses irrégulières, lenticulaires de marnes, de grès, de conglomérats ou de sables, s'imbriquant en biseau, ne présentent pas un comportement hydraulique homogène et ne se prêtent pas à l'existence des nappes aquifères importantes.

L'eau y circule capricieusement au hasard des lentilles sableuses dans lesquelles elle se localise. Ces poches aquifères ont toujours une extension limitée et les sources sont nombreuses mais de débit modeste, atteignant rarement 1 l/sec. A ces modes de gisements irréguliers viennent s'ajouter les conditions climatiques défavorables qui règnent dans le pays mollassique du Lauragais.

La mollasse est couverte par le sol caractéristique du Lauragais, le terrefort ; sol lourd, doué d'un fort pouvoir de rétention qui permet les cultures. Ainsi bien que, comme nous l'avons dit plus haut, il y ait une multitude de vallons et thalwegs, le ruissellement est faible et n'apparaît qu'après une forte pluie, ou quand le sol est déjà gorgé d'eau par de longues pluies fines. Par conséquent, au point de vue hydrologique, le phénomène capital est le sous-écoulement, capté au maximum par de nombreux puits creusés dans les points bas.

Le complément des puits se trouve dans la mare taillée dans la mollasse et alimentée par une petite source ou par le ruissellement direct.

En somme, il y a de l'eau à peu près partout sur les pentes et dans les points bas mais en faible quantité, à peine suffisante pour les besoins des fermes.

- La mollasse stampienne a un comportement analogue à celui que nous venons de décrire. La seule différence est que les grès et les sables qui se développent comme nous l'avons démontré (chapitre II) en couches continues individualisées entre des niveaux marneux, forment ainsi des aquifères plus continus mais de même importance en ce qui concerne les débits.

Enfin le calcaire du Briatexte du Stampien moyen présente des points d'eau à sa base mais leurs débits sont minimes en relation avec les surfaces d'affleurements peu étendues et l'épaisseur des bancs très restreinte.

4 - Les alluvions

Les alluvions caillouteuses anciennes des plateaux, quoique très perméables, ne présentent pas des dimensions géométriques suffisantes pour former un aquifère important. Des suintements ou des petites sources existent à leur base en contact avec le substratum mais leurs débits sont très faibles.

Il en est de même pour les alluvions anciennes inférieures et pour les anciens cônes de déjection.

Les alluvions anciennes du cône de déjection de Bram font pourtant exception à cause de leurs dimensions beaucoup plus importantes. Nous avons consacré à la nappe, qui se développe dans leur masse, une étude détaillée en vue d'examiner son utilisation éventuelle pour l'irrigation du périmètre projeté dans ce secteur.

- Les alluvions récentes limono-sableuses ou limono-argileuses provenant surtout du transport des produits du remaniement de la mollasse ne présentent pas une épaisseur suffisante pour recéler une nappe importante. Presque tous les puits qu'on y creuse trouvent le substratum à quelques mètres de profondeur. ESTIVAL et BLAYAC (133) avaient proposé pour l'alimentation en eau de Castelnaudary entre autres, la solution de rechercher l'eau dans la basse vallée du Tréboul supposant que les alluvions récentes devaient contenir une nappe phréatique d'un débit assez conséquent. Or d'après l'étude de la nappe de la région de Bram dont cette basse plaine fait plus ou moins partie il ressort que son potentiel en eau est très faible (voir plus loin sous-chapitre B).

En guise de conclusion nous présentons le tableau ci-après qui résume les observations qui précèdent. Le comportement hydraulique est défini en trois colonnes :

- une colonne concernant la perméabilité proprement dite de chaque formation ;
- une colonne estimant l'importance du gisement aquifère, de ses circulations et du débit ;
- une dernière colonne traitant des possibilités de cheminement en profondeur et de la création de nappes profondes (celles-ci feront l'objet d'une étude plus détaillée au sous-chapitre C).

FORMATIONS GEOLOGIQUES

EPOQUE	ETAGE	NATURE LITHOLOGIQUE
QUATERNAIRE	Quaternaire récent	Alluvions récentes
	Quaternaire ancien	Alluvions anciennes Cônes de déjection Cailloutis des plateaux
OLIGOCENE	Stampien supérieur	Mollasse
	Stampien moyen	Marno-calcaire lacustre de Briatexte
	Stampien inférieur	Mollasse
	Sannoisien	Mollasse
EOCENE	Ludien	Mollasses et calcaires lacustres
	Bartonien	Mollasse de Castelnaudary
	Lutétien supérieur et moyen	Mollasse et grès d'Issel
	Lutétien moyen (région orientale)	Calcaires et marnes de Ventenac
	Lutétien inférieur Yprésien (région de l'Est de Villespy)	Calcaires, marnes, grès et sables nummulitiques
	Lutétien inférieur Yprésien (région de l'Ouest de Villespy)	Graviers d'Issel
	Sparnacien	Argiles, grès et sables
	Thanétien	Calcaire lacustre de Montolieu
	Montien	Argiles, conglomérats, grès et sables
PRIMAIRE ET ANTE-CAMBRIEN DE LA MONTAGNE NOIRE		Granites et gneïss
	Georgien supérieur	Calcaires métamorphiques
	Cambrien et Antécambrien	Schistes métamorphiques et cristallins et quartzites

COMPORTEMENT HYDRAULIQUE

PERMEABILITE	NAPPES AQUIFERES	INFILTRATIONS EN PROFONDEUR
Perméables	Peu importantes	-
Très perméables	Peu importantes sauf dans le cône de déjection de Bram	-
Imperméable avec plusieurs niveaux semi-perméables	Morcelées et peu importantes	-
Peu perméable	Très faibles circulations localisées	-
Imperméable avec quelques passages semi-perméables	Morcelées et peu importantes	-
Imperméable avec quelques passages semi-perméables	Morcelées et peu importantes	-
Imperméable ou peu perméable	Morcelées et peu importantes	-
Imperméable avec passages semi-perméables	Morcelées et peu importantes	-
Semi-perméable avec passages imperméables	Morcelées mais relativement plus importantes que pour la mollasse bartonienne	Très faibles
Peu perméables	Très peu importantes	-
Perméables en grand localement	Circulations karstiques localisées et aquifères dans les grès et sables relativement peu importants	Relativement faibles
Très perméables	Les infiltrations se perdent en profondeur	Importantes
Imperméables avec niveaux semi-imperméables	Morcelées et peu importantes	Très faibles
Perméable en grand	Circulations karstiques localisées	Faibles
Peu perméables	Morcelées et peu importantes	Très faibles
Imperméables, perméables en surface (arènes)	Morcelées, localisées en surface et peu importantes	-
Très perméables en grand	Circulations importantes	Importantes
Imperméables, perméables seulement dans le manteau de démantèlement	Morcelées et localisées en surface, peu importantes	-

B. - LA NAPPE PHREATIQUE DE BRAM

Ainsi que l'étude des caractéristiques hydrauliques des diverses formations géologiques vient de le montrer, une nappe phréatique, pouvant avoir quelque intérêt, était à priori susceptible d'exister dans les alluvions anciennes de la région de Bram.

Par ailleurs cette région étant propice à l'établissement d'un premier périmètre d'irrigation, l'étude de cette nappe fut entreprise pour reconnaître si elle pourrait fournir les 250 à 300 l/sec souhaités pour cette opération.

Généralités sur le périmètre

Le périmètre de Bram-Villasavary-Pexiora (fig. 20), est limité au Nord par le Canal du Midi puis le Tréboul et le Fresquel, à l'Est le cours de Rebenty, au Sud les coteaux portant Villesisclé, Villasavary et Laurabuc, à l'Ouest la ligne passant par Laurabuc, Pexiora et Villepinte. Ainsi défini ce périmètre occupe la partie centrale du couloir audois dont la monotonie est rompue par l'avancée du coteau de Villesisclé, la butte de Pech Redon, et au Nord le relief très surbaissé de Moussangui - Portoy.

Deux cours d'eau, le Rebenty surtout, et pour une moins grande part le ruisseau de Preuille, assurent le drainage naturel de ce secteur qui est artificiellement complété par de nombreux canaux.

Les conditions climatiques, bien qu'on ne dispose pas pour les stations locales (Bram et Villasavary) des données pour un grand nombre d'années, sont intermédiaires entre le Lauragais central, région de Castelnaudary, et le Carcassonnais : en ce qui concerne la pluviométrie on peut retenir le chiffre de 680 mm par an se répartissant sur 90 jours.

LES TERRAINS

Il faut considérer d'une part la mollasse bartonienne de Castelnaudary qui constitue le substratum général de la région, mais dont certains niveaux peuvent être aquifères, et d'autre part les alluvions.

La mollasse bartonienne de Castelnaudary

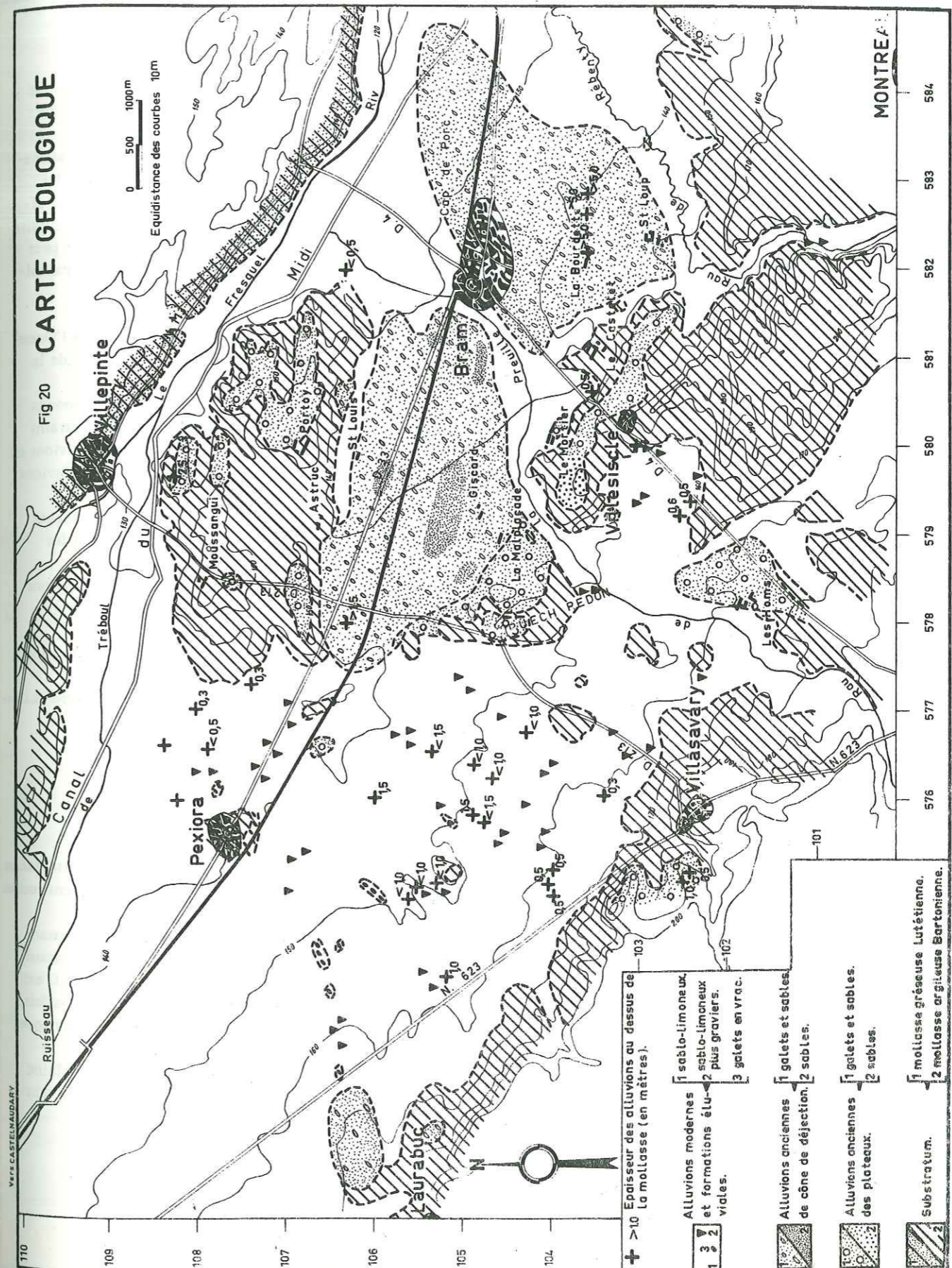
Ainsi qu'on l'a vu (chapitre II) cette mollasse est formée de niveaux lenticulaires imbriqués, tantôt argileux, tantôt sablo-gréseux, mais jamais un de ceux-ci ne constitue une couche continue franchement étanche ou au contraire perméable et par suite aquifère. En surface, les affleurements de mollasse sont couverts par les produits de désagrégation de celle-ci, produits fins trop peu évolués chimiquement pour pouvoir être considérés comme une altération : l'épaisseur de cette couverture ne dépasse jamais quelques mètres et croît du haut vers le bas du versant.

Cette mollasse bartonienne de Castelnaudary affleure (voir carte géologique fig. 20) dans les coteaux nord (plus mollasse lutétienne) et sud du couloir audois, et on la retrouve à Pexiora, dans le relief surbaissé de Moussangui-Portoy et à Pech-Redon ; à l'Ouest de l'alignement Pech Redon-Moussangui elle forme une série de petites buttes et d'une façon générale dans tout ce secteur elle est à faible profondeur sous la couverture d'alluvions modernes.

Les alluvions

Nous avons distingué des alluvions anciennes se divisant en alluvions de plateau et cônes de déjection et des alluvions modernes. Nous avons étudié en détail leur constitution, répartition et origine dans le chapitre II. Nous rappellerons ici l'essentiel pour suivre l'étude hydrogéologique de cette région.

- Les alluvions anciennes sont formées de galets et de sables. Les galets, en général de taille moyenne, sont constitués de quartz, de quartzite, de gneiss, de schiste, de calcaire et de grès. Les sables gris clair, siliceux, présentent une stratification entrecroisée qui dénote un transport fluvial. Les sables et galets sont répartis en niveaux alternativement sableux et sablo-graveleux correspondant aux périodes tranquilles ou torrentielles des anciens cours d'eau.



Les alluvions anciennes des plateaux forment des placages peu épais (1,50 m à 2,00 m) au-dessus de la cote 145 ; elles constituent de petits affleurements sur le relief surbaissé de Moussangui-Portoy et on les retrouve au Nord Est de Pech Redon, à Villesiscle et plus au Sud vers les Horns.

Les alluvions anciennes du cône de déjection de Bram s'étalent autour de ce village sous la cote 145 en un affleurement coupé en deux, mais seulement en surface, par les alluvions modernes de la Preuille. A l'Ouest de Bram, les alluvions limitées presque partout par des sorties du substratum ne peuvent avoir une extension plus grande que leur affleurement ; leur épaisseur ne semble pas être bien grande dans ce secteur (2 m à Giscard). A l'Est de Bram au contraire ces alluvions anciennes peuvent se poursuivre quelque peu sous les alluvions modernes du Rebenty : leur épaisseur peut atteindre 11 m au Sud Est de Bram et doit en moyenne dépasser 5 m, profondeur où les gravières ont arrêté leur exploitation au niveau de la-nappe aquifère.

- Les alluvions modernes* ont une très grande extension et couvrent pratiquement toute la plaine à l'Ouest de la route de Villepinte à Villasavary ; dans la région de Bram et plus à l'Est elles sont cantonnées dans les lits de la Preuille et du Rebenty.

Ces alluvions modernes sont essentiellement fines, formées de limons sableux ou argileux et de sables limoneux avec parfois quelques graviers ; elles représentent le matériau de transport des éléments de décomposition des terrains argilo-gréseux mollassiques constituant la bordure et le fond de la dépression. Quelquefois, à la base de ces alluvions on note un mince niveau de graviers formé certainement à une époque plus ancienne et dû au remaniement des alluvions anciennes qui se trouvent en amont.

L'épaisseur de ces alluvions modernes est faible. Dans toute la zone ouest le substratum mollassique est souvent visible dans les tranchées et les fossés des routes et au fond des mares, et on le retrouve dans toutes les bosses et les coteaux ; l'épaisseur de ces alluvions varie de quelques dizaines de cm à un maximum de 2 m.

Dans la région orientale leur épaisseur est aussi peu importante. Elles couvrent d'une fine pellicule les alluvions anciennes et leur puissance maximum se trouve le long de la Preuille et du Rebenty où elle peut atteindre plusieurs mètres près du confluent avec le Fresquel.

Sur les bords du couloir ces alluvions modernes diminuent d'épaisseur et passent latéralement à la décomposition de surface du substratum avec laquelle elles se confondent.

La figure 21 résume ce qui précède et montre les relations entre les différentes formations alluviales et entre celles-ci et le substratum.

LA NAPPE PHREATIQUE

Modes de gisement - Alimentation

Cette nappe, ainsi que nous l'avons dit, peut être contenue dans les niveaux perméables de la mollasse bartonienne et surtout dans les alluvions anciennes du cône de déjection de Bram. Eu égard aux différences lithologiques de ces roches magasins, la nappe aura dans chacune un comportement particulier.

Dans la mollasse bartonienne les niveaux perméables sablo-gréseux se présentent en lentilles irrégulières passant latéralement à des formations argileuses ou marneuses imperméables. L'eau circulera donc capricieusement au hasard des passages sableux et finalement formera une nappe discontinue et de capacité limitée. Il est peu de points où il est absolument impossible de trouver de l'eau, mais en raison de l'hétérogénéité de la mollasse deux puits voisins (parfois dans la cour de la même ferme) pourront avoir des caractéristiques très différentes au point de vue cotes piézométriques et vitesses de tarissement.

L'alimentation de la nappe phréatique dans la mollasse est d'abord assurée par le propre impluvium de la plaine où les alluvions modernes de faible épaisseur laissent les eaux pénétrer lentement dans les niveaux perméables du subs-

* - Au sens large du mot, car ces alluvions sont mélangées avec les éluvions et les colluvions.

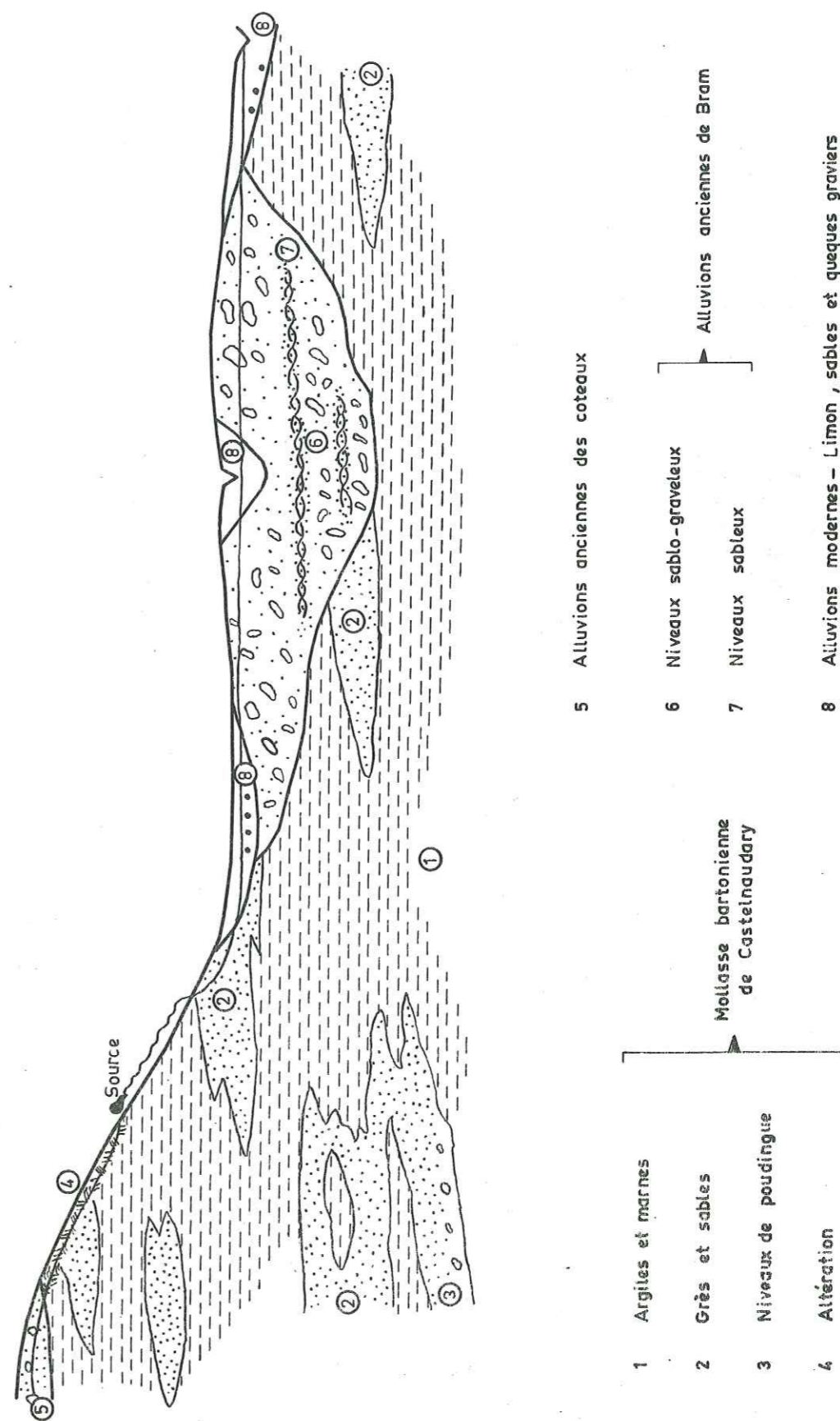


Fig 21 - SCHEMA DES RELATIONS DES FORMATIONS AQUIFERES DE LA REGION DE BRAM

tratum. Y participent ensuite les coreaux marginaux où les eaux de pluie, après avoir percolé dans les terrains de désagrégation, soit sortent en source au contact des argiles, soit rencontrent un niveau sableux et y pénètrent pour rejoindre la nappe de la plaine. Mais ces sables sont fins et par suite les pertes de charges importantes et les vitesses de circulation lentes : celles-ci favorisent l'évapotranspiration dans les zones où la nappe est proche du sol.

La figure 21 montre également ce dispositif d'alimentation et d'écoulement.

Dans les alluvions anciennes de Bram formées de galets et de sables, donc très perméables, la nappe phréatique est beaucoup plus régulière. Mais nous avons vu que cette formation a une existence assez limitée et que son épaisseur n'est jamais très forte avec un maximum de 11 m au Sud Est de Bram, en moyenne supérieure à 5 m dans la partie orientale et de 2-3 m à l'Ouest de Bram*. Par ailleurs son alimentation est réduite à son propre impluvium assez exigü et à quelques apports latéraux de la mollasse. Ses possibilités en sont par suite assez réduites.

Carte des courbes isopiézométriques

Cette carte (fig. 23) a été établie à partir des renseignements fournis par l'inventaire de 159 points d'eau sur le plan directeur au 1/25 000 (fig. 22). Les cotes du plan d'eau ne sont connues qu'avec une certaine approximation car les cotes au sol des points d'eau ont été calculées par extrapolation du fond topographique : l'erreur ne doit cependant pas dépasser 0,50 m. Par ailleurs les mesures ont été effectuées pendant une période de 23 jours (du 27 février au 21 mars 1968) sans variations climatiques considérables, en sorte que les courbes gardent leurs secteurs à comportements hydrauliques différents :

- un secteur autour de Bram avec des courbes assez espacées et assez régulières qui montrent une perméabilité élevée ;
- un secteur occupant tout le reste du périmètre où les courbes beaucoup plus rapprochées et sinueuses indiquent un écoulement lent avec des pertes de charges élevées dans un milieu peu perméable.

Ces faits confirment donc les premières constatations basées sur les données purement géologiques qui nous avaient conduit à distinguer la nappe dans les alluvions anciennes de Bram d'une part, et dans la mollasse d'autre part.

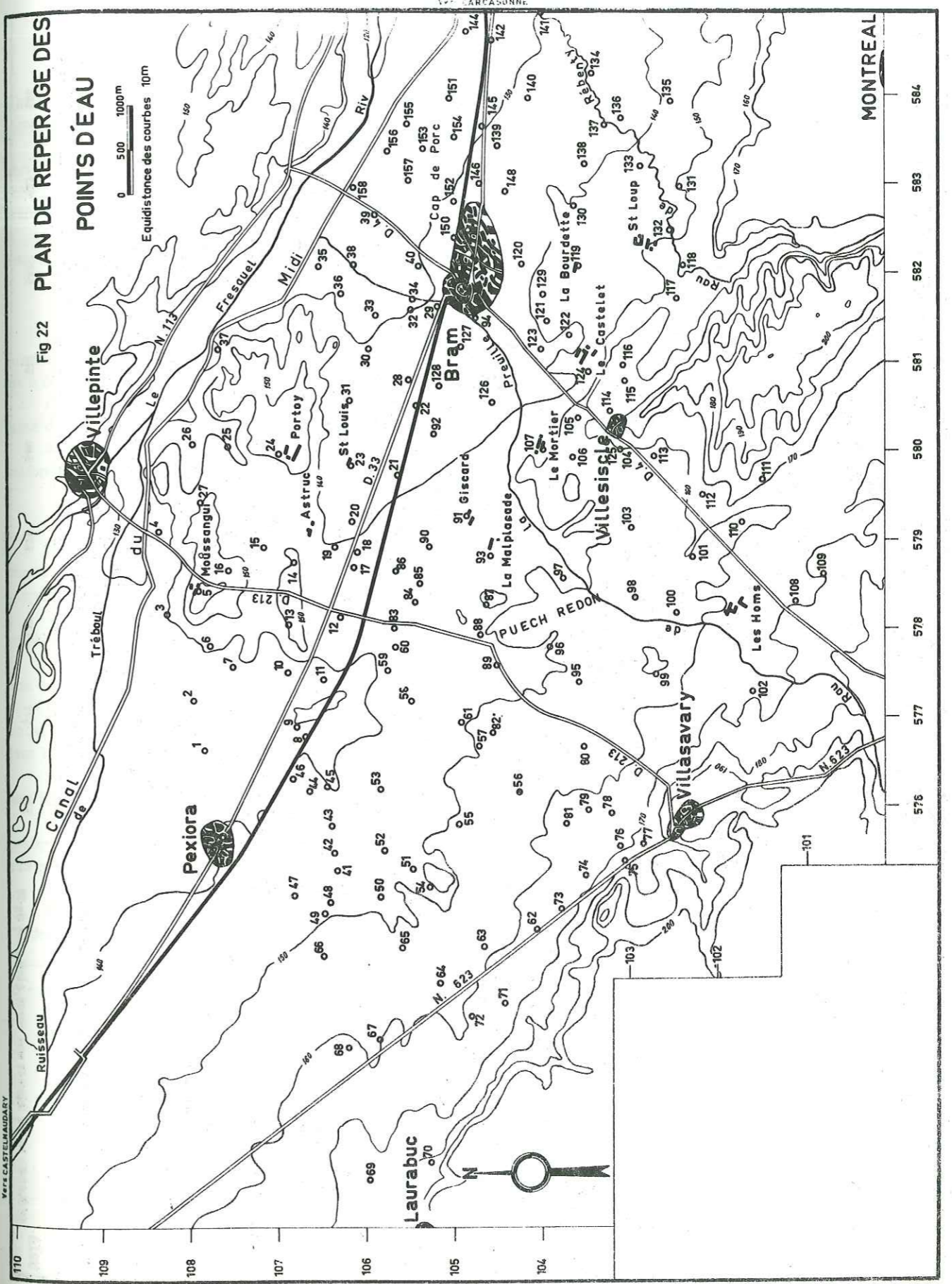
L'examen de cette carte montre également que d'une façon générale les courbes isopiézométriques se moulent sur les courbes de niveau du terrain naturel et que l'écoulement général est du Sud vers le Nord.

Enfin on distingue une ligne souterraine de partage des eaux, grossièrement orientée nord-sud, qui coïncide avec une remontée du substratum. Cette ligne descend des coteaux de la bordure méridionale, passe par la butte du Pech Redon et suit la route de Villasavary à Villepinte jusqu'au coteau de Moussanguï qui distribue périphériquement les eaux reçues par son impluvium. A l'Ouest de cette ligne, l'écoulement s'organise vers le Nord vers la vallée du Fresquel ; à l'Est de cette même ligne les eaux coulent vers le Nord Est pour suivre ensuite la vallée du Fresquel à l'aval de Bram.

Dans le secteur autour de Bram les courbes presque parallèles indiquent un écoulement plus ou moins rectiligne. Il y a pourtant quelques anomalies : ainsi le resserrement des courbes dans la région de la Bourdette-Saint Loup au Sud Est de Bram et aux environs de Giscard à l'Ouest de la même localité, ou une certaine convexité orientée vers l'aval et provoquant un écoulement divergeant vers Cap de Porc au Nord Est de Bram, peuvent s'expliquer par une remontée locale du substratum ou par la présence d'un horizon moins perméable dans les alluvions. Par ailleurs, en bordure des coteaux mollassiques, c'est-à-dire dans les zones où ce substratum est à faible profondeur les courbes isopiézométriques se resserrent : ceci s'observe bien dans la région Saint-Louis Astruc au Nord Ouest de Bram et dans la région Malplacade-Le Mortier-Le Castelet au Sud Ouest de la même localité.

Dans tout l'autre secteur, où la nappe phréatique est dans la mollasse, les anomalies sont fréquentes mais s'expliquent aisément par le fait que l'écoulement est guidé par les niveaux grés-sableux puis freiné ou contrarié par la rencontre

* - Le substratum mollassique se présente ici à cause des différences des perméabilités comme un fond pratiquement imperméable. Cependant à l'approche des coteaux où les alluvions diminuent en puissance il semble que la nappe se développe aussi dans les mollasses sous-jacentes.



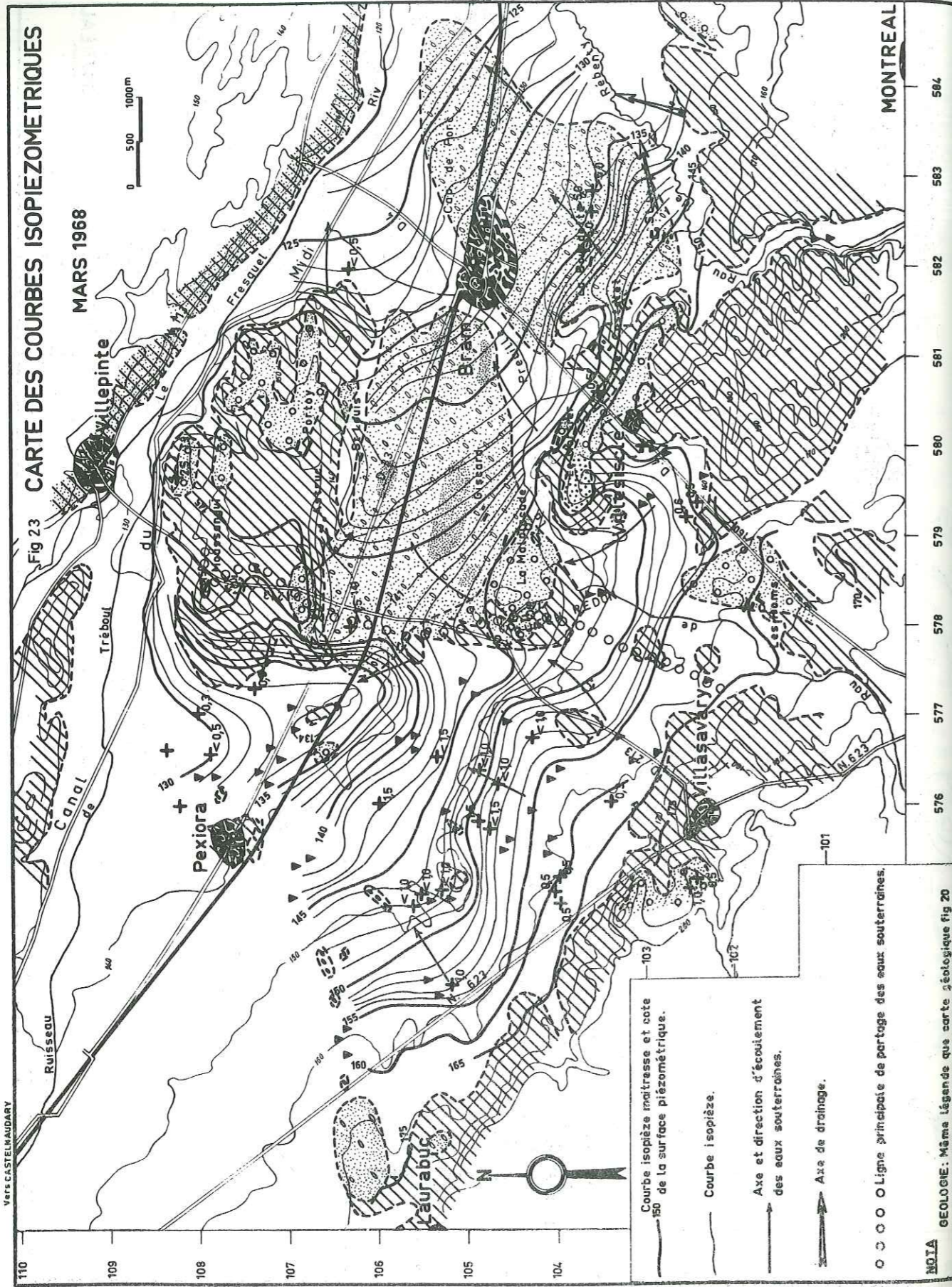


Fig. 23. MARS 1968. CARTE DES COURBES ISOPIEZOMETRIQUES. MONTREAL. GEOLOGIE. Meme légende que carte géologique fig 20

d'horizons moins perméables ou franchement imperméables : il faut par conséquent considérer que la carte a dans ce secteur une valeur surtout indicative et moins absolue que dans le secteur de Bram.

Les cours d'eau superficiels, et en particulier la Preuille, ne semblent pas avoir d'influence notable sur la nappe : ceci provient peut-être du fait que leurs lits sont colmatés par les alluvions fines qu'ils charrient. Toutefois pour le Rebenty, dans le secteur à l'Est de Saiht-Loup, la convexité des courbes vers l'amont paraît indiquer un certain drainage.

En ce qui concerne le Canal du Midi, et tout au moins pendant la période de nos observations, son plan d'eau restait perché au-dessus de la nappe et ne s'équilibrait pas avec celle-ci.

Profondeur de la nappe sous le sol

La carte (fig. 24) donne en zones la profondeur de la nappe sous le sol. Comme pour la carte des courbes isopiézométriques cette carte n'a qu'un caractère indicatif pour le secteur mollassique où la nappe à des points très voisins est à des profondeurs très variables suivant la nature lithologique du sous-sol.

Dans le secteur de Bram, la profondeur de la nappe paraît être en relation directe avec l'épaisseur des alluvions faute d'alimentation suffisante.

Par ailleurs à l'approche des coteaux mollassiques on note également que la nappe se trouve en général assez profonde à cause de l'écoulement de l'eau vers les points bas situés plus loin.

Variation des niveaux de la nappe

Nous n'avons pas des données quantitatives suffisantes sur cette question. Cependant, eu égard à l'alimentation locale et l'exiguïté des impluviums, à la nature des couches et aux conditions climatiques, on peut penser que cette nappe doit présenter au cours de l'année de nombreuses variations.

L'abaissement général de la nappe en été, qui provoque le tarissement d'un grand nombre de puits, semble être un phénomène annuel que confirme bien l'opinion ci-dessus.

Par ailleurs l'évapotranspiration est certainement importante et a même entraîné dans certains secteurs, la formation des encroûtements et croûtes.

Ces croûtes ont été observées de part et d'autre de la route D. 33 de Bram à Pexiora, près de Bram où la nappe se trouve à moins d'un mètre sous le sol, donc dans des conditions favorables pour l'évaporation. Elles se trouvent en vrac dans le champ, amenées en surface par le labour *.

Afin de préciser nos idées sur les variations de la nappe une deuxième série de mesures fut effectuée du 15 au 21 juin 1968 : la nouvelle carte des courbes isopiézométriques dressée à partir de ces mesures est représentée à la fig. 25.

Dans l'ensemble, les courbes isopiézométriques gardent la même allure générale, mais le niveau d'eau, sauf quelques exceptions, est à une cote plus élevée qu'au mois de février. Ceci est d'ailleurs tout à fait normal car les mesures de juin ont été précédées par la période des pluies de printemps.

Pour l'année 1968, il semble donc que l'étiage n'ait commencé qu'à partir du mois de juillet.

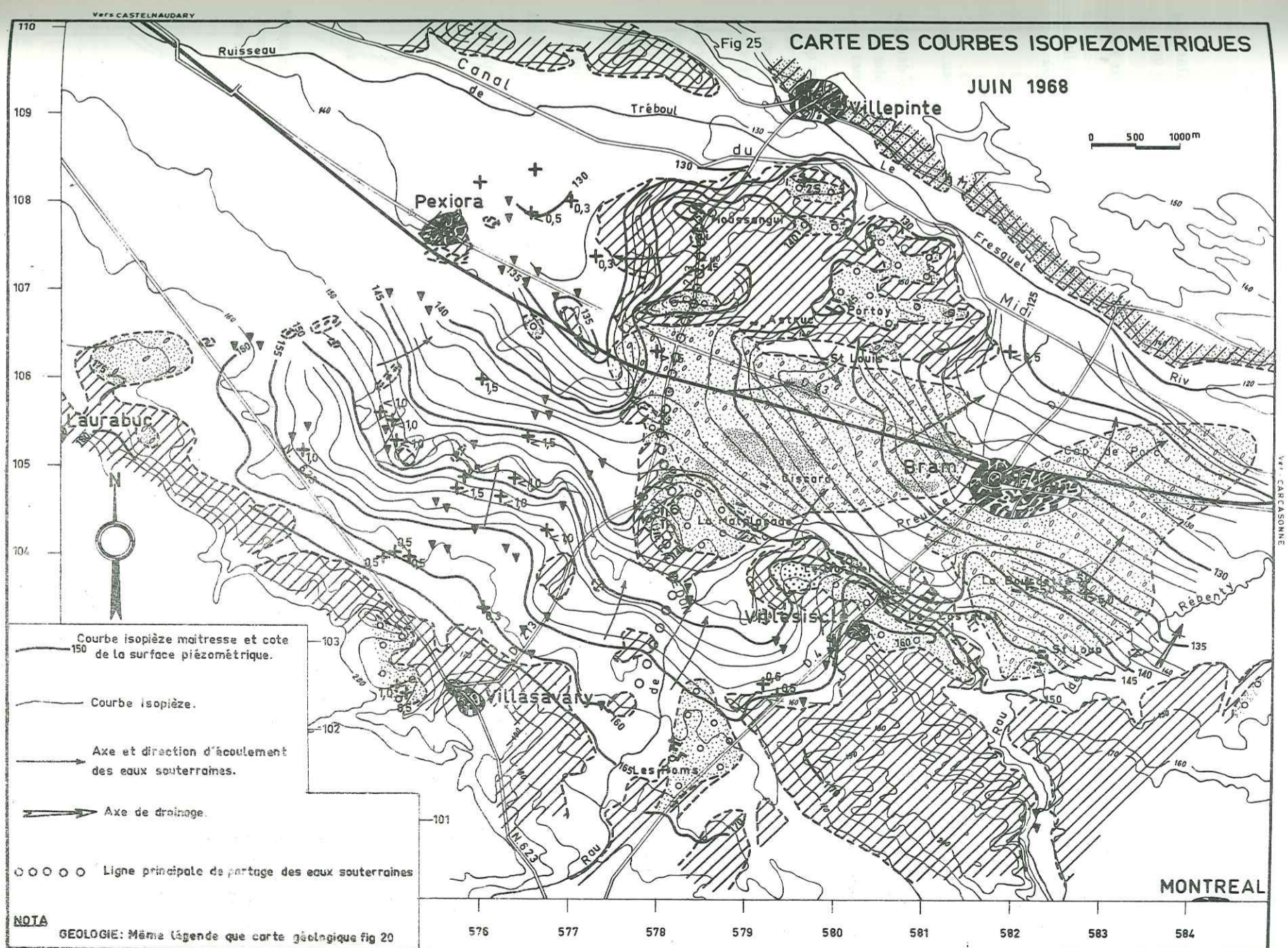
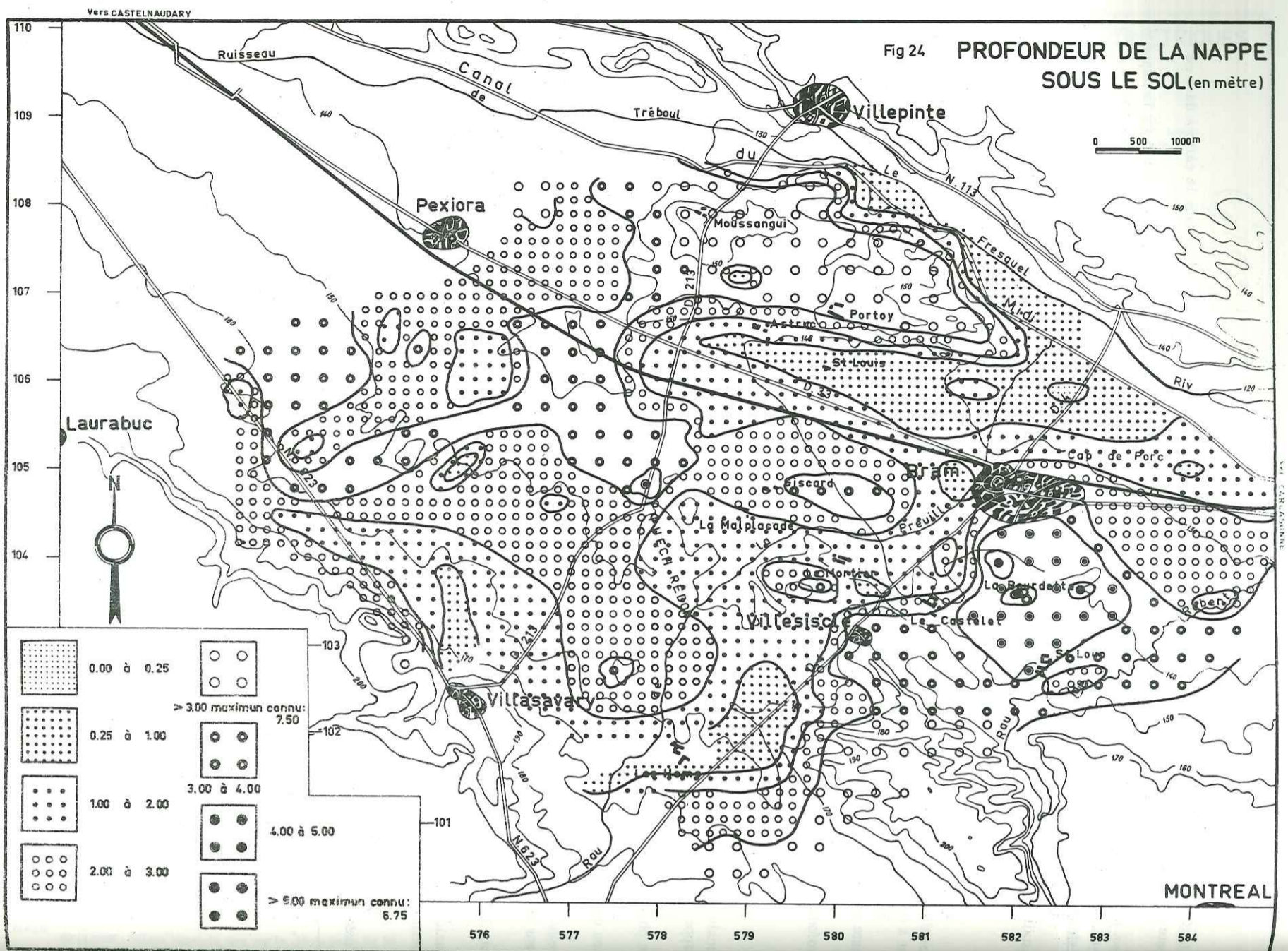
Cette remontée enregistrée en juin est beaucoup plus marquée pour la nappe dans la mollasse, où elle est de l'ordre de 1 m avec quelques maximums de 2 à 3 m, que pour la nappe dans les cailloutis de Bram. Ceci s'explique

* - Nous rappelons que les encroûtements calcaires sont des formations de sols où le calcaire provenant des éléments dissous dans l'eau remonte par capillarité et cimente les éléments du sol original en le transformant en un grès plus ou moins fin suivant la texture du matériau encroûté.

Ce processus détaillé dépend des lois de la dissolution calcaire dans l'eau qui sont fonction du niveau de la nappe et des conditions climatiques extérieures. A cause de ces conditions les croûtes se développent toujours à une certaine profondeur de la surface.

Ce phénomène est assez courant pour les pays chauds mais assez rare en France où l'échauffement nécessaire ne peut atteindre généralement plus d'un mètre.

Les croûtes proviennent d'un remaniement de ces encroûtements par dissolution et redépôt de la matière calcaire qui donne une texture rubanée.



par les perméabilités différentes de ces deux formations : dans la mollasse peu perméable et aux éléments très fins l'eau trouve peu de vides et par ailleurs l'attraction et la rétention de l'eau sur les grains sont infiniment plus grandes que dans les formations sablo-graveleuses de Bram.

L'étiage 1968 fut ensuite marqué par une baisse très nette de la nappe qui dès le mois de septembre laissait à sec le fond des carrières de sable de la région de Bram.

Enfin à la suite des longues et fortes pluies de l'hiver 1968-69, la nappe remontait fortement et à partir de fin février début mars 1969 affleurait en plusieurs points, en particulier dans la partie ouest des alluvions de Bram où celles-ci présentent une faible puissance.

Teneurs en sulfates

Des analyses chimiques ont été effectuées sur 109 échantillons prélevés lors de l'inventaire des points d'eau. Ces analyses font apparaître pour certains points des teneurs assez élevées en sulfates.

Tout d'abord il paraît vraisemblable que ces sulfates proviennent de lessivage des niveaux gypseux qui se développent dans les formations ludiennes affleurant au Sud et au Sud Ouest du couloir audois et qui sont bien connus plus à l'Ouest au Mas Saintes-Puelles ; il n'est d'ailleurs pas exclu que du gypse diffus apparaisse déjà dans les mollasses bartoniennes qui constituent le revers sud de ce couloir.

Sur les cartes des figures 26 et 27 nous avons figuré les zones à fortes teneurs en sulfates. Il faut remarquer que ces zones se rattachent bien au versant méridional où affleurent les séries ludiennes et que ces zones disparaissent vers le Nord, en particulier vers le secteur des alluvions de Bram où les fortes perméabilités sont favorables à la dilution. Ailleurs on peut noter des anomalies qui peuvent correspondre à des concentrations causées par la présence de niveaux moins perméables.

Les variations des teneurs en sulfate (tableau ci-après) montrent des faibles variations, et en général un taux plus élevé pour la période de juin. Mais dans l'ensemble ces variations ne sont pas importantes (sauf pour quelques points singuliers) et les zones de teneur en sulfate élevée ne se déplacent pas.

Les débits

D'après les renseignements que nous avons pu obtenir au cours de l'inventaire et pendant l'étude sur le terrain, les débits des puits sont toujours très modestes.

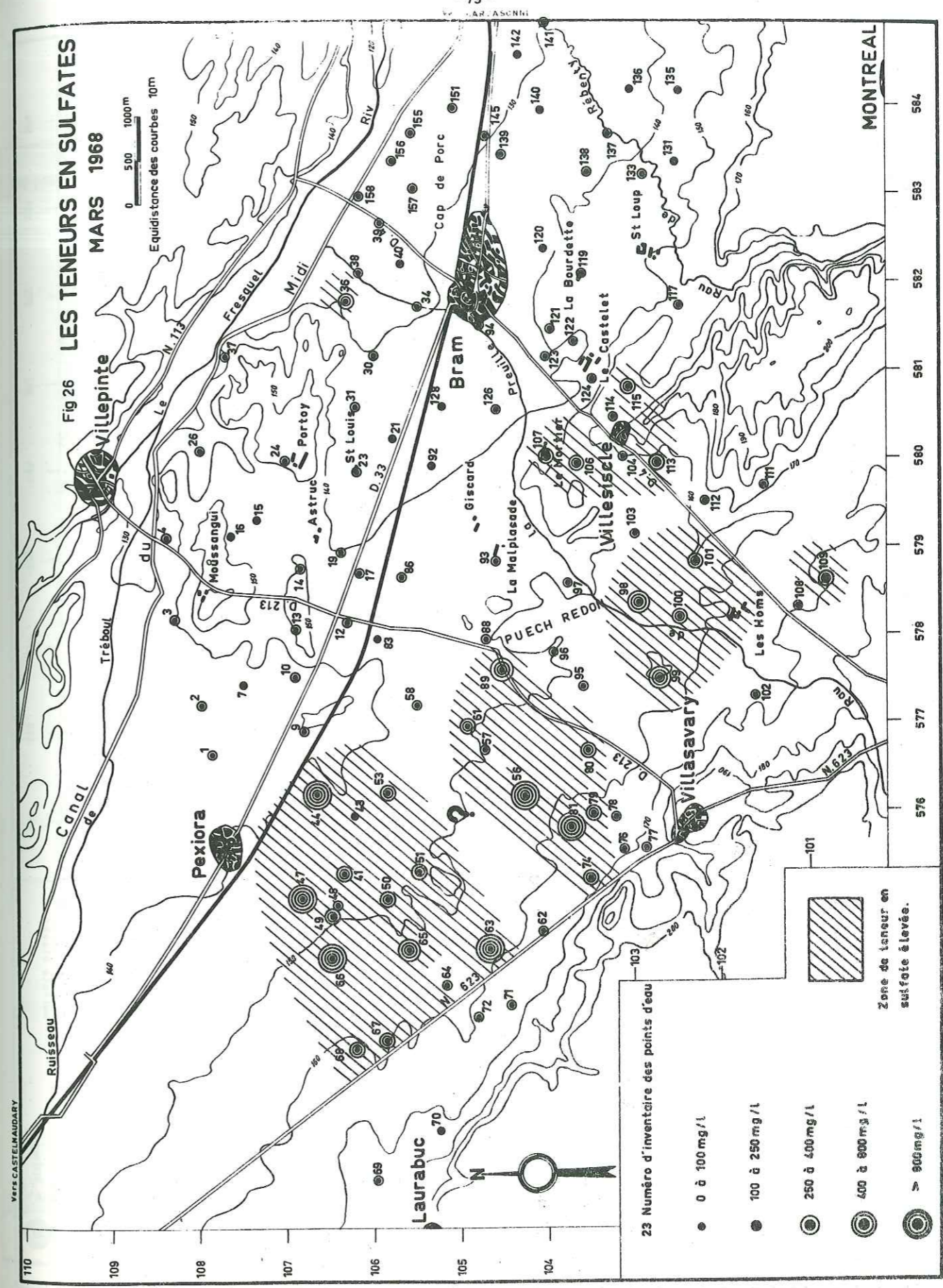
Dans la mollasse les points d'eau tarissent souvent en été ou après des pompages quelque peu importants : le débit le plus élevé enregistré paraît être de 2,5 l/sec pour un puits situé près de Villesisclé.

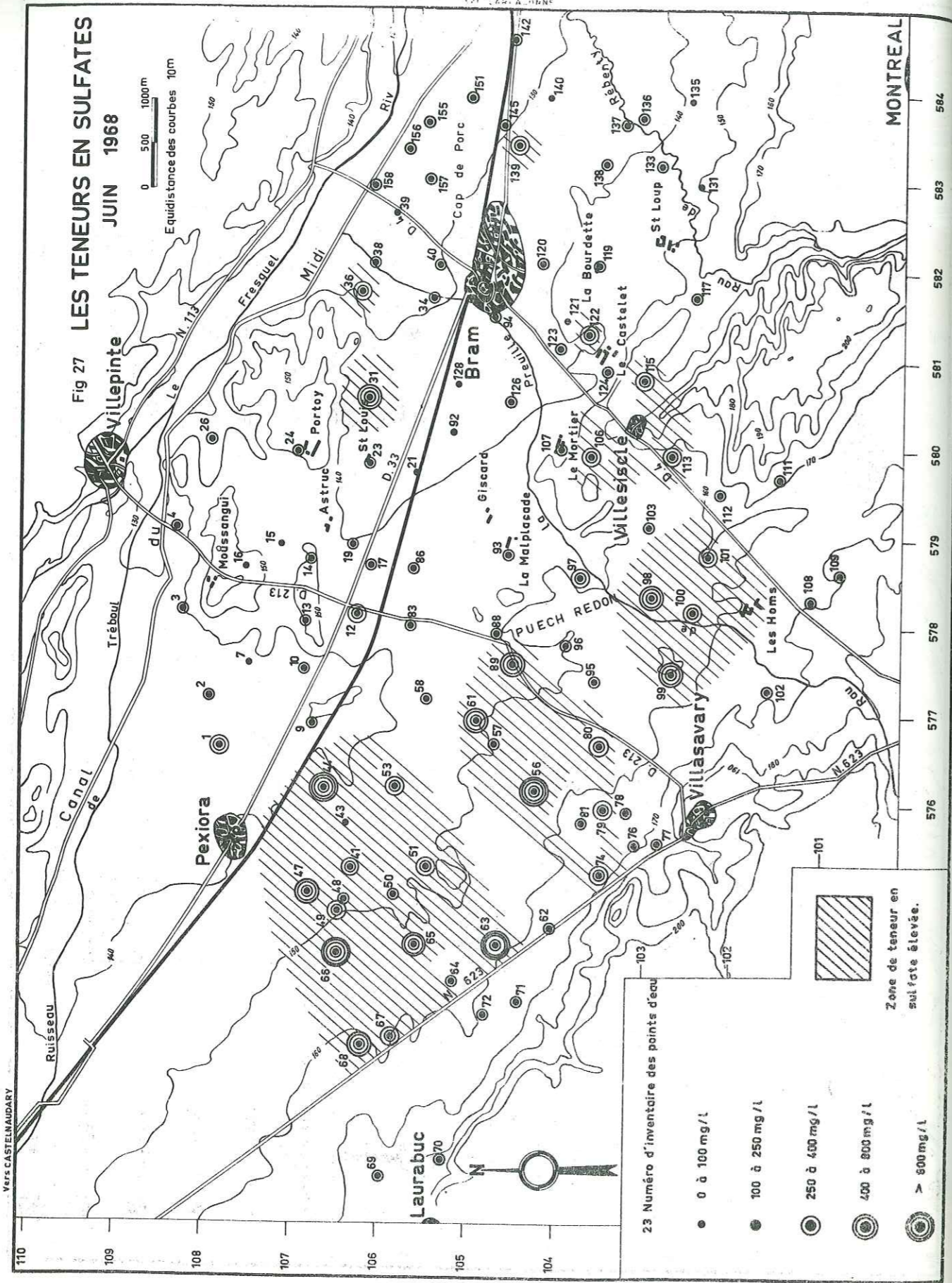
Dans les alluvions anciennes de Bram plusieurs puits avec des rabattements divers atteignent un débit de 10 l/sec mais ce chiffre paraît difficile à dépasser compte tenu de la tranche exploitable.

CONCLUSIONS

Dans la mollasse bartoniennne la nappe phréatique est très morcelée au gré des niveaux sablo-gréseux dont aucun ne représente une réserve de quelque importance.

Les alluvions anciennes de Bram constituent un ensemble très perméable, mais dont l'alimentation ne peut assurer le remplissage total. On pourrait peut-être par une série de puits obtenir un débit instantané important (sans pour cela atteindre le chiffre souhaité) mais ce débit serait vraisemblablement fugace et de toutes façons ne serait acquis qu'au détriment des exploitations actuelles.





TENEURS EN SULFATES

N° du point d'eau	Teneur en sulfate (mg/l)	
	MARS 1968	JUIN 1968
1	243	262
2	109	189
3	119	138
4	102	120
7	90	80
9	128	55
10	171	198
12	183	259
13	200	210
14	122	190
15	63	83
16	87	95
17	177	135
19	135	126
21	100	91
23	134	116
24	105	143
26	123	160
30	161	-
31	206	402
34	129	110
36	266	270
37	142	-
38	191	155
39	220	34
40	93	102
41	266	277
43	48	48
44	1207	1149
47	844	698
48	167	197
49	314	329
50	327	216
51	361	340
53	377	372
56	1126	1222
57	126	155
58	129	141
61	330	407
62	150	131
63	1101	1028
64	225	215
65	574	575
66	1034	1183
67	277	296
68	243	432
131	71	93
133	132	174
135	68	86
136	96	135
137	232	204
138	117	129
139	205	262
140	69	96
141	133	-

N° du point d'eau	Teneur en sulfate (mg/l)	
	MARS 1968	JUIN 1968
69	178	165
70	91	102
71	133	150
72	205	231
74	377	387
76	184	225
77	142	151
78	234	198
79	269	307
80	322	301
81	901	110
83	93	106
86	186	194
88	173	190
89	489	466
92	56	95
93	105	107
94	166	240
95	196	209
96	169	213
97	240	272
98	512	537
99	435	430
100	254	276
101	265	264
102	210	210
103	195	193
104	247	-
106	304	325
107	288	174
108	141	176
109	383	199
111	168	182
112	137	121
113	278	334
114	114	-
115	254	261
117	164	177
119	126	134
120	91	107
121	112	100
122	227	257
123	144	149
124	217	212
126	121	137
128	83	91
142	91	105
145	104	150
147	102	98
151	181	193
155	114	214
156	127	144
157	133	160
158	171	170

C. - NAPPES PROFONDES

Le tréfond de la dépression du Lauragais est constitué par les terrains anciens, qui se relèvent vers le Nord pour former le massif de la Montagne Noire. Sur ce substratum profond se sont déposés les terrains tertiaires dont les caractères hydrogéologiques ont été examinés plus haut. Ces formations, comme nous le savons, affleurent largement sur la bordure de la Montagne Noire et reçoivent une pluviométrie plus importante que celle du centre du Lauragais. Ces formations ont d'autre part un pendage général vers le Sud Sud Ouest et plongent sous la mollasse plus ou moins argileuse du Bartonien qui occupe la dépression centrale du Lauragais. Cette structure était à priori favorable à la création d'une nappe aquifère en charge sous la dépression de Castelnaudary. Les formations les plus importantes et les plus perméables susceptibles de contenir une telle nappe sont les graviers d'Issel * pour la partie centrale de la dépression et les calcaires nummulitiques pour la partie orientale.

Depuis le début du siècle un certain nombre de travaux des forages nous ont permis de compléter nos connaissances sur cette nappe.

Partie centrale

LEYMERIE en 1866 exprimait l'opinion que l'on trouverait l'eau artésienne près de Castelnaudary vers 150 m de profondeur. Ainsi vers 1895 un forage fut entrepris dans la propriété des Cheminières sise à 3 km environ au Sud Est de Castelnaudary (S1 de la figure 28), et achevé en 1900.

A la profondeur de 395 m un arrêt de perforation a permis d'observer un débit de 8 à 10 l/jour rapidement réduit à 4-5 l/jour **. La poursuite des travaux devait emmener à 420 m de profondeur un débit de 320 l/minute qui jaillissait jusqu'à 18 m au-dessus du sol. Le forage a été arrêté à cette profondeur ; son débit est actuellement de 180 l/minute.

Ce forage avait traversé jusqu'à 314 m de profondeur des couches argileuses que ROUSSEL en une note inédite de 1899 *** rapporte aux couches du Mas Saintes-Puelles (Ludien). En réalité, il s'agit de la mollasse de Castelnaudary (Bartonien), pratiquement imperméable.

De 314 à 409 le forage a recoupé des bancs de grès tendres mollassiques avec des lits d'argile sablonneuse intercalés. Cependant la finesse du grain et surtout la diversité de taille des grains de cette mollasse et la présence d'argile sont la cause du faible débit de la nappe rencontrée à 395 m et mentionnée plus haut.

A partir de 409 mètres de profondeur, le forage a percé des grès durs.

Cette dernière formation a fait l'objet de diverses interprétations en ce qui concerne son origine.

Ainsi d'après ROUSSEL, dans la même note inédite, il s'agirait de mêmes grès que ceux qui affleurent à Issel. Autrement dit ces grès appartiendraient à la base de la mollasse du Lutétien supérieur (grès d'Issel). Mais le même auteur, dans une note publiée cette fois en 1900 (94) écrit : "... vers 400 m on a rencontré des grès plus durs et des lentilles de calcaire lacustre : c'était les grès d'Issel. Enfin à la profondeur de 418 m environ on est arrivé à l'assise des graviers et à 420 m une colonne d'eau s'est élevée...".

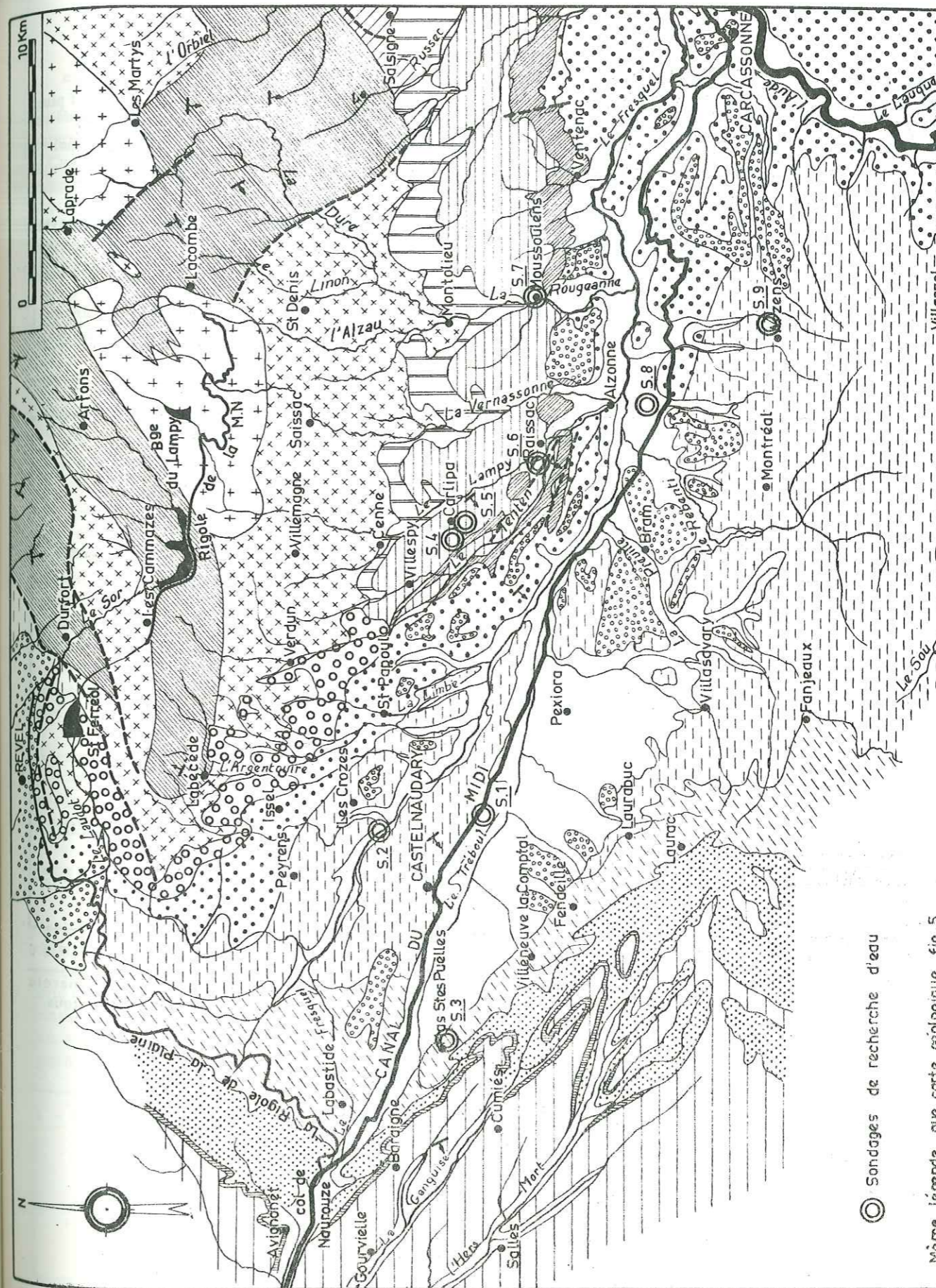
MENGAUD (80, 82, 83) et DENIZOT (132) croient au contraire que les grès appartiennent à l'Yprésien - Lutétien inférieur "au faciès détritique qui représente les couches inférieures du "Nummulitique" au Nord Est de Castelnaudary en couverture des schistes cristallins de la Montagne Noire". Il s'agit donc d'après eux d'un niveau du grès dans la formation des graviers d'Issel.

L'eau sortait à une température de 31°C et laissait dégager de nombreuses bulles de gaz. Elle est fortement minéralisée, sulfatée, sodique, chlorurée, magnésienne, calcique. Elle n'est pas potable et est seulement utilisée pour

* - Les graviers d'Issel n'étaient pas considérés par ESTIVAL et BLAYAC (133) comme capables d'emmagasiner de l'eau car ils n'occupaient d'après eux que des espaces trop restreints.

** - Bien qu'incompréhensibles ces chiffres sont cités par VERDEIL (116) et DENROT (132).

*** - Archives du Château des Cheminières.



© Sondages de recherche d'eau

Même légende que carte géologique fig. 5

Fig 28 - SITUATION DES SONDAGES DE RECHERCHE DES NAPPES PROFONDES

l'irrigation. Cette forte minéralisation semble indiquer une nappe à très lente circulation qu'il nous paraît donc plus logique d'attribuer au niveau des grès d'Issel qu'à celui des graviers d'Issel. En effet, les graviers d'Issel infiniment plus perméables permettent une circulation plus rapide, par conséquent une faible dissolution des sels. Par ailleurs, les sulfates des eaux des Cheminières doivent provenir des petits niveaux gypsifères qui se trouvent intercalés dans la mollasse lutétienne (de tels niveaux ont en effet été repérés à 339 m et 380 m de profondeur dans le sondage).

En 1947, SCHOELLER (145) proposa pour l'alimentation en eau potable de Castelnaudary, l'établissement d'un nouveau forage atteignant les graviers d'Issel que n'avait pas touché le sondage des Cheminières. Il prévoyait les graviers à 450 m de profondeur sous Castelnaudary, mais en l'absence de connaissance absolue sur l'extension de ces graviers vers le Sud, il préféra choisir la vallée du Fresquel à 2-3 km au Nord Est de la ville*. Un tel forage devait atteindre les graviers à 250-300 m de profondeur et on espérait obtenir un débit de 50 l/sec.

Avant d'entreprendre l'exécution de ce sondage, une étude géophysique a été effectuée en 1956 pour s'assurer qu'il n'y avait pas d'ondulations ou d'accidents susceptibles de modifier sensiblement les profondeurs supposées et également qu'il n'y avait pas de variation de faciès**.

Deux profils des sondages électriques ont été exécutés, l'un des Cheminières, l'autre de Castelnaudary vers le Nord

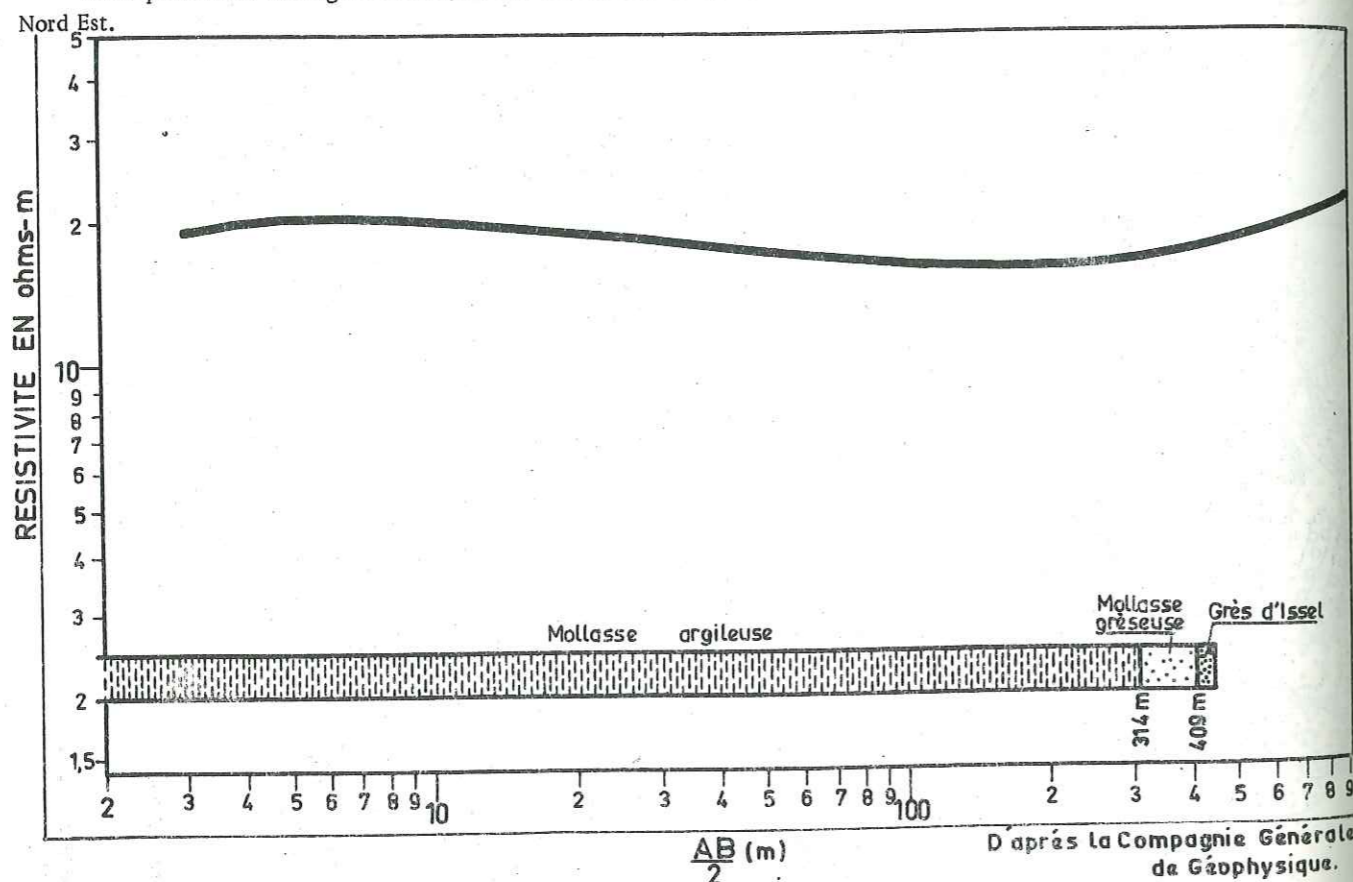


Fig 29

COUPE DU FORAGE DES CHEMINIERES
ET SONDAGE ELECTRIQUE D'ETALONNAGE

* - Au Nord Ouest, les graviers ont tendance à passer à l'argile.

** - De telles variations sont visibles sur la zone d'affleurement.

L'échelle des résistivités établie donne les résultats suivants. La mollasse gréseuse, le grès d'Issel et les graviers aquifères se comportent vis-à-vis de la mollasse argileuse comme substratum résistant et ils se confondent sur les diagrammes avec le socle ; le seul horizon repère est le toit de la mollasse gréseuse sous la mollasse plus ou moins argileuse de Castelnaudary. Ceci a bien été constaté sur le sondage électrique fait à côté du forage des Cheminières. Les abaques donnent le toit du substratum vers 300 m de profondeur sensiblement à la rencontre des premiers bancs importants de grès (fig. 29).

Les interprétations de ces deux profils électriques sont résumées par deux coupes structurales (fig. 30).

Après un avis favorable au point de vue structure, le forage fut implanté (en 1957) à proximité de la route des Crozes au lieu-dit Sainte-Marie (S₂ à la figure 28).

A partir de 243,50 m de profondeur où commencent les formations de graviers d'Issel, l'eau jaillit de l'ouvrage avec une pression de 4,5 kg et un débit de 249 m³/h (69 l/sec). Celle-ci, de qualité supérieure à celle de Cheminières, est pourtant ferrugineuse et renferme un peu de H₂S et de CO₂ libre, très facilement éliminable.

Partie occidentale

Dans cette partie, les graviers d'Issel, s'ils existent encore, ce qui n'est pas prouvé eu égard à l'éloignement du massif ancien, doivent se trouver à des profondeurs de plus en plus grandes, compte tenu du pendage Sud Ouest.

DENIZOT (132), se basant sur les résultats des Cheminières a proposé l'exécution d'un forage au Mas Saintes-Puelles à 10 km à l'Ouest des Cheminières, pour l'alimentation en eau de ce village (S₃ de la figure 28). Il prévoyait des niveaux aquifères comparables à ceux de Cheminières à 450-500 m de profondeur. Le sondage fut entrepris en 1954 ; il a traversé d'abord des mollasses argileuses avec des niveaux gréseux ou conglomératiques plus ou moins aquifères mais à débits médiocres et également quelques niveaux gypseux. A 765 m il est entré dans des formations calcaires et marno-calcaires à foraminifères, rarement fissurées et d'une épaisseur de 40 m. De 808 m jusqu'au fond (840 m) il a rencontré des sables aquifères avec passées marneuses. Le niveau statique se maintenait à 0,85 m et pour un débit de 2,8 m³/h le rabattement était de 34,50 m.

Bien qu'on ne possède pas de description détaillée de la coupe du sondage, il semble que ces calcaires appartiennent aux formations marines de l'Eocène inférieur, analogues à celles rencontrées à l'Est de Villespy, et qui seraient ainsi développées également dans cette partie occidentale du Lauragais.

Plus à l'Ouest, hors de notre région, nous pouvons citer le forage de Sainte-Rome près de Villefranche-de-Lauragais exécuté en 1915 et descendu sans résultat jusqu'à 160 m.

Nous signalons aussi deux forages dans la région de Toulouse de 230 m et de 70 m restés dans la mollasse et sans succès.

Partie orientale

Dans la partie orientale les graviers d'Issel passent aux formations marines du "Nummulitique" qui plongent également vers le Sud Sud Ouest et s'enfouissent sous les mollasses luténiennes et bartoniennes. Comme on l'a vu au sous-chapitre A, ces formations renferment des niveaux grésos-sableux plus ou moins perméables et les assises calcaires y montrent des circulations karstiques, circulations qu'on retrouve dans le calcaire de Montolieu. Ces calcaires forment une série des petites causses et ont donc une topographie favorable aux infiltrations. La nappe aquifère qui pourrait donc s'y constituer passerait en profondeur sous les mollasses et deviendrait captive. Ces niveaux aquifères devraient être rencontrés à 200 - 500 m sous la dépression centrale*. Cette profondeur diminuerait sensiblement vers le Nord en se rapprochant des affleurements, mais entraînerait une diminution de débit.

* - Pour calculer la profondeur de ces formations sous la plaine, il ne faudra pas tenir compte du faible pendage qu'on observe aux affleurements. Car à part les failles, nous avons constaté plusieurs ondulations qui réduisent le pendage moyen.

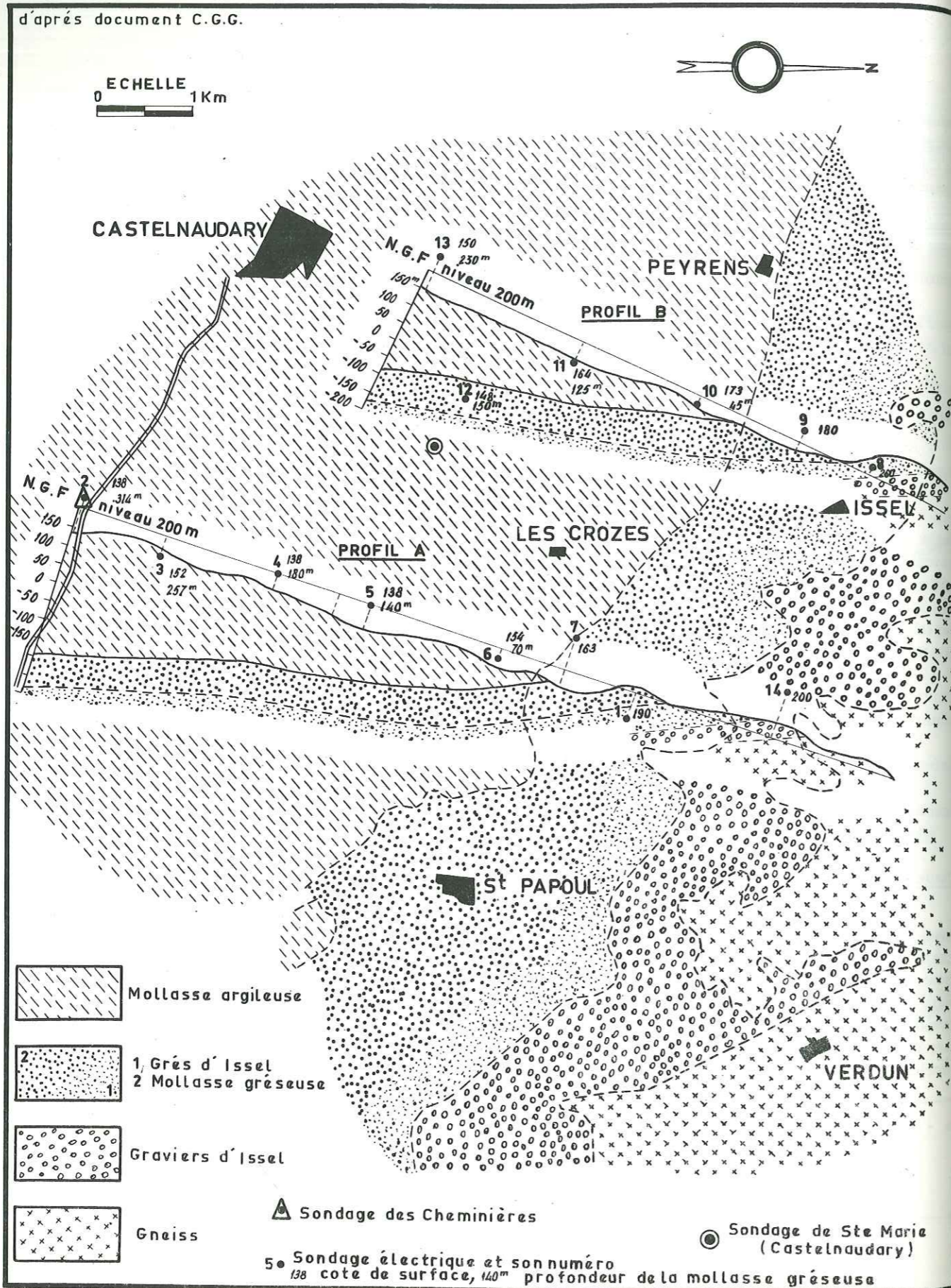


Fig 30 COUPES STRUCTURALES DANS LA REGION DE CASTELNAUDARY
D'APRES UNE ETUDE GEOPHYSIQUE

Quelques sondages exécutés près des affleurements de ces terrains nous donneront une idée sur l'importance et l'ampleur de ces aquifères.

Ainsi, près de Carlipa un forage exécuté au Sud Ouest du ruisseau de Sainte-Julie (S₄ de la figure 28) après avoir traversé des niveaux marneux et des calcaires a été arrêté dans des grès et grès friables (de 68 à 90 m). Le débit n'était pas important et le forage est abandonné actuellement *.

Toujours dans la région de Carlipa, 14 sondages (S₅ de la figure 28) de faible profondeur ont été exécutés en 1932. Ils avaient pour but de rechercher l'eau dans les alluvions de la petite dépression sise immédiatement à l'Ouest de Carlipa. Or l'épaisseur de ces alluvions étant minime, les sondages ont exploré les couches nummulitiques qui forment le substratum. La plupart d'entre eux sont restés dans des marnes sans eau ; quelques uns, situés plus haut, ont trouvé les sables aquifères de la partie supérieure du "Nummulitique" mais avec un débit médiocre.

A Mousoulens, on trouve de l'eau dans une assise grés-sableuse de la base du "Nummulitique" ayant pour mur le Sparnacien. Les puits (7 l/sec) (S₇ de la figure 28) qui existent au fond de la vallée de la Rougeanne (près du contact "Nummulitique" Sparnacien) doivent drainer en plus de la petite nappe alluviale, les niveaux aquifères de la base du "Nummulitique".

A Mousoulens également, un sondage fait par le Génie Rural de l'Aude, pour retrouver les eaux infiltrées dans le calcaire de Montolieu ou de la base du "Nummulitique" a été arrêté sans résultat à 74 m de profondeur dans ces dernières formations.

Plus au Sud, dans la dépression, une série de sondages profonds d'une vingtaine de mètres a été forée dans la région d'Alzonne (S₈ de la figure 28). Ces sondages sont restés dans des faciès marneux de la mollasse lutétienne avec quelques niveaux gréseux. Les aquifères étaient très peu importants ou faisaient totalement défaut. Enfin à Argens (S₉ de la figure 28) un forage a été arrêté sans succès à 64 m dans les mollasses également.

Conclusions

De ce qui précède on peut retenir que dans la plaine du Lauragais, on peut rencontrer une nappe aquifère en charge contenue dans l'ensemble de la formation détritique des graviers d'Issel autour de la région de Castelnaudary où nous sommes sûrs de l'existence de ces formations de bordure.

Dans la même région une deuxième nappe, mais beaucoup moins importante, se développe dans le grès d'Issel.

Les mollasses aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest et au centre sont pratiquement imperméables. Sans doute y a-t-il des lentilles sableuses aquifères mais isolées et limitées avec un débit insignifiant.

Enfin vers l'Est, une nappe captive peut exister dans les niveaux sablo-gréseux ou les fissures du Thanétien et du "Nummulitique". Or cette nappe est très discontinue eu égard à son caractère karstique dans les calcaires et les variations de faciès des niveaux sablo-gréseux passant latéralement à des marnes ou des calcaires.

En terminant cette étude des nappes profondes et après avoir reconnu par ailleurs l'insuffisance de la nappe phréatique de Bram on peut se poser la question de savoir si on a quelques chances de tirer avec un sondage profond le débit de 250 à 300 l/sec souhaité pour l'irrigation du périmètre de Bram.

Cette région de Bram est située à la partie orientale du Lauragais et on ne peut plus espérer y trouver les graviers d'Issel dont les affleurements se développent à l'Ouest de Villespy. C'est donc aux calcaires nummulitiques et thanétiens qu'on aura affaire. Nous avons vu que ces formations sont perméables seulement par leurs fissures et par quelques niveaux sablo-gréseux et il faudra assez de chance pour recouper entre 300 et 400 m de profondeur le niveau aquifère, d'autant plus que généralement les fissures ont tendance à se fermer en profondeur ** lorsqu'elles ne sont pas sur des

* - Il faut également noter que les trois sondages (de 50 à 87 m de profondeur) de reconnaissance que nous avons effectués pour l'étude d'un barrage sur le Tenten (S₆ de la figure 28), près du confluent avec le Lampy, qui ont traversé tout le "Nummulitique" et ont été équipés en piézomètres sur toute leur hauteur, n'ont montré aucun niveau aquifère de quelque importance.

** - Ceci a été vérifié dans les sondages de reconnaissance du barrage de Jonquières sur le Tenten.

cheminements vers une émergence (or, on ne connaît aucune source vauclusienne dans la région). Par ailleurs les débits des sources de trop plein aux affleurements ne sont jamais très élevés, même en hiver, et dénotent une perméabilité générale faible. Nous ne pensons pas que dans ces conditions un sondage heureusement situé sur une fissure aquifère puisse donner un débit dont on pourrait se satisfaire.

En déplaçant le sondage vers l'Ouest, hors du périmètre, en direction de Castelnaudary, on pourrait retrouver les conditions semblables à celles du sondage de Sainte-Marie. Avec un forage atteignant la base des graviers d'Issel et en plus gros diamètre, on pourrait peut-être avoir un débit légèrement supérieur à celui du sondage précité, mais il nous paraît difficile de dépasser 100 l/s avec un seul sondage. Ce débit pourrait peut-être être obtenu par plusieurs sondages profonds mais une ponction prolongée dans les graviers d'Issel risquerait de compromettre l'alimentation de Castelnaudary.

CONCLUSIONS GENERALES

Les possibilités des nappes aussi bien phréatiques que profondes, de fournir des débits suffisants pour l'irrigation sont très limités, ce qui accroît encore plus le besoin de recherche des sites de réserves artificielles.

Le périmètre projeté de Bram, faute de quantité suffisante d'eau dans la nappe de Bram, sera alimenté à partir du Canal du Midi par une station de pompage d'un débit total de 560 l/s, dont la régulation sera assurée par un réservoir sur tour. Il couvrira 915 ha.

CHAPITRE V

RECHERCHE DES SITES DE BARRAGES SUR LE VERSANT SUD DE LA MONTAGNE NOIRE

RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

GENERALITES

L'étude hydrologique et des ressources en eau superficielle susceptibles de subvenir aux besoins d'irrigation du Lauragais audois ont montré l'importance particulière du versant sud de la Montagne Noire drainé par les affluents de rive gauche du Fresquel. Ce versant, assez étendu (512 km²) et bien arrosé, domine d'ailleurs les lieux d'utilisation.

Une partie des eaux de ce versant est déjà utilisée pour l'alimentation du Canal du Midi, qui reçoit à Naurouze, "au bief de partage" *, les eaux des bassins versants supérieurs captées par la Rigole de la Montagne **.

Les bassins versants aval, malgré une pluviosité plus faible, représentent cependant un cube d'eau potentiel important disponible malheureusement en hiver, alors que les besoins d'irrigation se placent en été. Il serait donc intéressant de pouvoir retenir sur place dans des barrages dominant le périmètre, les eaux qui naturellement sont perdues et vont en hiver grossir les crues de l'Aude en aval de Carcassonne. Une prospection systématique des possibilités d'implantation de barrages réservoirs a donc été entreprise en s'attachant essentiellement à définir les conditions géologiques, la plupart du temps déterminantes, des sites à priori possibles du point de vue topographique.

La région prospectée est limitée au Nord par la ligne de partage des eaux entre la Méditerranée et l'Atlantique, à l'Est par la Dure, affluent rive gauche du Fresquel par la Rougeanne, au Sud par le Canal du Midi et à l'Ouest par une ligne méridienne passant entre Castelnaudary et la Rigole de la Plaine.

METHODE D'ETUDE

L'étude des sites représentés sur la figure 31 a été, dans ses grandes lignes, conduite de la façon suivante :

- 1 - recherche sur cartes topographiques aux échelles du 1/25 000 et du 1/50 000 ;
- 2 - prospection sur le terrain avec éventuellement découvertes de nouveaux sites ;

* - Terme utilisé par les agents du Canal du Midi.

** - Le rendement maximum de la Rigole de la Montagne est appréciable, puisqu'elle peut dériver en moyenne 80 % des débits affluents soit 34 millions de m³ environ.

- 3 - reconnaissance géologique rapide des sites reconnus topographiquement favorables permettant de faire une première sélection ;
- 4 - étude préliminaire des sites ayant paru intéressants (au 1/5 000 à 1/20 000) * ;
- 5 - étude géologique, au 1/5 000, de la cuvette et de l'emplacement du barrage des sites présentant à priori une rentabilité intéressante et une bonne situation géographique ; cette étude peut parfois être assortie de quelques menus travaux de reconnaissance à l'emplacement du barrage ;
- 6 - enfin l'étude du site et des ouvrages annexes sur plan détaillé au 1/500, accompagnée de nombreux travaux de reconnaissance et de la prospection des matériaux, qui doit suivre les phases précédentes et qui n'a pas encore été fait sur les sites du versant sud de la Montagne Noire. Ce stade a par contre été atteint dans l'étude de l'aménagement de la Ganguise (voir plus loin, chapitre VIII).

Dans le présent chapitre nous examinerons seulement les trois premiers stades de ce processus ; les autres feront l'objet des chapitres suivants.

VALEURS GEOTECHNIQUES DES TERRAINS

Les considérations qui suivent sont le fruit de l'étude géologique et hydrogéologique qui a précédé (chapitres II et IV) ; elles ont un caractère global et purement indicatif. Elles sont basées sur les propriétés générales de ces terrains mais les exceptions sont toujours possibles à l'échelle d'une retenue.

1. - Le socle

Les schistes et les gneiss sont de bons terrains de fondation mais leur microstructure, leur litage, leurs fissures fréquentes peuvent poser des problèmes locaux de stabilité. Ces terrains sont imperméables à l'échelle d'une retenue mais sous le barrage cette microstructure évoquée ci-dessus peut parfois entraîner l'apparition de sous pression.

Les calcaires sont souvent fracturés et affectés par des phénomènes karstiques. De leur structure et de leurs liaisons possibles entre la retenue et les points bas hors de celle-ci dépendront les possibilités de l'aménagement.

Les granites sains constituent d'excellentes roches de fondation pour un barrage. Mais ils sont souvent arénisés ou en voie d'arénisation avec fissures emplies de produits d'altération ; la stabilité et l'étanchéité au droit du site peuvent alors être compromises et dans tous les cas un décapage et un voile d'injection plus ou moins importants seront nécessaires.

2. - La couverture sédimentaire

Les formations du Montien, du Thanétien et du Sparnacien affleurent en petites bandes et tout ouvrage fondé sur l'une d'entre elles peut intéresser les autres dans sa cuvette. Ces terrains se présentent en général dans des conditions assez défavorables au point de vue étanchéité, en particulier les calcaires thanétiens où on connaît plusieurs manifestations karstiques. Dans le cas d'une étanchéité favorable le barrage choisi devrait être de type souple en raison de l'hétérogénéité des terrains.

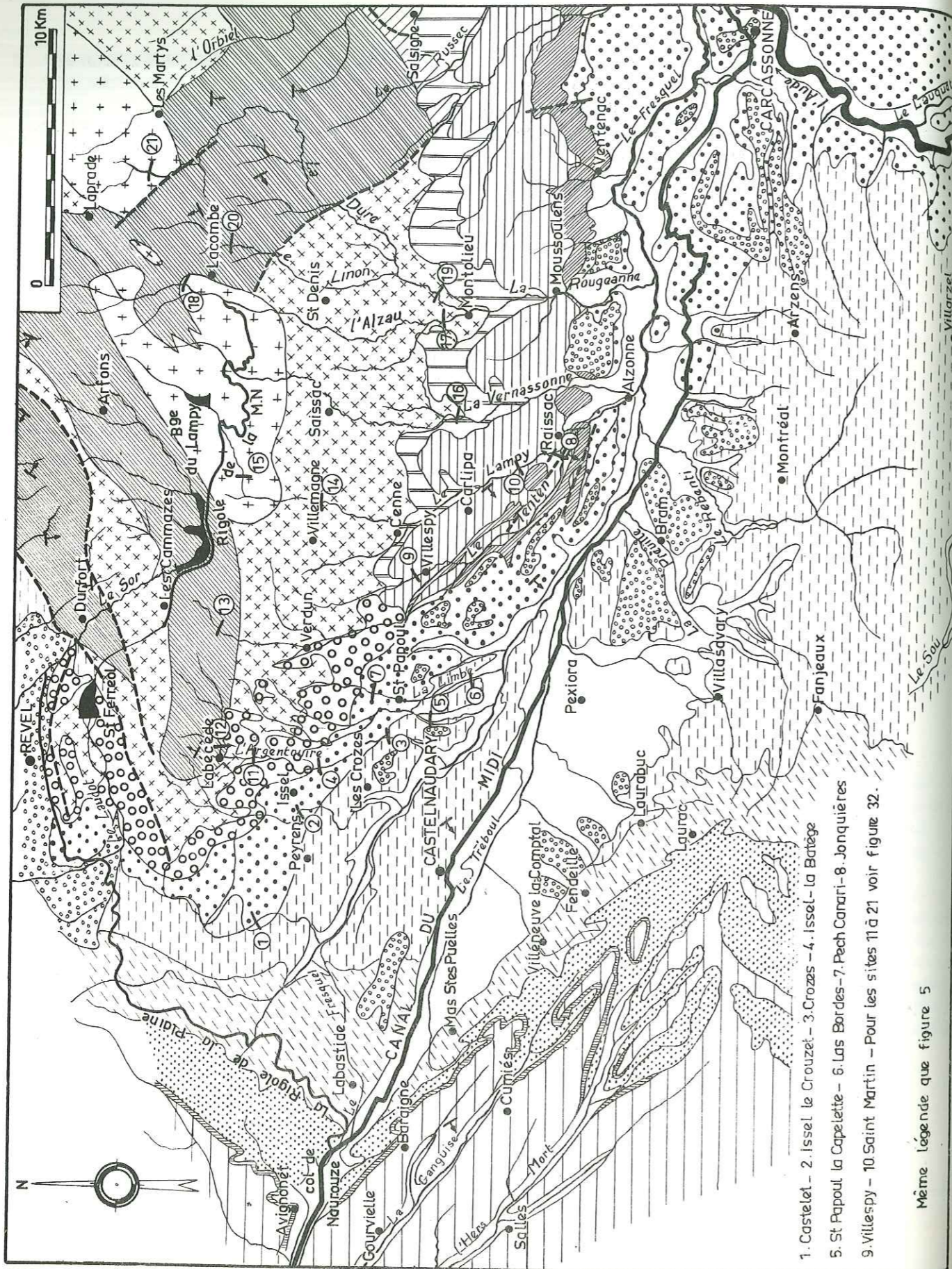
Ces considérations sont également valables pour les ouvrages intéressant les formations marines de l'Yprésien et du Lutétien inférieur. Les calcaires sont en général perméables surtout près de la surface où ils sont fracturés et décomprimés et on y connaît des phénomènes karstiques et des résurgences : il faudra s'assurer du comportement de ces terrains à l'intérieur des massifs. Dans le cas d'une étanchéité favorable, eu égard aux alternances d'assises calcaires avec des terrains de propriétés mécaniques différentes (marnes, argiles ou grès) les sites ne pourront s'accommoder que d'un ouvrage souple.

Les graviers d'Issel sont éminemment perméables et éliminent toute possibilité de créer une retenue. On sait déjà que leurs affleurements, en bordure de la Montagne Noire, constituent la zone d'alimentation de la nappe artésienne exploitée sous la plaine de Castenaudary.

* - Sur des croquis topographiques "expédiés" ou des agrandissements photographiques de la carte au 1/25 000.

Le grès d'Issel, formation sableuse et gréseuse, peut poser des problèmes de stabilité et d'étanchéité au droit du site. L'étanchéité de la cuvette y est également fort compromise car ces formations participent avec la formation précédente à l'alimentation de la nappe artésienne de la plaine de Castenaudary.

En ce qui concerne la mollasse bartonienne il est difficile d'émettre à priori un avis ; leur nature, tantôt argileuse, tantôt sablo-gréseuse, aura en effet dans chaque cas un comportement différent au point de vue stabilité et étanchéité.



1. Castelet - 2. Issel le Crouzet - 3. Crozes - 4. Issel - la Batege
 5. St Papoul la Capelleite - 6. Las Bordes - 7. Pech Canari - 8. Jonquières
 9. Villespy - 10. Saint Martin - Pour les sites 11 à 21 voir figure 32.

Même légende que figure 5

RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE DES SITES

Nous donnons ici les conditions géologiques des sites choisis sur carte ou sur le terrain et leurs possibilités ou non d'être réalisés.

Nous les classerons en deux groupes suivant leur situation sur la couverture sédimentaire de la Montagne Noire ou sur le socle lui-même.

A. - SITES SUR LA COUVERTURE DE LA MONTAGNE NOIRE (d'Ouest à l'Est).

1 - Site du Castelet sur un affluent rive gauche du Haut-Fresquel.

Le site du Castelet se trouve dans la zone d'ennoyage occidental de la Montagne Noire. L'emplacement se situe au droit du Château du Castelet où pour une digue de 20 m de hauteur et 350 m de longueur en crête, la réserve aurait une capacité de 14,3 millions de m³. *

Le site et la cuvette s'inscrivent dans les assises de base de la molasse bartonienne et dans les grès d'Issel.

Cette dernière formation, comme nous l'avons vue, renferme vers le Sud sous la dépression du couloir audois, vers 400 m de profondeur, une nappe aquifère ascendante qui ne peut être alimentée que par les affleurements de bordure de la Montagne Noire.

Les affleurements sont peu nombreux, car le terrain en place est souvent masqué par l'altération et les alluvions ; ils sont cantonnés sur les flancs plus ou moins raides des coteaux. Ils sont constitués par des sables souvent sans cohésion et par des sables gréseux avec quelques passages latéraux à des argiles sableuses. Dans la partie amont de la cuvette, en rive droite du ruisseau on peut également observer des bancs de grès de quelques dizaines de cm d'épaisseur plongeant très légèrement vers l'aval.

Les terrains d'altération occupent une surface importante sur l'ensemble du site et de la cuvette. Leur épaisseur varie suivant la pente mais n'est jamais bien grande avec en moyenne quelques dizaines de cm. Leur matériel est argilo-sableux, avec parfois quelques graviers de quartz de taille moyenne, provenant des épandages caillouteux. Vers les points bas, ces terrains d'altération s'imbriquent avec les alluvions modernes et la puissance totale peut alors atteindre 3 m.

Les alluvions occupent le fond du thalweg avec une épaisseur qui ne doit pas également dépasser 3 m. Elles contiennent quelques vagues niveaux graveleux mais sont surtout sableuses.

Le site

Le site s'inscrit dans un resserrement du vallon correspondant au passage de la molasse bartonienne à la molasse lutétienne et aux sables et grès d'Issel.

Le fond du thalweg est constitué par des alluvions. La rive droite où la pente est douce, est couverte par des terrains d'altération qui laissent cependant voir au pied du talus du chemin allant à la ferme, sise en rive gauche, des sables sans cohésion. En rive gauche, sous cette ferme, on observe un affleurement de sable un peu consolidé mais encore enlevable à la main ; plus bas, on note quelques passages de sables argileux.

Ces assises constituent un terrain de fondation acceptable, mais présentent par contre des conditions d'étanchéité naturelle très mauvaises et ceci sur des épaisseurs telles et avec des risques de contournement au large très lointains qui rendraient illusoire l'efficacité d'un voile d'injection au droit du barrage.

* - Ces chiffres, comme ceux qui vont suivre pour les autres sites, sont calculés sur un fond topographique d'une échelle 1/25 000, et n'ont qu'un caractère purement indicatif.

La cuvette

Les conditions d'étanchéité de la cuvette sont également très défavorables, car l'ensemble de ces terrains appartient à l'impluvium qui alimente les nappes profondes de la région de Castelnaudary.

On pourrait certainement remplir la cuvette au moment des crues mais non moins certainement celle-ci se viderait ensuite plus ou moins rapidement par infiltration au droit du barrage, dans le fond et les versants de la retenue.

La reconnaissance rapide nous a montré que la nature et la structure des formations constituant la cuvette et le site du Castelet étaient telles qu'il était impossible d'assurer l'étanchéité au droit du barrage et dans la retenue. Les arguments géologiques qui nous ont conduit à cette conclusion sont suffisamment étayés et nous pensons que dans ces conditions il est inutile d'engager des dépenses supplémentaires pour une étude plus détaillée.

2 - Site d'Issel-le-Grouzet sur le ruisseau de Glandes

La vallée est assez large et pour un barrage de 20 m de hauteur, la retenue aurait une capacité de 4 millions de m³. Elle est creusée dans les assises de base assez grossières des grès d'Issel dont les affleurements sont en général masqués par les terrains d'altération. Nous retrouverons donc ici des conditions très défavorables d'étanchéité au droit du barrage et dans la cuvette de retenue.

3 - Site des Crozes sur l'Argentouire

La vallée est ici encore relativement large. Le site et la cuvette se trouvent à la limite ou plutôt sur la zone de passage de la mollasse bartonienne aux grès d'Issel, comme pour le site du Castelet.

Pour un ouvrage de 20 m de hauteur, on pourrait stocker 8 millions de m³ environ.

La rive droite est masquée par une couche d'altération peu évoluée et peu épaisse : ainsi près du lit mineur, un petit effondrement montre le substratum formé de sables en voie d'altération.

La rive gauche, en forme d'éperon est constituée du bas vers le haut par :

- une argile sableuse très friable près de la surface,
- un micro-conglomérat et des grès mal consolidés passant à des sables,
- un grès beige, plus fin, plus compact et dur, légèrement altéré en surface,
- des formations masquées par l'altération.

Le pendage de ces terrains est oblique de la rive gauche en amont vers la rive droite en aval, et ceci joint à la nature lithologique des terrains compromet sérieusement l'étanchéité au droit du barrage.

La cuvette qui repose en partie sur les grès d'Issel n'est certainement pas étanche : leurs affleurements participent en effet, ainsi que nous l'avons déjà dit à l'alimentation de la nappe artésienne que l'on trouve sous la plaine de Castelnaudary.

4 - Site d'Issel-la-Batège sur l'Argentouire

Cet emplacement, situé à l'amont du précédent pourrait créer une réserve de 19 millions de m³ pour un ouvrage de 35 m de hauteur.

En rive droite l'altération couvre tout le versant et ne laisse apparaître aucun affleurement. La rive gauche est constituée par des sables et des grès fins très mal consolidés (facilement enlevables à la main) alternant avec quelques niveaux de conglomérats et de grès plus compacts. Toujours sur cette rive gauche on observe quelques glissements superficiels de terrain : le dernier, marqué par une fissure ouverte, large de 20 à 30 cm et longue d'une dizaine de mètres, semble très récent car sur le miroir de décrochement haut de 50 cm, le sable est sain, sans aucune trace d'altération consécutive à une mise à l'air de quelque durée. Dans les parties basses du versant, d'autres fissures en train de se former, amorcent probablement de nouveaux glissements. En définitive ce site se présente dans d'assez mauvaises conditions d'étanchéité en raison de la nature sablo-gréseuse des versants et de stabilité de l'appui rive gauche affecté de glissements superficiels.

En ce qui concerne la cuvette de retenue, les risques de fuite sont encore plus importants qu'au Castelet, car le plan d'eau baignerait non seulement les grès d'Issel mais aussi les graviers d'Issel à perméabilité plus élevée encore.

5 - Site de Saint-Papoul-la-Capelette sur le ruisseau de Bassens

Un ouvrage de 15 m de hauteur correspondrait à une retenue de 4,5 millions de m³.

La vallée creusée dans la mollasse bartonienne est relativement large et ici encore le substratum est presque partout caché par une couche d'altération ou par la végétation. Les plateaux qui dominent le site sont occupés par des cailloutis quartzeux d'une épaisseur non négligeable : sur les versants quelques petites sources où des suintements jalonnent le contact de ces cailloutis et du substratum.

A l'emplacement du barrage, les versants de la vallée sont couverts par des cailloutis glissés, mélangés à de l'altération de plus en plus abondante vers le bas.

Le substratum a pu être observé à différents endroits dans le lit mineur : il s'agit d'une argile sableuse de 20 à 30 cm d'épaisseur reposant sur un grès mal consolidé ou sur des sables de 1 mètre d'épaisseur. Le pendage oblique de la rive gauche en amont vers la rive droite en aval est assez défavorable au point de vue étanchéité.

Les données naturelles que nous avons sur ce site sont insuffisantes pour émettre un avis définitif, mais il ne paraît pas, au prime abord, se présenter de façon très favorable.

6 - Site de Las Bordes sur le ruisseau de Limbe

Un barrage de 15 m de hauteur pourrait emmagasiner 5 millions de m³.

La vallée est toujours large, creusée dans la mollasse bartonienne. Celle-ci est au droit du site entièrement masquée par une couche d'altération ou de terre végétale couverte d'une végétation abondante. Sur les plateaux qui dominent le site s'étalent des nappes de cailloutis qui peuvent descendre sur les versants.

Comme nous l'avons dit au chapitre II, cette mollasse bartonienne renferme des niveaux argilo-marneux ou gréseux qui suivant le cas sont imperméables ou perméables et assurent ou compromettent l'étanchéité de l'ouvrage et de la retenue. Avant de prendre une option définitive sur ce site il faudra donc reconnaître la nature exacte de la mollasse sous les terrains récents qui la masquent.

7 - Site de Pech Canari sur le ruisseau de Limbe

L'emplacement est situé dans la formation des grès d'Issel qui exceptionnellement ici est représentée par des argiles. Celles-ci sont d'ailleurs activement exploitées pour des briquetteries dans tout le secteur sis en rive gauche du ruisseau.

Ces argiles occupent dans tous les talus une épaisseur de plus de 10 m, mais dans le lit majeur affleurent pourtant des sables et des microconglomérats.

"L'appui" rive gauche (ainsi que toute cette rive) est formé par les déblais des carrières d'argile. Ces déblais sont profondément ravinsés par le ruissellement qui découpe le talus en petites masses, qui, ainsi privées de leurs appuis latéraux, glissent de façon spectaculaire. Ces glissements sont d'ailleurs souvent facilités et accélérés par la décharge de nouveaux déblais.

Il paraît difficile dans ces conditions d'implanter un ouvrage à cet endroit.

8 - Site de Jonquières sur le Tenten

Le site s'inscrit dans une gorge relativement étroite taillée dans les formations surtout calcaires mais aussi gréseuses avec lits marneux de l'Yprésien et du Lutétien inférieur. La cuvette intéresse, en plus de ces formations, les calcaires et les marnes de Ventenac et les mollasses du Lutétien supérieur. On pourrait à priori craindre que les calcaires soient perméables, mais en raison de l'importance du site et de sa position géographique très favorable, celui-ci a fait l'objet d'une étude détaillée accompagnée de quelques travaux de reconnaissance. Son étude fera l'objet du chapitre VII.

9 - Site de Villespy sur la Migaronne

Une réserve de 5 millions de m³ pourrait être créée avec un ouvrage de 35 m de hauteur.

L'emplacement est situé dans les formations du Sparnacien, théoriquement représentées par des argiles rouges. En amont de celles-ci la retenue baignerait les calcaires de Montolieu, puis le gneiss du socle ancien. Les graviers d'Issel affluent en rive droite mais à une cote supérieure à celle de la retenue.

Deux problèmes se posent pour ce site :

- celui de la nature exacte des formations sparnaciennes qui en plus des argiles rouges peuvent renfermer des niveaux perméables de sables ou de grès mal consolidés ; la nature de l'argile même est intéressante à vérifier, car sa teneur en montmorillonite pourrait compromettre la stabilité des appuis.

- celui de la perméabilité des calcaires de Montolieu qui sont noyés dans la retenue et plongent vers l'aval sous le Sparnacien et passent sous le barrage.

On devra élucider ces deux points avant de prendre une option sur ce site.

10 - Site de Saint-Martin sur le Lampy

Barrage : 29 m de hauteur ; retenue : 20 millions de m³.

Cet emplacement, dans un site topographique plus large que celui de Jonquières, est comme ce dernier inscrit dans les calcaires avec lits de marnes de l'Yprésien et du Lutétien inférieur. On peut penser que l'on doit y trouver les mêmes conditions d'étanchéité, mais ceci reste à prouver par une campagne de sondages de reconnaissance et étude détaillée sur le terrain.

B. - SITES SUR LE SOCLE DE LA MONTAGNE NOIRE (fig. 32)

11 - Site de Labecède Basse sur l'Argentouire

Le site et la cuvette sont inscrits à l'aval de Labecède, dans les gorges de l'Argentouire, taillées dans des gneiss et des gneiss granitoïdes qui ne présentent aucun problème particulier au point de vue fondation et étanchéité. Les graviers d'Issel affluent sur les sommets de chaque rive, mais ne sont pas touchés par la retenue.

Ce site est donc à priori géologiquement valable.

12 - Site de Labecède Haute sur l'Argentouire

L'emplacement se trouve à un resserrement des gorges de l'Argentouire en amont du village de Labecède : la partie vraiment étroite de la gorge s'élève jusqu'à 40 - 60 mètres de hauteur, et au-dessus les pentes deviennent plus douces jusqu'aux crêtes. Pour un ouvrage haut de 100 m et long en crête de 800 m, la réserve serait de l'ordre de 30 millions de m³ *.

Le site et la cuvette sont entièrement compris dans le flanc sud du synclinal couché d'Arfons, formé de terrains métamorphiques.

L'emplacement s'inscrit dans une zone de séricitoschistes, micaschistes et schistes quartzitiques à pendage amont oblique de la rive gauche vers la rive droite ; ces terrains sont peu altérés et ne semblent pas poser de problème particulier de fondation et d'étanchéité.

* - Dans la Montagne Noire proprement dite, ces chiffres sont plus approximatifs que pour les sites de la couverture car souvent les seuls fonds topographiques disponibles sont les 1/50 000 datant déjà d'un certain temps.

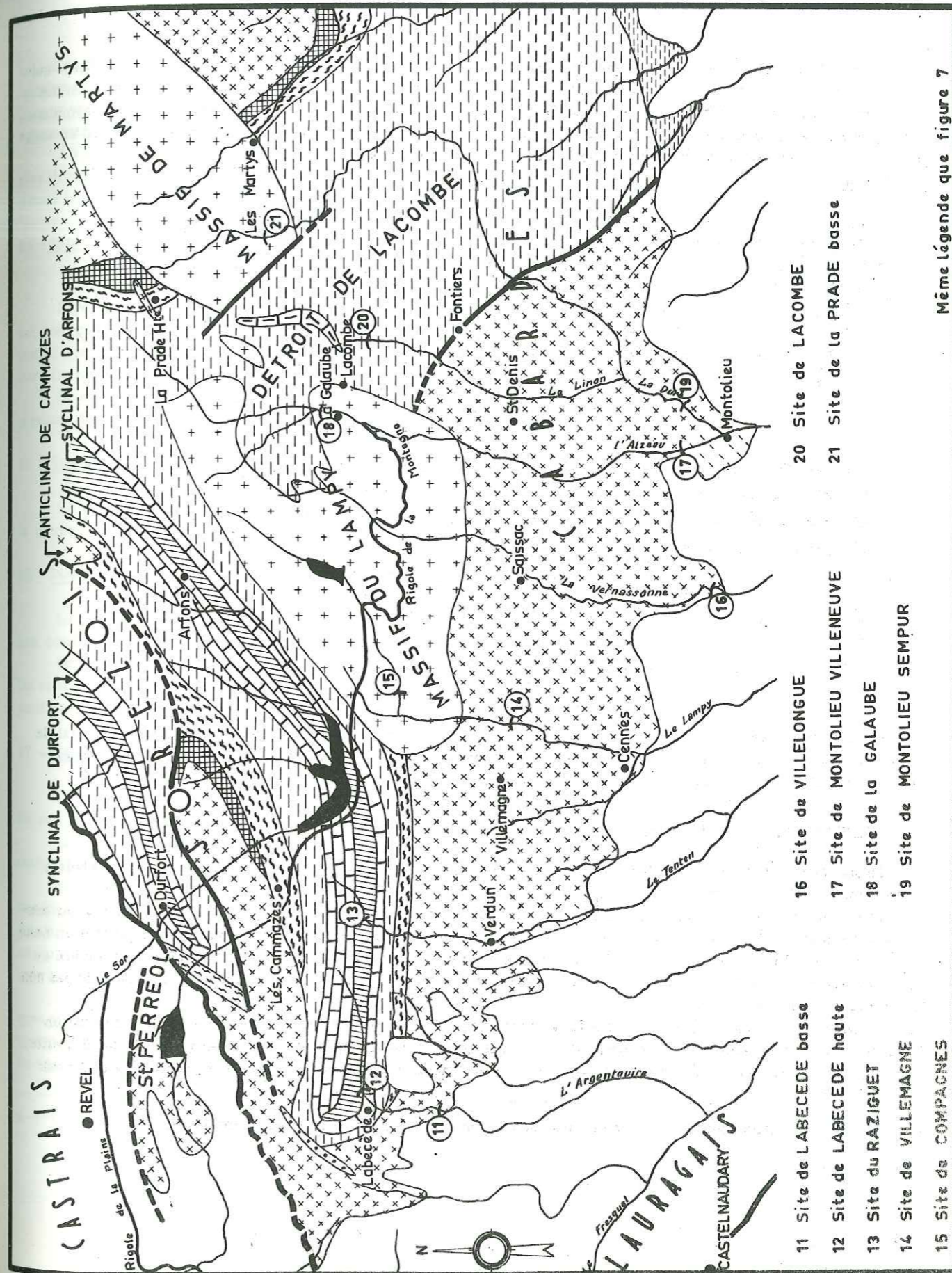
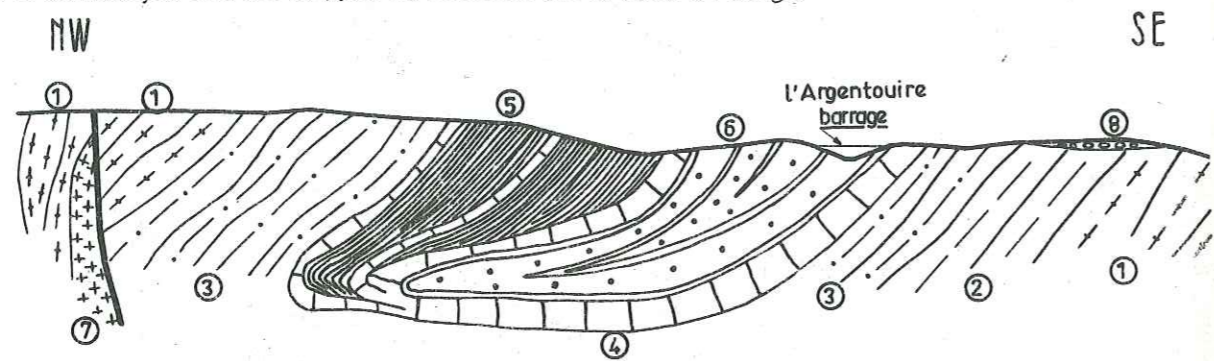


Fig 32 - SITES DE BARRAGES DANS LA MONTAGNE NOIRE

Même légende que figure 7

Par contre un peu en aval, sur la route des Cammazes à Labecède, affleurent des calcaires métamorphiques qui s'enfouissent vers l'amont, sous les schistes du barrage. Ces calcaires gris et très durs sont très fracturés : les cassures et les petites failles sont parfois accompagnées d'un basculement et peuvent quelquefois être bourrées par un remplissage argileux. Ces calcaires à 2 km Est Sud Est de Labecède donnent naissance à l'importante source de "Co d'en Sans" dont le débit moyen de 1 000 m³/jour est encore de 550 m³/jour à l'étiage.



- ① Gneiss - ② Micaschistes - ③ Cambrien inf et Antécambrien (schistes) - ④ Géorgien sup, Acadien inf (calcaires et dolomies cristallins) - ⑤ Géorgien sup, Acadien inf (calcaires et schistes) -
- ⑥ Cambrien moyen et sup (schistes et schistes quartzitiques) - ⑦ Granulite -
- ⑧ Eocène inf et moyen (graviers d'Issel)

ECHELLES { hauteur: 0,5 cm = 100 m
longueur: 1 cm = 250 m

Fig 33 - COUPE SCHEMATIQUE DE LA REGION DE LABECEDE
(Détail de la coupe A fig 17)

Il sera donc prudent de vérifier, d'une part si à l'emplacement du barrage ces calcaires ne passent pas à faible profondeur sous les schistes (fig. 33) ce qui pourrait être fort dangereux, et d'autre part si vers l'Est ces mêmes calcaires n'entrent pas dans la retenue, ce qui paraît assez probable d'après la carte géologique (feuille Castres).

13 - Site du Raziguet sur le Haut Tenten

Le site et la cuvette se trouvent dans les terrains métamorphiques du synclinal couché d'Arfons. Par rapport à l'importance de l'ouvrage (50 m) le volume de la retenue serait très faible.

Le site lui-même, bien marqué, est constitué par des schistes à biotite ou des schistes à deux micas passant souvent à des schistes quartziteux à deux micas*. Le quartz d'exsudation est assez fréquent. Ces roches s'alternent en bandes de direction générale est-ouest et ne doivent pas poser des sujétions particulières de fondation et d'étanchéité au droit du barrage. Un petit col assez plat, situé en rive droite et taillé dans ces terrains imperméables, ne doit pas plus présenter de risques de fuites.

La cuvette est également creusée dans les schistes, mais elle est généralement recouverte par une végétation dense qui gêne l'observation. Dans sa partie aval on a une prédominance schisteuse avec surtout des schistes à biotite. Dans la partie amont, la prédominance devient gréseuse marquant la topographie avec schistes quartzitiques à deux

* - L'examen des lames minces montre en plus une origine détritivée avec restes de grains anguleux.

micas ou à muscovite. D'après la carte géologique au 1/80 000 (feuille Castres) à ces schistes s'ajouterait un niveau continu de calcaire qui affleurerait dans la partie amont de la retenue. Dans ce secteur un certain nombre de captages connus sous le nom de "Los Nobios" paraissent collecter les eaux des versants mais suivant d'autres renseignements ces eaux sortiraient des calcaires masqués par des éboulis. (Chapitre IV).

Au cours de notre rapide prospection nous n'avons repéré que deux petits affleurements calcaires situés, l'un en rive droite et l'autre en amont de la retenue. Il conviendrait donc avant de prendre une option sur ce site, d'étudier en détail la question de ces calcaires qui peuvent poser un problème sérieux pour l'étanchéité de la retenue.

14 - Site de Villemagne sur le Lampy

L'ouvrage aurait 80 m de hauteur et la cuvette une capacité de 28 millions de m³.

L'emplacement, dans les gorges du Lampy, se trouve à un resserrement formé par un filon granitique de direction est nord est - ouest sud oblique par rapport au torrent, qui constitue un relief accusé dans la morphologie plus molle des gneiss environnants. Le granite est assez fracturé et a subi des écroulements, mais malgré tout ce site est certainement valable, moyennant quelques précautions.

La cuvette est creusée dans du gneiss traversé par quelques filons de granite et couvert par des éboulis ou des produits d'altération : elle ne semble poser aucun problème au point de vue étanchéité et stabilité des berges.

15 - Site de Compagnes sur le Lampy

Ce site s'avérant a priori intéressant a fait l'objet d'une étude plus détaillée avec un levé de l'emplacement et de la cuvette au 1/5 000. Nous l'examinerons donc au chapitre VI.

16 - Site de Villelongue sur la Vernassonne

La vallée est relativement large et l'emplacement et la cuvette sont inscrits dans du gneiss souvent couvert par une couche d'altération ou d'éboulis.

Le site semble à première vue favorable, mais il faudra s'assurer par un levé géologique sur un plan détaillé que les sables, grès et argiles du Montien et le calcaire de Montolieu qui affleurent sur le haut de la rive droite ne participent pas à la constitution de l'appui sur cette rive et ne sont pas baignés par la retenue (fig. 34).

17 - Site de Montolieu Villeneuve sur l'Alzau

Le site s'inscrit à 1 km en amont du confluent de l'Alzau avec la Dure. L'ouvrage possible aurait une hauteur de 59 m ; le volume de la retenue normale serait de 17 millions de m³ et sa superficie de 94 ha.

La région, d'après la carte géologique au 1/8 000 (feuille Carcassonne), serait occupée par des gneiss : en réalité il s'agit de granites (fig. 34).

La cuvette est creusée dans des granites assez altérés et le site dans une gorge taillée dans les mêmes roches en bandes alternativement dures et altérées. On note aussi la présence de quelques filons de quartz. Les granites sont des granites roses sans orientation à muscovite. Mais dans la cuvette nous avons repéré des passages de granite plus ou moins orientés avec au contraire, à côté de la muscovite, la biotite*. Cette orientation doit d'ailleurs guider l'altération car ce granite orienté est le plus arenisé.

Ce site est très valable pour un barrage, mais un levé géologique détaillé serait nécessaire pour déterminer le type d'ouvrage que l'on pourrait y fonder en fonction de la répartition des niveaux durs et des niveaux altérés. Pour la cuvette il faudra s'assurer que les niveaux perméables du Montien et du Thanétien, qui affleurent sur les parties hautes du versant rive droite, ne compromettent pas l'étanchéité du projet.

* - Résultats d'après examen des lames minces des échantillons des granites. Ils confirment ainsi les résultats obtenus par C. BOYER (23).

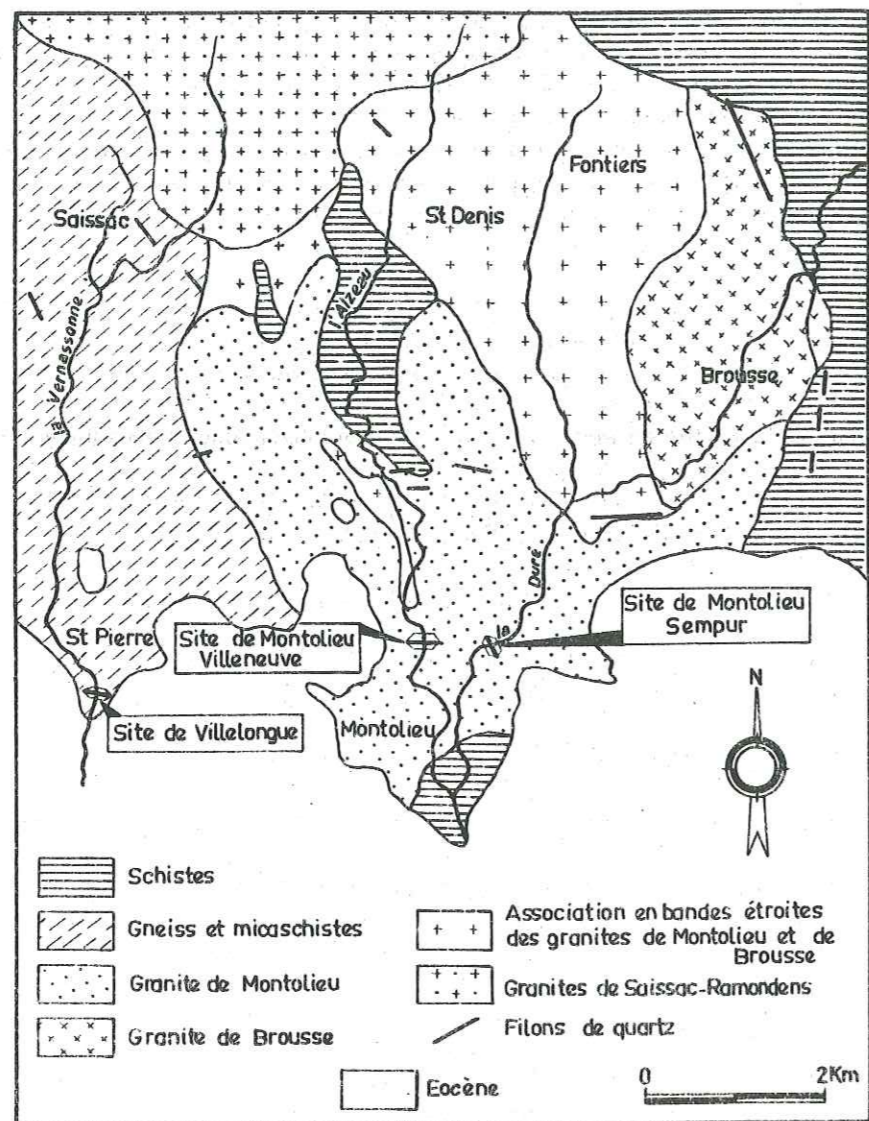


Fig 34 - ESQUISSE GEOLOGIQUE DE LA REGION SAISSAC - MONTOLIEU (d'après C. BOYER)

18 - Site de la Galaube sur l'Alzau

Ce site comme celui des Compagnes sur le Lampy a fait l'objet d'une étude plus détaillée et il sera examiné au chapitre suivant.

19 - Site de Montolieu Sempur sur la Dure

Ce site s'inscrit dans une gorge étroite à la base et s'évasant vers le haut. Cette gorge est taillée dans des granites, comme ceux du site n° 17, traversés par des filons de quartz formant relief : l'ensemble constitue une bonne fondation.

La cuvette dans sa partie basse est entièrement dans les granites, mais pour un ouvrage de 65 mètres de hauteur le plan baignerait en rive gauche les sables et les grès du Montien et les calcaires de Montolieu où des fuites sont possibles. Il conviendrait donc de limiter le barrage à une hauteur où le plan d'eau n'engagerait pas ces formations perméables.

20 - Site de Lacombe sur le Linon (affluent rive droite de la Dure)

La vallée est assez large, sans étranglement bien particulier. Elle est creusée dans des schistes métamorphiques qui affleurent dans les deux versants et dans le lit mineur du ruisseau. Le lit majeur est encombré par des terrasses alluviales certainement peu épaisses.

L'ensemble pourrait se prêter à l'édification d'un petit ouvrage souple.

21 - Site de la Prade basse sur la Dure

La vallée est assez large avec des versants en pente très douce. Un ouvrage de 18,7 m de hauteur aurait une longueur en arête de 150 m et la cuvette stockerait 7 millions de m³.

Le substratum général est une roche cristalline, tantôt une granulite qui s'altère profondément en donnant des arènes assez épaisses, tantôt un granite à mica noir, beaucoup plus résistant, qui pointe en de nombreux affleurements.

Une campagne de 10 sondages (rotation ou trépan ?) descendant jusqu'à 15 mètres de profondeur en thalweg et entre 3,60 et 10 mètres en versant, exécutée en 1947 lors d'une étude du Service du Génie Rural pour le Syndicat des Eaux de la Montagne Noire, apporte quelques précisions sur ce site :

- en rive droite la granulite saine ne se rencontre qu'entre 9,20 et 11,40 m de profondeur sur une épaisseur équivalente d'arène.
- en rive gauche la granulite est plus proche de la surface, entre 2,35 et 3,70 m de profondeur, également sous de l'arène.
- en thalweg on trouve des alluvions sableuses et épaisses de 3,60 m en rive droite, et des alluvions à galets épaisses de 1,50 à 2,00 m dans le lit du ruisseau et au pied de la rive gauche : au-dessous règne une forte épaisseur d'arène et la roche saine ne se rencontre que vers 15 m de profondeur dans l'axe de la vallée et vers 8,50 m environ près des rives.

Nous ne pouvons pas pourtant être certain que les sondages ont été arrêtés dans la roche saine car il n'y ont pas pénétré assez profondément : il pourrait en effet facilement s'agir de blocs emballés dans le gore comme de tels blocs ont été déjà rencontrés par ces mêmes sondages dans les arènes supérieures.

De toutes façons, la grande profondeur de la roche saine, surtout en thalweg, exclut ou rend très onéreux toute solution de barrage rigide demandant une bonne fondation : par contre ce site se prête assez facilement à l'édification d'un ouvrage souple, digue en terre ou en enrochement.

Il faudrait étudier le problème de l'étanchéité sous l'ouvrage pour lequel nous n'avons aucun renseignement.

CHOIX DES SITES - CONCLUSIONS

De l'étude géologique sommaire qui précède on peut tirer une première classification des sites de barrages envisagés :

1°) Sont à éliminer les sites suivants, en général pour des raisons d'étanchéité au droit du barrage ou de la cuvette :

1. Le Castelet sur un affluent du Haut Fresquel
2. Issel-le-Grouzet sur le ruisseau de Glandes
3. Crozes sur l'Argentouire
4. Issel-la-Batège sur l'Argentouire
5. Saint-Papoul-la-Capelette sur le ruisseau de Bassens
7. Pech Canari sur le Limbe

2°) Quelques sites douteux à priori ne sont à envisager qu'avec des réserves. Ils nécessiteraient des reconnaissances géologiques plus poussées pour pouvoir être classés définitivement. Il s'agit de :

6. Las Bordes sur le Limbe
8. Jonquières sur le Tenten
9. Villespy sur la Migaronne
10. Saint-Martin sur le Lampy
12. Labecède Haute sur l'Argentouire
13. Raziguet sur le Tenten
16. Villelongue sur la Vernassonne
19. Montolieu sur la Dure.

Ils ne présentent d'ailleurs en général que des possibilités très limitées de stockage d'eau, des retenues importantes ne pouvant être obtenues qu'au prix de barrages très élevés (Raziguet sur le Tenten, par exemple, ou Montolieu sur la Dure).

3°) Les sites à priori favorables au point de vue géologique sont groupés dans le tableau suivant, qui donne leurs principales caractéristiques. Sur ce tableau figure aussi le site de Jonquières en raison de son rôle important dans le projet d'aménagement. Celui-ci d'ailleurs nous a obligé de l'étudier plus en détail (chapitre VII).

N°	Site	Cours d'eau	Surface du bassin versant utile (km ²)	Retenne possible		Barrage		
				Hauteur PHE ^{***} (m)	Capacité (Mm ³)	Type **	Hauteur (m)	Longueur en crête (m)
8	Jonquières	Tenten	48	17	14	T ou E	19	165
14	Villemagne	Lampy	15 *	80	28	P ou E	83	500
20	Linon	Linon	5	30	3	E	33	220
11	Labecède Basse	Argentouire	12	25	5	E	28	225
18	La Galaube	Alzau	22	32	9	E	35	350
15	Compagnes	Lampy	3 *	20	3	E	22	300
21	La Prade	Dure	10	18	7	E	20	450
17	Montolieu	Alzau	18 *	59	16	E	62	380

* - Les trois sites sont situés en aval de la Rigole de la Montagne, qui dérive en moyenne 80 % des débits affluents. Dans le tableau ci-dessus on a négligé la partie du bassin versant située en amont de la Rigole de la Montagne.

** - P : barrage poids ; E : barrage en enrochement ; T : barrage en terre.

*** - PHE : plus hautes eaux.

On peut remarquer que les emplacements ci-dessus sont situés pour la plus grande part sur les roches cristallines ou cristallophylliennes de la Montagne Noire. Les sites des vallées larges de la couverture sédimentaire présentent au contraire de sérieux risques de fuite. Or les volumes que ces barrages permettraient de stocker sont dans l'ensemble relativement modestes, pour des ouvrages au contraire assez importants.

On peut constater également qu'à part Jonquières et Montolieu, ces sites se trouvent très haut en amont dans le bassin versant et ne contrôlent donc qu'une faible partie de celui-ci, et ont par ailleurs l'inconvénient d'être situés très loin des périmètres à irriguer.

En ce qui concerne la Galaube les 21,5 millions de m³ par an, que son bassin versant est susceptible d'apporter, sont en grande partie hypothéqués par le Canal du Midi qui les dérive déjà à son profit par la Rigole de la Montagne. Il semble donc exclu de faire jouer à ce barrage un rôle d'accumulation pour des eaux à usage agricole ; mais on pourrait lui demander de régulariser les crues afin d'augmenter au maximum les volumes dérivables par la Rigole. Ce gain (de l'ordre de 6,5 millions de m³ environ) serait à reporter dans le barrage de la Ganguise (voir chapitre III et VIII).

Pour le barrage de la Prade, un pied de cuve de 3 millions de m³ d'eau devrait être réservé à l'alimentation en eau potable du Cabardès, ne laissant qu'un volume de 4 millions de m³ à l'irrigation.

Le barrage de Montolieu nécessite une très grande hauteur pour une retenue relativement modeste : une estimation rapide des travaux fait apparaître un montant global de 49,6 millions de francs ; le m³ d'eau logé reviendrait donc au chiffre élevé de 2,85 francs. D'ailleurs son bassin versant utile (en aval de la prise d'Alzau de la Rigole de la Montagne Noire) ne fournirait en moyenne que 10 millions de m³ par an et ne permettrait donc pas le remplissage de la retenue (15 millions de m³) malgré les débits excédentaires laissés à la prise d'Alzau (3,5 millions de m³). Il existe cependant une possibilité de captage des eaux du Linon moyennant un petit canal de 1,2 km de longueur et de 1 m³/s de débit qui permettrait de récupérer 7 millions de m³ d'eau supplémentaires par an.

Le rôle du barrage de Compagnes dont la capacité normale de 3 millions pourrait être portée à 7 millions de m³ peut être envisagé dans différents schémas. Dans un cas les volumes déstockés dans le Lampy, pourraient être repris en aval, au pied du barrage de Jonquières, et, être intégrés dans le périmètre du Tenten (voir ci-après), ou déstockés par le Fresquel vers l'aval de Carcassonne.

Le barrage de Jonquières, enfin, avec ses 14 millions de m³, pourrait être intéressant pour alimenter dans son voisinage un périmètre d'irrigation de 4 000 ha environ.

CHAPITRE VI

PROJET DE COMPAGNES SUR LE LAMPY ET DE LA GALAUBE SUR L'ALZAU

Parmi les sites retenus après la reconnaissance géologique exposée au chapitre précédent, ceux de Compagnes, de la Galaube et de Jonquières ont fait l'objet d'une étude plus détaillée. Les deux premiers ont donné lieu à un levé géologique sur plan au 1/5 000 ou au 1/20 000 et seront examinés dans ce chapitre. Le chapitre suivant sera consacré à l'étude de Jonquières avancée à un stade plus détaillé avec des travaux de reconnaissance.

BARRAGE DE COMPAGNES SUR LE LAMPY

Situation

Le site se trouve au niveau du pont de la route nationale 629 sur le Lampy. Un barrage d'une hauteur de 20 m et d'une longueur en crête de 295 m pourrait créer une retenue de 3 millions de m³. Pour un barrage de 25 m, la retenue pourrait atteindre 5 millions de m³.

L'ouvrage serait construit à l'aval de la Rigole de la Montagne (fig. 35) qui prend au passage les eaux du bassin supérieur du Lampy. Sa retenue, fort modeste, pourrait être satisfaite par les 3 km² du bassin versant qu'elle contrôle et par les débits du Lampy excédent la capacité de transit de la Rigole de la Montagne (2 m³/s). Sa raison d'être a été expliquée au chapitre précédent.

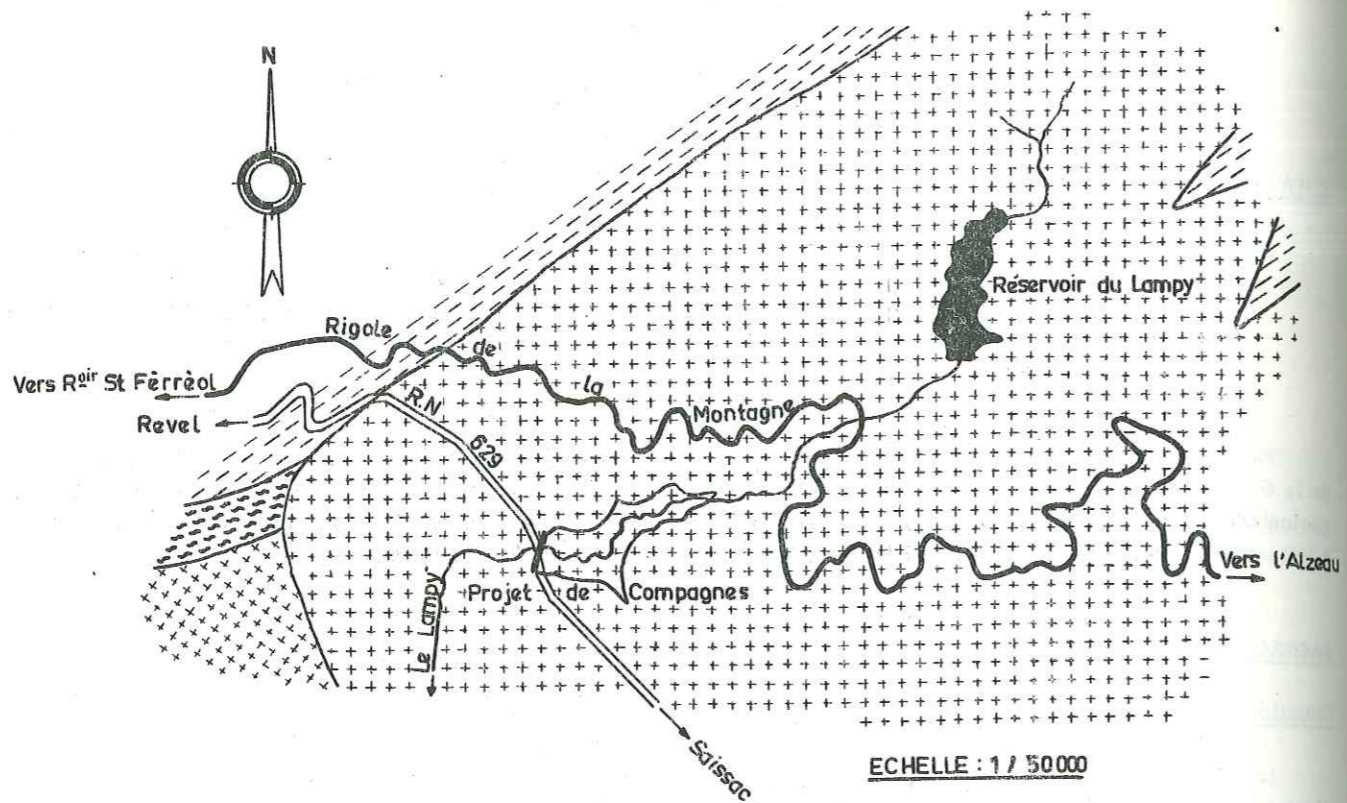
Situation géologique générale

L'emplacement du barrage et la cuvette de retenue sont entièrement compris dans le massif granitique de Lampy (fig. 35). Ce granite, a été examiné au chapitre II et nous rappellerons seulement qu'il s'agit d'un granite intrusif "concordant" affectant d'un métamorphisme de contact des terrains qu'il a traversés. C'est une roche à grain moyen assez riche en quartz ; le minéral ferro-magnésien est la biotite. Il est syntectonique d'âge hercynien.

Etude géologique du projet

Le site et la cuvette sont situés sur une surface pénéplanée qui n'a pas été très rajeunie lors des mouvements tertiaires, comme c'est probablement le cas de la région en aval du site. Là, en effet, le Lampy coule avec une forte pente et le granite, d'exposition superficielle plus récente et lavé par les cours d'eau, y est beaucoup plus sain *.

* - D'ailleurs l'érosion mécanique des eaux courantes s'oppose à l'altération chimique. L'eau de faible écoulement au contraire, cas des surfaces pénéplanées, facilite l'arénisation.



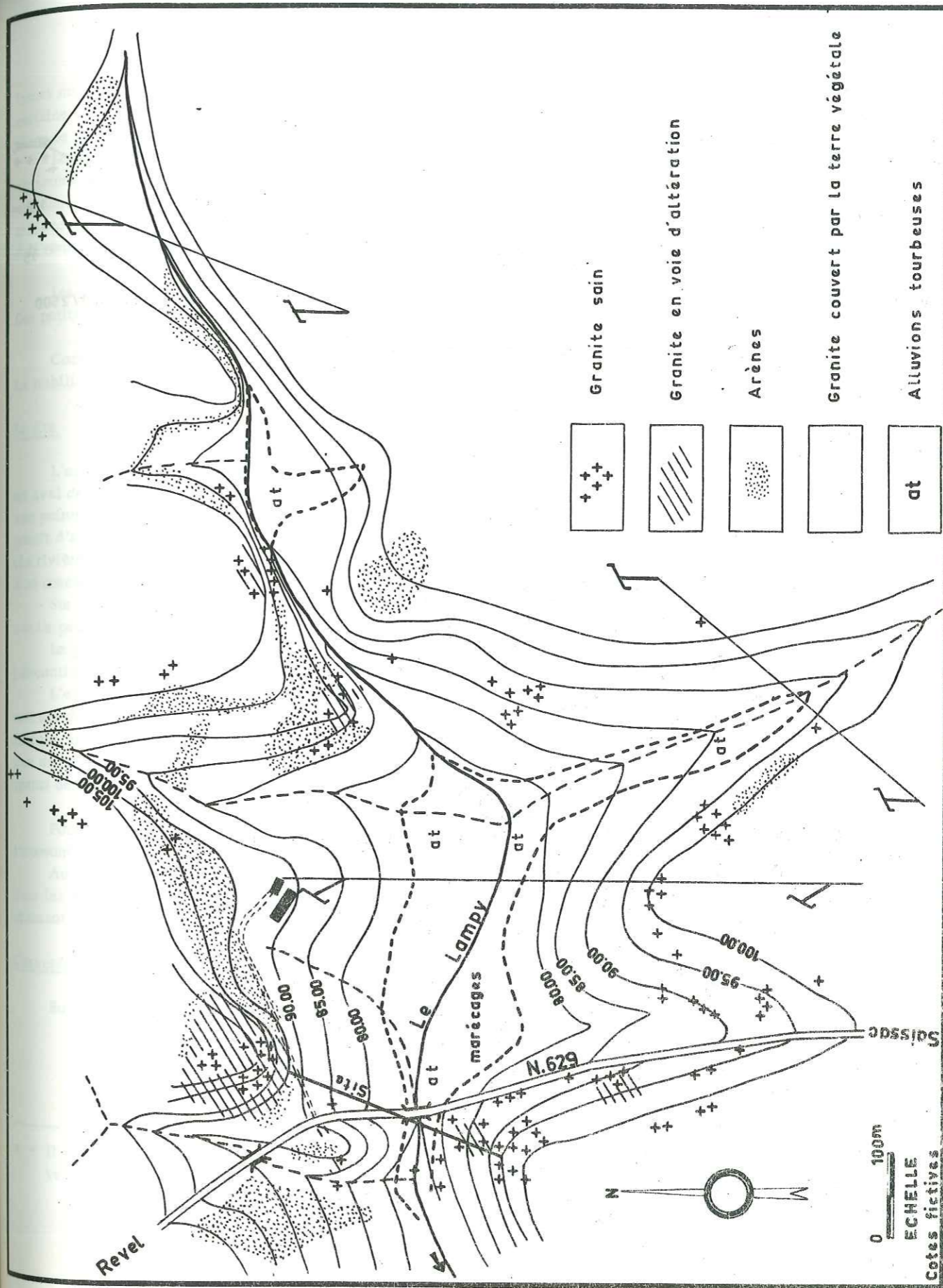
- Granite du Lampy
- Schistes épimétamorphiques affectés par le métamorphisme de contact (Cambrien - Antécambrien)
- Micaschistes
- Gneiss et granites d'anatexis

Fig 35 - SITUATION ET CADRE GÉOLOGIQUE DU PROJET DE COMPAGNES
(d'après la carte géologique de la France au 1/80000, feuille de Castres)

A l'emplacement du barrage on a ainsi un pays aux lignes très molles où ce granite est assez arénisé.
Sur la carte géologique au 1/5 000, réduite à la fig. 36, nous avons ainsi distingué :

- les affleurements de granite sain ou légèrement altéré ;
- les affleurements de granite en voie d'altération ;
- les arènes granitiques avec ou sans grotte ;
- les zones marécageuses avec alluvions tourbeuses qui occupent le fond de la vallée ;
- la couverture végétale très dense (en blanc) qui couvre des surfaces importantes vraisemblablement occupées par des arènes.

Les affleurements de granite vraiment sain sont rares et leur aspect extérieur est toujours "vieux" : l'examen des



SITE DE COMPAGNES-ESQUISSE GÉOLOGIQUE

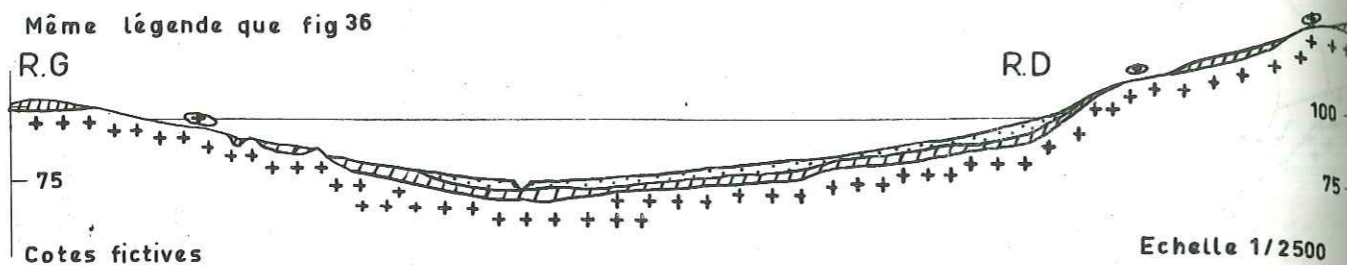


Fig 37-COUCPE SCHEMATIQUE DU SITE DE COMPAGNES

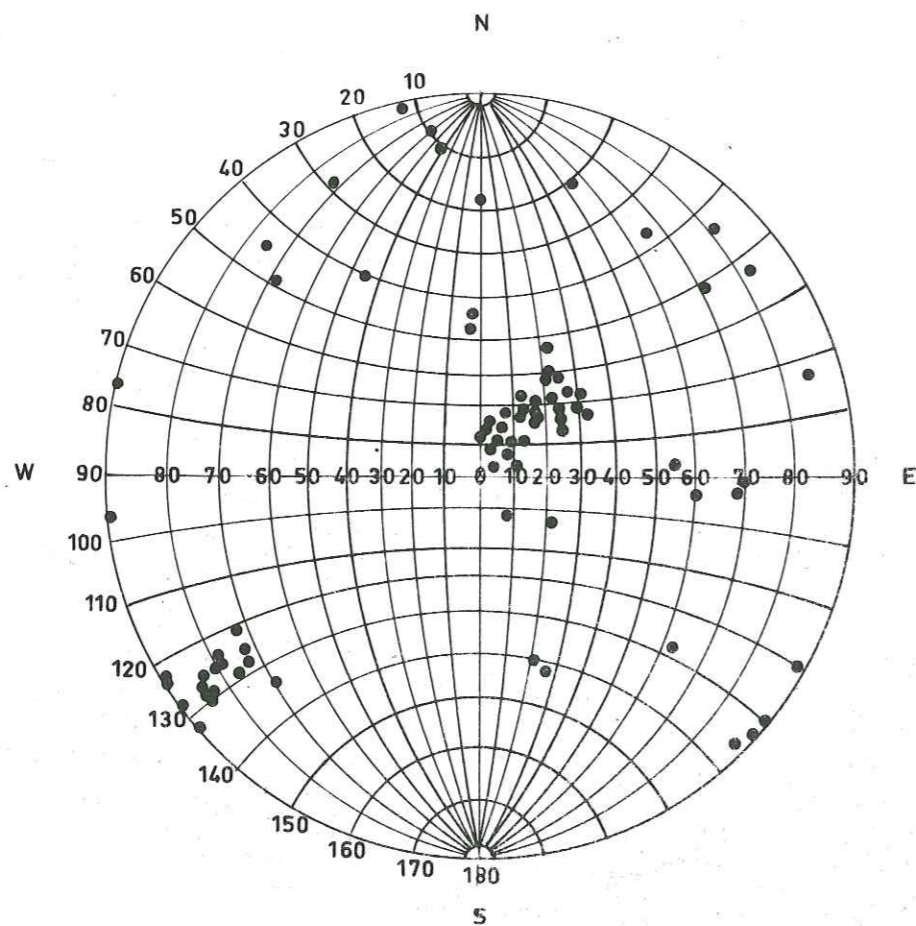


Fig 38
RELEVÉ STATISTIQUE DES DISCONTINUITÉS MOYENNES
DE LA RIVE GAUCHE

James minces donne toujours les plagioclases assez séricitisés. On observe en outre comme sur les affleurements une certaine orientation. Les affleurements, petits, isolés et localisés surtout en rive gauche peuvent être en réalité des blocs de gore dans une masse arénisée, couverte par la végétation.

Les granites en voie d'altération présentent un aspect plus altéré que les affleurements précédents. Mais leur caractère essentiel est leur morcellement, constituant un ensemble sans cohésion mais pas encore désagrégé par l'arénisation. Ce morcellement guidé par les diaclases de la roche ne donne pourtant pas les formes classiques des "boules" granitiques. Les blocs ont au contraire des formes plates, en sorte de parallépipèdes. Nous pensons que cette forme doit résulter de l'orientation de la roche. Les mêmes formes de parallépipède sont rencontrées dans les gores.

Les arènes, avec ou sans gore, couvrent la majorité de la région mais elles sont surtout visibles en rive droite. Des petits thalwegs montrent parfois une épaisseur minima d'arènes de 2 à 3 m.

Compte tenu de ces conditions géologiques, il ne semble pas que la cuvette puisse poser des problèmes d'étanchéité. La stabilité de ses versants semble être également assurée par leur pente très peu élevée.

Le site

L'emplacement géologiquement le plus favorable est oblique de la rive droite en amont du pont à la rive gauche en aval de celui-ci. Sur les deux rives, les affleurements de granite plus ou moins sain sont nombreux et c'est seulement aux points bas de la rive droite qu'apparaissent les arènes (coupe schématique fig. 37). L'épaisseur de ces dernières paraît d'ailleurs moins importante au droit du site qu'ailleurs, car celui-ci semble être plus dégagé par l'érosion récente. (La rivière a une vitesse plus élevée à cause du resserrement de son lit, et tout de suite à l'aval les gorges commencent à se creuser).

Sur les versants, le granite est assez diaclasé et fissuré et ces plans de discontinuité devront être étudiés en détail car ils peuvent constituer des surfaces de glissement pour les appuis du barrage.

Le graphique de la figure 38 montre le résultat d'une première observation statistique des discontinuités moyennes (discontinuités de faible étendue : diaclases et joints, fissures).

L'examen de ce graphique montre le développement (points groupés de direction nord ouest et de plongement nord est) des diaclases plus ou moins parallèles à la pente du versant pouvant provoquer des surfaces de glissement*. On remarque aussi une dispersion des diaclases et fissures due en partie à la "respiration" et la décompression du versant et aux différentes phases tectoniques ; les fissures nord nord est, décalent d'autres familles de discontinuités. Les écartements de toutes ces discontinuités sont variables mais jamais très considérables (quelques cm au maximum).

Pour le choix du type de l'ouvrage, la nature des terrains d'une part et la fracturation de la roche d'autre part, imposent un barrage souple, enrochements dans ce cas présent.

Au point de vue étanchéité au droit du barrage, les granites peuvent être considérés comme imperméables, sauf dans les zones profondément altérées ou fissurées où un voile d'injection classique accompagné vers l'aval d'un système drainant approprié seront nécessaires.

Caractéristiques techniques du barrage

En terminant, nous donnerons les caractéristiques de l'ouvrage projeté :

- Type de l'ouvrage : barrage en enrochements
- Hauteur au-dessus du terrain naturel : 20,00 m (avec possibilité de monter de 25 à 30 m)
- Longueur de couronnement : 295,00 m

* - Il faut noter cependant que ces diaclases, plus exposées en surface, ont tendance à se confondre avec la pente du versant.

Largeur en crête : 15,00 m (à cause du passage de la route nationale 629)
 Volume des enrochements : 162,000 m³
 Surface du masque amont : 6 000 m²
 Fruit aval et amont : 1,5/1.

BARRAGE DE LA GALAUBE SUR L'ALZAU

Situation

Le barrage de la Galaube est situé sur l'Alzau, légèrement en amont de la prise de la Rigole de la Montagne. Il pourrait emmagasiner 9 millions de m³ environ. Il contrôle un bassin versant de 21 km² susceptible d'apporter en moyenne 21,5 millions de m³/an. La crue maximale est estimée à 50 m³/seconde.

Situation géologique générale (fig. 39)

Le projet est situé à l'extrémité nord est du granite du Lampy, en limite des terrains cambriens et antécambriens épimétamorphiques du détroit de Lacombe. Les schistes sont affectés par un métamorphisme de contact avec minéraux de néoformation (voir chapitre II).

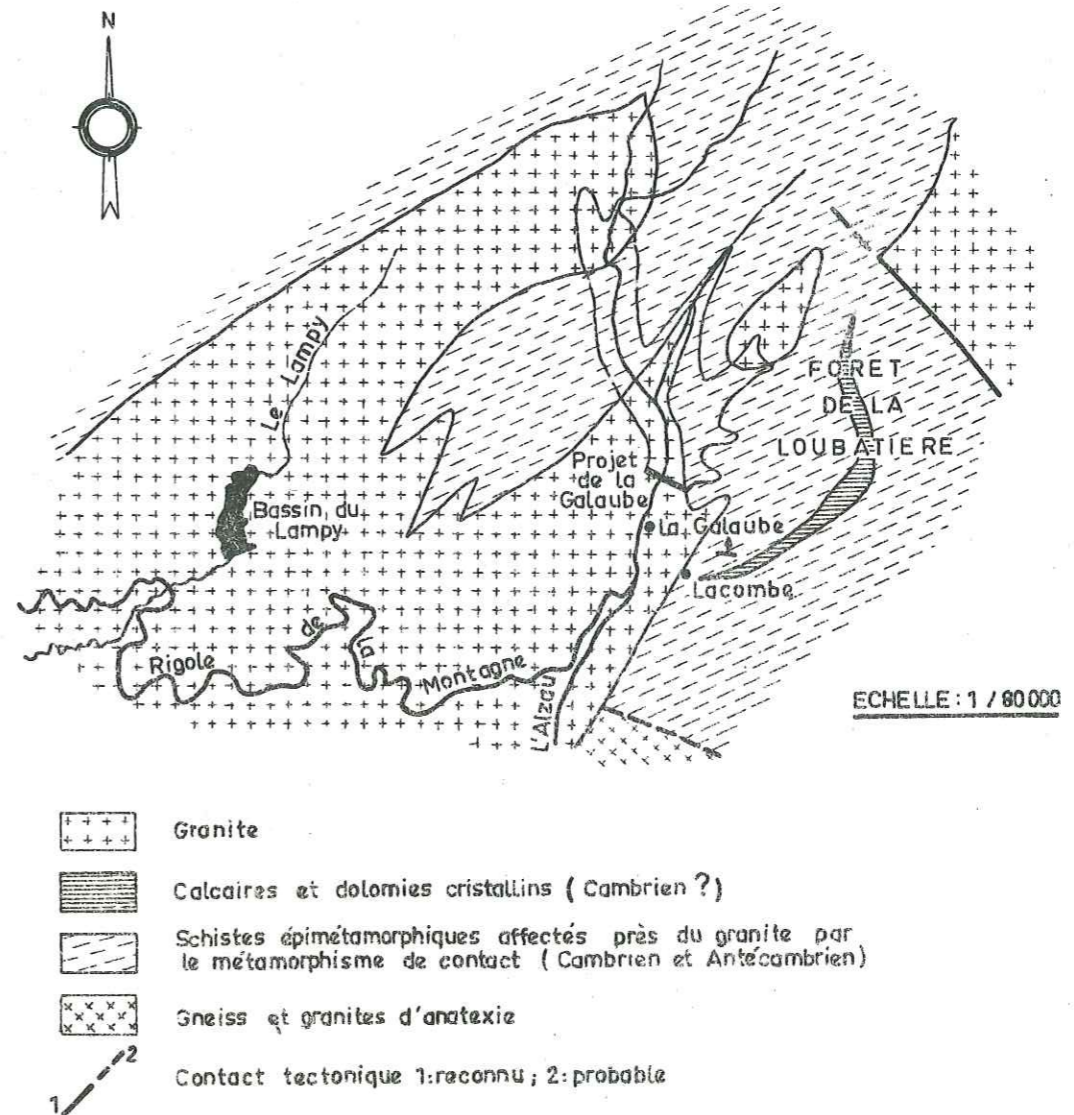


Fig 39 -- SITUATION ET CADRE GEOLOGIQUE DU PROJET DE LA GALAUBE
 (d'après la carte géologique de la France au 1/80000, feuille de Castres)

Description géologique du projet

Deux emplacements topographiques sont possibles (fig. 40).

L'emplacement aval, situé au droit même de la Galaube, a été étudié en 1943 par L. MENGAUD. Le substratum formé par un granite à mica blanc affleure largement dans le lit de l'Alzeu creusé en petite gorge et dans la partie basse de la rive gauche. La partie haute de cette même rive et toute la rive droite sont constituées par de l'arène granitique provenant de la décomposition et de l'altération du granite. Des sondages effectués en rive droite montrèrent que cette arène granitique avait une vingtaine de mètres d'épaisseur et qu'elle reposait sur la roche saine par l'intermédiaire d'une couche d'argile de 1 mètre d'épaisseur environ. La présence de cette argile pose le problème de la position en place ou glissée de la masse arénisée ; dans tous les cas l'existence de cette couche argileuse compromet la stabilité de ce versant et il sera bon d'en préciser la géométrie.

Le deuxième emplacement est situé à 600 m environ en amont du précédent, à un étranglement de la vallée entre deux prairies.

Sur la carte au 1/20 000 du site et de la cuvette nous avons rectifié les contours de la carte géologique au 1/80 000 (feuille Castres) (fig. 40). Ainsi le granite n'occupe que l'emplacement du site tandis que la cuvette est comprise dans sa partie aval dans les schistes épimétamorphiques de la forêt de la Loubatière, traversés localement par des apophyses granitiques (granite filonien, pegmatite, aplite ou quartz filonien), tandis que le granite réapparaît dans sa partie amont. Le granite est, comme dans tout le massif du Lampy, un granite à biotite, mais ici, étant donné la situation à la périphérie du massif, on trouve également la muscovite. Celle-ci est plus abondante dans les apophyses. Ce granite n'est pas orienté comme à Compagnes et ses contacts avec les schistes là où on peut les observer sont toujours concordants.

Les schistes de la cuvette sont affectés par le métamorphisme de contact et les schistes à séricite ou parfois à biotite passent à des cornéennes orientées comme l'examen des lames minces l'a montré.

Ces roches ont une texture cristallo-blastique, lépidoblastique. En principe des lits souvent plissotés de petits cristaux de quartz, alternent avec des lits de séricite ou de muscovite et de quartz avec parfois de la biotite. Le métamorphisme de contact est surtout manifesté par des nouveaux minéraux qui transforment les schistes en schistes tachetés, noduleux ou cornéennes. L'andalousite est très abondante avec de très jolis cristaux et on trouve aussi, mais en quantité beaucoup moins importante, la cordiérite ; ces deux minéraux caractérisent une paragenèse de métamorphisme de contact très proche du granite. Ces schistes sont souvent séricitisés et morcelés par des phases tectoniques postérieures. On trouve également de la tourmaline et de la biotite souvent chloritisée qui paraît être le dernier minéral de ce métamorphisme.

A l'emplacement du barrage, le granite affleure bien en rive droite, mais il est masqué par les éboulis en rive gauche où l'arénisation paraît en outre plus importante. Le granite est assez diaclasé et fissuré et l'arénisation peut parfois descendre assez profondément dans les diaclases. Le lit majeur est comblé par des alluvions tourbeuses dont il faudra reconnaître l'épaisseur. Ce site, assez large, semble mieux convenir à une digue en terre ou en enrochements qu'à un ouvrage en béton.

L'étanchéité de la cuvette, constituée par les schistes et les granites, terrains imperméables à l'échelle d'une retenue, semble être assurée.

ECHELLE : 1 / 20 000

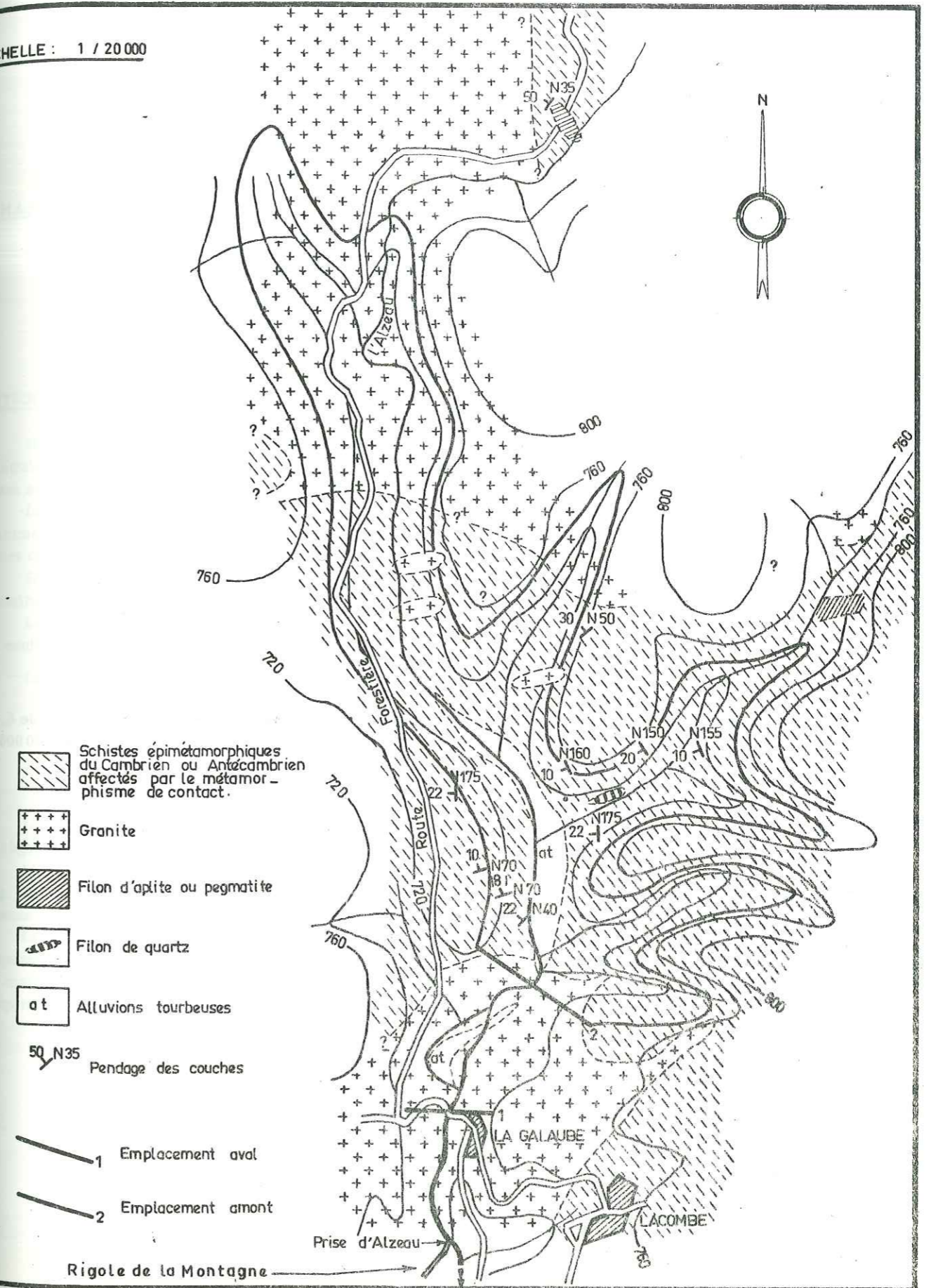


Fig 40- SITE DE LA GALAUBE - CARTE GEOLOGIQUE

Caractéristiques techniques de l'ouvrage

La courbe hauteurs - volumes (fig. 41) donne pour une cote de retenue normale à 732,00 (barrage à la cote 735,00) un volume emmagasiné de 9,25.10⁶ m³ représentant un plan d'eau de 63 ha.

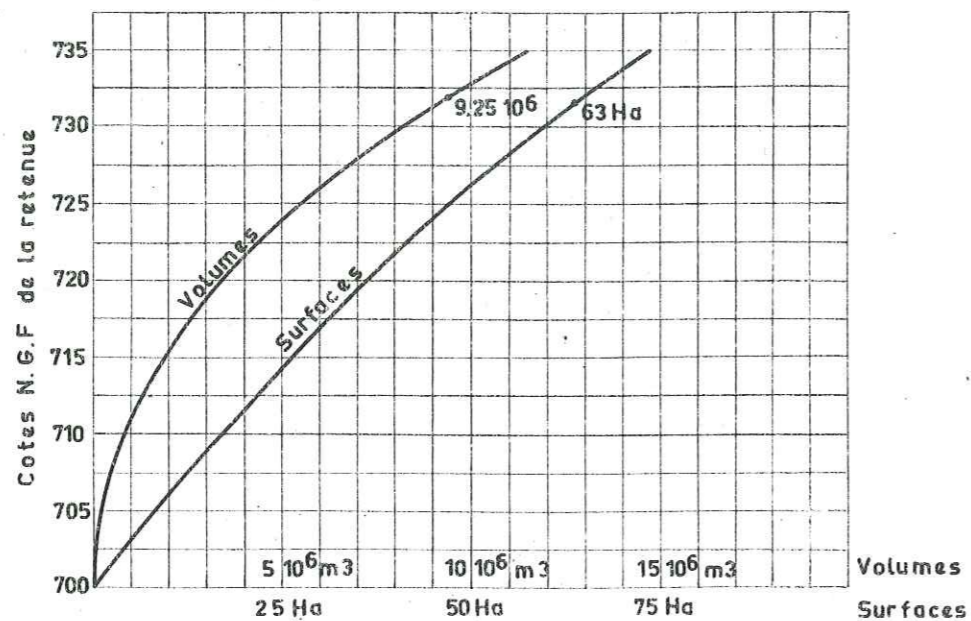


Fig 41- COURBES HAUTEURS | VOLUMES
SURFACES

La hauteur maximum serait de 34,50 m, la longueur du couronnement de 340,00 m et la largeur en crête de 5,00 mètres. Le fruit amont prévu est de 1,5/1 et le fruit aval de 1,3/1. Le volume de la digue elle-même est de 350 000 m³ environ et celui de fondation 130 000 m³.

CHAPITRE VII

LE BARRAGE DE JONQUIERES SUR LE TENTEN

INTRODUCTION

Nous nous trouvons ici sur l'extrémité sud du flanc méridional de la Montagne Noire, non loin de la dépression centrale du couloir du Lauragais. La région du barrage se trouve à mi-distance entre Carcassonne et Castelnaudary à 5 km au Nord Nord Est de Bram et à 1 km à l'Ouest de Raissac-sur-Lampy (fig. 19 et 31).

Le Tenten, principal affluent de rive droite du Lampy, prend ses sources dans la Montagne Noire, au Sud des Cammazes ; après avoir traversé les terrains anciens de ce massif, il coule vers le Sud Est et creuse sa vallée dans les séries de couverture pour se jeter dans le Lampy près de Raissac-sur-Lampy.

Son cours amont correspond à des gorges profondes taillées dans les terrains cristallins, tandis que sa partie aval constitue une large vallée où la rivière creuse actuellement ses propres alluvions récentes.

Le site de Jonquières s'inscrit dans un étranglement très accusé de la vallée du Tenten, immédiatement à l'amont du confluent avec le Lampy.

Les caractéristiques hydrologiques du bassin versant peuvent être résumées ainsi :

- Surface : 50 km²
- Apports moyens annuels : 20.10⁶ m³
- Débit maximum instantané : 120 m³/s
- Débit maximum en 24 heures : 70 m³/s
- Volume maximum en 24 heures : 6.10⁶ m³

Le Tenten sort facilement de son lit mineur après de longues pluies, mais est pratiquement sec pendant l'étiage où règne un régime de faible sous-écoulement.

L'ouvrage, d'une hauteur de 19 m arasé à la cote 150, aurait une longueur en crête de 165 m ; la retenue normale (fig. 42) à la cote 148 correspondrait à un volume de 14,5.10⁶ m³ et couvrirait une surface de 240 ha environ. La retenue serait remplie sans problème par les 50 km² du bassin versant fournissant en année moyenne, 20 millions de m³.

Le barrage se trouve contrairement à d'autres sites, dans le périmètre et permet d'accumuler une quantité d'eau moyenne suffisante pour irriguer une superficie de l'ordre de 5 000 ha. La retenue évidemment, ne domine pas le périmètre mais une reprise par pompage, au pied du barrage, permettrait d'obtenir en tous points la pression nécessaire à l'aspersion.

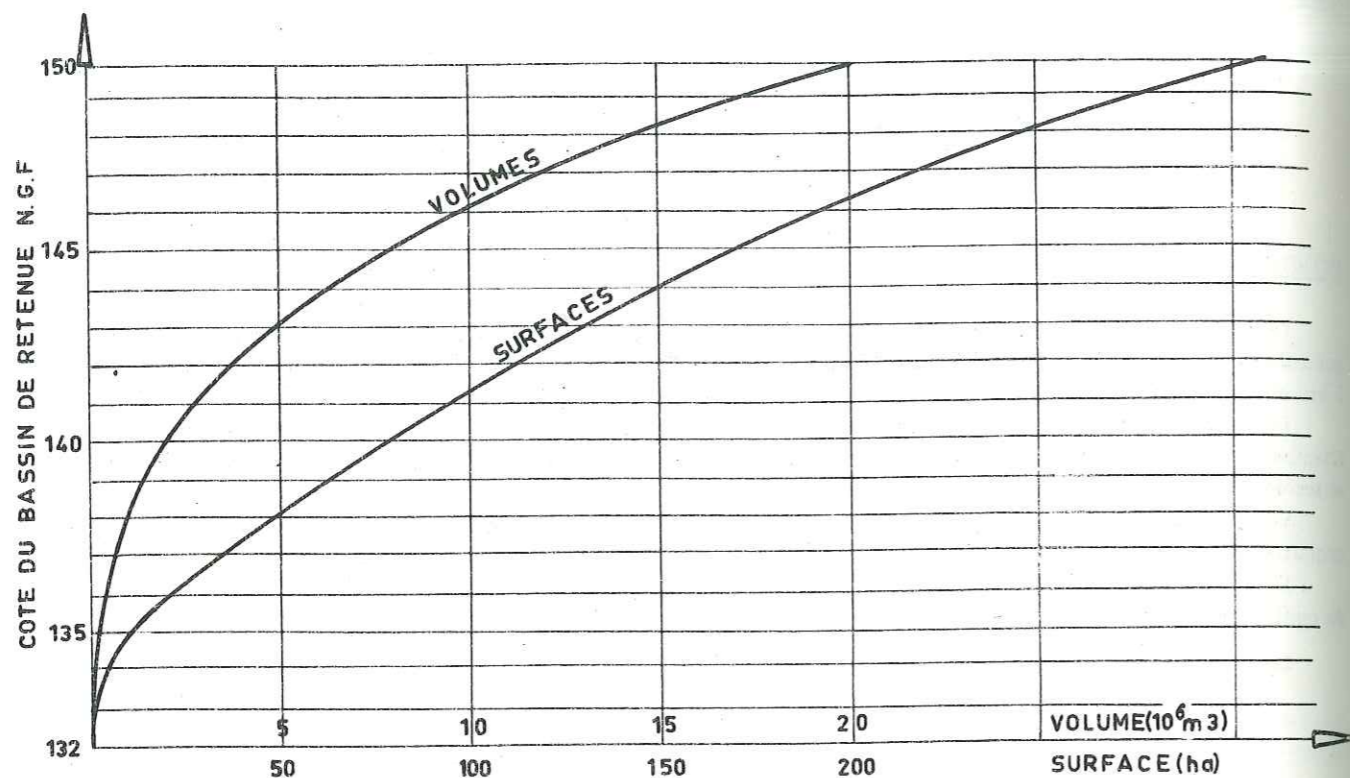


Fig 42 - COURBES HAUTEURS { VOLUMES SURFACES

GEOLOGIE GENERALE

L'aménagement de Jonquières se situe au point de vue géologique dans la zone d'enfouissement de la couverture sédimentaire du versant méridional de la Montagne Noire, sous les mollasses du Lauragais (fig. 31 et 43). Ces terrains, d'âge tertiaire, sont lacustres ou continentaux à la base, marins au milieu, et de nouveau lacustres ou continentaux au sommet.

Sur le socle ancien de la Montagne Noire on rencontre ainsi successivement du Nord vers le Sud (voir aussi chapitre II) :

- Montien : argiles, sables, grès et conglomérats ;
- Thanétien : calcaire lacustre de Montolieu ;
- Sparnacien : argiles rouges et grès ;
- Yprésien-Lutétien inférieur ("Nummulitique") : calcaires, marnes, grès et sables marins ;

- Lutétien moyen : calcaires et marnes de Ventenac ;
- Lutétien supérieur : mollasses grés-argileuses ;
- Bartonien : mollasses argilo-gréseuses ;
- Cailloutis des plateaux et alluvions.

Ces formations figurent dans la série lithostratigraphique (fig. 44).

Nous ne nous intéresserons ici qu'aux assises du Sparnacien au Lutétien supérieur et les cailloutis et alluvions qui entrent seuls dans le cadre de cet aménagement.

A partir de notre levé au 1/5 000 nous avons pu rectifier sur la carte au 1/25 000 de la figure 45 les contours et la structure des terrains de la carte géologique au 1/80 000 (fig. 43). Sur cette première nous avons volontairement fait abstraction des alluvions récentes de fond des vallées et des éluvions ou éboulis de pente, de façon à mieux faire apparaître la structure. L'étude de surface n'est pas aisée ; les affleurements sont nombreux mais souvent désagrégés par les labours de défonçage ou en voie d'altération. Aussi la lecture et l'interprétation des pendages sont assez délicates.

STRATIGRAPHIE ET LITHOLOGIE

Sparnacien

Le Sparnacien constitue l'assise sur laquelle reposent les terrains formant le site du barrage et la cuvette de retenue. Il n'affleure pas dans l'emprise du projet, mais apparaît dans la vallée du Lampy, en amont de Saint-Martin-le-Vieil.

Il se trouve sous le "Nummulitique" et au droit du site, il a été rencontré par les sondages de reconnaissance à 59,50 m de profondeur en rive droite et à 81,50 m environ de profondeur en rive gauche.

Ce Sparnacien est constitué par des argiles rouges, grises, vertes ou bariolées, plus ou moins plastiques, et par des argiles sableuses, des sables ou des grès à éléments de quartz anguleux. Son épaisseur est de 15 à 30 m aux affleurements : les sondages de reconnaissance du barrage n'ont pénétré dans cette formation que de 12 m au maximum.

Yprésien-Lutétien inférieur ("Nummulitique")

Cette assise correspond à l'épisode marin qui s'intercale à mi-hauteur dans les terrains de couverture de la Montagne Noire, et qui a donné naissance à des calcaires, à des marnes et à des grès très riches en fossiles, en particulier en Nummulites et Alvéolines. C'est la raison pour laquelle les géologues locaux lui ont donné le nom de "Nummulitique" qui a ici le sens restrictif de terrain où abondent ces foraminifères et non celui correspondant à la stratigraphie classique.

La série complète de ce "Nummulitique" observée au droit du site en rive gauche du Tenten dans le sondage T2 peut être résumée comme suit :

- à la base un niveau gris de calcaires avec intercalations de marno-calcaires et de marnes : épaisseur 35 à 42 m ;
- au milieu, calcaires ou marno-calcaires compacts avec intercalations de marnes ou de grès ; deux ou trois bancs épais de quelques dizaines de cm sont riches en huîtres et un de ceux-ci est assez régulier pour former un niveau repère aux affleurements : puissance 20 à 25 m ;
- au sommet, grès ou sables jaunes avec niveaux de calcaires surtout gréseux ; la partie terminale de ce niveau est constituée par un calcaire gréseux très détritique : épaisseur 20 à 22 m

La description détaillée de ces terrains sera faite plus loin lors de l'étude du site du barrage.

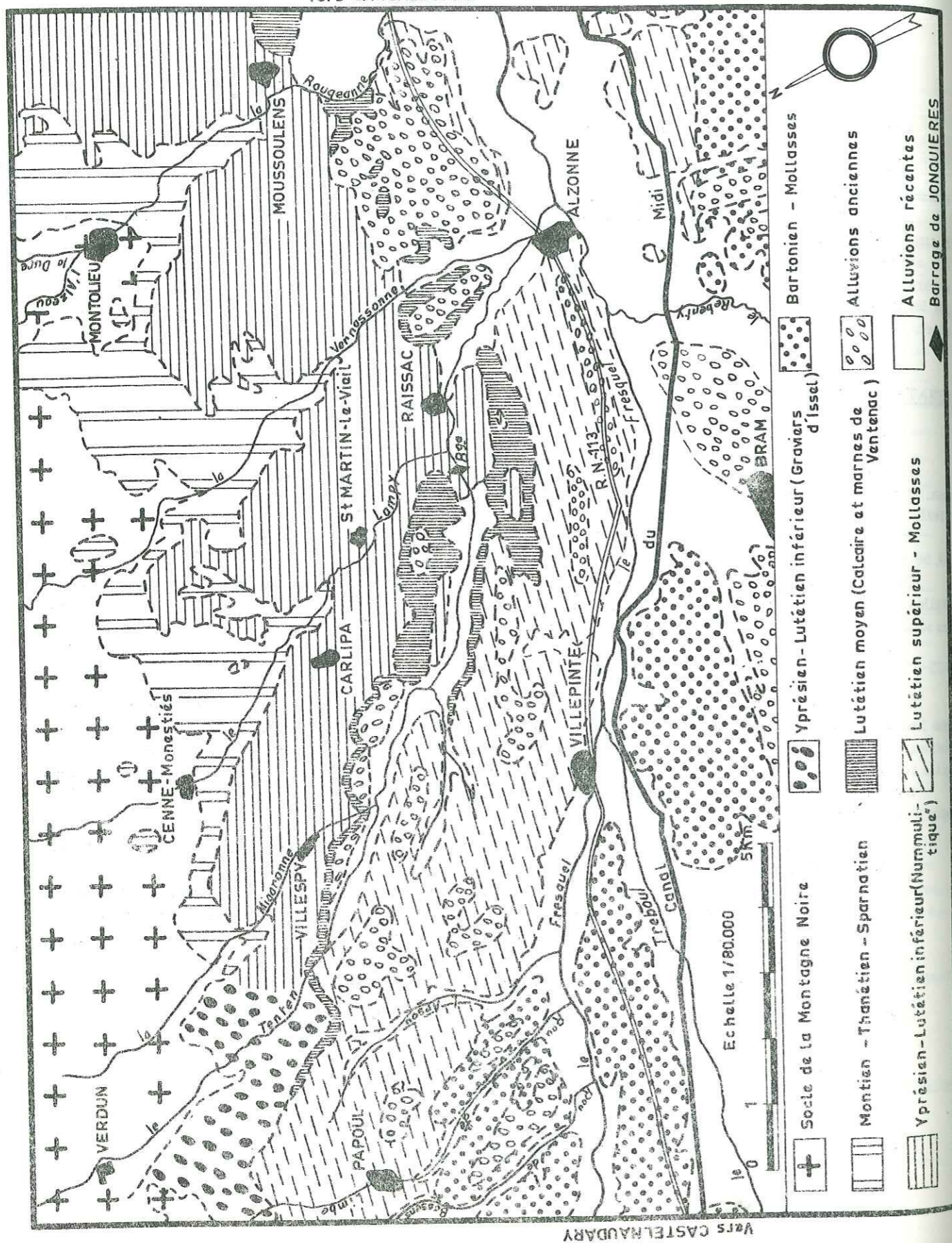


FIG 43 - CADRE GÉOLOGIQUE DU PROJET DE JONQUIÈRES

Lutétien moyen

Le Lutétien moyen est représenté par des marnes et des calcaires dits de Ventenac.

Cette formation, dont l'extension maximale se situe plus à l'Est, est ici peu développée ; son épaisseur varie de quelques mètres à une quinzaine de mètres et se réduit encore sensiblement vers l'Ouest où les calcaires disparaissent et où le Lutétien moyen se confond alors avec le Lutétien supérieur.

Cette formation de Ventenac, qui succède au "Nummulitique" après la régression de la mer, est essentiellement lacustre. Les calcaires et marnes se développent en alternances parfois imbriquées, mais en général la base est plus marneuse.

Les calcaires sont gris ou blancs, subcrazeux et se morcellent facilement. Les marnes grises ou bariolées renferment localement des niveaux discontinus de gypse de quelques cm d'épaisseur.

Lutétien supérieur

Le Lutétien supérieur est constitué par des mollasses qui se développent plus au Sud et qui sont connues, comme nous l'avons vu au chapitre II, sous le nom de mollasses de Carcassonne.

A partir de Villespy, cette mollasse passe vers le Nord Ouest aux formations grossières des "grès d'Issel" formés de grès, de sables et de conglomérats. Dans la région de l'aménagement de Jonquières cette mollasse est constituée par des marnes ou des argiles et par des grès, des sables ou plus rarement des conglomérats. Ces roches ont une structure imbriquée avec des passages latéraux de faciès, des niveaux lenticulaires marneux ou sablo-gréseux et présentent ici des caractéristiques à peu près semblables à celles de la mollasse bartonienne de Castelnaudary. Enfin ce Lutétien supérieur renferme parfois de petits niveaux lenticulaires de calcaire de faciès identique à celui de Ventenac et du gypse.

Cailloutis des plateaux

Ces cailloutis sont disposés en deux niveaux sur les plateaux ; leur dépôt rappelle celui d'un épandage et leur âge est peut-être quaternaire ancien.

Le niveau supérieur occupe la surface des plateaux entre les cotes 170 et 190 ; la patine jaune de ses galets de quartz, due à une longue exposition aux agents atmosphériques lui confère un air ancien.

Le niveau inférieur est situé à un étage un peu moins élevé, entre les cotes 150 et 170 et ses galets de quartz de teinte encore blanche en général témoignent d'une origine plus récente.

L'épaisseur de ces cailloutis varie de quelques dizaines de cm à quelques mètres. Leur extension actuelle déborde certainement des limites initiales du dépôt par suite de glissements sur les versants des plateaux.

Alluvions récentes

Elles occupent le fond de la vallée du Tenten et passent latéralement aux élévations des pentes.

Leur constitution est généralement fine, limono-sableuse ou limono-argileuse : un niveau plus grossier à galets paraît toutefois exister à leur base.

Leur épaisseur en fond de vallée peut atteindre quelques mètres sans cependant jamais dépasser 5 à 6 m.

Le Tenten creuse son lit actuel dans ces alluvions récentes et au droit du site même, il coule par place sur le substratum nummulitique.

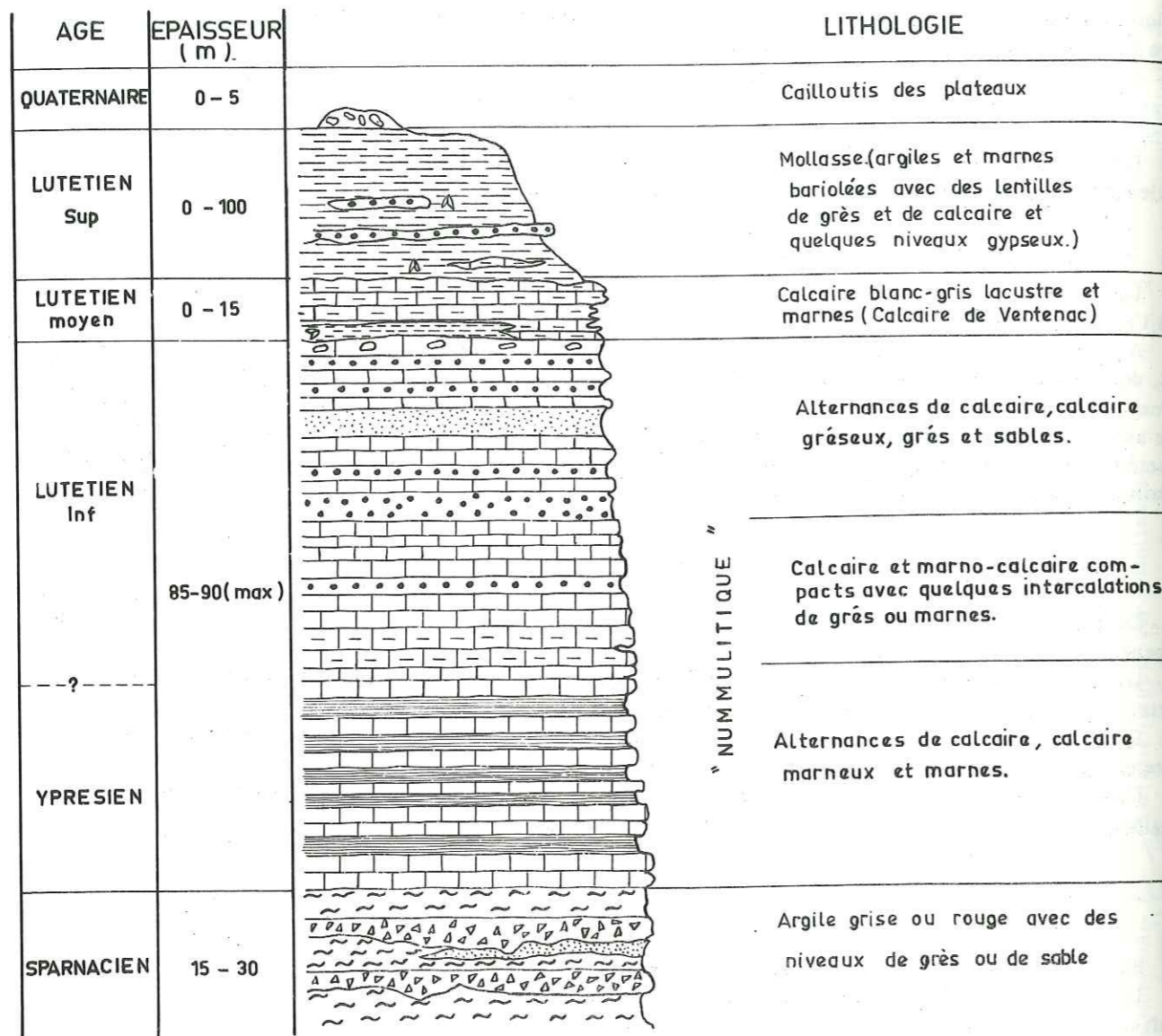


Fig 44 - SERIE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE LA REGION DU BARRAGE DE JONQUIERES

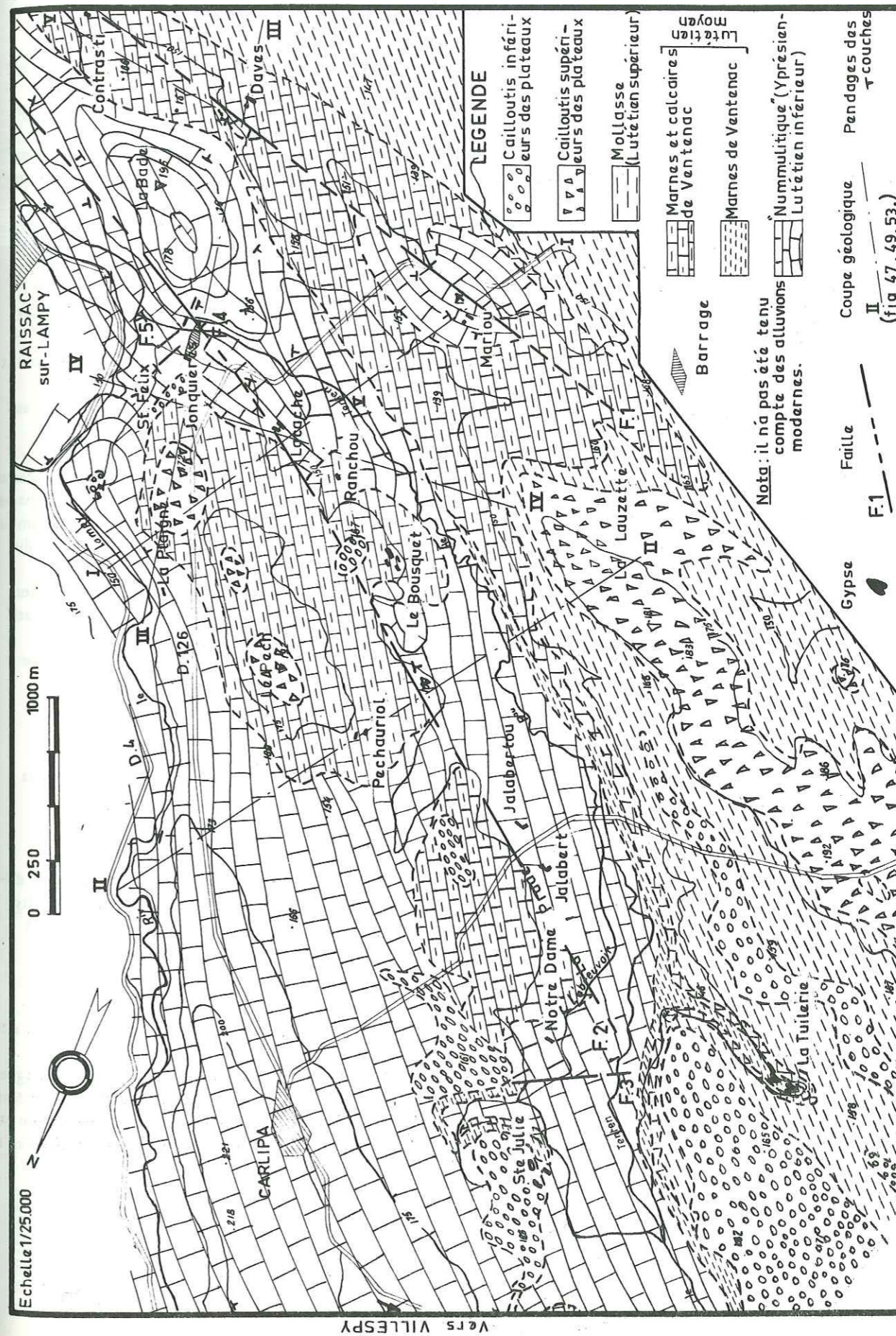


Fig 45 - CARTE GEOLOGIQUE DE LA CUVETTE DU BARRAGE DE JONQUIERES

STRUCTURE

Structure générale

La couverture sédimentaire de la Montagne Noire est habituellement considérée, ainsi que nous l'avons dit au chapitre II, comme une série isoclinale à faible plongement vers le Sud et le Sud Ouest, où les couches les plus anciennes s'enfouissent successivement sous les plus récentes dans ces directions.

Ceci est vrai dans les grandes lignes, mais une étude plus approfondie de cette structure montre que celle-ci est dans le détail beaucoup plus compliquée, avec des plissements et des failles.

Dans le cadre de notre étude cette structure est caractérisée :

- par des axes synclinaux et anticlinaux qui s'alternent et se succèdent du Nord Est vers le Sud Ouest et s'étirent du Nord Ouest vers le Sud Est ;
- par la brusque apparition de brachyanticlinaux qui rompent la régularité des ondulations anticlinales et synclinales précitées ;
- par des failles plus récentes qui s'organisent suivant les directions nord ouest - sud est et nord est - sud ouest, disloquent les terrains et cassent les structures antérieures.

En ce qui concerne l'âge des plissements, il semble que ceux-ci datent de la surrection de la chaîne pyrénéenne qui se situe entre le Lutétien inférieur et le Lutétien supérieur. Les formations de Ventenac (Lutétien moyen) ne paraissent pas être affectées par ces plissements et montrent leur maximum de développement dans les synclinaux nummulitiques : l'époque des plissements se placerait alors plus précisément entre la fin du Lutétien inférieur et le début du Lutétien moyen.

Les failles disloquent aussi bien le "Nummulitique" que les formations de Ventenac et la mollasse du Lutétien supérieur : elles sont donc postérieures à ce dernier étage. Nous n'avons, par contre, aucune donnée sur l'âge relatif des deux directions de faille.

Les lignes générales de la structure du secteur de l'aménagement de Jonquières sont schématisées sur la carte structurale au 1/25 000 (fig. 46) et illustrées par les coupes géologiques (fig. 47).

Les Brachyanticlinaux

Ces structures sont les plus évidentes dès la première prise de contact avec le terrain et également celles qui sont le plus facilement observables.

- Brachyanticlinal de la Bade

Ce brachyanticlinal forme en rive droite du Tenten et du Lampy, la colline de la Bade (point coté 195) qui domine le site du barrage. La structure est nettement marquée par les pendages qui s'organisent périphériquement (fig. 45). Sa retombée nord ouest se prolonge dans la cuvette du Tenten et son flanc sud s'enfouit sous les marnes et les calcaires de Ventenac.

- Brachyanticlinaux de Mariou et de Daves

Le dôme de Mariou (point coté 174) en rive droite de la cuvette de retenue correspond à un brachyanticlinal de terrains nummulitiques faillé sur son flanc sud.

Cette butte de terrains nummulitiques, entourée des formations de Ventenac a posé des problèmes aux géologues qui ont étudié la région. Ce "Nummulitique" était considéré par J. ROUSSEL (94) comme indépendant et superposé aux formations de Ventenac (retour supposé de la mer nummulitique). M. BRESSON (25) a contesté cette interprétation et beaucoup plus tard, G. ASTRE (10) a montré la structure brachyanticlinale de cette butte qui "perce" les formations de Ventenac.

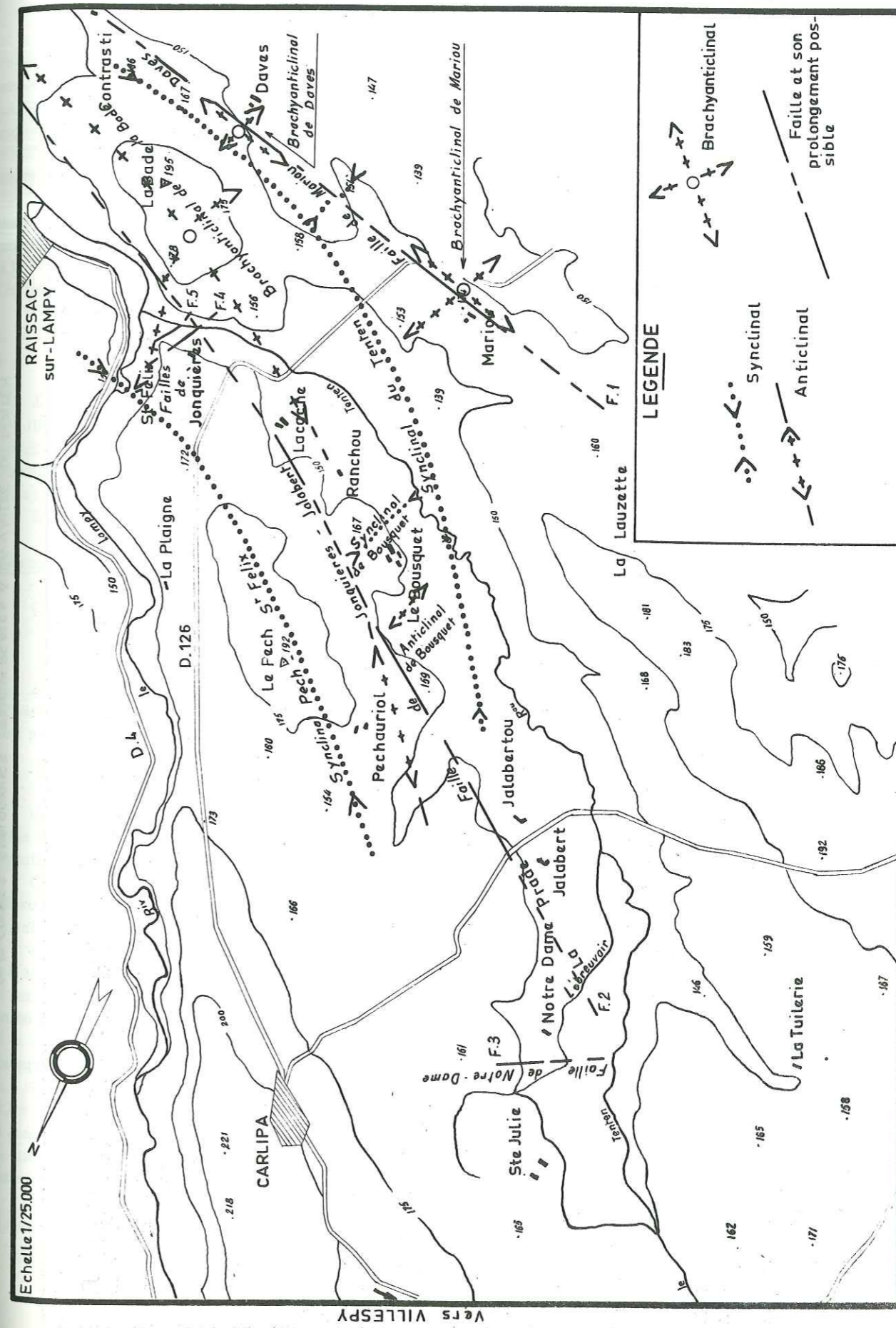
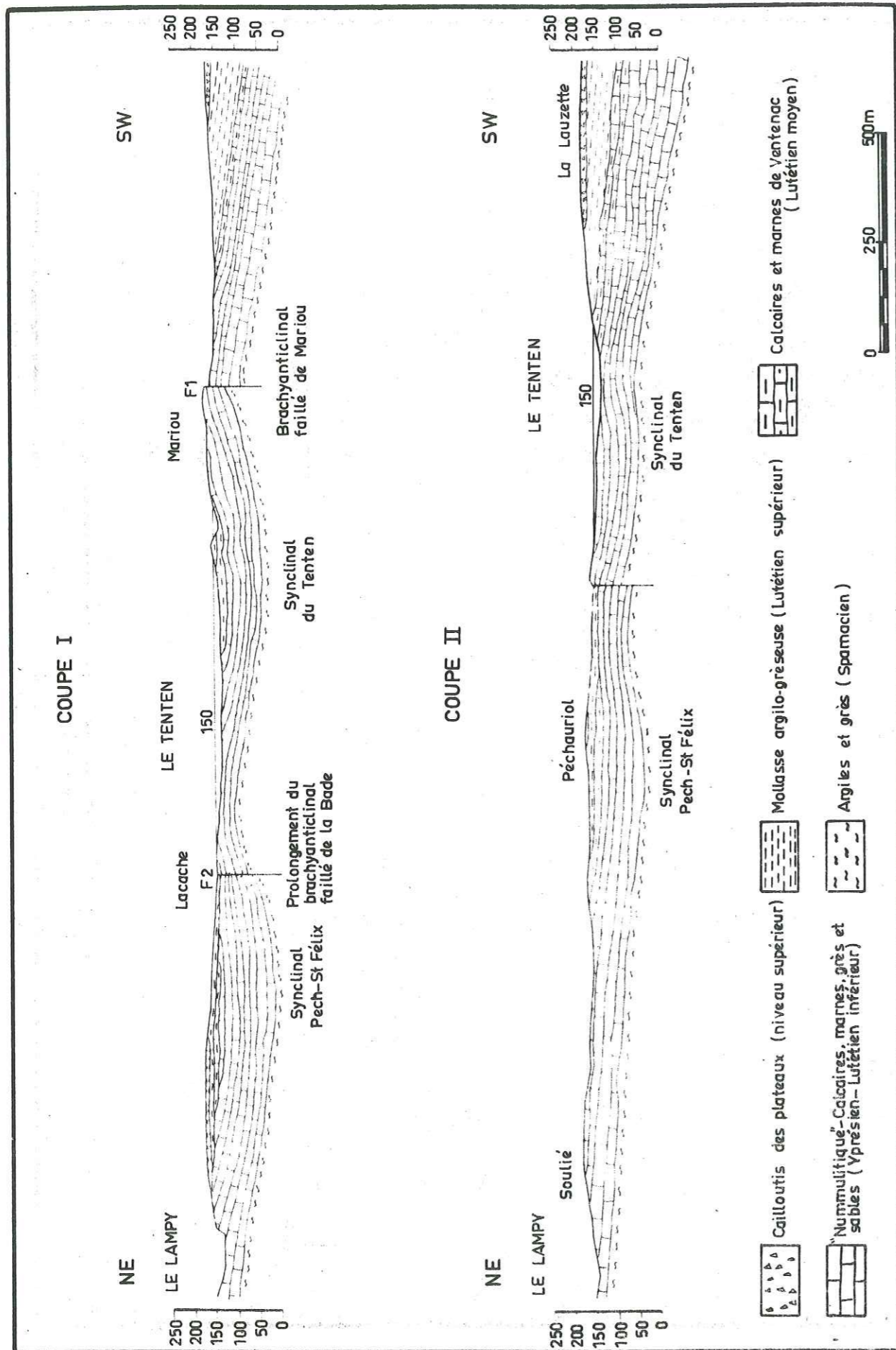


FIG 46 - CARTE STRUCTURALE DU NUMMULITIQUE DE LA CUVETTE DU BARRAGE DE JONQUIERES



Sur le versant septentrional du dôme, les calcaires et les calcaires gréseux du sommet du "Nummulitique" plongent vers le Nord avec des pendages de 25° à 30° qui s'orientent progressivement vers l'Est et vers l'Ouest, au fur et à mesure que l'on contourne la butte dans ces directions. Au sommet de cette butte le pendage s'affaiblit jusqu'à 15°, mais plonge toujours vers le Nord.

Tout ceci dessine bien un flanc nord de brachyanticlinal et les amorces des retombées est et ouest (fig. 45). Par contre, le flanc sud de ce brachyanticlinal manque.

En effet, les parties hautes des pentes méridionales de la butte sont constituées par des calcaires nummulitiques qui plongent au Nord. Plus bas, il n'y a pas d'affleurement continu mais le talus montre de nombreux débris de calcaires nummulitiques et les formations de Ventenac n'apparaissent que plus loin. Par ailleurs, vers l'extrémité occidentale de la butte, les calcaires nummulitiques qui plongent à 25° vers l'Ouest s'interrompent brusquement suivant une ligne grossièrement ouest-est et constituent un ressaut qui regarde au Sud et y domine d'environ 1 m les formations de Ventenac.

Cette absence de flanc sud et la limite soudaine des calcaires nummulitiques sont raisonnablement expliquées par G. ASTRE par l'existence d'une faille qui a rompu le brachyanticlinal et abaissé le flanc sud de celui-ci (fig. 47, coupe I).

A 1 km à l'Est de Mariou et à 350 m environ au Sud de la Bade, un peu au Nord de la ferme de Daves, on observe, au milieu des formations de Ventenac, un pointement rocheux formé de bancs de calcaires gréseux du "Nummulitique" présentant des plongements périphériques très redressés. Le flanc sud du brachyanticlinal existe bien ici mais la limite méridionale du pointement est rectiligne et les têtes des couches nummulitiques se trouvent juxtaposées avec les marnes et les calcaires de Ventenac.

Il y a donc encore ici un accident qui d'ailleurs s'aligne parfaitement avec celui de Mariou (fig. 45 et 49).

Les accidents nord ouest - sud est

Ce sont les accidents majeurs du secteur étudié.

- Faille de Mariou-Daves (F1)

Ainsi que nous venons de le voir cet accident casse les brachyanticlinaux de Mariou et de Daves. Le plan de faille est certainement vertical et à son contact le compartiment sud est affaîsé par rapport au compartiment nord. Le rejet n'est pas très important, et ne doit pas vraisemblablement dépasser 5 m.

- Faille de Jonquières-Jalabert (F2)

Cette faille de direction franchement nord ouest - sud est apparaît en amont dans la cuvette un peu au Sud de la ferme de Notre-Dame, suit la rive gauche de la retenue, passe en thalweg au droit du site, casse le flanc nord du brachyanticlinal de la Bade et se poursuit en rive droite du Lampy.

Cet accident est bien visible sur la butte cotée 159 à 250 m au Sud de la ferme de Pechauriol ; là nous voyons les calcaires du sommet du "Nummulitique" présentant un pendage vers le Sud de 8 à 15° en juxtaposition vers le Nord avec les calcaires de Ventenac et les dominant même légèrement.

En amont de ce point 159 (c'est-à-dire vers le Nord Ouest) aux abords de Jalabertou, de Jalabert et aux ruines de la Prade, ainsi qu'à l'aval (vers le Sud Est) entre Ranchou et Lacache on observe des affleurements de "Nummulitique" en juxtaposition avec les formations de Ventenac. La désorganisation des affleurements par les défonçages rend l'observation délicate et les mesures des pendages impossibles. Cependant, le remarquable alignement de ces points avec celui de la butte 159, où l'existence de la faille est indiscutable, est un argument difficilement réfutable en faveur du prolongement de cet accident.

Par ailleurs, au site de Jonquières lui-même, toujours dans le même alignement, les sondages de reconnaissance et les observations de surface montrent un décalage constant de 30 à 32 m des niveaux repères d'une rive à l'autre. Or, le pendage de 8 à 15° vers le Nord en rive gauche et le pendage de 15° vers l'Est en rive droite ne peuvent expliquer qu'une différence de niveau de 6 à 10 m. Il faut donc faire intervenir un accident et eu égard à l'alignement de ce point avec les précédents, celui-ci a beaucoup de chance d'être le prolongement de la faille de la butte 159.

Fig. 47 - COUPES GEOLOGIQUES TRANSVERSALES A LA VALLEE DU TENTEN

Enfin à l'aval du site, et toujours dans le même alignement, en rive droite du Tenten, au-dessus de son confluent avec le Lampy, on voit sur un même affleurement un niveau calcaire, brusquement interrompu et juxtaposé à du sable.

L'existence de la faille F2 paraît donc bien prouvée et son tracé bien connu dans les grandes lignes. Le rejet de l'accident, compte tenu du décalage des niveaux repères à l'endroit du site et de la juxtaposition des horizons du sommet du "Nummulitique" avec les formations de Ventenac dans la retenue, doit osciller entre 5 et 15 m, avec peut-être un maximum exceptionnel à 20 m.

Les accidents nord est - sud-ouest

Ces failles ont une extension limitée et un rejet réduit.

- Faille de Notre-Dame (F3)

Cet accident n'est pas très nettement apparent, mais seule son existence peut expliquer en rive gauche du ruisseau de l'Abreuvoir, la position anormale d'un panneau de marnes de Ventenac entre deux affleurements nummulitiques : son rejet est de 1 à 3 m.

- Failles de Jonquières (F4 et F5)

Il s'agit de deux petits accidents situés en rive gauche du Tenten, au droit du site du barrage et bien visibles le long du chemin conduisant de Jonquières à Saint-Félix.

La faille la plus importante, F4, est marquée par une zone broyée plus ou moins colmatée avec traces de circulation. Son rejet, d'après l'examen des affleurements situés dans son compartiment aval et de la coupe du sondage T2 implanté dans son compartiment amont, serait de l'ordre de 6 m. Sa direction est nord est - sud ouest.

La faille F5, de même orientation, mais plongeant à 65° vers l'Ouest, décale ses deux compartiments de 2 m seulement.

Les plis masqués

En plus des brachyanticlinaux qui ont déjà été décrits, l'examen des pendages du "Nummulitique" et les positions relatives de divers affleurements conduisent à admettre l'existence d'un certain nombre de plis masqués par les formations de Ventenac ou effacés par la désagrégation superficielle.

Ces plis sont figurés sur la carte structurale (fig. 46) et sur les coupes géologiques I, II et III (fig. 47 et 49).

- entre le brachyanticlinal de la Bade au Nord et ceux de Mariou-Daves au Sud, les couches nummulitiques doivent se ployer et se creuser en une gouttière synclinale qui se poursuit vers le Nord Ouest sous la vallée du Tenten : nous avons appelé cette structure synclinale du Tenten ;

- au Nord du brachyanticlinal de la Bade les couches nummulitiques plongeant au Nord sont cassées par la faille F2 de Jonquières-Jalabert puis disparaissent sous les affleurements du Ventenac du Pech ; elles réapparaissent vers la ferme de la Plaigne avec un pendage vers le Sud ayant ainsi dessiné sous les formations du Ventenac un autre pli synclinale du Pech-Saint-Félix ;

- plus au Nord Ouest, entre le synclinale du Tenten et celui du Pech-Saint-Félix, il faut admettre l'existence d'un anticlinal faillé par F2 (voir coupe II, fig. 47) qui pourrait être le prolongement de la structure brachyanticlinale de la Bade ;

- enfin dans la région du Bousquet, les assises nummulitiques paraissent s'organiser en une amorce de plis anticlinal bordé vers l'Est par un petit synclinale.

ETUDE GEOTECHNIQUE DU SITE DU BARRAGE

INTRODUCTION

Le site s'inscrit, immédiatement en amont du confluent avec le Lampy, dans un étranglement de la vallée du Tenten taillé dans le flanc nord du brachyanticlinal de la Bade.

Ce site a fait l'objet d'un levé géologique au 1/5 000 sur un agrandissement de la carte I.G.N. au 1/25 000 (fig. 48) et trois sondages de reconnaissance, T 1, T 2 et T 3, profonds respectivement de 70, 20 m, de 87, 20 m et de 50, 00 m, y ont été forés

Ces sondages avaient pour but :

- d'étudier la nature et le comportement des terrains en profondeur par carottage continu au double carottier ;
- d'étudier la perméabilité de ces terrains dans les versants par des essais d'eau de type Lugeon effectués par passes théoriques de 3 m.

LES TERRAINS

Stratigraphie

Le site est entièrement compris dans le "Nummulitique". Les formations du Ventenac n'affleurent en rive gauche qu'au-dessus de la cote 150 et il en est de même pour les cailloutis des plateaux qu'on retrouve cependant, mais glissés, sur tout le versant rive gauche.

Nous avons vu plus haut que le "Nummulitique" pouvait se diviser en trois niveaux :

- à la base un niveau gris de calcaires avec intercalations de marno-calcaires et de marnes : épaisseur 35 à 42 m ;
- au milieu, calcaires ou marno-calcaires compacts avec intercalations de marnes ou de grès ; deux ou trois bancs épais de quelques dizaines de cm et riches en huîtres peuvent servir de niveaux repères : puissance 20 à 25 m ;
- au sommet, grès ou sables jaunes avec niveaux de calcaires surtout gréseux : la partie terminale de ce niveau est constituée par un calcaire gréseux très détritique : épaisseur 20 à 22 m.

Nous rappelons que sous ce "Nummulitique" on rencontre le Sparnacien formé d'argiles rouges ou grises et de grès.

FACIES

Grès

De couleur beige ou grise ils varient au point de vue granulométrique de moyennement grossiers à assez fins et passent alors à des grès marneux. Ils sont généralement compacts et durs mais aussi mal consolidés et réduits à l'état de sables. Ils peuvent renfermer de nombreux fossiles (foraminifères) et se transformer en un grès calcaire. En surface ils sont altérés sur une faible épaisseur sous laquelle la roche peu profonde est rapidement saine.

Sables

Ils sont fins ou moyens avec des passages consolidés.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

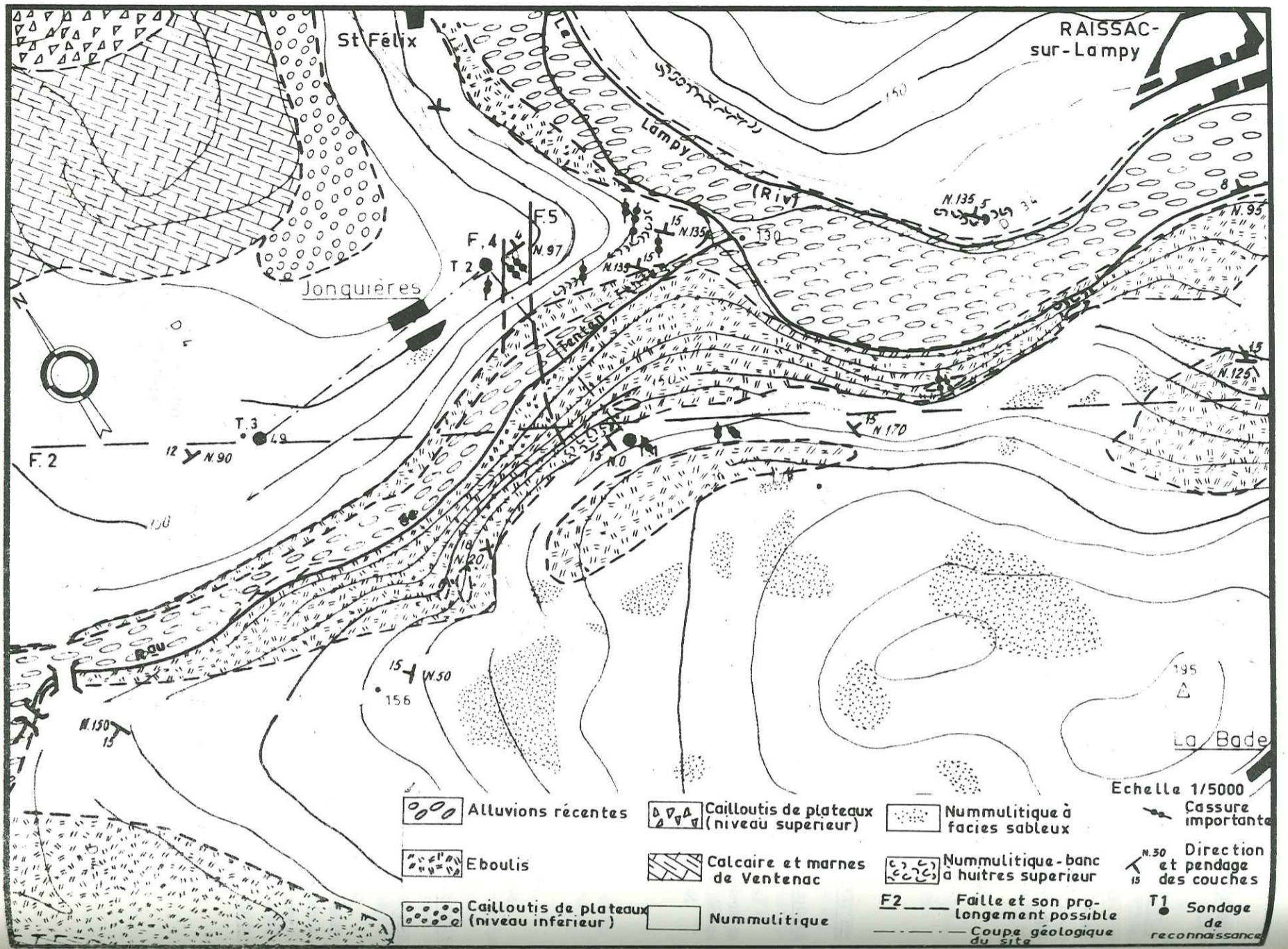


Fig 48 - CARTE GEOLOGIQUE DU SITE DU BARRAGE DE JONQUIERES

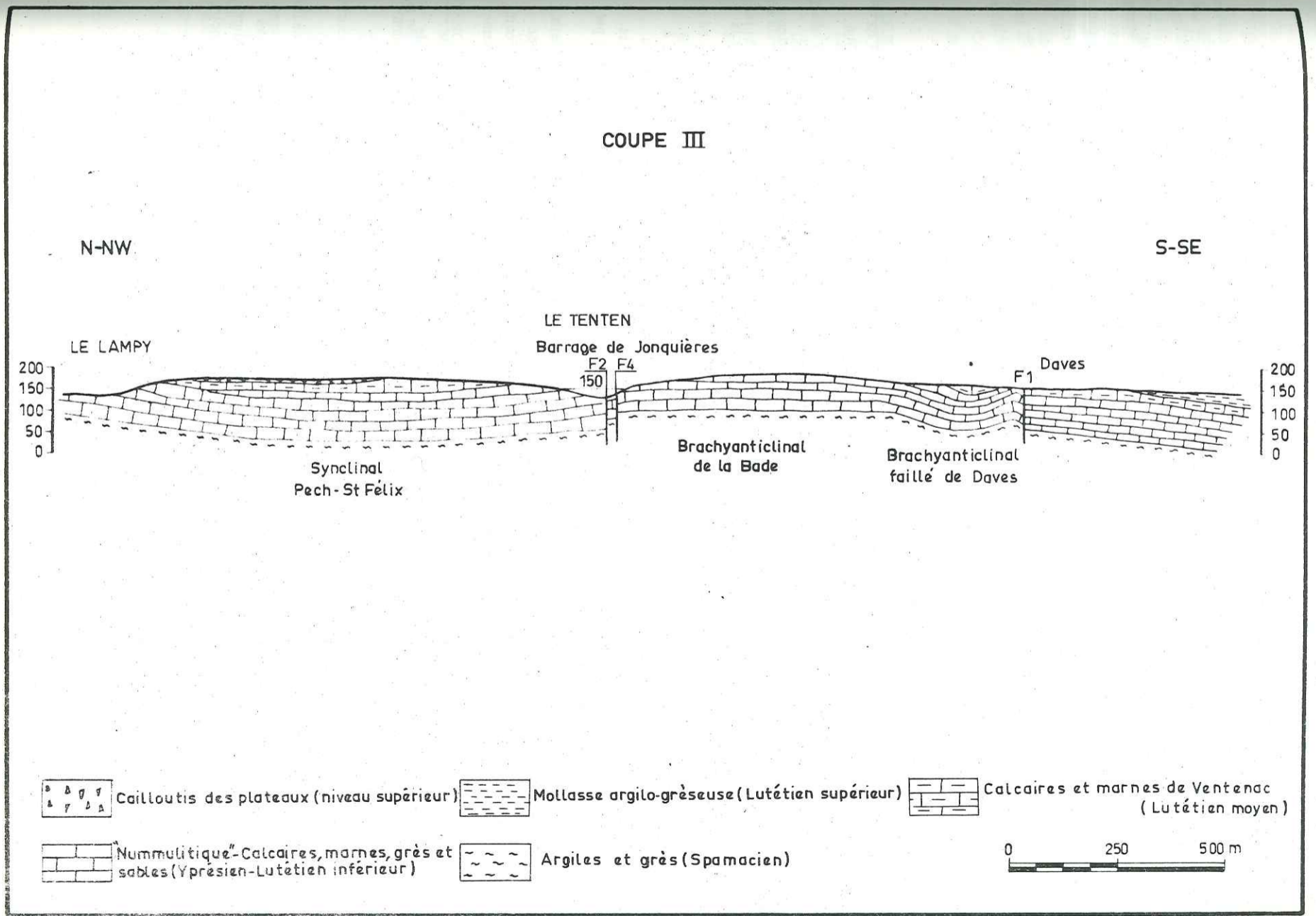


Fig 49 - COUPE GEOLOGIQUE GENERALE AU DROIT DU SITE

Calcaires

De couleur beige ou grise, ils sont en général compacts. Ils peuvent souvent devenir marneux et passer à des marno-calcaires ou s'intercaler, particulièrement dans le niveau inférieur, de lits de marne. Ils peuvent également contenir des marnes sous forme de remplissage de fissures intraformationnelles.

Dans le niveau supérieur, ces calcaires sont surtout représentés par des calcaires gréseux alors qu'à la base du niveau inférieur ils sont à l'état de calcaires à pâte fine.

Marnes

Elles sont grises ou noires, parfois très argileuses ou au contraire passent à un marno-calcaire ou à une marne gréseuse. Les niveaux rencontrés en profondeur dans les sondages sont finement stratifiés et se délitent facilement ; ailleurs elles sont en général assez dures.

DESCRIPTION ET STRUCTURE DU SITE

La coupe III (fig. 49) situe bien dans les grandes lignes géologiques l'emplacement du barrage de Jonquières sur le passage de la faille F 2, entre le synclinal du Pech-Saint-Félix au Nord, et le brachyanticlinal de la Bade au Sud, bordé lui-même sur son flanc méridional par la gouttière synclinale du Tenten.

Le site, ainsi que nous l'avons dit, est entièrement compris dans les couches nummulitiques du flanc nord du brachyanticlinal de la Bade mais les affleurements sont très souvent masqués par des éboulis et la couche d'altération ; un décapage général et des tranchées de reconnaissance seront nécessaires pour en faire l'étude détaillée.

Ce site est coupé par le passage de la faille F 2 qui le franchit obliquement de la rive gauche en amont vers la rive droite en aval (voir fig. 48).

La RIVE GAUCHE, d'après les quelques affleurements que l'on peut voir en bordure du chemin de Jonquières à Saint-Félix et surtout d'après les résultats des sondages T 2 et T 3, est entièrement formée au-dessus de la cote du Tenten (fig. 50) par le niveau terminal grés-sableux du "Nummulitique" *. Cette rive, en plus du passage dans sa partie amont de la faille F 2, est accidentée à l'aval de la ferme de Jonquières par la faille F 4 à plan vertical et par la faille F 5 plongeant à 65° vers l'Ouest, c'est-à-dire vers l'amont. Les pendages sont de 4 à 12° vers le Nord en amont de F 5 et de 15° vers le Nord Est à l'aval de la même faille. Toujours à l'aval de cette faille l'éperon rocheux, qui subsiste entre Tenten et Lampy, est affecté par de nombreuses cassures, sans rejet, ouvertes ou colmatées, avec traces de circulation d'eau : ces cassures d'orientation nord nord est - sud sud ouest sont certainement dues à la décompression du massif. D'autres fissures d'orientation nord-sud ou nord nord est - sud sud ouest existent encore assez nombreuses entre F 5 et F 4 et plus rares en amont de F 4.

La coupe reportée sur la figure 50 et passant par les sondages T 2 et T 3 montre la constitution amont-aval de cette rive avec quelques faibles variations de faciès et le jeu des failles F 4 et F 5. La partie gauche de la coupe de la figure 51 donne une section de cette même rive perpendiculaire à la coupe précédente, section qui montre le plongement des couches dans le versant ainsi que le "coin" créé entre F 4 et F 5 et naturellement bloqué en profondeur.

* - Pour préciser les corrélations entre sondages, nous avons envisagé une étude micropaléontologique comparative des différents niveaux de "Nummulitique". De fait, l'existence de niveaux à macrofaune (Velates, Ostrea, Cerithium) et de niveaux à caractères lithologiques très marqués (calcaires à lits marneux - calcaires à fissures intraformationnelles - marnes - sables, etc.) a permis un repérage et une corrélation très précis des terrains entre chaque sondage.

La RIVE DROITE, par suite du jeu des failles et du pendage, n'a que sa partie haute constituée par le niveau terminal grés-sableux et en amont de F 2 la partie basse doit être formée par le niveau moyen masqué par les éboulis (fig. 48). Au Sud Ouest de la faille F 2 et en amont du sondage T 1, les pendages sont de 15 à 18° vers l'Ouest ; à l'aval de T 1, mais toujours du même côté de F 2 ils tournent vers l'Est avec des valeurs de l'ordre de 15° et marquent ainsi la retombée orientale du brachyanticlinal de la Bade ; enfin au Nord Est de F 2 ils prennent une direction nord est, comme en rive gauche à l'aval de F 5.

Sur cette rive droite on retrouve des cassures de même orientation et de mêmes caractéristiques qu'en rive gauche.

La partie droite de la coupe de la figure 51 et passant par les sondages T 1 et T 2 donne une section perpendiculaire à la rive qui montre bien le jeu de la faille F 2 et au Nord de celle-ci un net plongement des couches vers la vallée.

Le fond du THALWEG est occupé par des alluvions surtout développées en rive gauche. Ces alluvions essentiellement fines à leur sommet passent vers les pieds des versants à des éboulis formés de terre végétale mêlée à des blocs de calcaires ou de grès nummulitiques et à des galets de cailloutis des plateaux.

Ces alluvions ne doivent pas avoir une épaisseur supérieure à quelques mètres car le fond du lit mineur profond de 1 à 2 m montre par endroits le bed-rock en place.

VALEUR GEOTECHNIQUE DU SITE - CHOIX DU TYPE D'OUVRAGE

La coupe de la série lithostratigraphique figure 44 et les coupes des figures 50 et 51 montrent bien, à la fois, la grande variété de roches et l'absence d'un niveau lithologique continu de quelque importance.

Les appuis sur chaque rive seront donc constitués par un empilement de couches non argileuses, de natures lithologiques très diverses (calcaire, calcaire marneux, calcaire gréseux, grès, sable, marne, marne argileuse), d'épaisseur relativement réduite, offrant entre elles des caractéristiques mécaniques très différentes.

Des tassements différentiels entre les divers niveaux sont à craindre et il semble bien que dans ces conditions un tel site ne puisse s'accommoder que d'un barrage souple, type digue en terre ou enrochements.

En ce qui concerne la stabilité des appuis il faudra soigneusement ausculter les dièdres compris entre les failles :

- en rive droite le double dièdre compris entre les failles F 2, F 4 et F 5 * où, du fait de la pente du plan F 5 et du plongement des couches vers la vallée, des glissements banc sur banc pourraient se produire (fig. 48) ;
- en rive gauche le dièdre compris entre les failles F 4 et F 5 où l'on peut craindre au niveau de l'éperon rive gauche des glissements de même nature en direction du Lampy (fig. 48 et 51).

Dans tous les cas, ces points restent à être étudiés à l'étude définitive du barrage.

ETANCHEITE AU DROIT DU BARRAGE

Les perméabilités

La nature de certains terrains participant à la formation du site, calcaires, sables et grès, lithologiquement réputés perméables en grand ou en petit, posait dès le début le problème de l'étanchéité au droit du site.

Cette question paraissait plus particulièrement importante en rive gauche où l'existence d'un éperon étroit, séparant le Tenten du Lampy et assez ouvert par la décompression, pouvait favoriser l'apparition de fuites à court trajet vers le Lampy.

Le comportement hydrogéologique des terrains a été étudié par des essais d'eau faits dans les sondages de reconnaissance. Ces essais ont été effectués en descendant par passes théoriques de 3 m aux pressions de 0,5 - 1 - 2 - 5 - 7,5 et 10 bars, croissantes puis décroissantes avec palier de 10 minutes à chaque pression.

* - Dans l'hypothèse où ces failles se prolongent vers la rive droite.

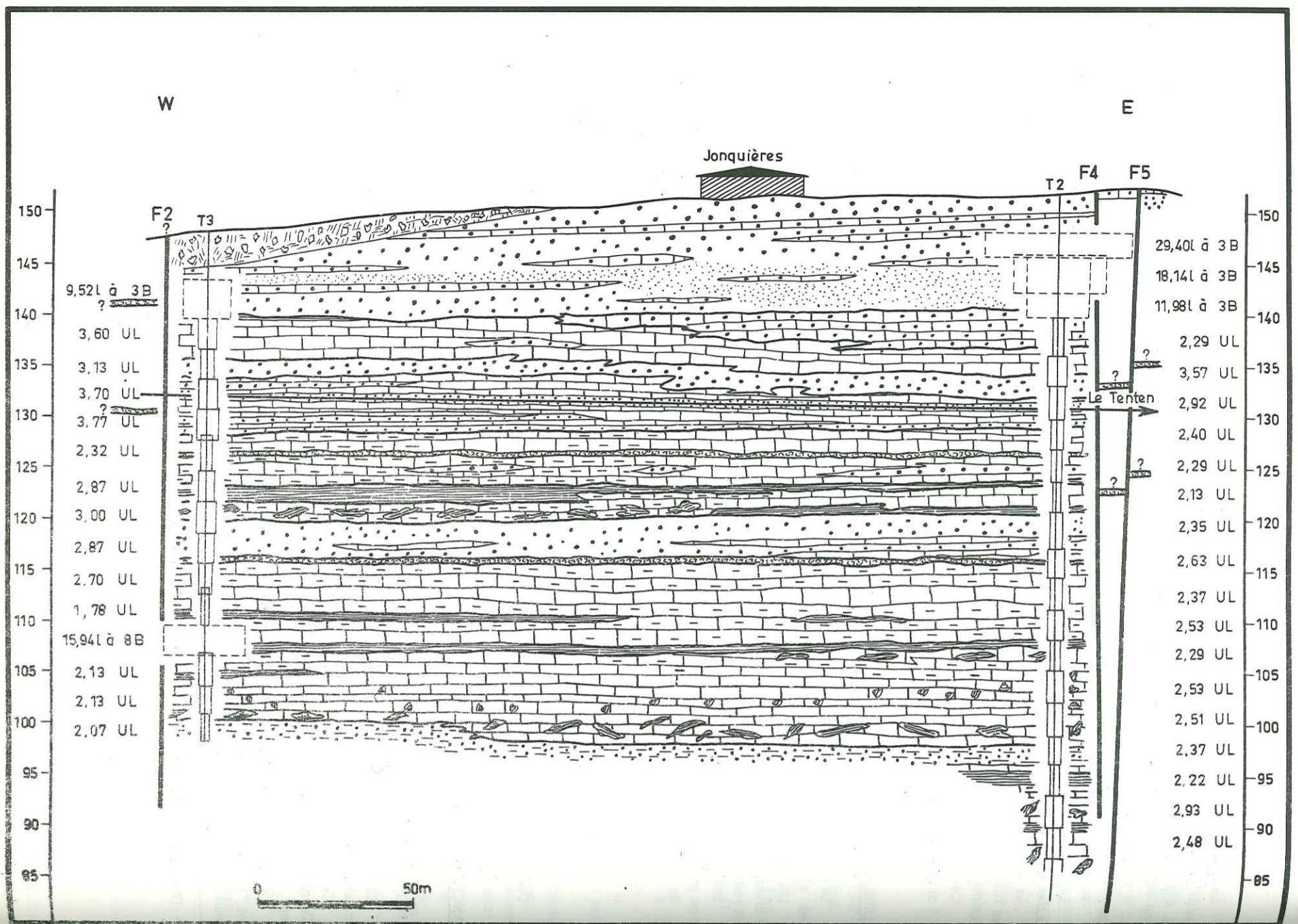
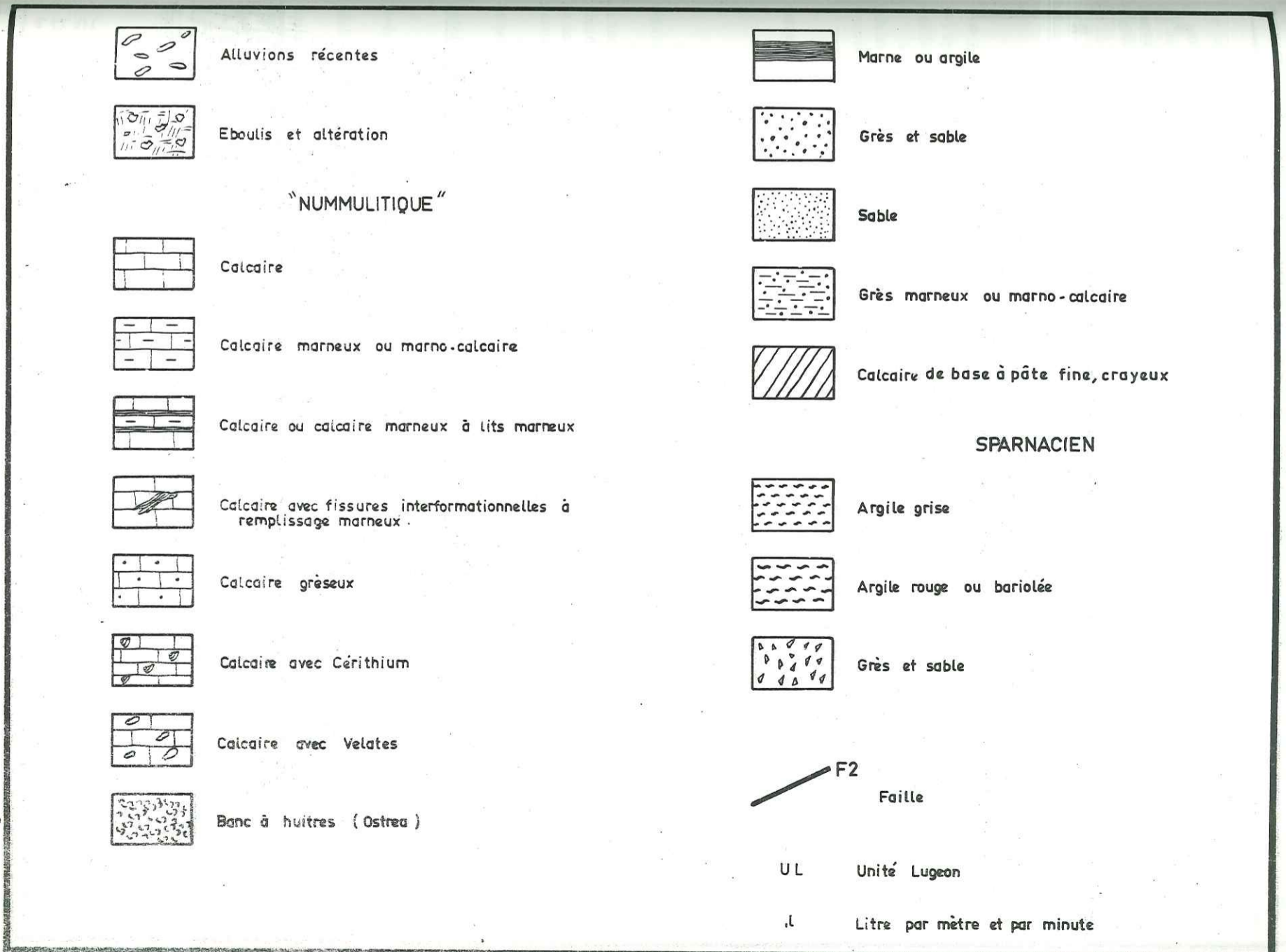


Fig 50-COUPÉ GÉOLOGIQUE DE L'APPUI RIVE GAUCHE DU BARRAGE DE JONQUIÈRES
AVEC LES ESSAIS D'EAU
LÉGENDE DES FIGURES 50-51



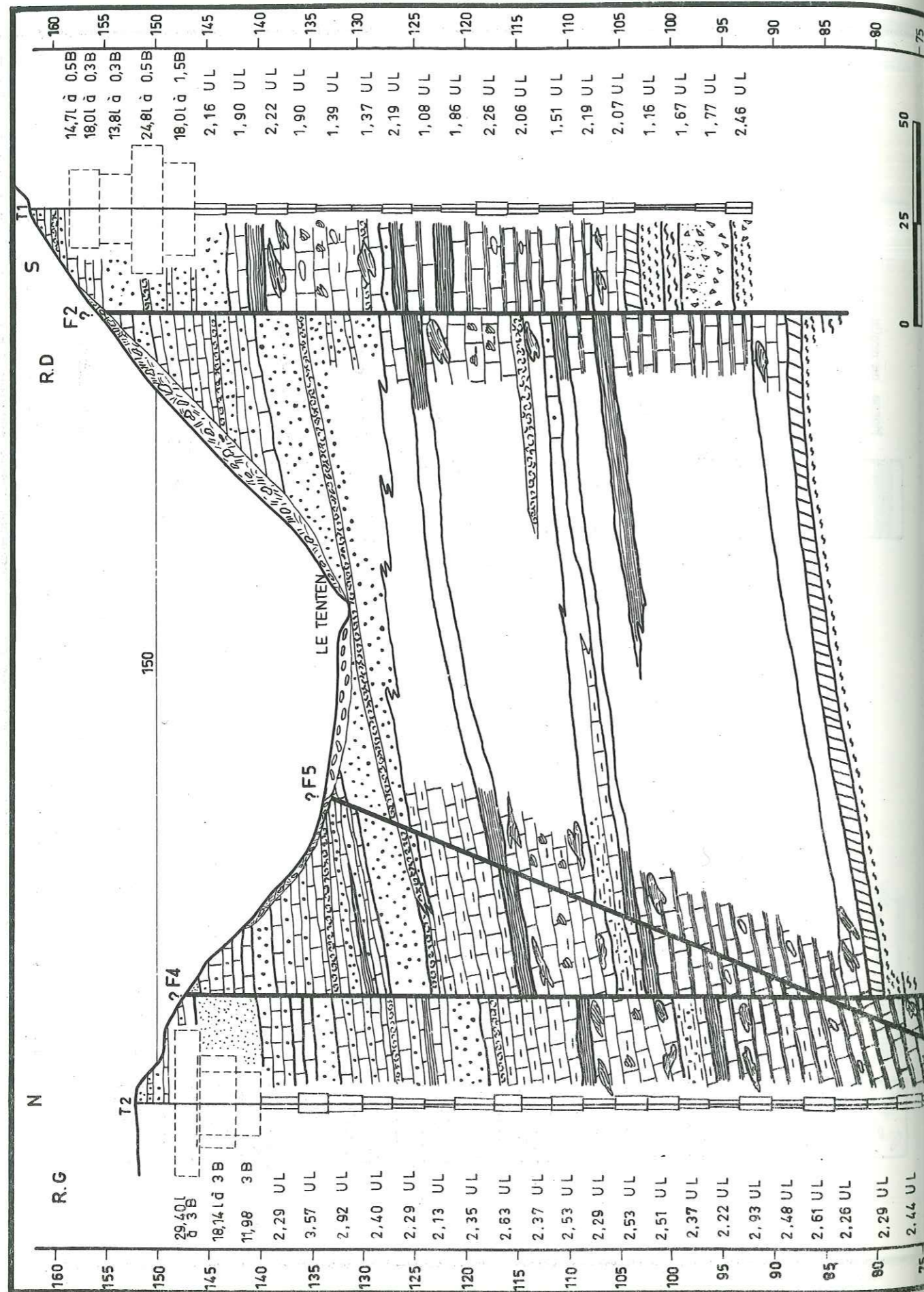


FIG. 51 - COUPE GÉOLOGIQUE DU SITE DU BARRAGE DE JONQUIÈRES AVEC LES ESSAIS D'EAU

Sur les coupes géologiques (fig. 50 et 51) nous avons également reporté pour chaque passe le maximum d'absorption en unités Lugeon (U. L.) quand la pression de 10 bars a été atteinte ou en l/mn/m pour la pression maximum enregistrée si l'on n'a pu atteindre 10 bars. Nous rappelons d'ailleurs que les terrains ne doivent pas en principe être soumis à une hauteur d'eau supérieure à 19 m et que pour les barrages d'une hauteur inférieure à 30 m la limite admise est 3 unités Lugeon au-dessous de laquelle l'injection est en principe considérée comme inutile.

Dans les trois sondages la tranche supérieure s'avère très perméable avec impossibilité de monter en pression :

- jusqu'à 16,00 m au T 1 ;
- jusqu'à 12,50 m au T 2 ;
- jusqu'à 8,50 m au T 3.

La profondeur plus faible notée au sondage T 3 s'explique par la pente plus douce du versant, par l'éloignement de l'éperon et par l'épaisseur réduite du niveau sablo-gréseux. Les fortes perméabilités dans les sondages sont en effet localisées dans le niveau supérieur détritique du "Nummulitique".

Sous ce niveau, et dès la rencontre des calcaires et des marnes, les perméabilités enregistrées s'abaissent à des valeurs admissibles. Les quelques niveaux gréseux ou sableux intercalés dans ces calcaires ou ces marnes sont de ce fait bloqués et n'absorbent pas plus que les terrains encaissants.

Les absorptions pour ces derniers niveaux (sous le niveau supérieur détritique) ont une valeur assez constante pour chaque sondage :

- autour de 1,90 UL pour le T 1 avec un maximum de 2,46 UL ;
- autour de 2,40 UL pour le T 2 avec un maximum de 3,57 UL ;
- autour de 2,80 UL pour le T 3 avec un maximum de 3,77 UL.

L'étude analytique des passes qui ont atteint la pression de 10 bars montre que, sauf rares exceptions, le terrain absorbe de moins en moins au fur et à mesure que la pression augmente.

Le comportement des terrains pendant la montée et la descente en pression ne diffère pas beaucoup d'un point à un autre, mais n'est cependant pas le même dans tous les forages. Ainsi au sondage T 3 le terrain est saturé pendant la montée en pression et absorbe moins lors de la descente (au maximum le quart du débit enregistré pendant la montée). Au contraire pour T 1 et T 2 on peut avoir le phénomène inverse avec une très légère absorption supplémentaire aux pressions décroissantes ou successivement les deux types pour une même passe.

Enfin il faut remarquer que les failles situées à proximité immédiate des sondages n'ont eu aucune influence sur les perméabilités.

Conclusions sur l'étanchéité au droit du barrage

Des fortes perméabilités existent dans la tranche supérieure détritique jusqu'à une profondeur de 12,50 à 16,00 m au-delà de laquelle les perméabilités sont moindres et acceptables sous un ouvrage.

Il sera donc nécessaire de créer dans le terrain un voile d'étanchéité descendant jusque dans les niveaux moins perméables et de le prolonger par un voile au large sur les rives pour éviter les contournements de l'ouvrage.

Le développement et l'importance de ce voile ne pourront être fixés qu'après l'exécution de nouveaux travaux de reconnaissance au large du site.

MATERIAUX

La recherche des matériaux n'a pas fait l'objet d'une prospection systématique et nous ne pouvons fournir sur ce sujet que quelques indications résultant d'observations faites au cours de l'étude du barrage.

Au point de vue enrochements nous pouvons signaler à 3 km du site, sur la route de Carlipa, l'existence d'une

carrière de calcaires nummulitiques : le volume exploitable demande à être reconnu et le débit de la roche est plus en plaques qu'en blocs. A 7 ou 8 km plus au Nord on rencontre dans la région de Cenne-Monesties, des granites ou des gneiss où il n'est pas impossible de trouver des matériaux valables.

En ce qui concerne les matériaux terreux compactables, la vallée du Tenten en amont du site paraît offrir des possibilités, mais la nature et le volume exploitable restent entièrement à prospecter.

LA CUVETTE DE RETENUE

LES TERRAINS NOYES

Ainsi qu'il apparaît sur la carte géologique (fig. 45) les terrains qui seront noyés appartiennent au "Nummulitique" et aux formations de Ventenac. On trouve aussi dans la cuvette des alluvions récentes mais dont il a été fait abstraction sur la carte précitée.

Le "Nummulitique" occupe tout le fond et une partie des versants de la cuvette où il est représenté par son niveau supérieur détritique. Il est assez perméable et il s'y établit une nappe exploitée par des puits et qui sort par des sources ou rejoint le sous-écoulement du Tenten (voir fig. 52). Cependant un sondage profond de recherche d'eau effectué à Sainte-Julie n'a pas donné de résultat positif : la nappe doit donc s'évacuer vers l'aval (vers les points bas) sans former un horizon aquifère dans les couches inférieures du "Nummulitique". Il faut également noter que les trois sondages de reconnaissance du barrage, équipés en piézomètres sur toute leur hauteur ont toujours leurs niveaux d'eau assez bas après de longues périodes de pluie alors que les puits situés en amont débordent. Il semble donc que cette zone amont, sise dans la cuvette et au-dessus, constitue la zone d'alimentation où l'eau stationne en créant une nappe superficielle avant de s'évacuer vers l'aval. Les courbes isopiézométriques de la carte (fig. 52) ne correspondent alors qu'au régime de surface de la nappe et ne doivent pas être interprétées comme la surface d'une nappe occupant toute la hauteur des versants et dominant la cuvette, ce qui eut été favorable pour l'étanchéité de cette dernière.

Les formations de Ventenac occupent dans la cuvette une bande continue en rive droite et quelques points en rive gauche. Le gypse qu'on y trouve au Nord de la Tuilerie a une extension limitée et une faible épaisseur. Ces formations sont vraisemblablement imperméables de par leur nature lithologique et ainsi qu'en témoigne l'absence de points d'eau sur leurs affleurements, mais leur épaisseur et leur extension sont insuffisantes pour empêcher les infiltrations.

LES STRUCTURES PERMEABLES NOYÉES

Le "Nummulitique" de la retenue est perméable, et étant plissé les eaux auront tendance à cheminer vers les cuvettes et les gouttières synclinales ; si celles-ci sont des points bas hors de la retenue, les eaux continueront vers ces derniers qui constitueront autant de points de fuite pour la réserve.

Nous avons vu à l'étude générale du projet (fig. 45 et 46) que le "Nummulitique" dessinait deux gouttières synclinales, celle du Tenten en rive droite de la cuvette et celle du Pech-Saint-Félix en rive gauche.

Le synclinal du Tenten sera entièrement noyé et il est possible que des eaux s'y infiltrent, suivent le fond de la gouttière, et, après avoir contourné le brachyanticlinal de la Bade, aillent résurger en rive droite du Lampy à l'Est de Contrasti (voir fig. 53 et 54).

En rive gauche, seul le flanc sud du synclinal du Pech-Saint-Félix sera noyé et des fuites y sont également possibles avec résurgences dans le Lampy au niveau de Saint-Félix (voir également fig. 53 et 54).

LES INCONNUES A LEVER

Les risques de fuite, que nous venons de décrire, sont possibles mais ne sont pas prouvés. En effet, les structures synclinales qui peuvent favoriser ces fuites sont partiellement masquées et nous ignorons :

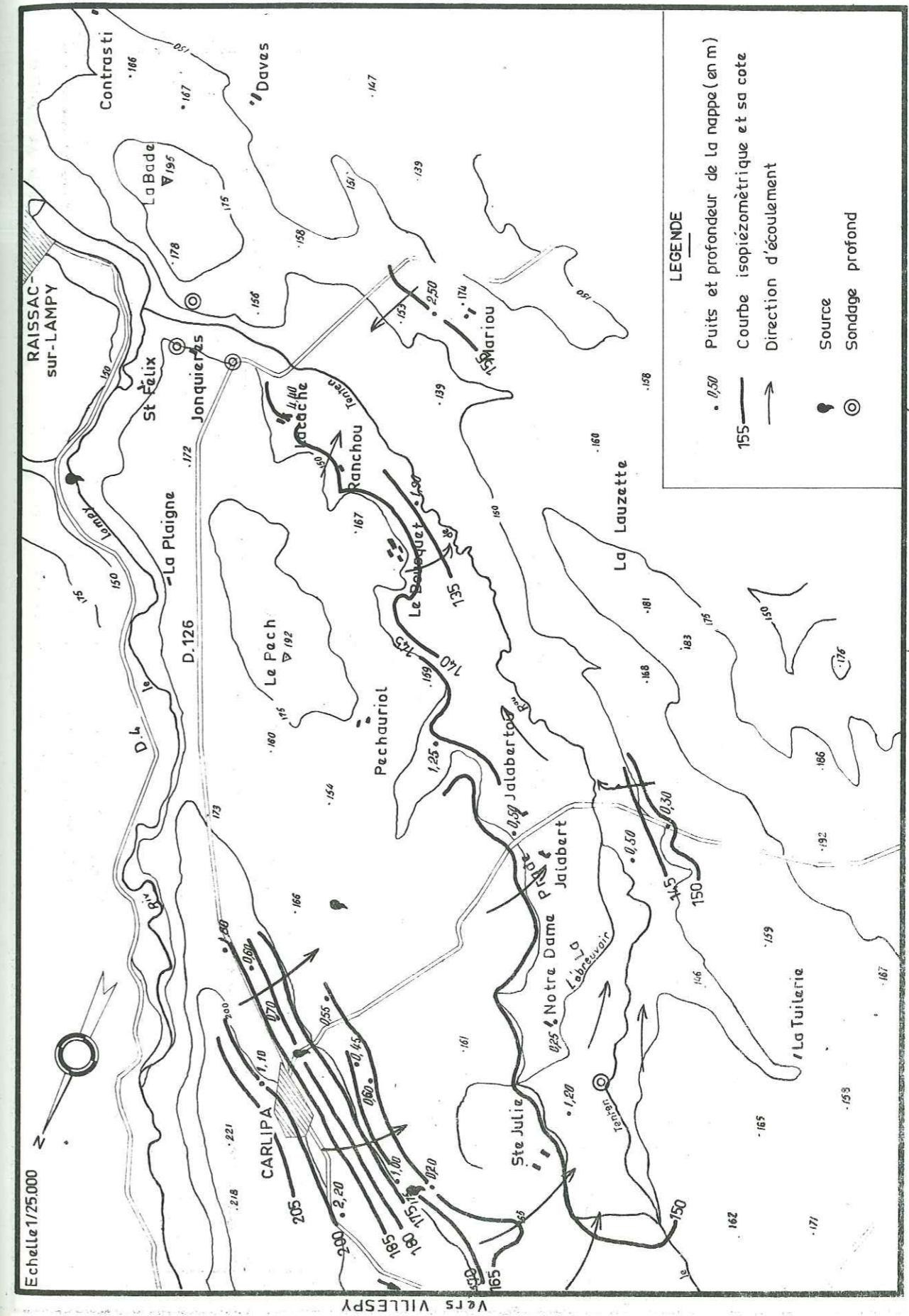


Fig 52 - CARTE HYDROGEOLOGIQUE DE LA REGION DU BARRAGE DE JONQUIERES

COUPE IV

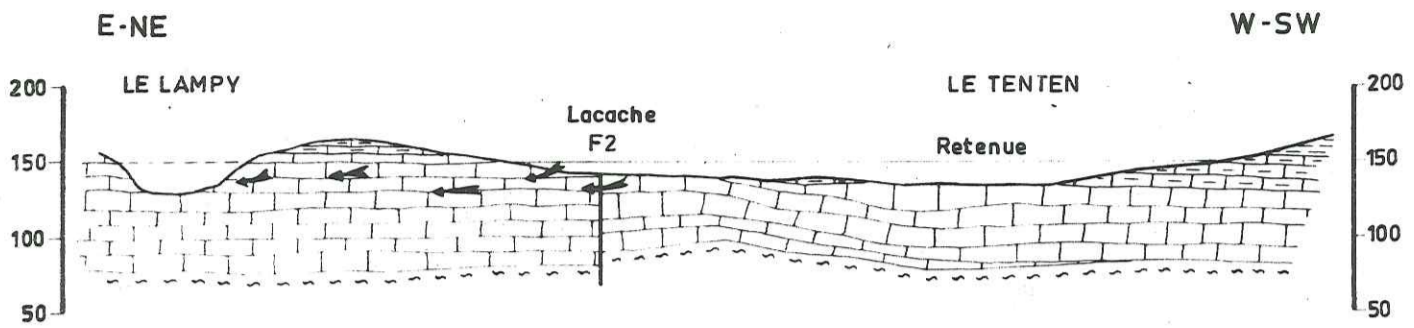


Fig 53a - COUPE MONTRANT LA POSSIBILITE DES FUITES EN RIVE GAUCHE

COUPE V

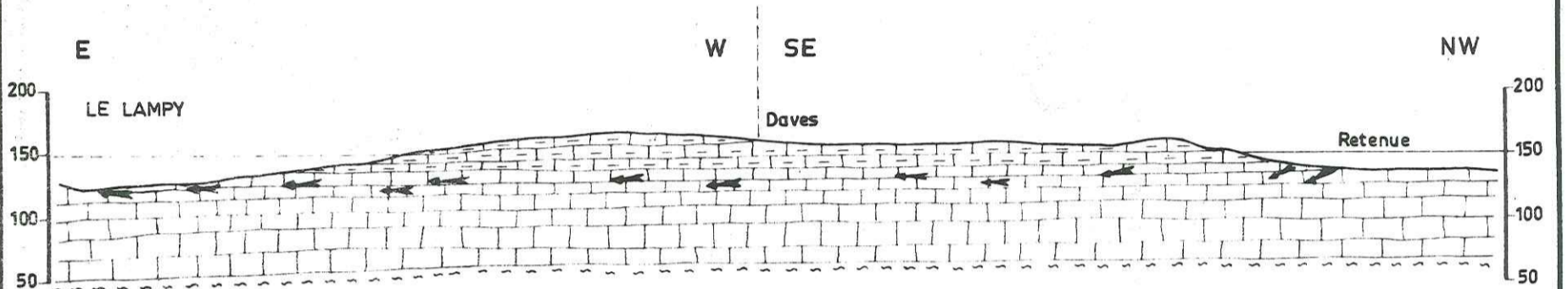


Fig 53b - COUPE SUIVANT LE SYNCLINAL DU TENTEN MONTRANT LA POSSIBILITE DES FUITES EN RIVE DROITE

0 250 500m

même légende que figure 49

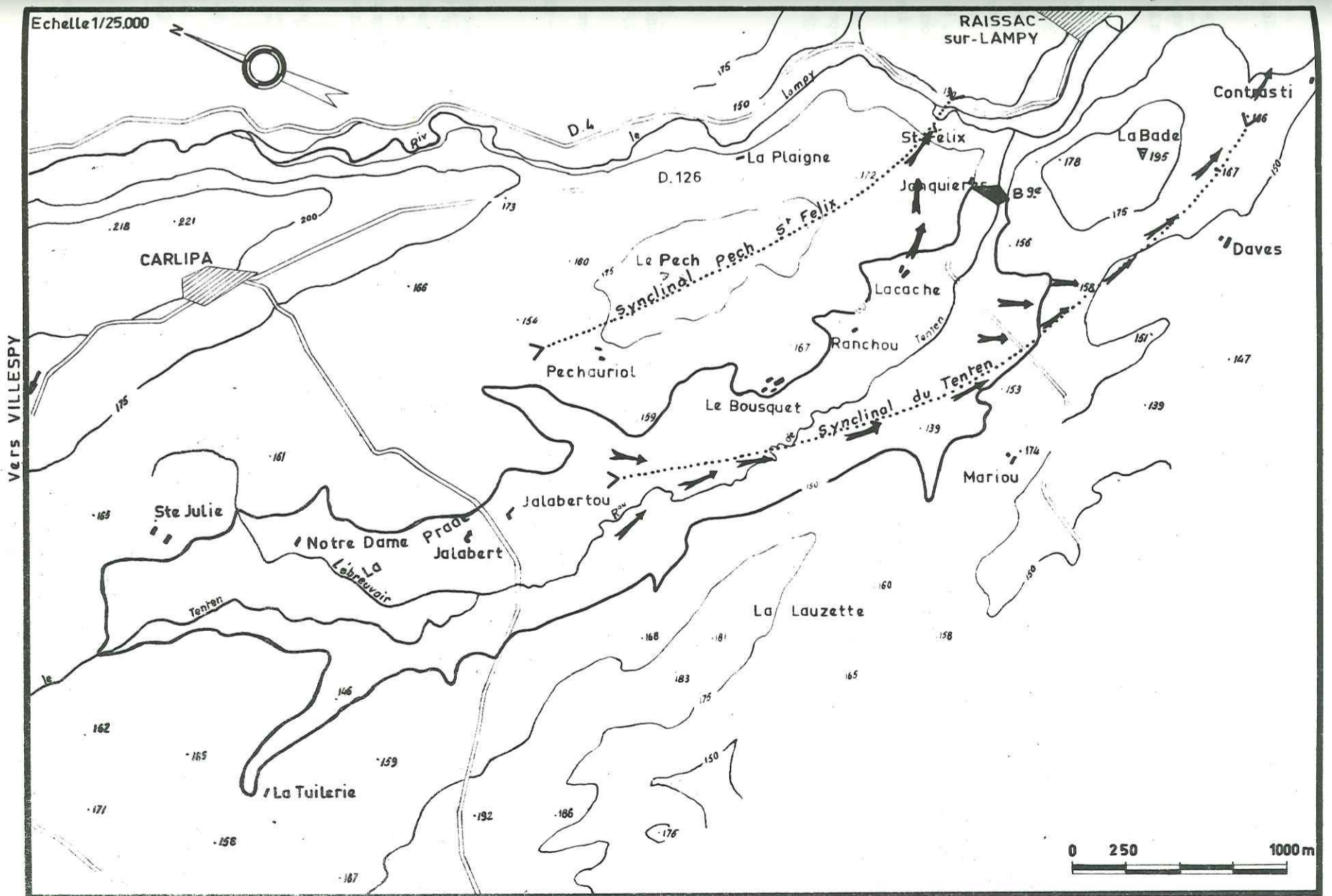


Fig 54 - CARTE MONTRANT LA POSSIBILITE DE FUITES DANS LA CUVETTE

- si sous les zones masquées il n'y a pas une remontée locale du fond du pli (présence d'un brachyantyclinal) formant barrage aux écoulements souterrains ;
- si dans la partie profonde du pli les terrains ne sont pas fortement comprimés et par suite étanches.

Il convient donc pour pouvoir donner un avis probant sur l'étanchéité de la cuvette, de bien connaître la perméabilité et la structure de chacune de ces gouttières. Pour cela il sera nécessaire de faire sur chacune d'elles un certain nombre de sondages assortis d'essais d'eau et descendant jusqu'au Spnacien*. Ces sondages serviront de base à des profils géophysiques, suivant l'axe de la gouttière et en travers, qui en donneront la structure de détail.

CONCLUSIONS

Les études et les travaux décrits dans ce qui précède nous ont permis d'une part d'esquisser les grandes lignes des conditions géologiques et géotechniques de l'aménagement de Jonquières, mais d'autre part aussi de mettre en évidence un certain nombre de problèmes que ces travaux préliminaires ne permettaient pas de résoudre à eux seuls.

Le site lui-même, à cause de l'hétérogénéité lithologique et mécanique des terrains constituant ses versants, ne peut s'accomoder que d'un ouvrage souple. Par ailleurs la perméabilité assez élevée de la tranche supérieure de ces terrains implique la réalisation d'un voile d'injection d'étanchéité sous l'ouvrage et au large : son développement dans cette direction reste à déterminer par des travaux de reconnaissance complémentaires.

La retenue baignera des terrains perméables qui par l'intermédiaire de gouttières synclinales peuvent théoriquement conduire dans le Lampy à l'aval du barrage les eaux qui auraient pu s'y infiltrer. Ce risque de fuite n'est cependant pas absolument prouvé et demande pour être infirmé ou confirmé une campagne de reconnaissance.

En conclusion, aucune option définitive sur ce site ne pourra être prise tant que ces travaux n'auront pas été exécutés.

CARACTERISTIQUES SOMMAIRES DU PROJET (fig. 55 et 56).

La hauteur totale de l'ouvrage est de 19 m et sa longueur en crête de 165 m. Pour un ouvrage en enrochements, la pente des versants est de 1,7 : 1 côté amont et 1,5 : 1 côté aval ; pour une digue en terre : 3 : 1 côté amont, 2,5 : 1 côté aval.

En première approximation on a estimé à 4,00 m l'épaisseur des fondations plus une bêche centrale d'encastrement de 7,00 m de profondeur totale. On obtient un volume total de l'ouvrage :

- en enrochements : 81 000 m³
- en terre : 128 000 m³

Un voile d'injection sera exécuté, dans tous les cas, sous l'ouvrage.

L'évacuateur de crues sera placé en rive droite (fig. 56) ; il constituera un massif en béton, fondé sur les calcaires et contre lequel la digue viendra s'appuyer. A l'amont, un déversoir libre latéral permettra l'évacuation de 120 m³/s sous une charge de 0,75 m ; à l'aval un coursier rejoindra le lit du Tenten par l'intermédiaire d'un bassin de dissipation.

La galerie de vidange sera placée en rive gauche sur une avancée du terrain naturel. Elle comporte la galerie proprement dite de section 2,50 x 2,50 m, servant d'accès aux dispositifs de vannage amont et la conduite de prise et de vidange, en acier de 1,50 m de diamètre, placée sur berceaux. Cette conduite se termine, à l'aval, par une culotte permettant :

- soit de dériver un débit en charge sur la station de pompage destinée à desservir le périmètre d'irrigation,
- soit de vidanger le barrage par rejet dans le bassin de dissipation de l'évacuateur de crues.

* - Ceci afin d'avoir un "miroir" pour la Géophysique.

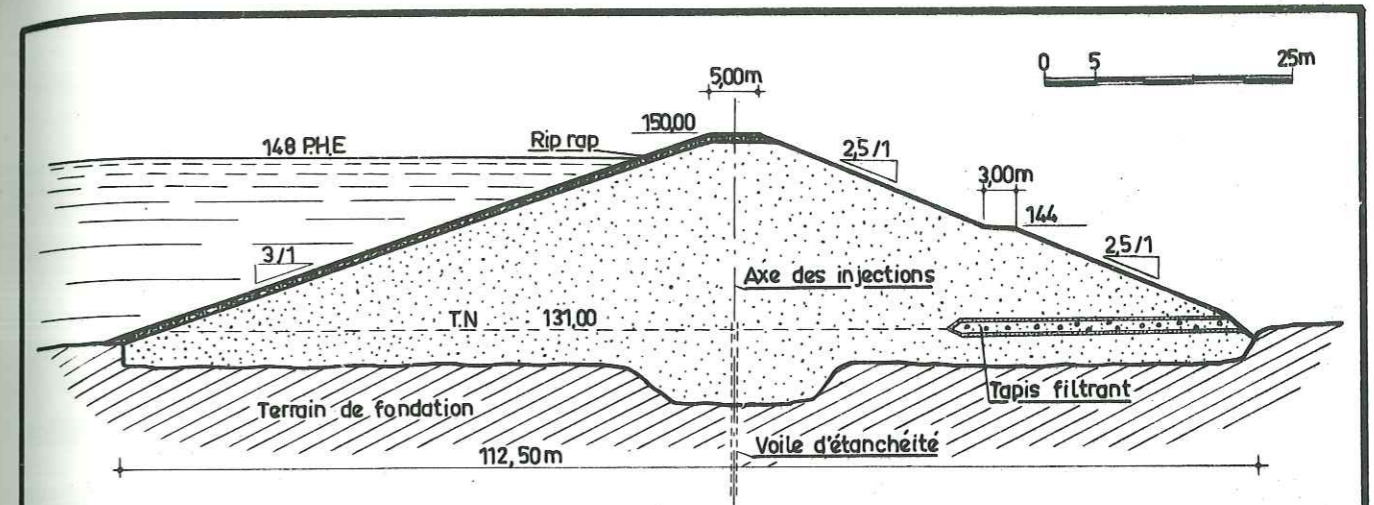
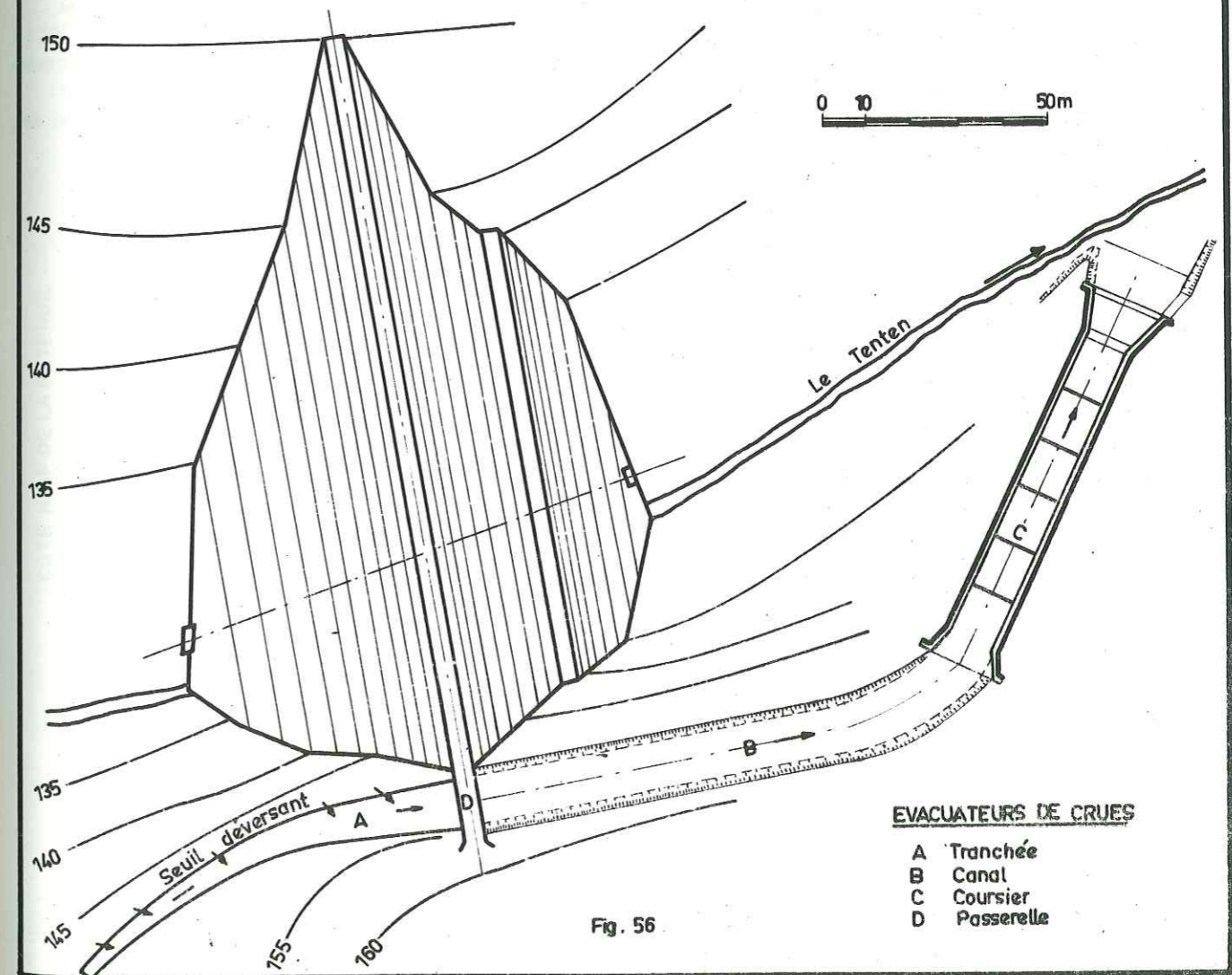


Fig. 55



- EVACUATEURS DE CRUES**
- A Tranchée
 - B Canal
 - C Coursier
 - D Passerelle

Fig. 56

Fig 55 et 56 - PROFIL ET PLAN DU PROJET DU BARRAGE DE JONQUIERES

CHAPITRE VIII

L'AMENAGEMENT DE LA GANGUISE

GENERALITES

Situation de l'aménagement

Nous quittons ici le versant sud de la Montagne Noire et nous nous trouvons dans le pays de collines, exclusivement mollassique, qui borde au Sud le couloir audois. On a reconnu dans cette région un site de barrage permettant de créer une retenue importante. Ce site se trouve au lieu-dit l'Estrade, en amont de Gourvieille sur la Ganguiise, affluent de l'Hers-Mort, lui-même affluent de la Garonne par l'intermédiaire du Girou (fig. 58).

Le barrage serait situé à un léger resserrement de la vallée de la Ganguiise, à proximité de la ferme de l'Estrade et à 1200 m environ en amont du point où la D 17e franchit la vallée. Le barrage aurait une hauteur de 33 m avec le couronnement à la cote 238. Sa longueur en crête serait de 618,50 m.

La retenue normale à la cote 235 m correspondrait à un volume de 44 millions de m³ environ. La surface noyée pour cette cote serait de 400 ha environ (fig. 57).

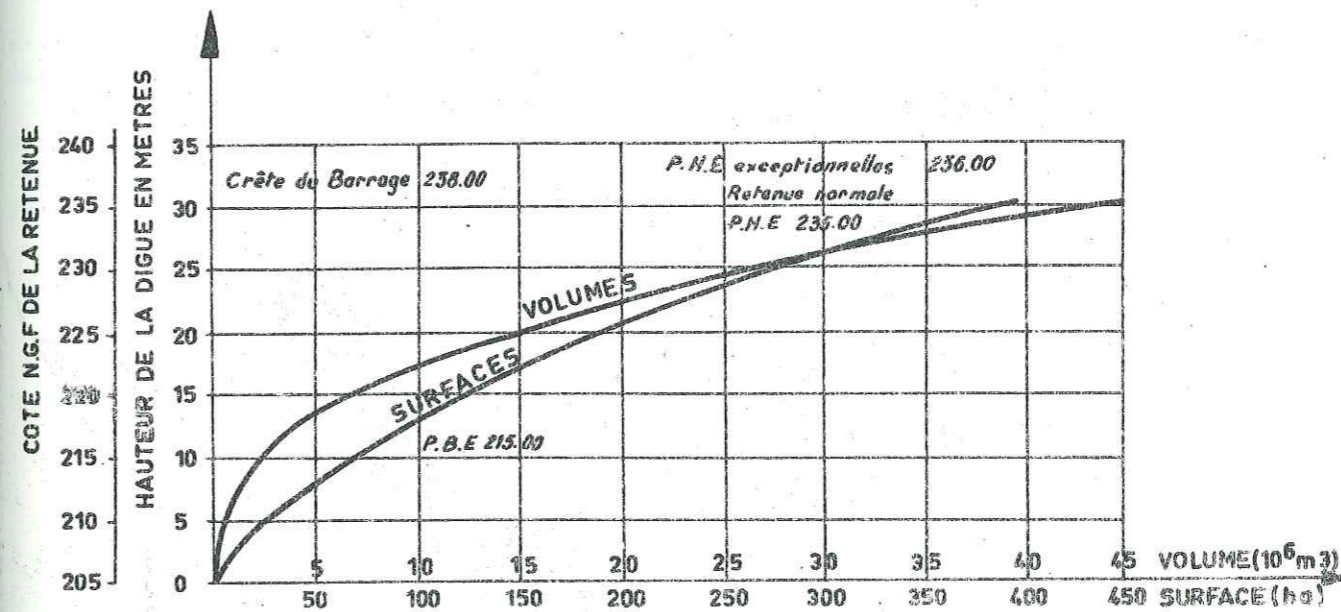


Fig 57- COURBES HAUTEURS
VOLUMES
SURFACES

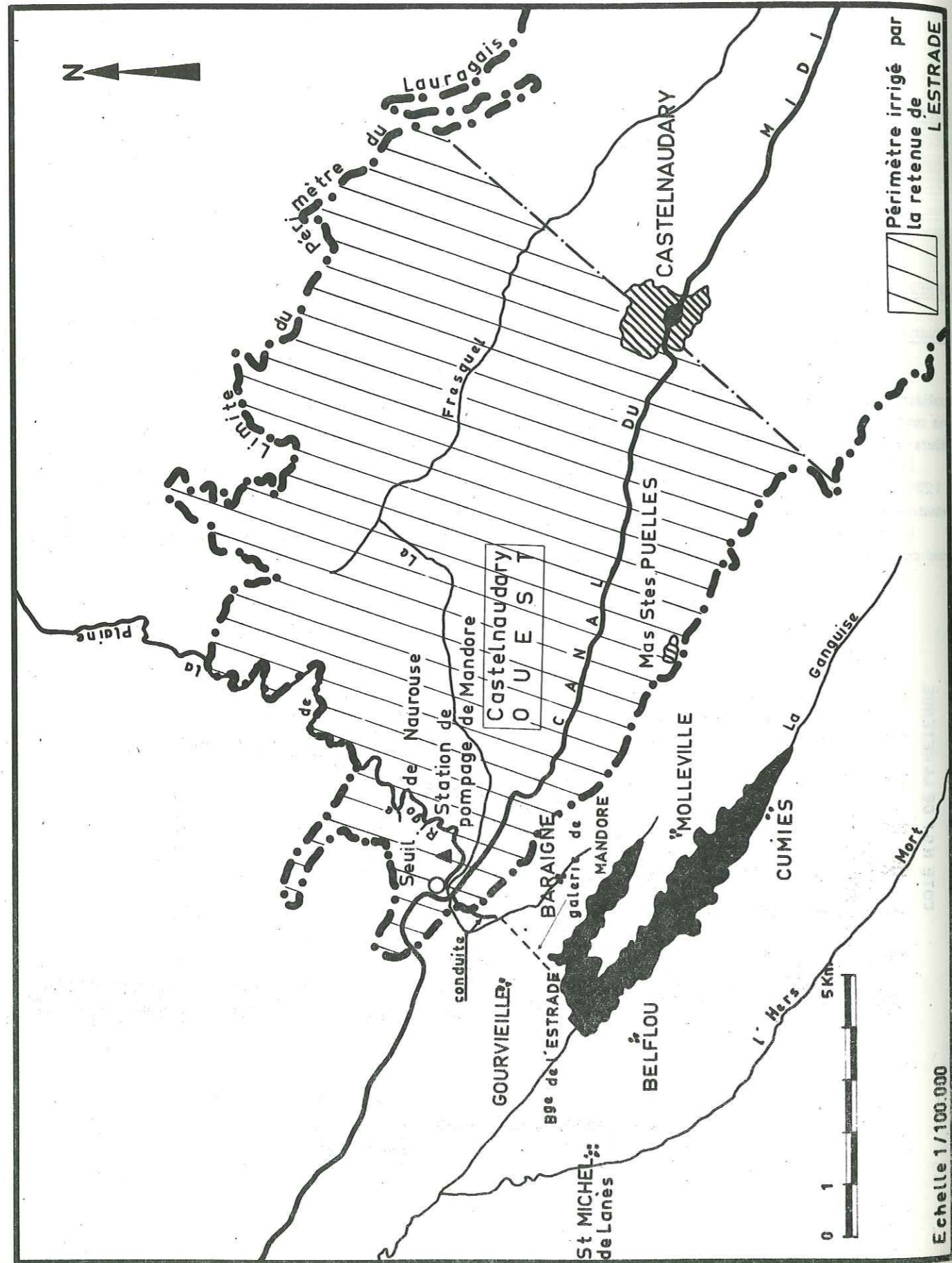


FIG 58 SCHEMA DE L'AMENAGEMENT DE LA GANGUISE

La réserve serait destockée en direction du col de Naurouze (fig. 58) par une galerie de 1 500 m de longueur et de 2,20 m de diamètre, reliant la retenue de l'Estrade dans la vallée du ruisseau du Peyrat à la cote 212 près de la ferme de Tard Bengut, à la vallée du Fresquel à 450 m à l'aval de la ferme Borde Basse, à la cote 210. Cette galerie serait prolongée par une conduite jusqu'à la station de pompage de Mandore.

Le débit propre de la Ganguise est insignifiant et le remplissage de la retenue sera assuré soit par les eaux dérivées de l'Hers-Vif et par l'intermédiaire des barrages de Monbel et Fanjeaux, soit par les eaux de l'Ariège par l'intermédiaire du barrage du Gardijol (fig. 19, chapitre III).

Mais le barrage de l'Estrade devant être exécuté en premier lieu, son alimentation, avant même que soient réalisées la dérivation et l'adduction de débits prélevés sur l'Hers Vif, ou l'Ariège pourra être faite en un premier stade par des eaux en provenance de la Montagne Noire amenées au seuil de Naurouze par la rigole alimentaire du Canal du Midi.

Or, ces débits de la Montagne Noire ne pourront être introduits dans la retenue de l'Estrade que par pompage par l'intermédiaire de la même station de Mandore, refoulés par la conduite et la même galerie dont nous avons parlé plus haut.

L'objet de cet aménagement est l'irrigation de la portion la plus occidentale du Lauragais audois, allant de Castelnaudary jusqu'au seuil de Naurouze, et représentant 10 000 hectares.

La Ganguise

La Ganguise est un affluent rive droite de l'Hers Mort. Son bassin, limité en rive droite par la ligne de séparation des eaux Méditerranée-Atlantique, est entièrement constituée de mollasses oligocènes (Sannoisien et surtout Stampien) ; ces terrains sont ainsi que nous l'avons vu, marneux avec de nombreux niveaux de grès et conglomérats et quelques niveaux de marno-calcaires, qui forment un pays monotone de coteaux, morphologie classique du bassin d'Aquitaine.

La vallée de la Ganguise est très uniforme avec quelques resserrments locaux et d'un cours pratiquement rectiligne orienté du Sud Est vers le Nord Ouest. Son principal affluent est le Peyrat qui rejoint la Ganguise en rive droite un peu à l'amont du site de l'Estrade et se développe presque parallèlement à celle-ci.

La cuvette de retenue, comme la presque totalité des 28 km² du bassin versant est formée de colline souvent cultivées jusqu'à leur zone la plus élevée ; ces surfaces boisées sont minimales et représentent environ 5 % de la superficie du bassin versant et 2 % de celle de la cuvette.

La Ganguise coule dans un sillon creusé dans la zone basse de la vallée ; le lit de section rectangulaire, de 3 à 4 m de profondeur et de 5 m de largeur environ est très encombré de végétation ; lors des crues, la rivière remplit ce lit à pleins bords. Mais en périodes normales, elle a, comme nous l'avons déjà signalé, un débit insignifiant, avec de longues périodes de sécheresse où règne un régime de faible sous-écoulement.

Une étude hydrologique a donné les valeurs approximatives suivantes :

- apports moyens annuels : 5 millions de m³
- débit maximum à redouter : 40 m³/s.

Méthode d'étude

L'étude géologique de l'aménagement de la Ganguise exposée dans ce travail a suivi le processus suivant :

- Reconnaissance générale préliminaire accompagnée par l'exécution des sondages courts à la tarière pour prélèvement d'échantillons des formations alluviales susceptibles d'être utilisées comme matériaux constitutifs de l'ouvrage.
- Etude détaillée de la cuvette de retenue et de ses abords au 1/5 000.
- Etude du site du barrage au 1/1 000.
- Sondages mécaniques assortis d'essais d'eau à l'emplacement du barrage. Ces sondages étaient effectués en même temps que l'étude détaillée du site.
- Exécution de puits à la main pour compléter les deux stades précédents.
- Etude préliminaire du tracé de la galerie de Mandore.
- Sondages de reconnaissance sur l'axe du tracé et étude détaillée sur le terrain.

Situation géologique générale

Stratigraphie

La retenue de l'Estrade et ses ouvrages annexes (galerie de Mandore) sont situés dans le secteur ouest de notre région, dans le Sud Est du bassin d'Aquitaine proprement dit. Ainsi que nous l'avons examiné au chapitre II, le remplissage de cette partie du bassin, qui provient essentiellement du démantèlement de la chaîne pyrénéenne après sa surrection entre le Lutétien inférieur et moyen, a donné naissance aux mollasses lutétiennes et bartoniennes de la région de Castelnaudary puis ludiennes, sannoisiennes et stampiennes dans la région de cet aménagement.

La répartition de ces terrains est représentée sur la carte de la figure 59 et sur le log. figure 60.

Nous rappelons ici l'essentiel de ces formations :

Le Ludien (fig. 59 et niveau I de la figure 60) apparaît aux abords de la dépression suivie par le Canal du Midi. Il comporte en général des mollasses comprises entre deux niveaux de calcaires lacustres. Ces calcaires ludiens forment dans la topographie une "cuesta" connue sous le nom de "crête ludienne". Le niveau inférieur de calcaire, désigné sous le nom de calcaire d'Hounoux ou de Mireval Lauragais, est remplacé dans la dépression du Canal du Midi par l'horizon à gypse du Mas-Saintes-Puelles. Au-dessus vient une mollasse à bancs de conglomérats connue sous le nom de mollasse de Fanjeaux et de Laurac. Enfin le niveau supérieur de calcaire, calcaire de Villeneuve-la-Comptal ou du Mas-Saintes-Puelles, est généralement constitué par des calcaires travertineux, marneux ou crayeux, parfois noduleux, blancs ou rosés ; au Nord du seuil de Naurouze, ce calcaire est souvent remplacé par des marnes rouges.

Le Sannoisien ne s'impose pas dans le pays comme une individualité, mais présente au contraire de grandes analogies avec le Stampien inférieur sus-jacent. Nous considérerons donc ces deux formations comme un seul ensemble (niveau II) qui forme une auréole entre la "crête ludienne" et le calcaire de Briatexte du Stampien moyen. Cet ensemble est constitué de mollasse marno-argileuse avec lentilles ou petits bancs de grès, sables et conglomérats et par endroit de fines intercalations de calcaire lacustre : l'épaisseur de ce complexe varie de 10 à plus de 20 m.

Au Stampien moyen (niveau III) on attribue un calcaire lacustre connu sous le nom de calcaire de Briatexte qui sert de repère et de limite entre les mollasses du Stampien supérieur et celles du Stampien inférieur et du Sannoisien. Sur la figure 59 (carte géologique au 1/80 000, feuille Pamiers) la continuité de ce niveau n'est pas toujours exacte car les variations y sont nombreuses. On peut avoir en effet un, deux ou plusieurs bancs séparés par des marnes argileuses détritiques, souvent gréseuses, de couleur rose et en général dures à très dures ; souvent le calcaire passe latéralement à ces marnes. Dans le secteur de l'aménagement on le rencontre, parfois discontinu, à l'aval de Baraigne à la sortie de la galerie de Mandore et à l'amont de Cumiès à l'extrémité amont de la retenue de l'Estrade. Ce niveau de Briatexte désigné comme calcaire dans la littérature est en réalité un marno-calcaire un peu dolomitique, blanc rose, crayeux ou parfois noduleux. Enfin souvent ce banc marno-calcaire s'associe à des marnes argileuses plus ou moins détritiques. L'épaisseur de ce niveau varie de quelques dizaines de cm à 1 ou 2 m, mais dépasse rarement 2 m.

Le Stampien supérieur (niveaux IV à X) est la formation la plus importante dans le cadre de l'aménagement.

Ses mollasses sont constituées d'une marne argileuse avec grès, sable et conglomérat. Nous avons vu que d'après la littérature géologique existante les rapports entre ces différentes formations lithologiques sont très irréguliers avec théoriquement une structure imbriquée formée de passages latéraux de faciès, de niveaux lenticulaires argileux ou sablo-gréseux mais jamais de couche continue d'une même nature lithologique. Or, notre étude détaillée a montré, tout au moins dans la partie sud est du bassin, qu'à partir du calcaire de Briatexte l'irrégularité lithostratigraphique disparaissait et qu'on pouvait distinguer des niveaux bien individualisés de marnes argileuses d'une part, et de grès, de sables et conglomérats d'autre part, qui alternent avec une certaine rythmicité et plongent régulièrement vers le centre du bassin (voir aussi figure 61). Nous rappelons que nous appellerons "marne" les niveaux de marnes argileuses et "grès" les niveaux de grès, de sables et de conglomérats. Au-dessus du calcaire de Briatexte nous avons ainsi distingué :

- niveau IV : "marne" inférieure
- niveau V : "grès" inférieur
- niveau VI : "marne" moyenne
- niveau VII : "grès" moyen

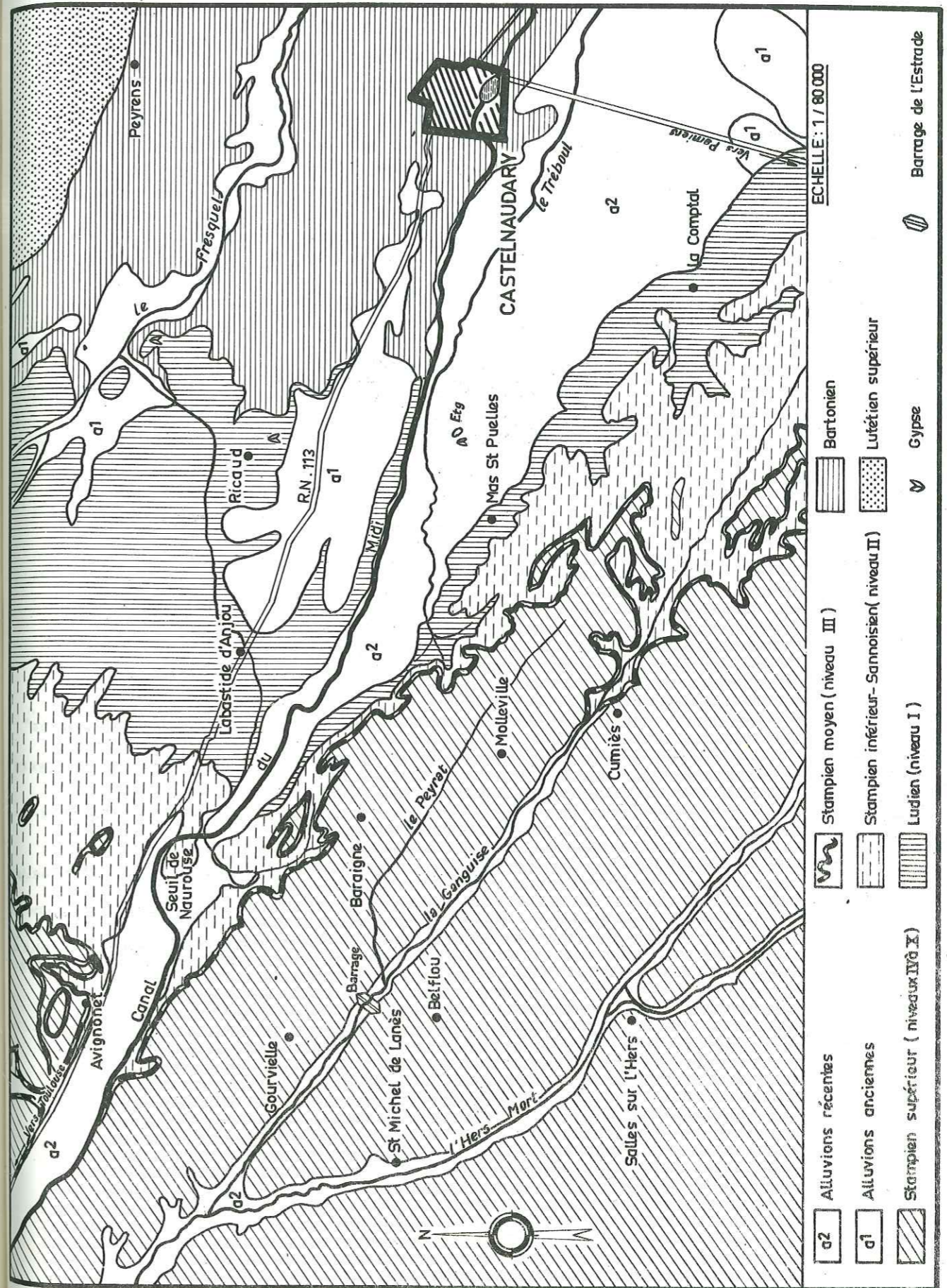
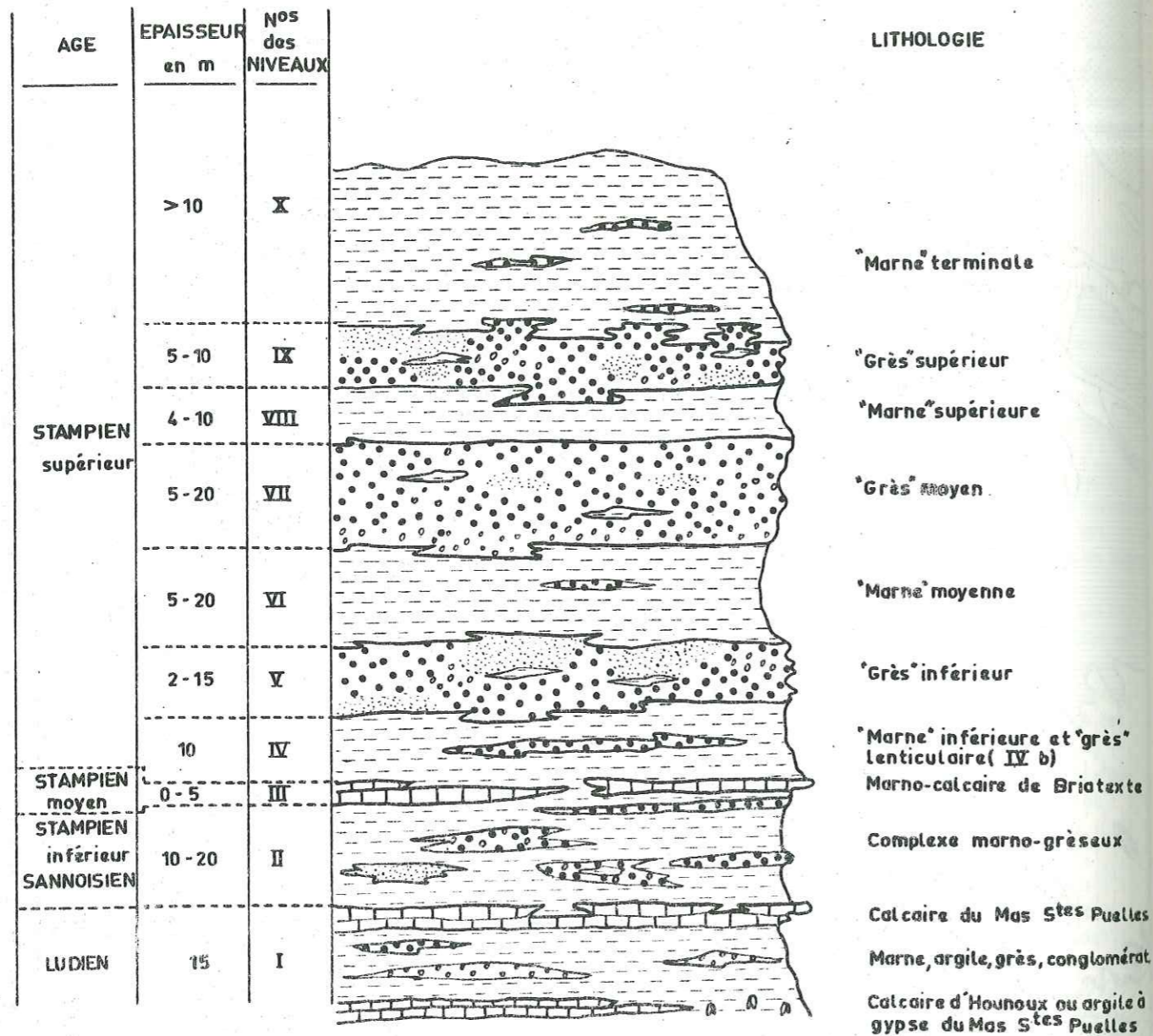


Fig 59 - CADRE GEOLOGIQUE DE L'AMENAGEMENT DE LA GANGUISE
(Carte simplifiée d'après les cartes au 1/80000, feuilles: Pamiers, Pamiers et Carcassonne)



- niveau VIII : "marne" supérieure
- niveau IX : "grès" supérieur
- niveau X : "marne" terminale.

Dans le détail ces niveaux peuvent présenter quelques petites irrégularités dues à la présence de menues lentilles de marnes argileuses dans les niveaux de "grès" et vice versa ; nous n'avons noté qu'un seul niveau lenticulaire de quelque importance : il s'agit du niveau de "grès" IV b intercalé dans la "marne" inférieure.

L'épaisseur des niveaux IV à X va de quelques mètres à une vingtaine de mètres et peut présenter quelques variations qui sont de plus en plus fortes vers le Nord Ouest au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la bordure du bassin. L'épaisseur de l'ensemble du Stampien supérieur est de 80 à 100 m dans la région de la Ganguise.

Au point de vue faciès les niveaux de "marne" sont essentiellement constitués de marnes plus ou moins argileuses, bariolées, passant parfois à des argiles marneuses ; elles sont souvent détritiques ou sableuses, quelquefois noduleuses. Elles peuvent contenir quelques niveaux discontinus et de faible épaisseur d'argile plastique, mais sont en général dures à très dures.

Aux niveaux de "grès" appartiennent des grès plus ou moins consolidés, des sables à litage entrecroisé et des conglomérats, le tout parfois légèrement argileux et avec nombreux passages latéraux.

Structure

La structure d'ensemble des formations que nous venons de décrire est relativement simple, avec un plongement général vers l'Ouest Sud Ouest de quelques degrés.

S'il y a eu contrecoups des mouvements tectoniques régionaux, ceux-ci ont été amortis par l'inertie de la masse mollassique ou sont invisibles dans l'homogénéité du relief couvert par les produits d'altération. On peut cependant noter quelques flexures de petite échelle, des cassures surtout apparentes dans les niveaux durs (marno-calcaires et grès) et quelques ondulations pouvant aller jusqu'à l'inversion locale des plongements.

Fig 60 - SERIE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE LA REGION DE LA GANGUISE

LE BARRAGE DE L'ESTRADE

LA CUVETTE DE RETENUE

Description lithostratigraphique

La carte au 1/10 000, réduction de notre levé original au 1/5 000, de la cuvette (fig. 61) a été renseignée en géologie jusqu'à la cote 240 environ, soit 5 m au-dessus de la cote de retenue normale, mais l'étude sur le terrain a été poussée jusqu'aux crêtes qui ceinturent cette cuvette soit toujours plus de 20 m au-dessus de la retenue normale, et sur les versants des vallées environnantes.

L'examen de surface est au premier abord assez décevant car l'altération, les éboulis et les cultures ne laissent percer que quelques pointements de grès ou de conglomérats. Mais une recherche patiente et un levé détaillé nous ont permis de trouver et de cartographier divers affleurements, puis de les classer en différents niveaux lithologiques que nous avons pu finalement suivre et dont nous avons pu limiter les contours. Nous avons ainsi distingué 8 niveaux qui s'enfouissent les uns sous les autres de l'amont vers l'aval.

- niveau II : complexe marno-gréseux du Stampien inférieur
- niveau III : marno-calcaire du Stampien moyen
- niveau IV : "marne" inférieure du Stampien supérieur
- niveau V : "grès" inférieur " " "
- niveau VI : "marne" moyenne " " "
- niveau VII : "grès" moyen " " "
- niveau VIII : "marne" supérieure " " "
- niveau IX : "grès" supérieur " " " *

Comme nous le verrons plus loin, cette disposition en couches lithologiques continues, mise en évidence dans le Stampien supérieur, peut avoir pour l'étanchéité de la cuvette des conséquences que n'auraient point eu les formations lenticulaires admises jusqu'à présent.

Nous décrirons tout d'abord l'essentiel de la constitution lithologique de chaque niveau : cette étude sera reprise avec plus de détail lors de l'examen du site de l'Estrade.

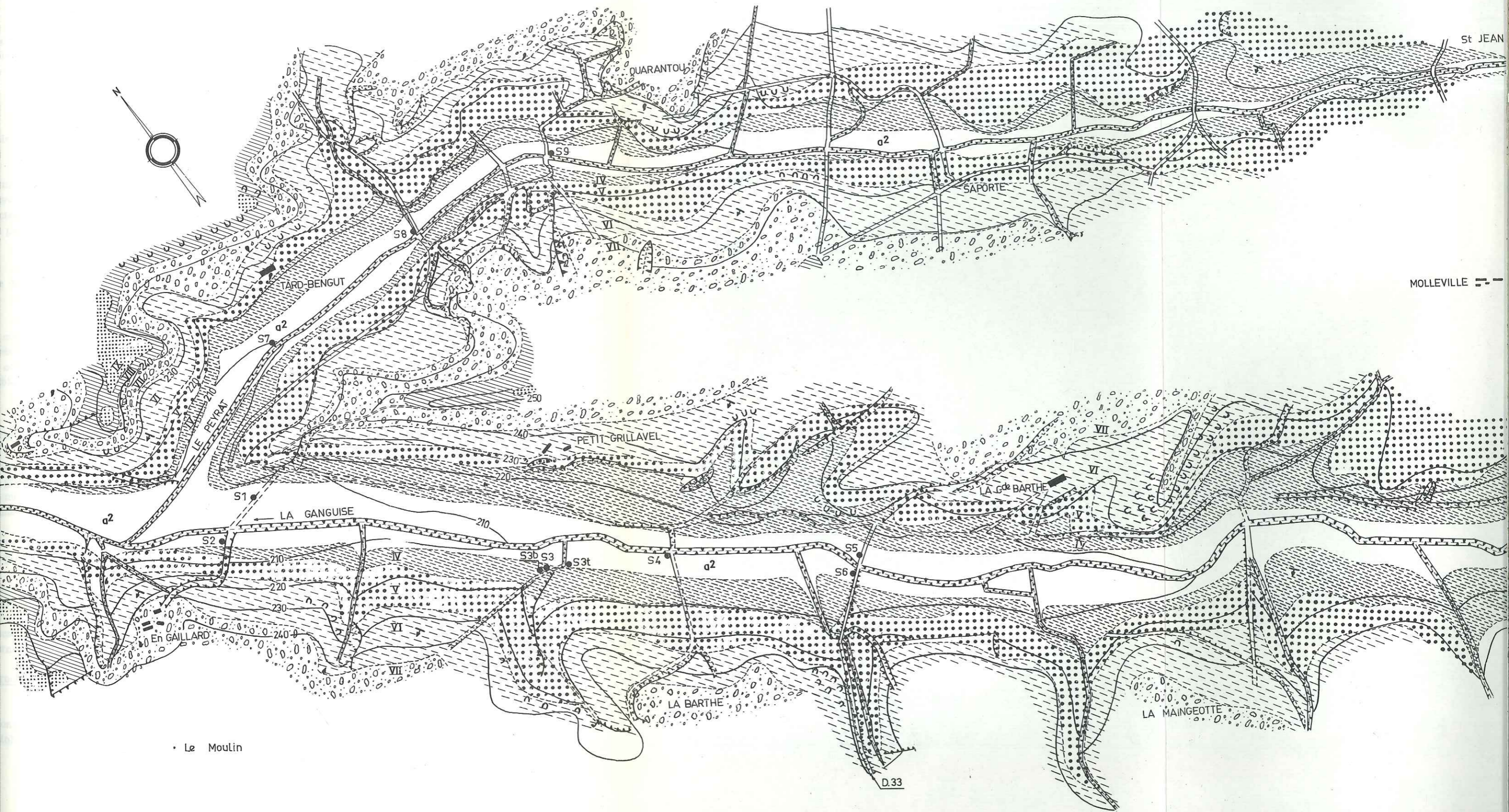
Le niveau II - Complexe marno-gréseux est, comme son nom l'indique, un complexe de marnes plus ou moins argileuses, roses ou bariolées, très souvent détritiques, et de grès, conglomérats et sables, en lentilles avec terminaisons en biseau et passages latéraux. Cette formation constitue l'extrémité tout à fait amont de la cuvette de retenue.

Le niveau III - Marno-calcaire correspond au calcaire de Briatexte déjà décrit. Nous rappelons brièvement qu'il s'agit d'un marno-calcaire blanc parfois rosé, crayeux et légèrement dolomitique. Il est souvent associé à des marnes argileuses roses plus ou moins détritiques auxquelles il passe parfois latéralement. Ce niveau de nature plus dure et plus rigide que les formations qui l'encadrent présente quelques cassures subverticales ouvertes orientées Nord Ouest - Sud Est.

Ce marno-calcaire s'enfouit sous les terrains plus récents, un peu à l'aval de la route D 517 qui va de Molleville à Cumiès.

Son épaisseur est de 0,5 m à 2,5 m.

* - Le niveau I, la base du niveau II et le niveau X notés dans le paragraphe précédent n'affleurent pas ici.



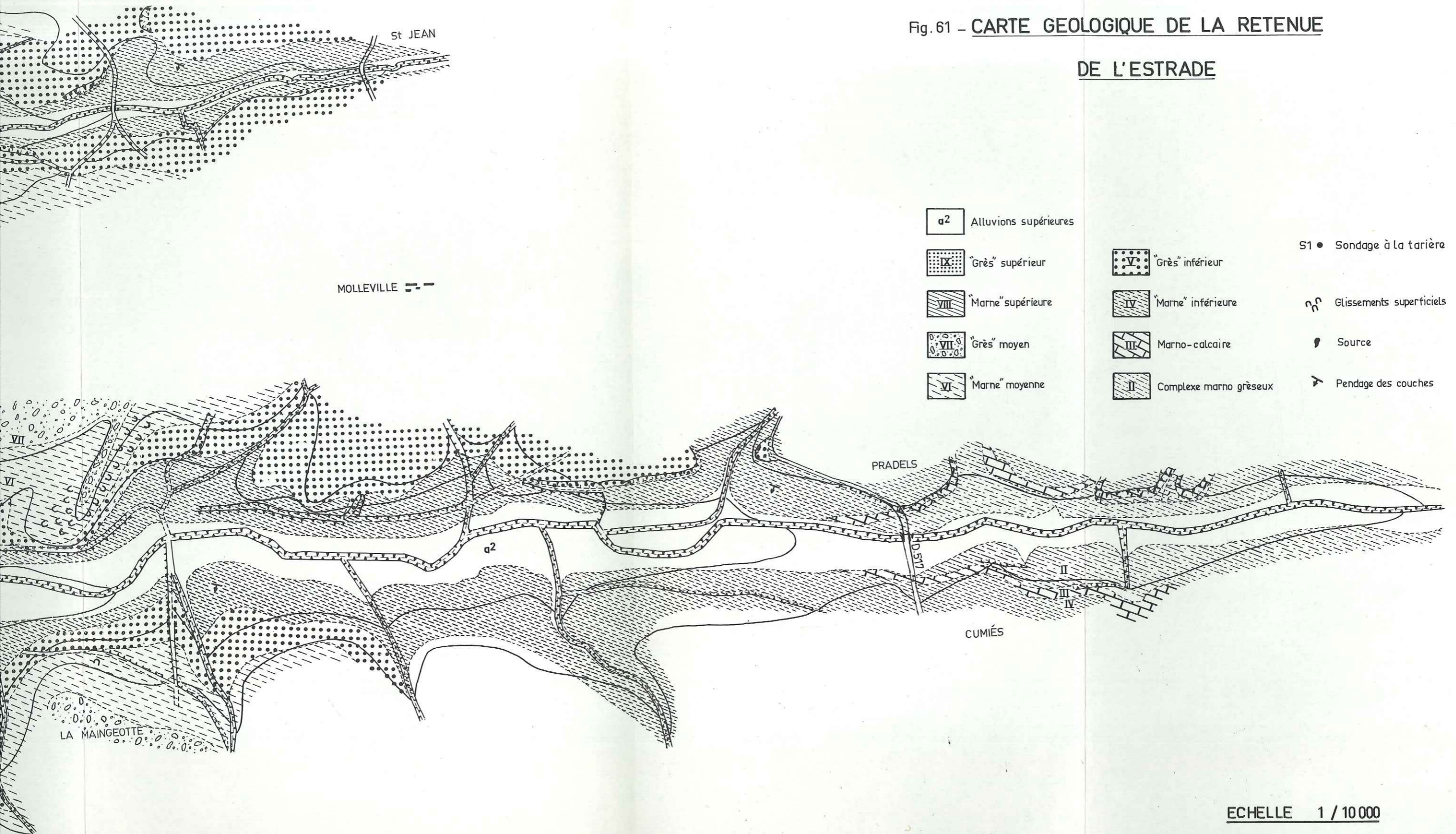
St JEAN










MOLLEVILLE

Le Moulin

D.33

Fig. 61 - CARTE GEOLOGIQUE DE LA RETENUE
DE L'ESTRADE



- | | | |
|---|--|-----------------------------|
|  Alluvions supérieures |  "Grès" inférieur | S1 • Sondage à la tarière |
|  "Grès" supérieur |  "Marné" inférieure | S2 Glissements superficiels |
|  "Marné" supérieure |  Marno-calcaire | Source |
|  "Grès" moyen |  Complexe marno gréseux | Y Pendage des couches |
|  "Marné" moyenne | | |

ECHELLE 1 / 10 000

NOTA : Dans cette carte il n'a pas été tenu compte de l'altération superficielle

Le niveau IV - "Marne" inférieure est constitué de marnes plus ou moins argileuses bariolées, avec passées de marnes détritiques ou sableuses. Ce niveau renferme quelques lentilles minces et de faible extension de grès et de sable. Cependant une lentille plus importante (niveau IV b) de sable et de grès peut s'y développer et donner dans la cuvette quelques affleurements que nous n'avons pu cartographier en raison de leur exigüité. Vers le sommet du niveau les marnes argileuses deviennent plus détritiques. D'une façon générale les marnes sont effritées à l'affleurement.

L'épaisseur de ce niveau est de 10 à 20 m.

Le niveau V - "Grès" inférieur est formé de sables et de grès plus ou moins conglomératiques et de conglomérats vrais. Les passages des sables aux grès ou aux conglomérats, et vice versa, sont très irréguliers et on observe souvent des litages entrecroisés qui peuvent parfois amener à une mauvaise interprétation des pendages.

Le ciment des grès et des conglomérats est essentiellement calcaire et les grains ou les galets sont surtout de nature quartzitique ou calcaire mais peuvent aussi provenir de roches cristallines. Ces grès et conglomérats présentent souvent à cause de leur dureté quelques cassures localisées à l'affleurement où ces roches sont cependant moins compactes à cause de l'altération de surface. Enfin ce niveau de "grès" inférieur devient par endroit argileux ou renferme des poches ou lentilles de marnes.

L'épaisseur de ce niveau va de 2 à 10 m.

Le niveau VI - "Marne" moyenne ressemble exactement à la "marne" inférieure tant au point de vue nature que dépôt.

Son épaisseur est de 5 à 15 m.

Le niveau VII - "Grès" moyen est de la même façon semblable au "grès" inférieur mais cependant renferme plus de conglomérats avec galets de grande taille, localisés plus particulièrement dans la partie amont de la cuvette. Ce "grès" moyen forme surtout en rive gauche et dans la partie amont de la cuvette des crêtes aplaties et constitue ainsi un certain impluvium qui se traduit au contact de la "marne" moyenne par de petites sources temporaires à débit très faible : de telles sources étaient rares dans le "grès" inférieur à cause de son impluvium réduit.

L'épaisseur de ce niveau varie de 5 à 20 m.

Le niveau VIII - "Marne" supérieure et le niveau IX - "Grès" supérieur présentent en gros les mêmes caractéristiques que leurs homologues moyens et inférieurs mais on note plus d'irrégularité au point de vue faciès et épaisseur.

La "marne" supérieure est très souvent détritique et renferme un grand nombre de petites lentilles de grès ou de sables. De même le "grès" moyen contient de nombreuses lentilles marneuses et en fait ce niveau est surtout sableux ou gréseux mais toujours plus ou moins argileux. D'une façon générale l'individualité de ces niveaux devient de moins en moins nette au fur et à mesure que l'on se dirige vers l'aval et que l'on monte dans la série et ceci s'accompagne d'une augmentation de la phase argilo-marneuse.

Des éboulis de constitution argilo-sableuse couvrent quelques pentes presque toujours plantées en bois : leur épaisseur est de quelques mètres. Ailleurs la roche mère est souvent couverte par une couche d'altération ou de remaniement en place dont l'épaisseur ne dépasse pas un mètre.

Des alluvions de nature argilo-limono-sableuse occupent les points bas de la vallée sur une largeur augmentant vers l'aval et d'une épaisseur de quelques dizaines de cm à 5 m. Elles masquent un niveau inférieur essentiellement gravelo-sableux dont l'existence a été révélée par les travaux de reconnaissance, faits à l'emplacement du barrage.

Une campagne de sondages de reconnaissance de 4 à 5 m de profondeur a été effectuée dans les alluvions limoneuses. Ces sondages, à la tarière dont l'implantation est portée sur la carte géologique de la cuvette (fig. 61) ont permis d'étudier la nature et les caractéristiques mécaniques de ces alluvions.

Structure

Comme nous l'avons déjà dit à plusieurs reprises, la structure de ces formations mollassiques est simple avec un plongement faible mais régulier vers l'Ouest - Sud Ouest seulement interrompu par quelques ondulations locales et de faible amplitude.

Quelques cassures, de direction générale nord ouest - sud est et plus rarement nord est - sud ouest, affectent les

terrains les plus durs, particulièrement les marno-calcaires et les grès. Elles sont souvent ouvertes et peuvent entraîner un léger déplacement de quelques cm avec basculement des deux compartiments, mais elles sont toujours limitées à l'échelle de l'affleurement.

On peut également rencontrer quelques flexures, dues à des mouvements relativement plus importants, qui arrivent à décaler les niveaux de quelques mètres ; la plus notable se situe au niveau de la route D 33.

Etanchéité de la cuvette

La retenue à la cote 235 baigne de l'amont vers l'aval la série allant du niveau II complexe marno-gréseux, au niveau VII "grès" moyen ; les niveaux VIII et IX "marne" et "grès" supérieurs apparaissent aux abords du site mais ne descendent pas en dessous de la cote de retenue normale.

Le niveau II - Complexe marno-gréseux occupe l'extrémité amont de la retenue jusqu'à un peu à l'aval du pont de la route D 517 de Molleville à Cumiès ; il est en grande partie masqué par la couche d'altération et par les alluvions et ne présente aucun risque de fuite car ses niveaux sableux ou gréseux sont bloqués au mur et au toit par des marnes étanches.

Le niveau III - Marno-calcaire n'est noyé qu'à l'aval du pont de la route D 517 sur une petite surface partiellement couverte par les terrains récents. Ce marno-calcaire, de faible épaisseur d'une part, et intercalé d'autre part entre deux assises marneuses, peut être considéré comme pratiquement imperméable : les cassures qu'il présente sont en effet à petite échelle et de plus ne communiquent pas entre elles.

Les niveaux IV et VI - "Marnes" inférieure et moyenne sont étanches de par leur nature lithologique et les quelques formations sablo-gréseuses, que l'on peut y rencontrer, sont lenticulaires comme nous l'avons signalé plus haut.

Les niveaux V et VIII - "Grès" inférieur et moyen qui, par leur nature lithologique, leur disposition en couches continues et leur pendage aval, peuvent être à priori perméables, sont en fait étanches à l'échelle d'une retenue. En effet les résultats des essais d'eau effectués dans les sondages au droit du barrage nous ont montré que ces "grès" étaient perméables mais seulement dans les zones décomprimées et altérées tout à fait superficielles mais qu'ils étaient par contre pratiquement étanches à l'intérieur des versants.

En admettant même une perméabilité générale faible pour le "grès" inférieur qui est soumis à la plus forte charge mais qui en raison du pendage et de la morphologie ne peut présenter que des points bas dans la vallée de l'Hers Mort à moins de 1,5 km de distance, la longueur de filtration est suffisamment longue pour freiner puis annuler les fuites. Le "grès" moyen réapparaît également dans la vallée de l'Hers Mort mais la différence d'altitude entre ces affleurements et ceux baignés dans la retenue est très faible pour une longueur de percolation minimum de 600 m environ près du Château de Belflou à peu près au droit de l'emplacement du barrage (voir coupe géologique de la figure 62) ; notons tout de suite que les risques de fuite ne paraissent pas justifiés dans ce niveau qui est soumis à une faible pression en raison de sa position relativement élevée dans la retenue.

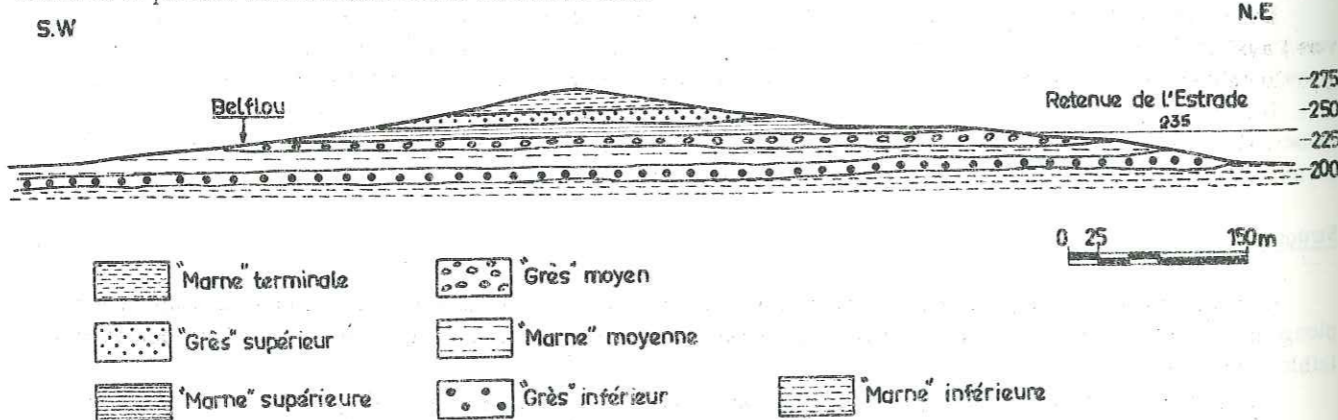


Fig 62 - COUPE GÉOLOGIQUE AU LARGE DU SITE

Rappelons d'autre part que dans ces niveaux de "grès" inférieur et moyen les passages latéraux de faciès et la présence de lentilles marneuses peuvent contribuer à freiner toute éventuelle infiltration.

Enfin en rive droite de la retenue le pendage vers l'Ouest Sud Ouest relève les couches vers les vallées du Fresquel et du Tréboul et toute fuite est donc impossible dans cette direction.

Stabilité des versants

Sur la carte géologique de la cuvette nous avons noté un certain nombre de glissements de pente. Il s'agit en fait de mouvements de faible extension et de faible épaisseur qui se traduisent par de petits arrachements, quelques fissures et surtout par de légères ondulations dans la morphologie (bourrelets). Ces glissements sont principalement localisés dans les "marnes" moyenne et supérieure et dans les éboulis. La "marne" inférieure, qui occupe en général la base des versants et qui est donc bien enracinée et en pente douce, ne présente pas de tels phénomènes.

Dans les "marnes" la cause de ces glissements tous superficiels, est due, à notre avis, à leur position lithostratigraphique : ces "marnes" se trouvent en effet entre deux niveaux de "grès" de perméabilité supérieure à la leur et elles sont plus ou moins lubrifiées à leur contact, particulièrement à leur contact supérieur, par les circulations d'eau en provenance des "grès" ; elles deviennent alors moins consistantes et pour peu que le versant soit pentu (ce qui est souvent le cas au pied d'un niveau gréseux plus résistant) elles se mettent à glisser à la façon d'une coulée très épaisse.

Mais nous précisons bien que ce mouvement n'affecte que la tranche superficielle ramollie des marnes et s'amortit vite à une faible profondeur sous la surface. Il faut par ailleurs noter que lorsque les versants sont labourés, donc amenés à une pente moins forte, les glissements disparaissent.

Les mouvements observés dans les éboulis sont du même ordre de grandeur que les précédents mais sont vraisemblablement dus au manque de structure et de cohésion du matériau.

En conclusion, nous ne pensons pas que tous ces glissements "de peau" puissent présenter un danger quelconque pour la future retenue ; ils ont d'une part une faible épaisseur et un champ restreint et ils sont d'autre part situés près des crêtes et ne sont donc pas soumis à un poids sus-jacent suffisant pour entraîner une accélération et une amplification du phénomène et provoquer l'apparition d'un glissement de masse.

LE SITE DU BARRAGE

Le site s'inscrit dans un léger resserrement de la vallée de la Ganguise au droit de la ferme de l'Estrade, un peu à l'aval du confluent du Peyrat.

Ce site a fait l'objet d'un levé topographique au 1/500 ; sur une réduction de ce levé au 1/1 000 (fig. 63) nous avons figuré les affleurements du substratum ainsi que les éboulis et les zones d'altération et de remaniement ; sur une autre réduction de ce levé au 1/1 000 (fig. 64) *, après avoir fait abstraction des terrains récents de couverture (éboulis, altération et remaniement), nous avons interprété la structure des divers niveaux lithologiques.

Les travaux de reconnaissance

Ces travaux de reconnaissance comprennent (fig. 65) :

- des sondages mécaniques assortis d'essais d'eau **
- des puits.

Les sondages au nombre de 14 ont été implantés suivant deux profils en travers à la vallée et ils avaient pour but :

- d'étudier la nature et le comportement des terrains en profondeur par carottage continu au double carottier ;
- d'effectuer des essais d'eau de type Lugeon par passes théoriques de 3 m ;

* - Ces deux cartes sont ici réduites au 1/5 000

** - Travaux effectués par l'entreprise P. BACHY (S. I. F.).

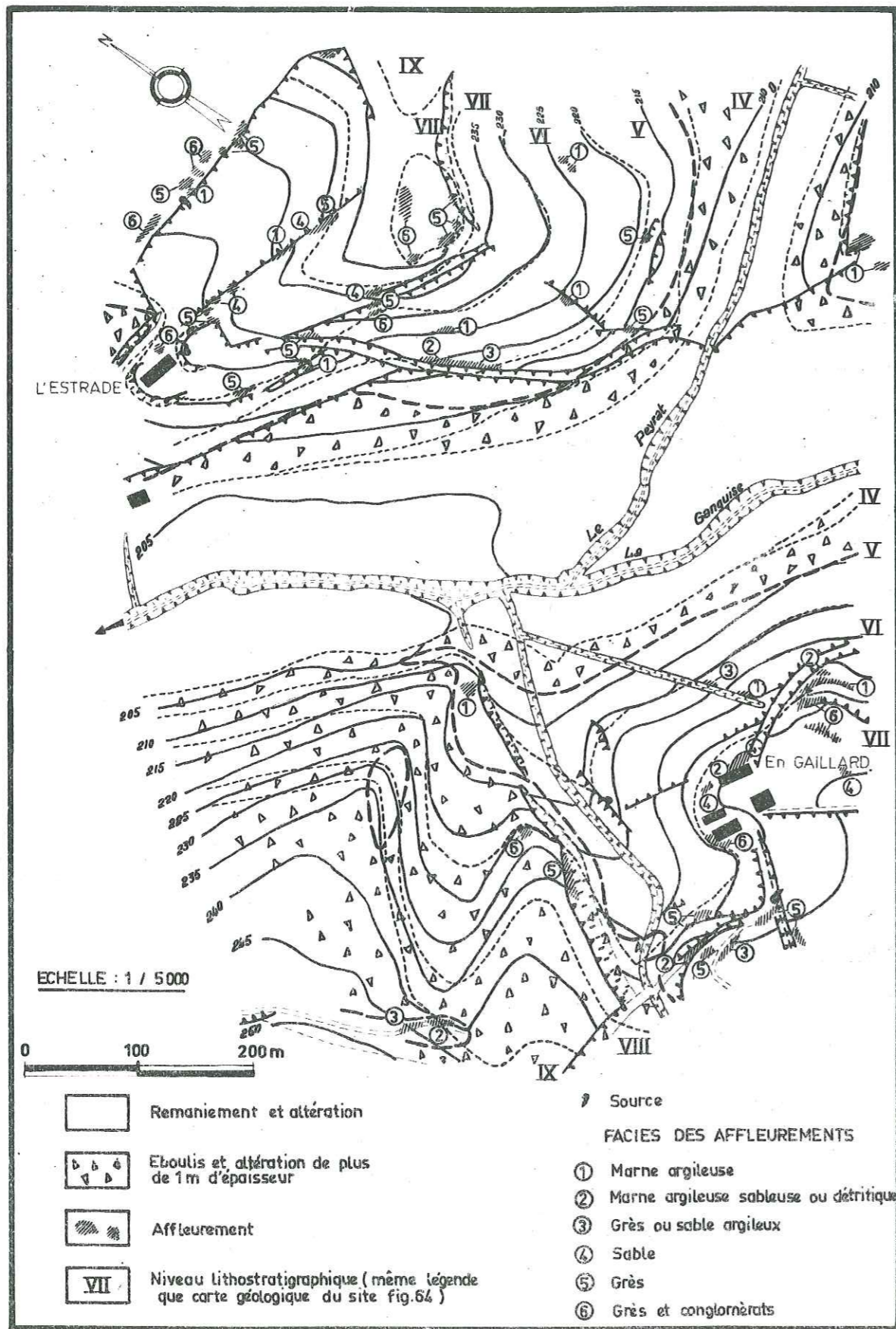


Fig 63-CARTE DES AFFLEUREMENTS DU SITE

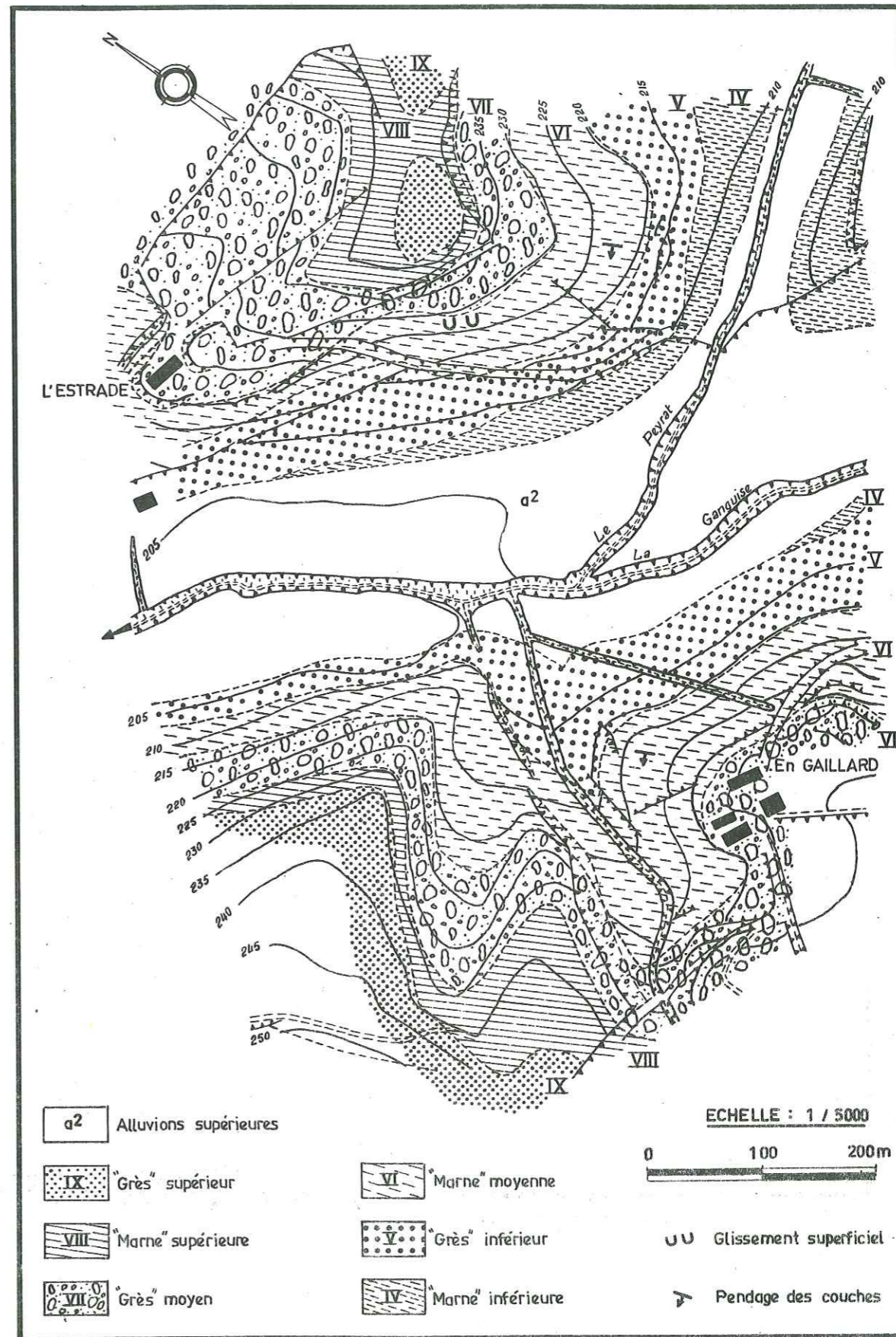


Fig 64-CARTE GEOLOGIQUE DU SITE

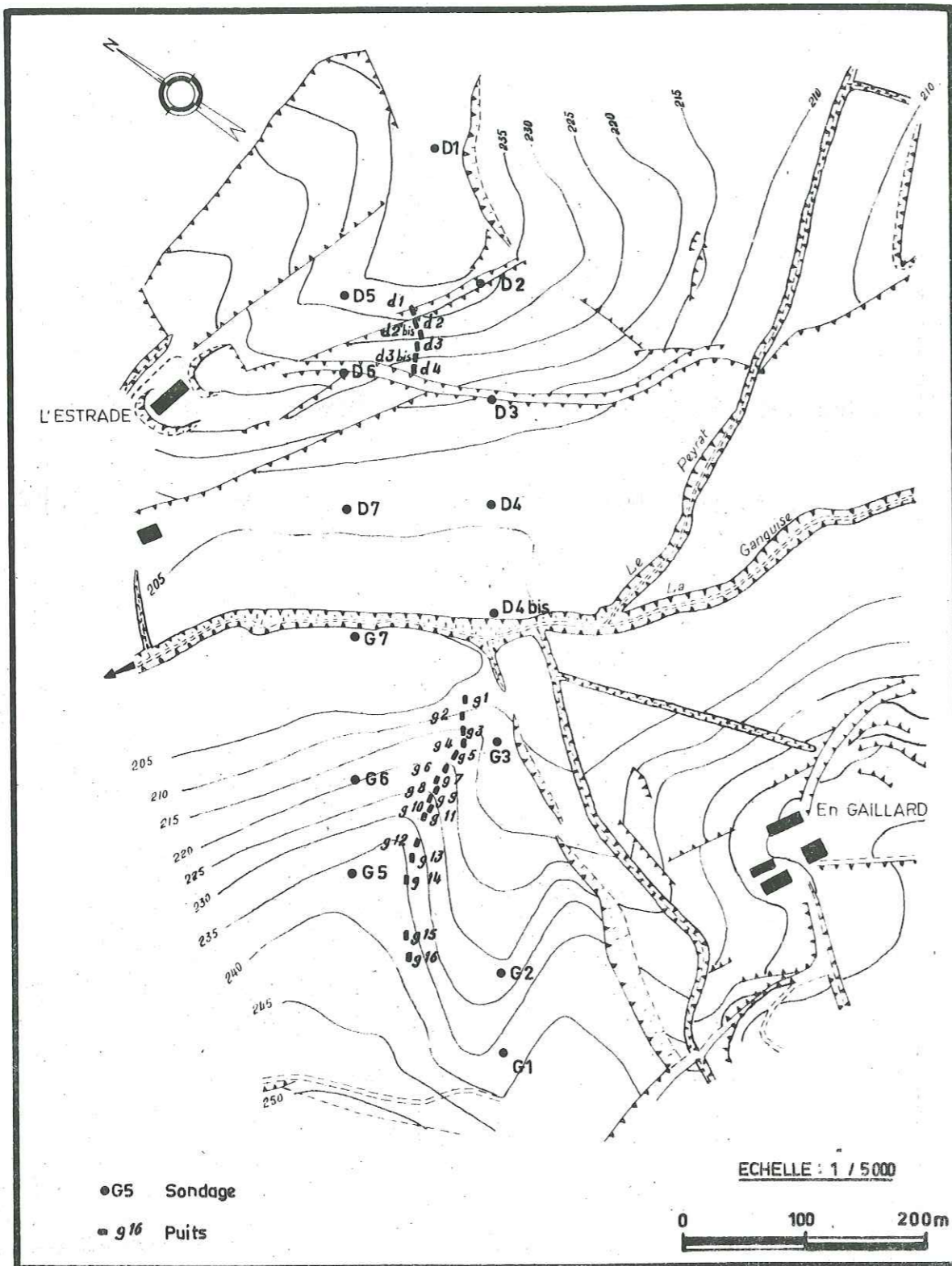


Fig 65-CARTE DES TRAVAUX DE RECONNAISSANCE DU SITE

- de prélever des échantillons intacts.

Les puits au nombre de 6 en rive droite et de 16 en rive gauche ont été creusés entre les deux lignes de sondages : ces puits, dont la profondeur maximum est de 2,5 m, étaient destinés à reconnaître la nature et l'épaisseur de la couche d'altération ou d'éboulis et la nature du substratum sous cette couche.

Les terrains

Ce site est entièrement compris dans les terrains du Stampien supérieur et, comme la cuvette, est en grande partie couvert par une couche d'altération ou de remaniement ou par des placages d'éboulis. Cependant l'étude détaillée des affleurements, l'interprétation des coupes des 14 sondages forés en carottage continu et l'examen de 22 fouilles nous ont permis de distinguer des niveaux lithologiques dans lesquels nous avons retrouvé les niveaux IV à IX reconnus dans la cuvette, c'est-à-dire :

- niveau IV : "marne" inférieure
- niveau V : "grès" inférieur
- niveau VI : "marne" moyenne
- niveau VII : "grès" moyen
- niveau VIII : "marne" supérieure
- niveau IX : "grès" supérieur.

Le niveau III, marno-calcaire de Briatexte n'affleure pas et se rencontre en sondage à 15 m sous le fond de la vallée, tandis que le niveau I, Ludien se rencontre entre 30 et 40 m de profondeur.

Les résultats des travaux de reconnaissance alliés aux observations de surface nous ont permis de connaître en détail les évolutions stratigraphiques, lithologiques, physiques et géométriques des terrains représentés sur les cartes géologiques du site.

Par ailleurs les coupes des sondages (reproduites partiellement fig. 66 et 67) donnent en détail la description des carottes ; celles-ci présentent des variations lithologiques ou physiques à l'échelle du cm, mais nous n'avons pu figurer sur nos coupes que celles supérieures à 5 cm.

Deux profils géologiques (fig. 68 et 69) transversaux à la vallée interprètent les résultats de ces sondages et de la prospection de surface et donnent un schéma d'ensemble des terrains en profondeur et dans les versants.

Dans ce qui suit nous examinerons d'abord les différents faciès et nous étudierons ensuite les divers niveaux lithostratigraphiques.

Les faciès

Marnes

Elles sont en général plus ou moins argileuses : les variations de la phase argileuse sont irrégulières et brutales et on peut souvent avoir sur une carotte de sondage une face argileuse et l'autre face marneuse.

Le pourcentage en calcium est rarement très élevé et dans ce cas on a pratiquement affaire à des marno-calcaires en nodules limités et inclus dans les marnes. Une analyse calcimétrique a donné pour une vingtaine d'échantillons une teneur moyenne en calcium de 40 %.

Ces marnes argileuses sont bariolées avec une prédominance rose ou beige ; elles renferment quelques niveaux plus ou moins plastiques de couleur brune ou rouge brique.

Elles sont également souvent sableuses ou gréseuses mais plus fréquemment détritiques ou renfermant des grains de quartz (nous appelons détritiques les marnes qui se trouvent entre les marnes pures et les marnes sableuses ou gréseuses). Quand elles sont très détritiques elles peuvent être comparées à d'anciens limons ou silts et même être confondues avec des grès argileux. Des analyses granulométriques assez difficiles à réaliser, en raison de la consistance de la roche qui refusait souvent de se désagréger, nous donnent pour des marnes détritiques 20 à 50 % d'éléments supérieurs à 0,050 mm (sable). Souvent encore il y a un faible pourcentage d'éléments supérieurs à 2 mm (graviers).

Nous donnons à la figure 70 des analyses globales pour différents échantillons de marnes argileuses. Ces histogrammes ont un caractère indicatif parce que souvent la consistance de la roche errone les résultats en faveur des éléments plus grossiers.

Les marnes contiennent souvent des nodules de marne plus dure ou de marno-calcaire probablement dus à une concentration des précipitations de carbonate de chaux ayant aggloméré sur place les éléments argilo-sableux du milieu.

Ces marnes présentent également des traces d'anciennes circulations qui se traduisent par des dendrites avec leur couleur classique noire ou rouge noir. Ces circulations sont contemporaines ou légèrement postérieures à la formation de ces marnes et datent plus vraisemblablement de l'époque de leur induration.

Ces marnes et argiles sont en général consistantes ou dures ou souvent très dures, bien qu'on y rencontre parfois de petits niveaux plastiques relativement tendres. La répartition de la dureté n'est ni uniforme, ni progressive mais au contraire très irrégulière. Cette dureté est vraisemblablement en rapport avec la nature minéralogique du sédiment et la matière détritique doit y jouer un rôle en constituant un squelette qui peut conférer à la roche un caractère de dureté.

Au choc, les marnes donnent des cassures irrégulières plus ou moins conchoïdales conformément à leur origine partiellement argileuse.

Les marnes dures ou très dures présentent de petites fissures limitées à l'échelle de la carotte de sondage et bourrées de calcite. Ces fissures ont dû s'ouvrir lors du tassement des terrains après leur dépôt ; elles ne présentent aucun danger de fuite.

En surface, ces marnes s'effritent et se débitent en petites esquilles ; elles paraissent assez sensibles aux attaques du gel-dégel. Les marnes dures et très dures ne gonflent pas au contact de l'eau et il faut noter que pour les analyses granulométriques, une attaque de certains échantillons à l'acide chlorhydrique à chaud n'a pas toujours amené une désagrégation complète après plusieurs semaines.

Enfin dans les sondages on a pu noter quelques passages brisés, mais d'après l'état des morceaux nous pensons que ces anomalies sont dues à la perforation.

Grès

Ils sont surtout constitués de grains de quartz mais contiennent aussi des fragments de roches cristallines et de fines paillettes de muscovite. Le ciment est presque entièrement calcaire et une analyse calcimétrique de plusieurs échantillons complets (grains + ciment) a donné 52 % de calcium en moyenne.

Ces grès sont généralement fins, quelquefois moyens, plus rarement grossiers, mais ils peuvent être conglomératiques et également présenter tous les intermédiaires entre un grès argileux et une argile gréseuse. Ils ont une couleur gris beige, rose ou bariolée. Nous avons déjà donné dans la figure 70 quelques histogrammes sommaires de la granulométrie de ces grès ; nous en verrons plus loin les analyses granulométriques détaillées.

Ils sont en général durs à très durs et, comme les marnes, présentent des fissures de tassement en plus de cassures dues aux phénomènes postérieurs dont nous avons parlé dans la structure de la région. Il y a aussi quelques niveaux moins consolidés où les grès peuvent passer à des sables. En surface on peut noter quelques signes de décompression.

Sables

Ils dérivent du grès ou sont d'origine à l'état sableux. En ce qui concerne la nature et la granulométrie des grains ils présentent les mêmes caractères que les grès. Ils peuvent avoir une certaine cohésion et sont alors plus ou moins argileux ou légèrement compactés.

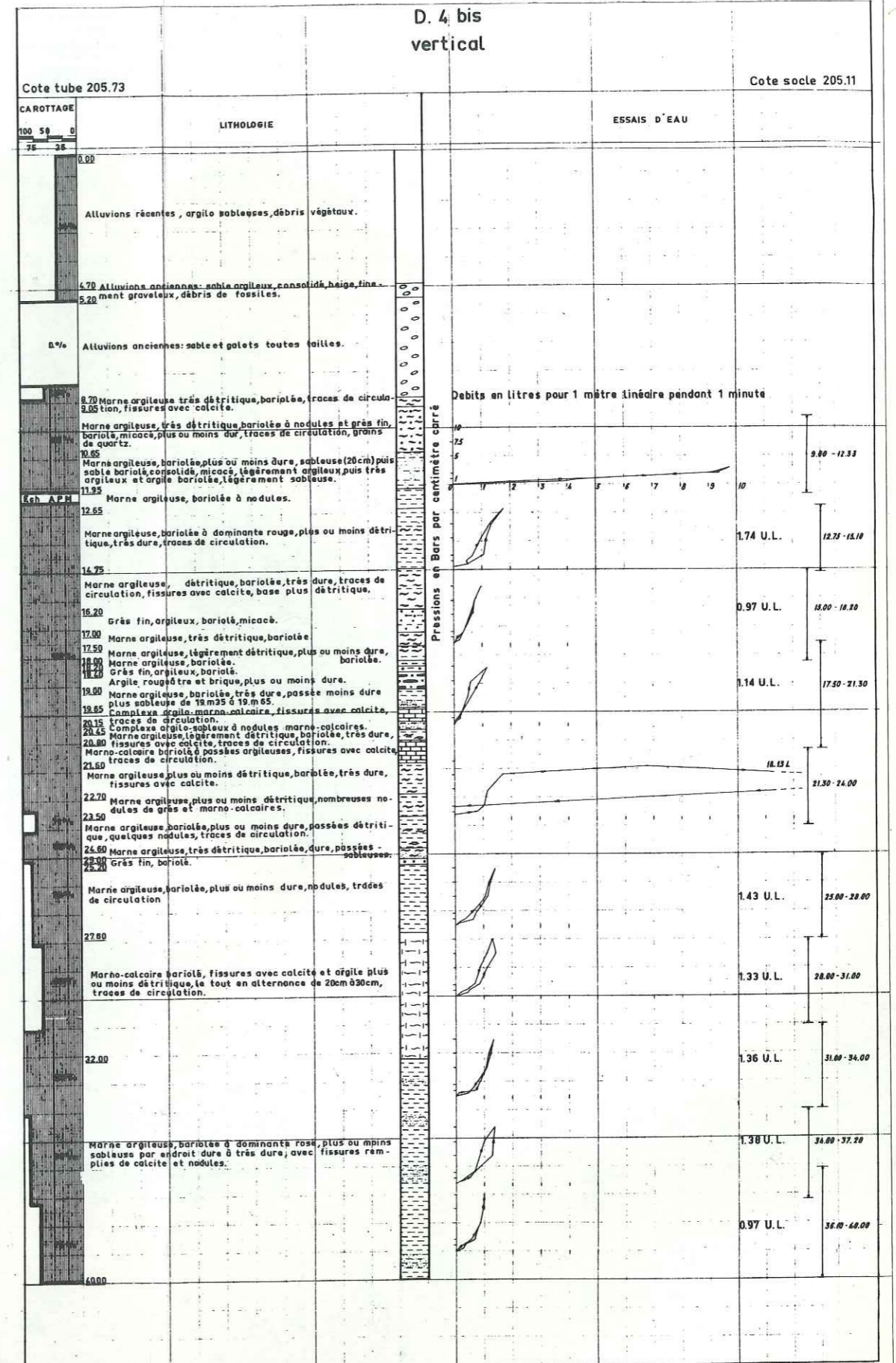
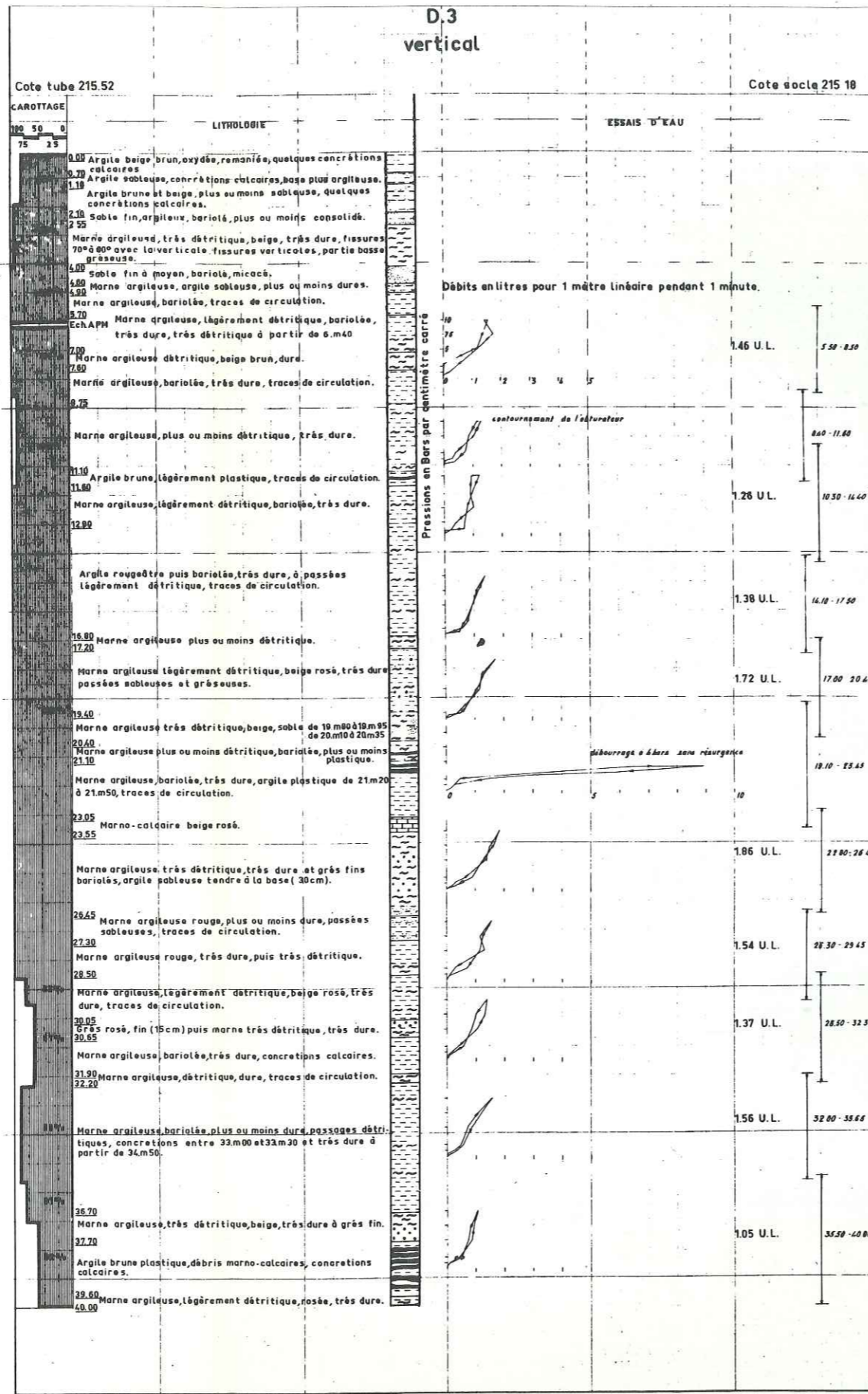
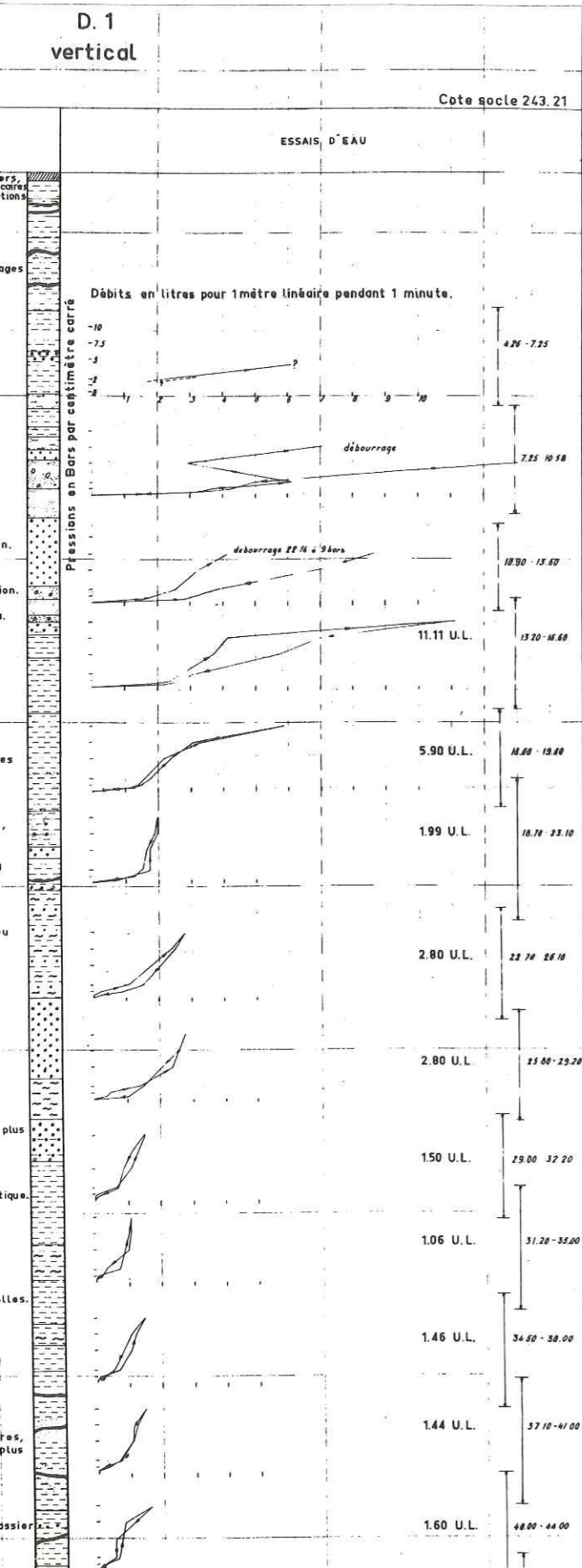
Conglomérats

Ils se présentent rarement seuls et sont en principe associés aux grès. Les galets, surtout petits ou moyens, sont en général de quartz et de calcaire ou proviennent de roches cristallines. Leur ciment est calcaire avec 55 % de calcium en moyenne pour les échantillons examinés. Ces conglomérats sont généralement compacts mais peuvent aussi parfois se désagréger.

Tube 244
15
4.25
Marne
5.50
5.80
Marne
6.80
Sat
7.25
Ma
7.80
Arg
8.50
Sab
8.80
Gr
Sat
9.70
Pa
10.60
Grès f
12.70
Sab
13.10
Pa
13.60
Gr
13.80
Gr
14.20
Gr
14.90
Marne
15.60
Marne
vers
19.60
Marne c
qui
19.70
21.05
Gr
Marne
21.
22.05
Marne
moins
25.35
Grès f
27.80
Marne c
29.05
Grès gr
grossier
30.35
Marne a
32.90
Marne a
34.00
Marne ar
35.35
Marne a
36.00
Marne a
36.00
Marne c
possées
ou moins
41.10
Argile m
de 41m50
42.80

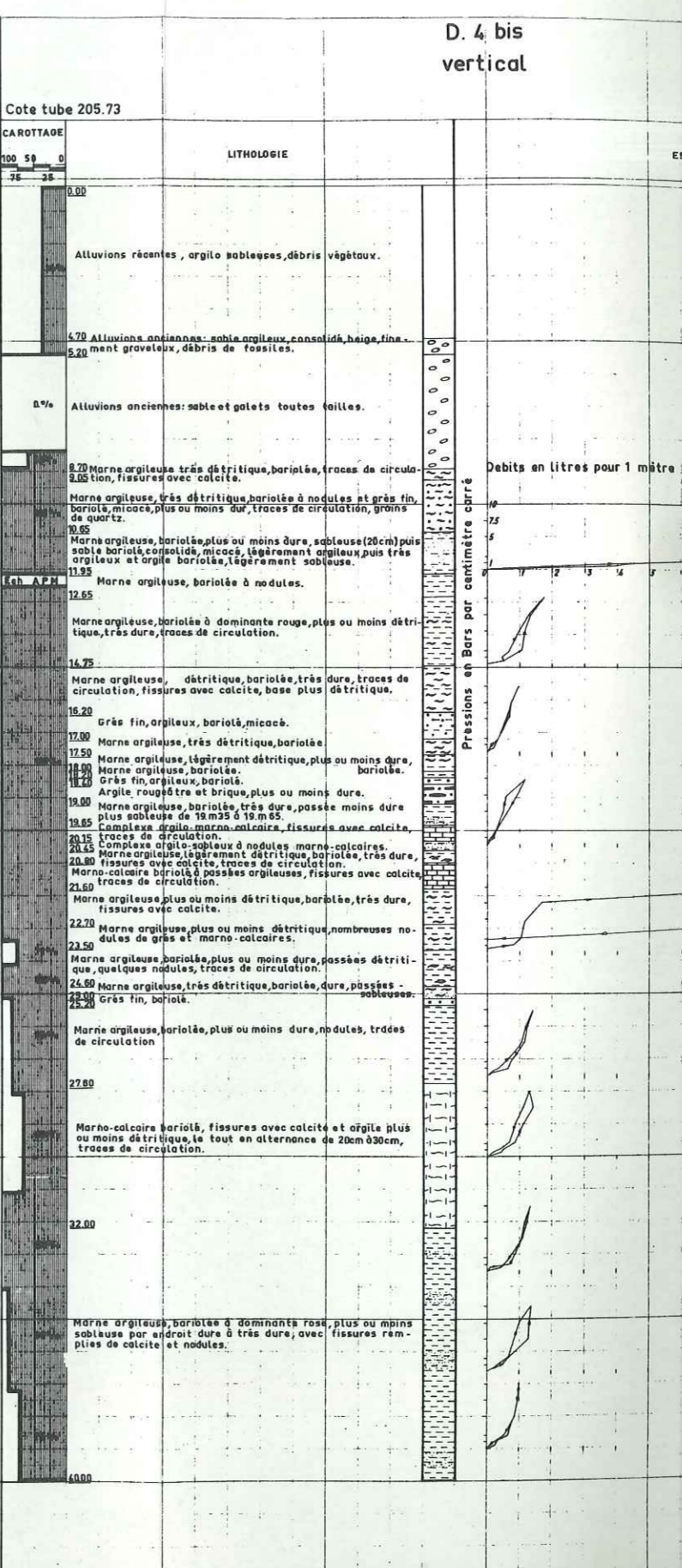
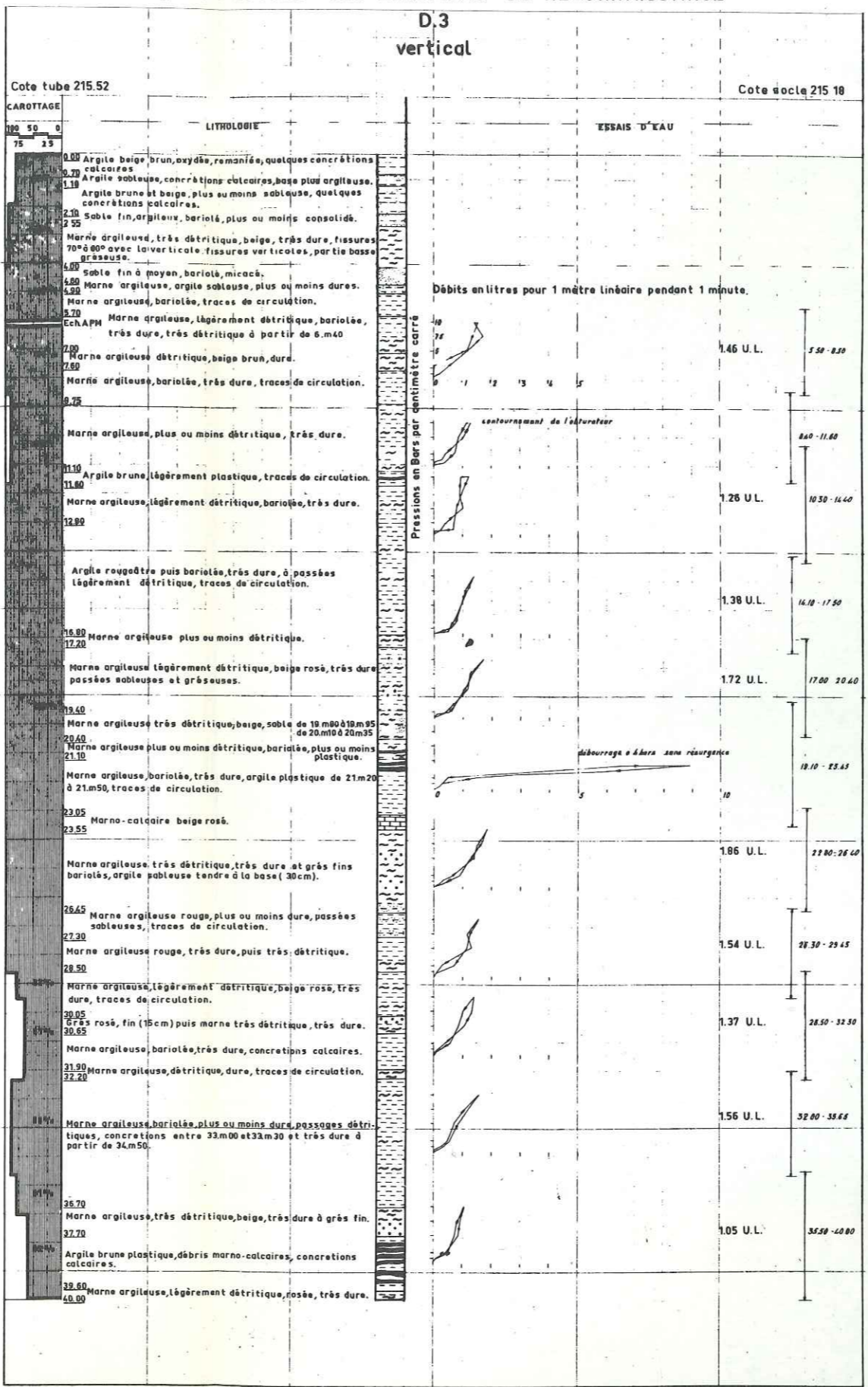
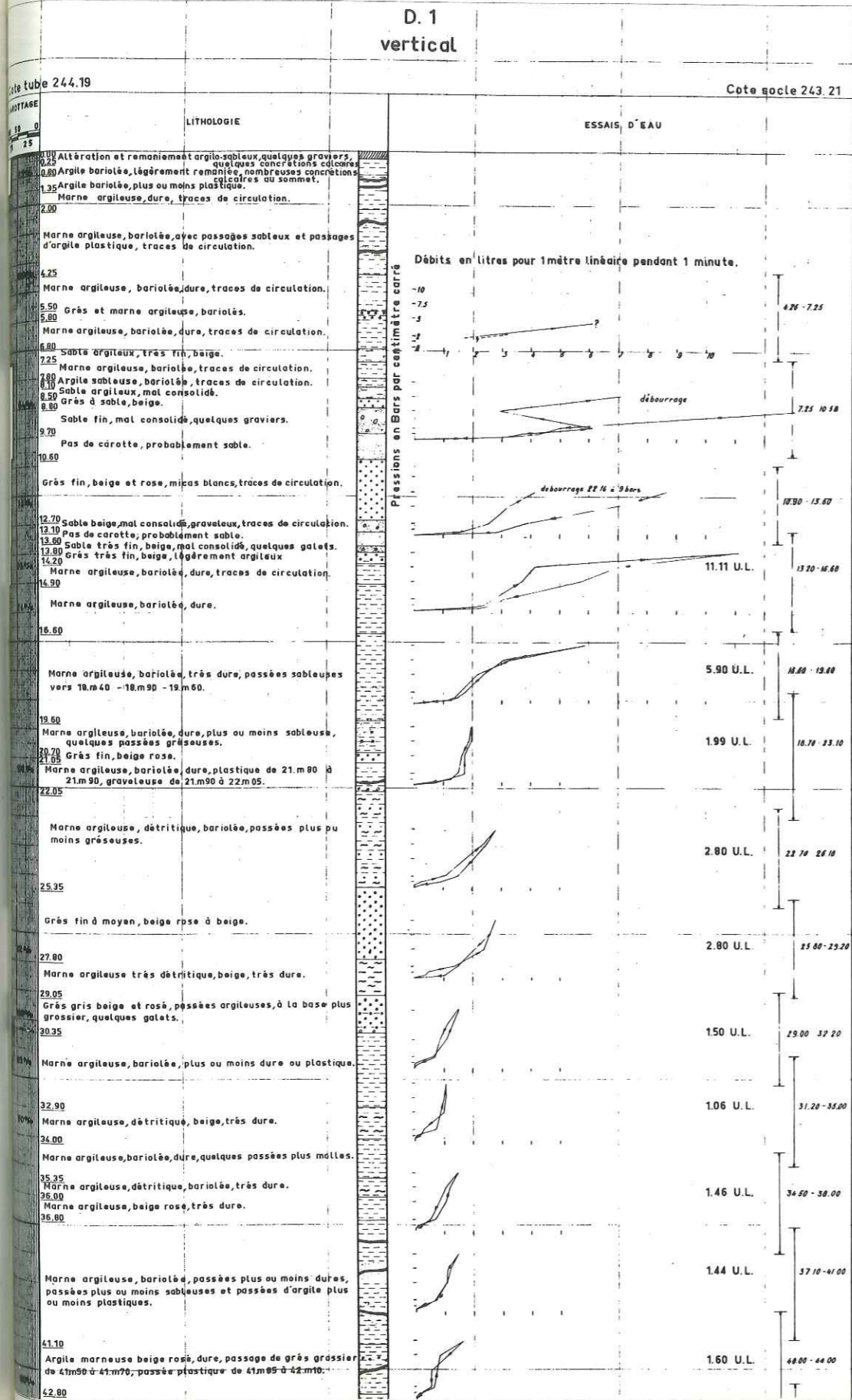
BARRAGE DE L'ESTRADE

Fig. 66 - COUPES DES SONDAGES DE RECONNAISSANCE



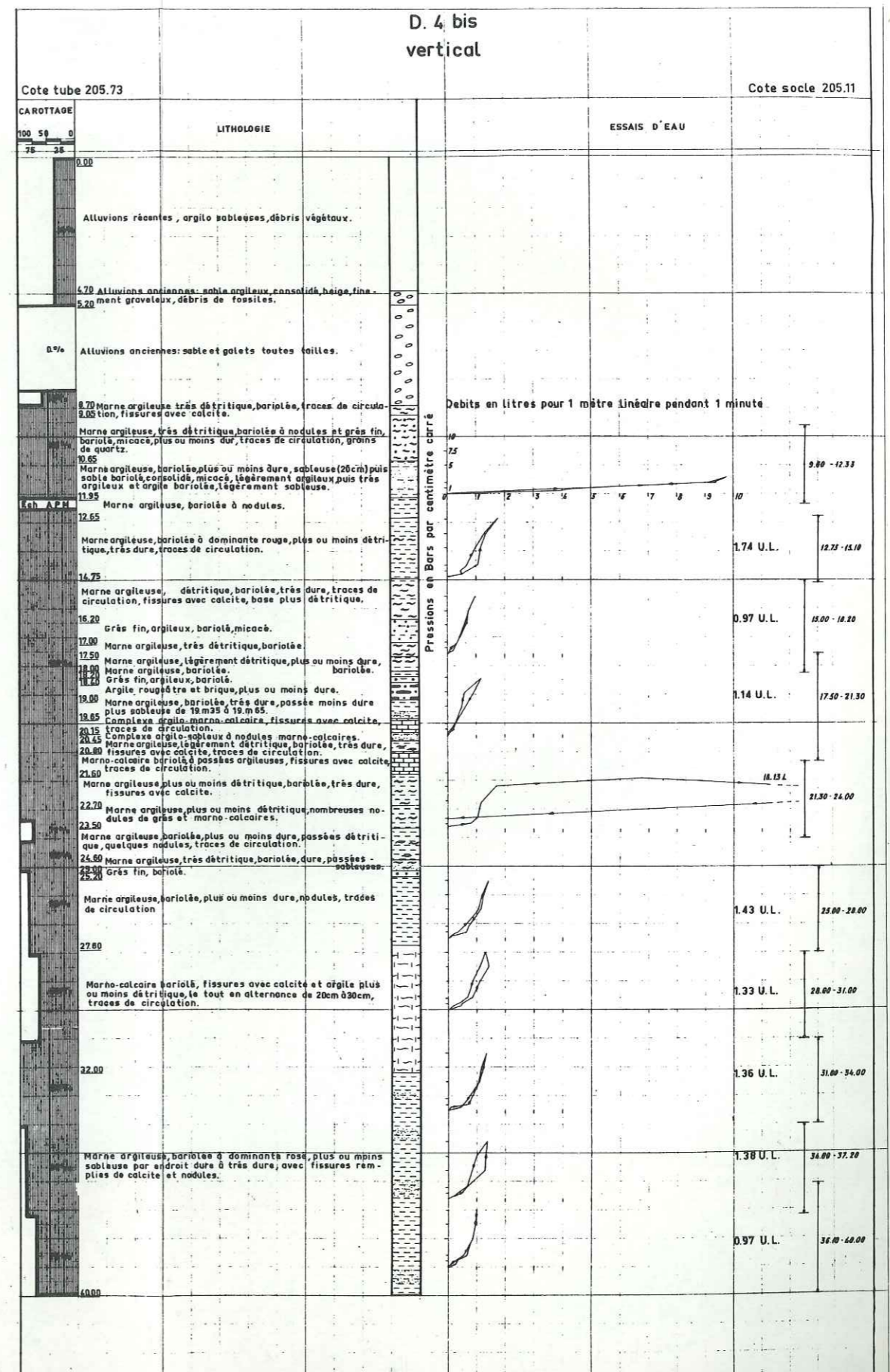
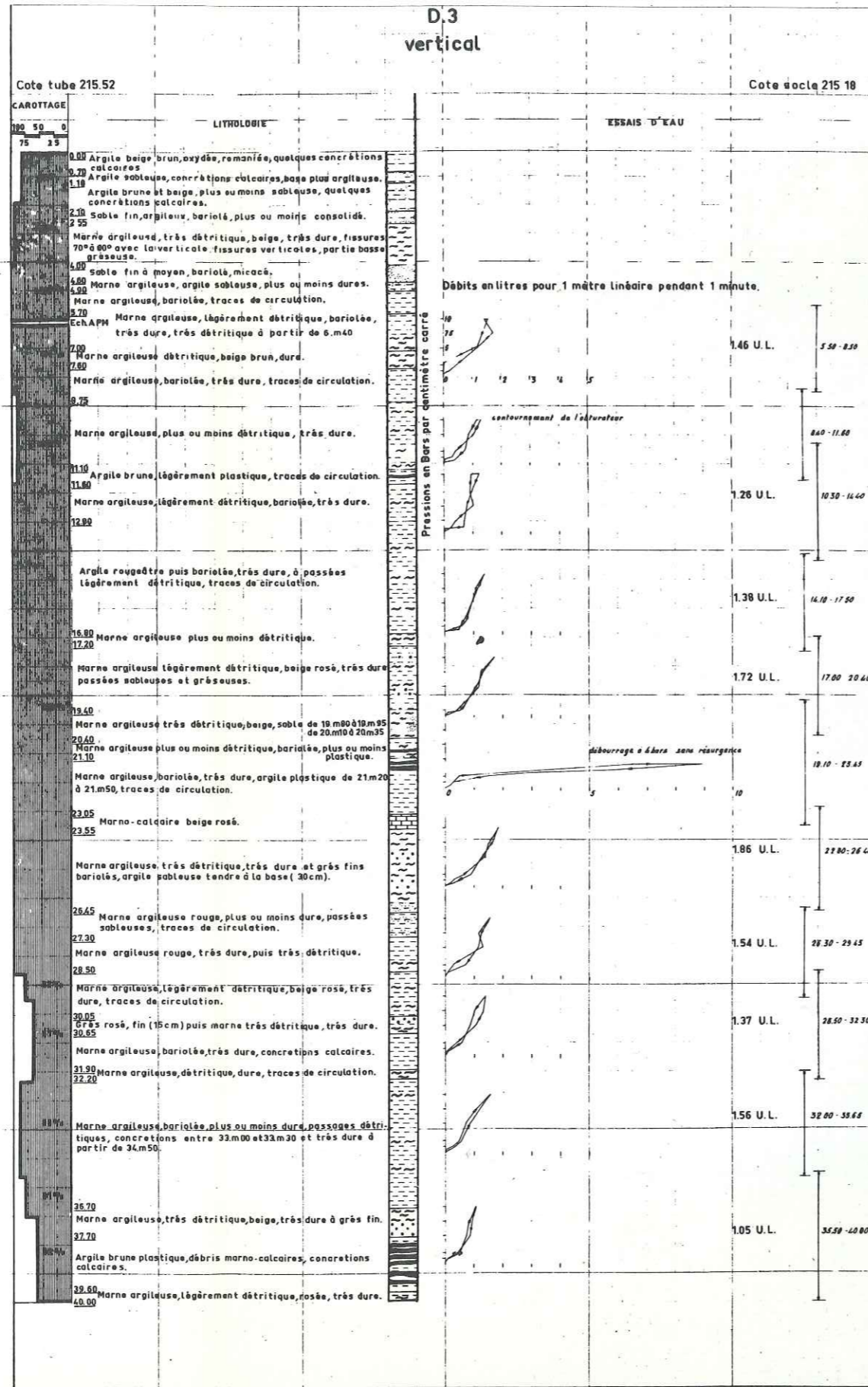
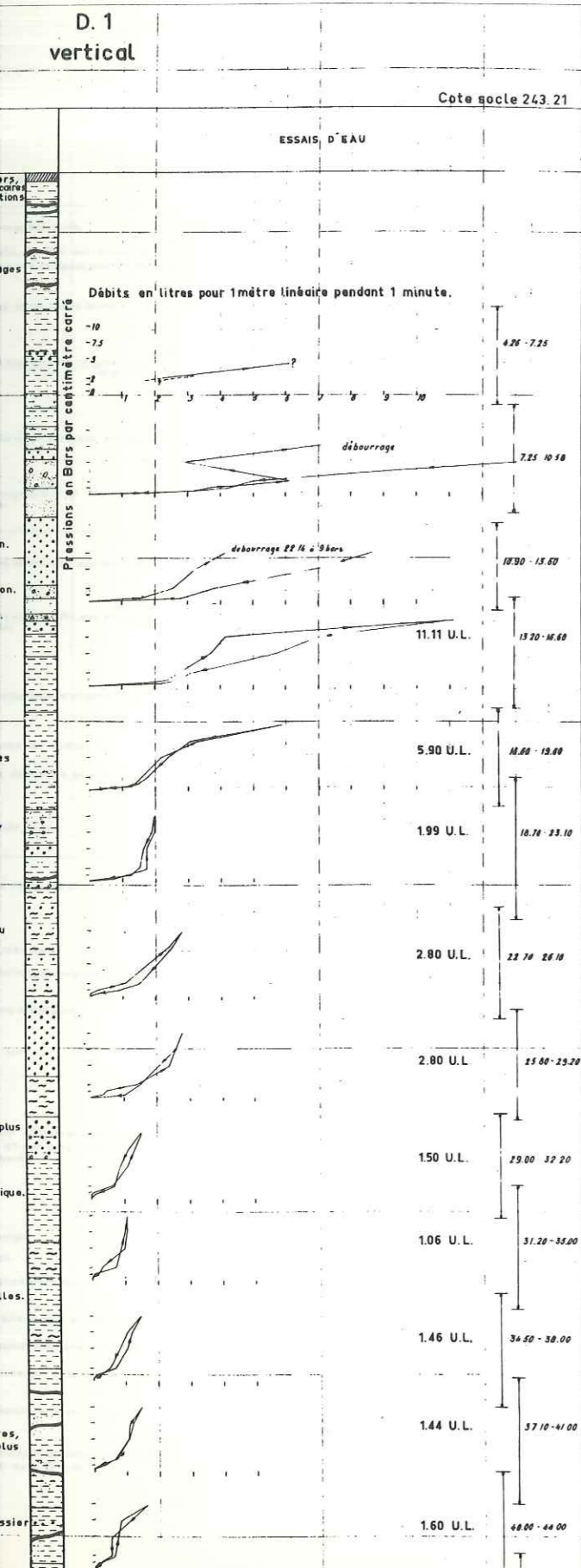
BARRAGE DE L'ESTRADE

Fig. 66 - COUPES DES SONDAGES DE RECONNAISSANCE



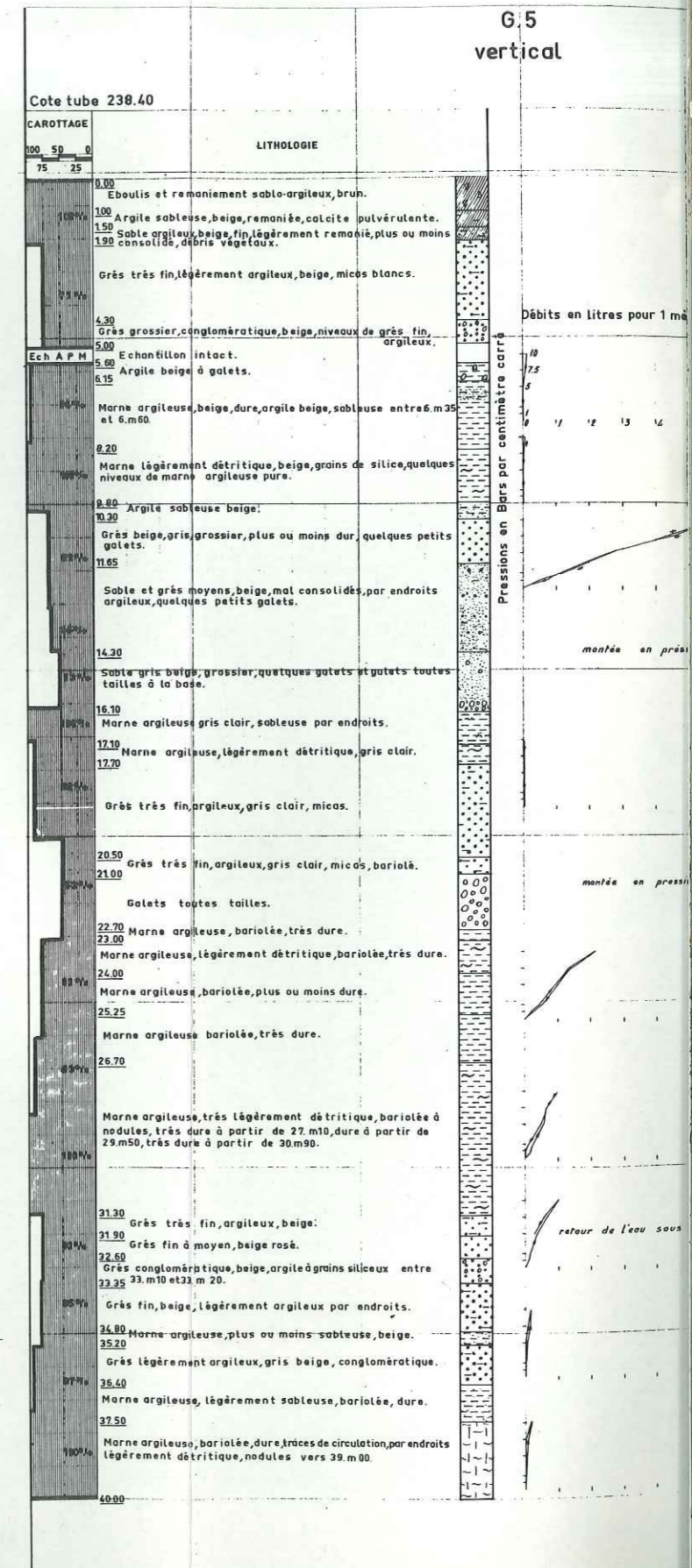
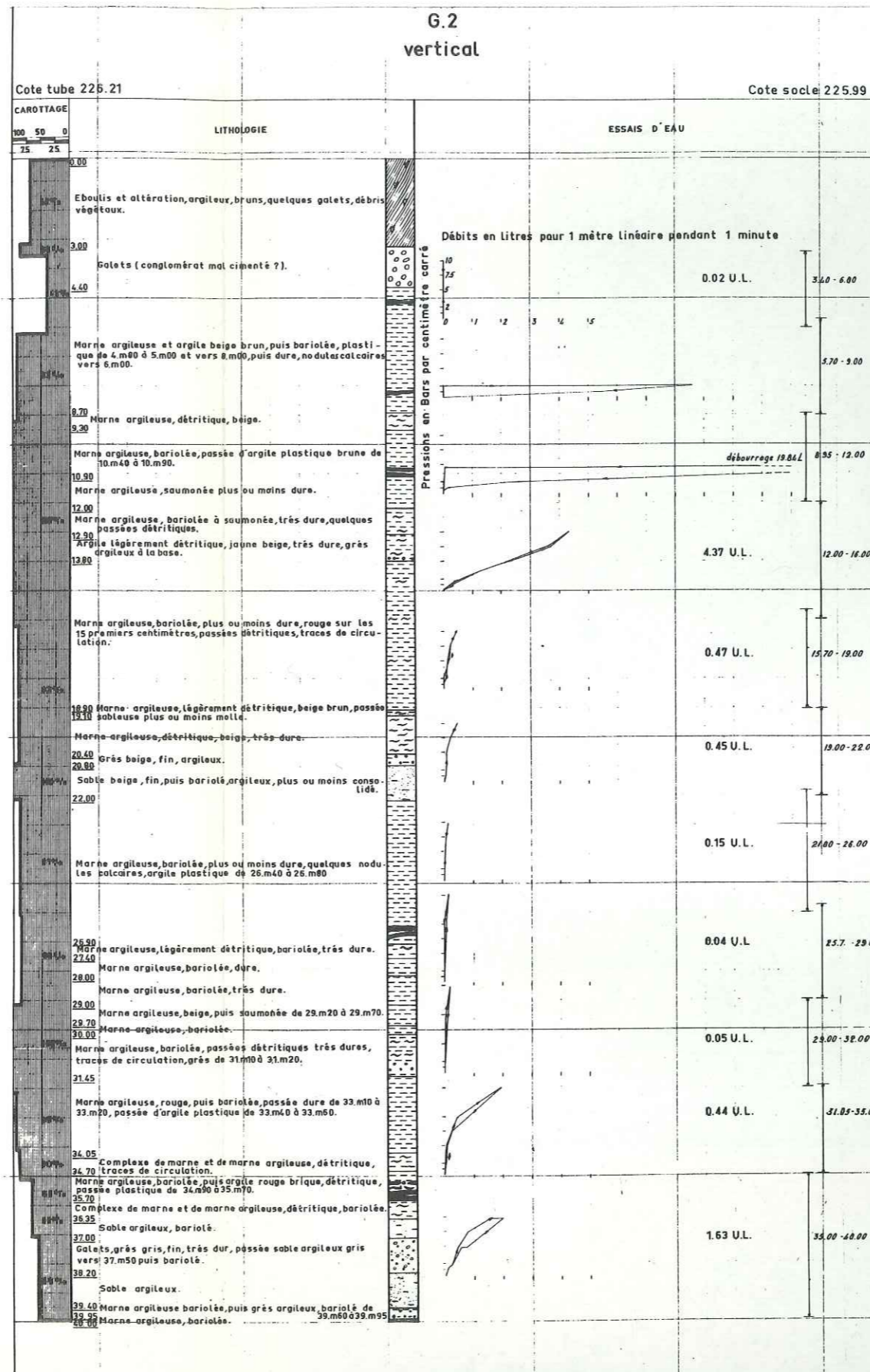
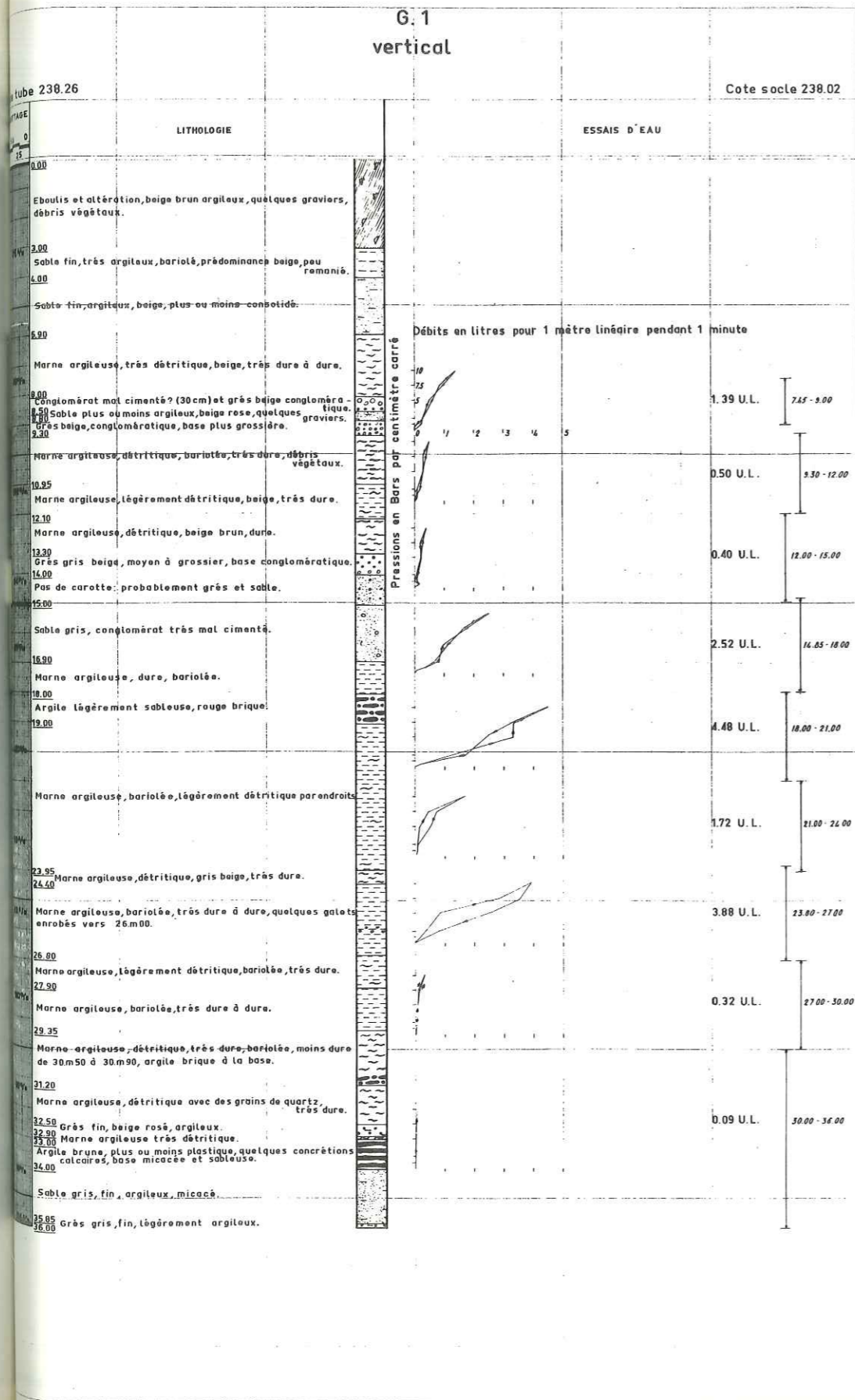
BARRAGE DE L'ESTRADE

Fig. 66 - COUPES DES SONDAGES DE RECONNAISSANCE



BARRAGE DE L'ESTRADE

Fig. 67_ COUPES DES SONDAGES DE RECONNAISSANCE



BARRAGE DE L'ESTRADE
 Fig. 67 - COUPES DES SONDAGES DE RECONNAISSANCE

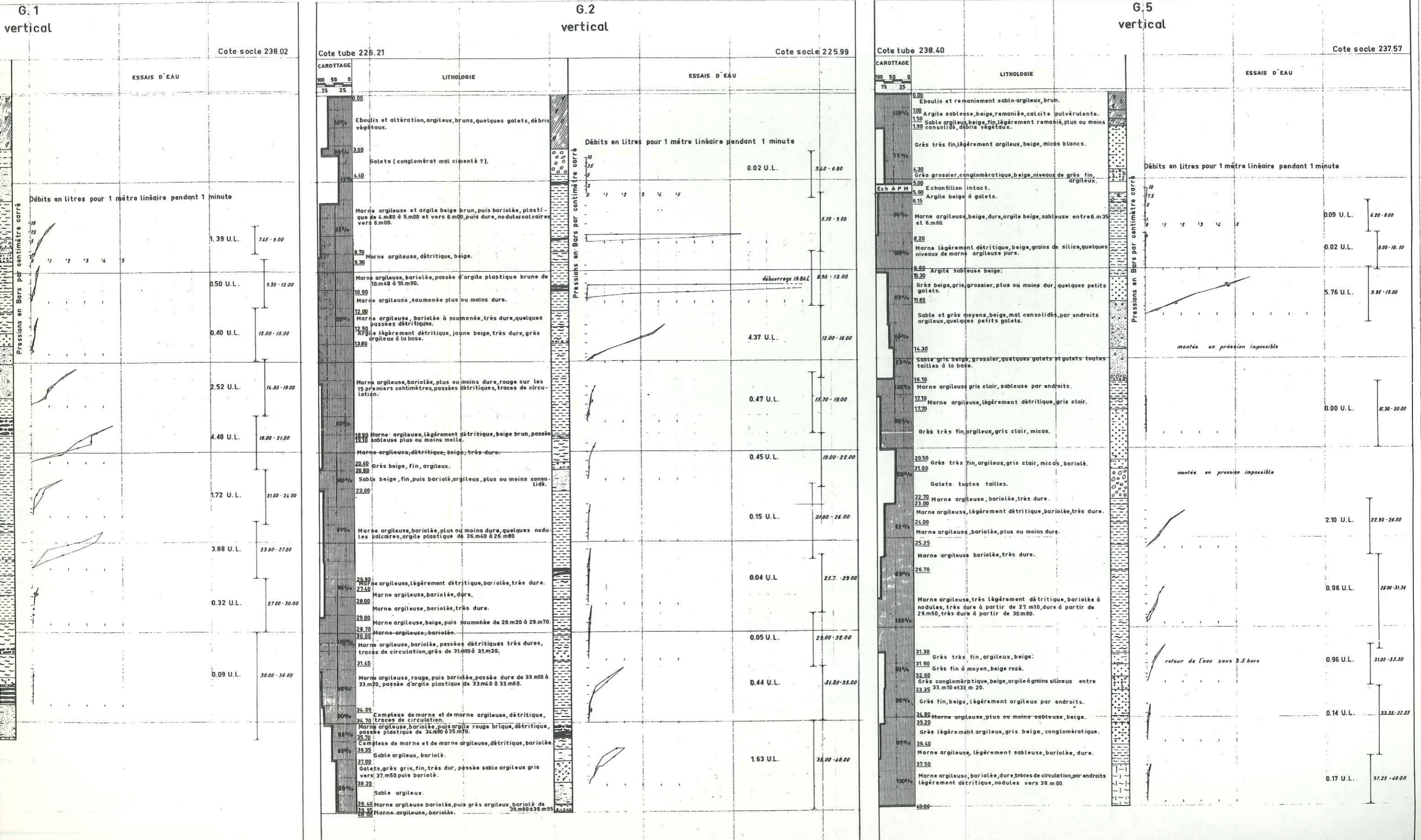


Fig 68_ BARRAGE

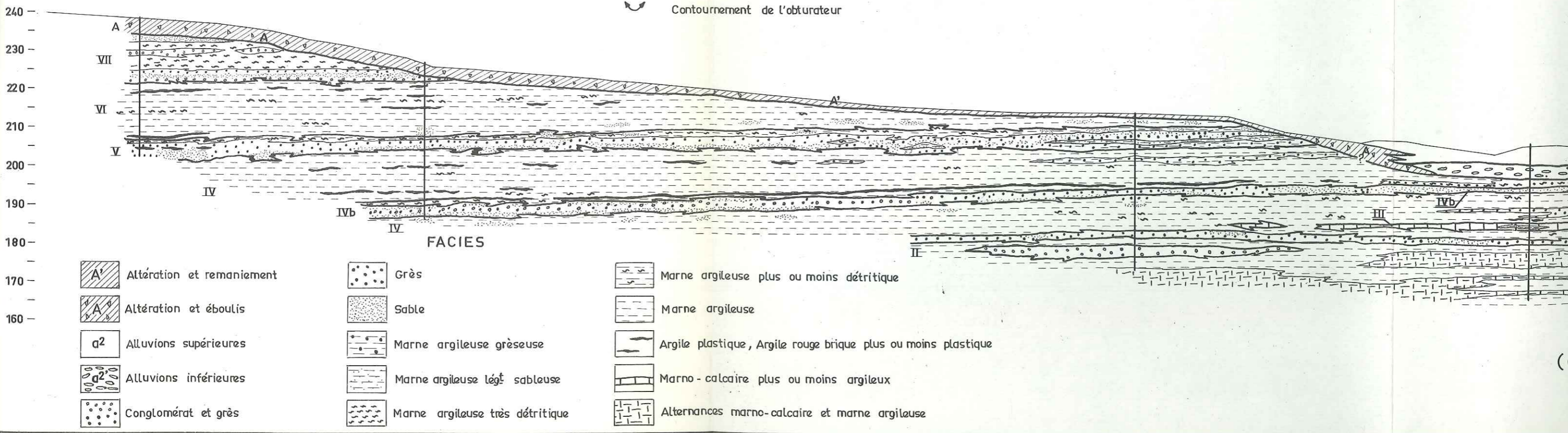
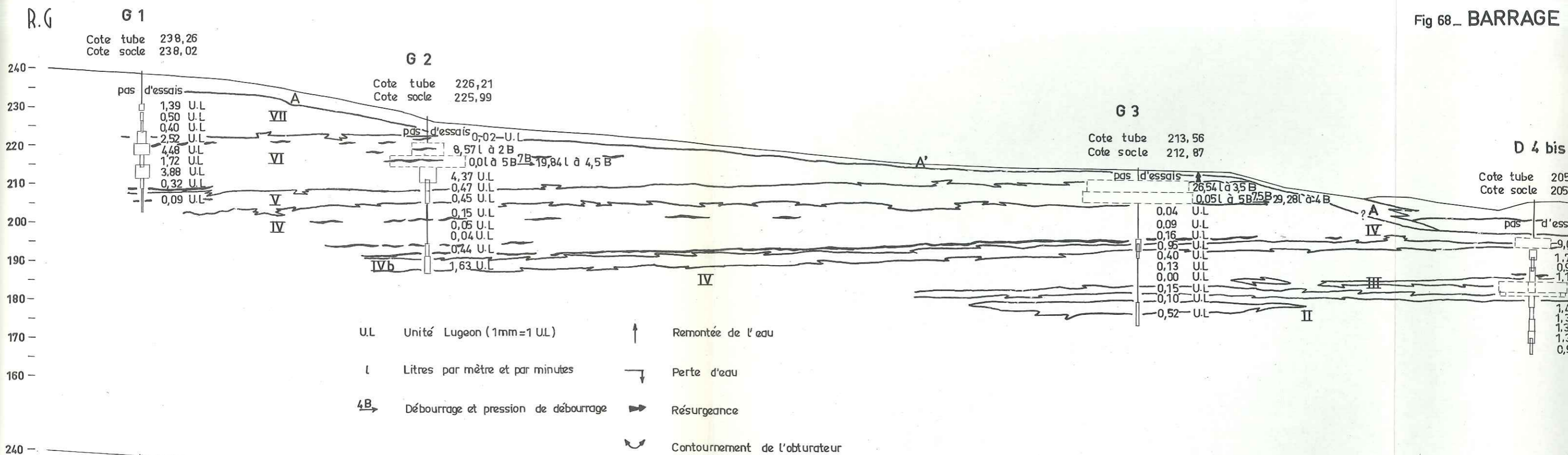
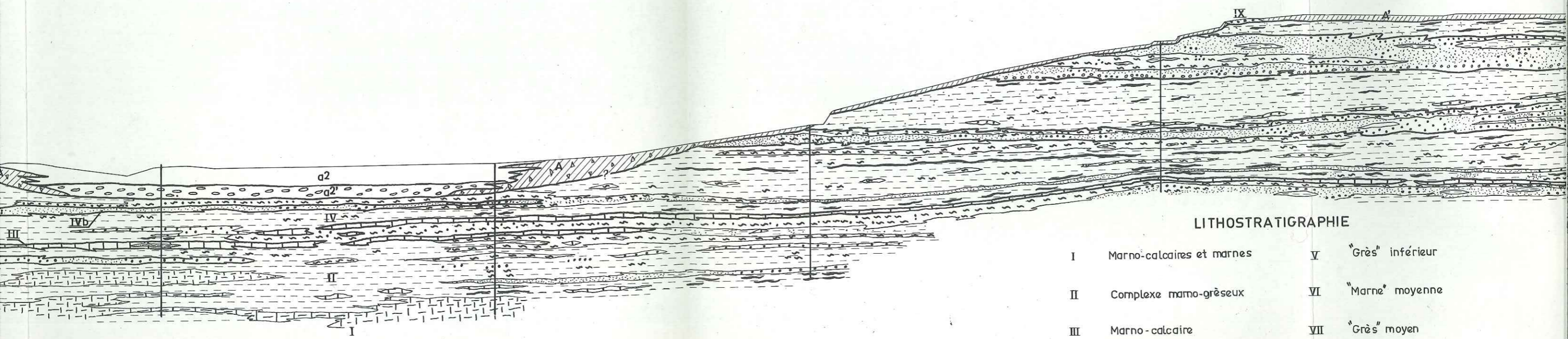
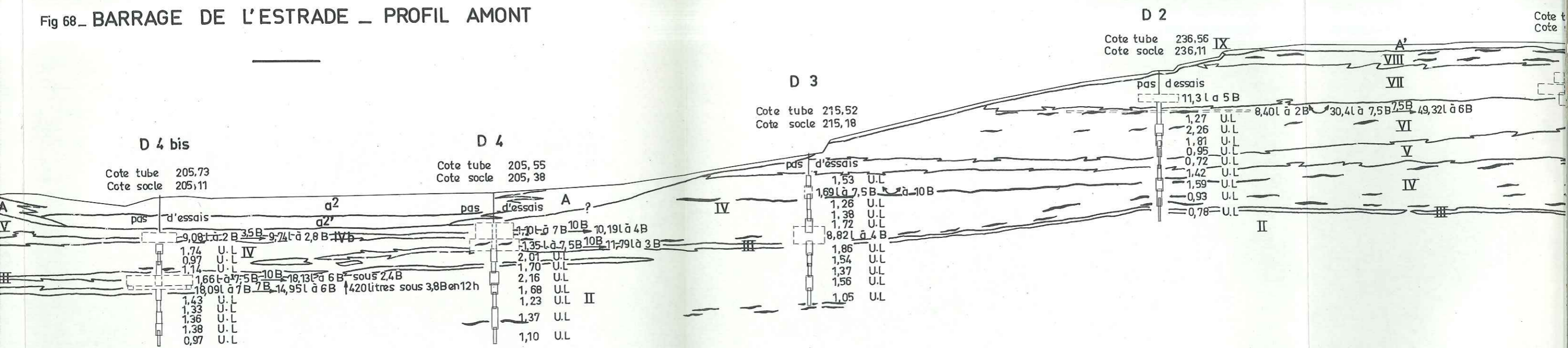


Fig 68_ BARRAGE DE L'ESTRADE _ PROFIL AMONT

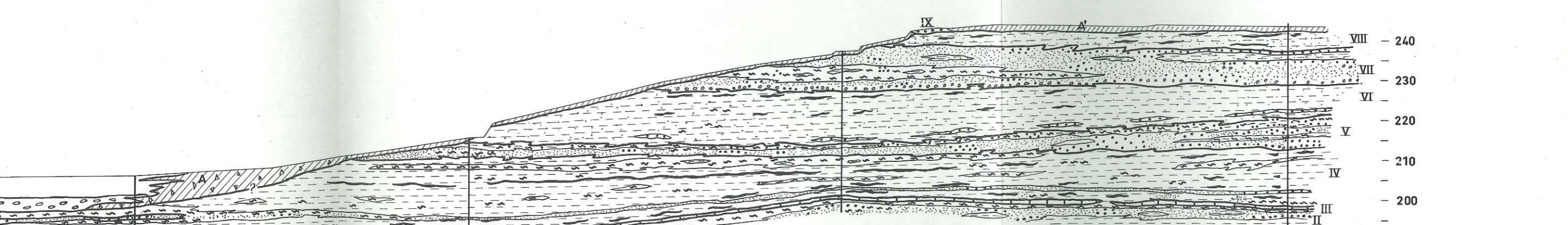
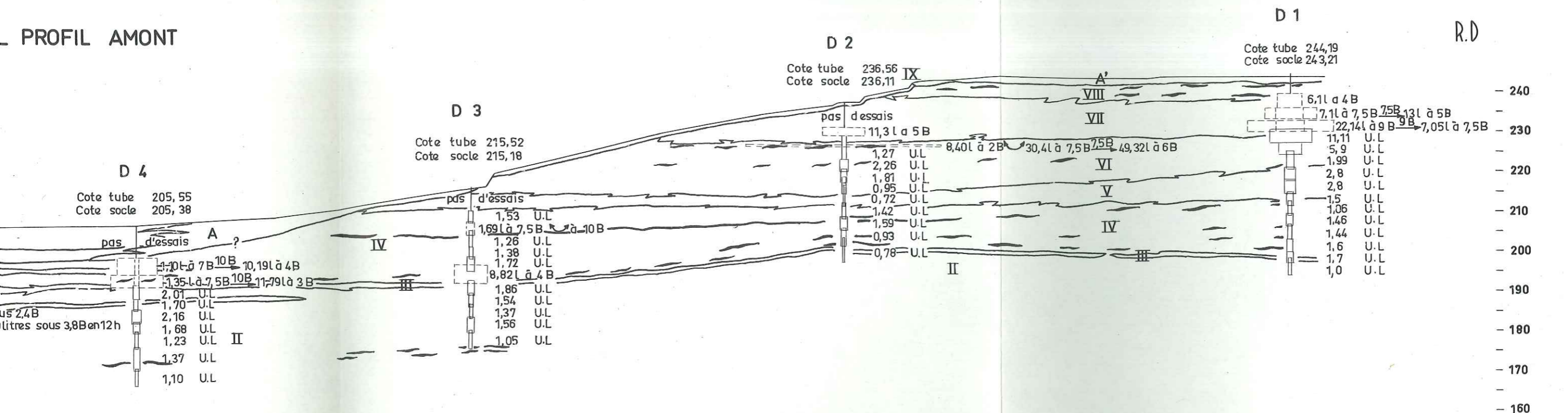


LITHOSTRATIGRAPHIE

I	Marno-calcaires et marnes	V	"Grès" inférieur
II	Complexe marno-gréseux	VI	"Marne" moyenne
III	Marno-calcaire	VII	"Grès" moyen
IV	"Marne" inférieure	VIII	"Marne" supérieure
IVb	"Grès" lenticulaire	IX	"Grès" supérieur

Echelle

PROFIL AMONT



LITHOSTRATIGRAPHIE

I	Marno-calcaires et marnes	V	"Grès" inférieur	- 180
II	Complexe marno-gréseux	VI	"Marne" moyenne	- 170
III	Marno-calcaire	VII	"Grès" moyen	- 160
IV	"Marne" inférieure	VIII	"Marne" supérieure	- 230
IVb	"Grès" lenticulaire	IX	"Grès" supérieur	- 240

Echelle: 1.1000

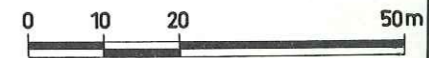
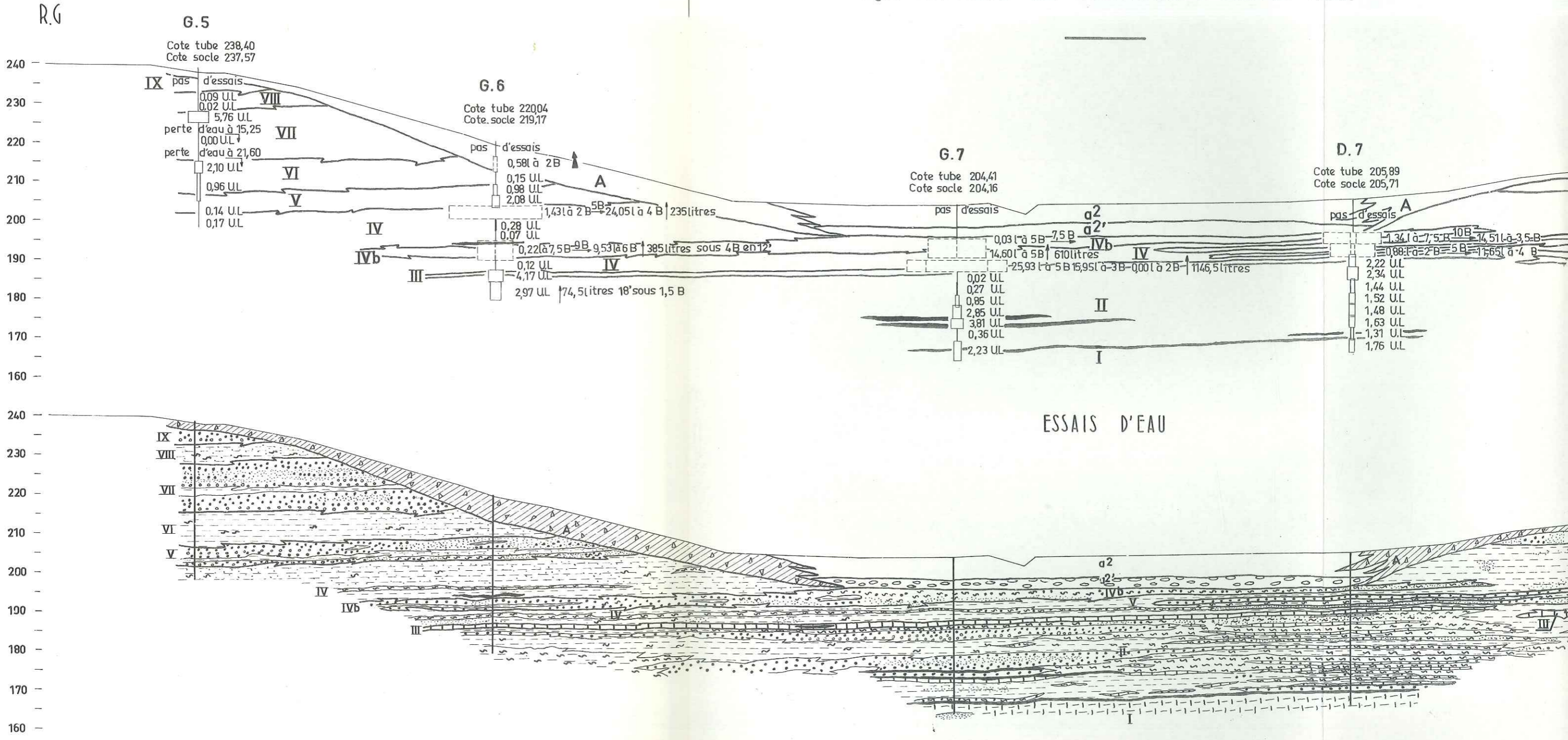
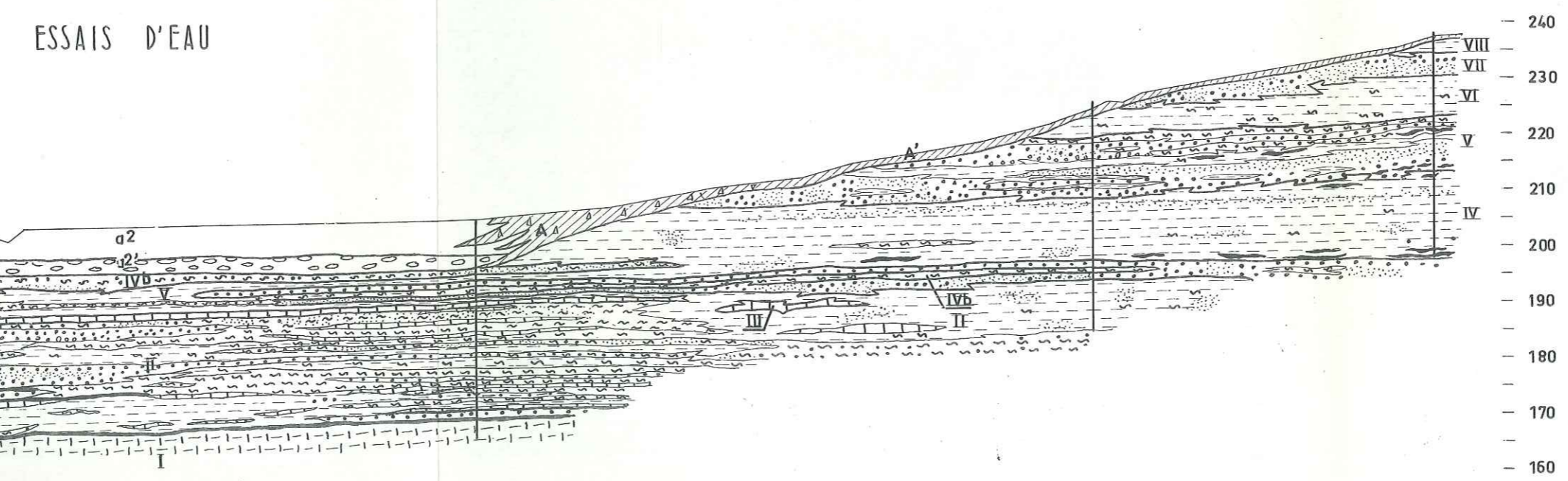
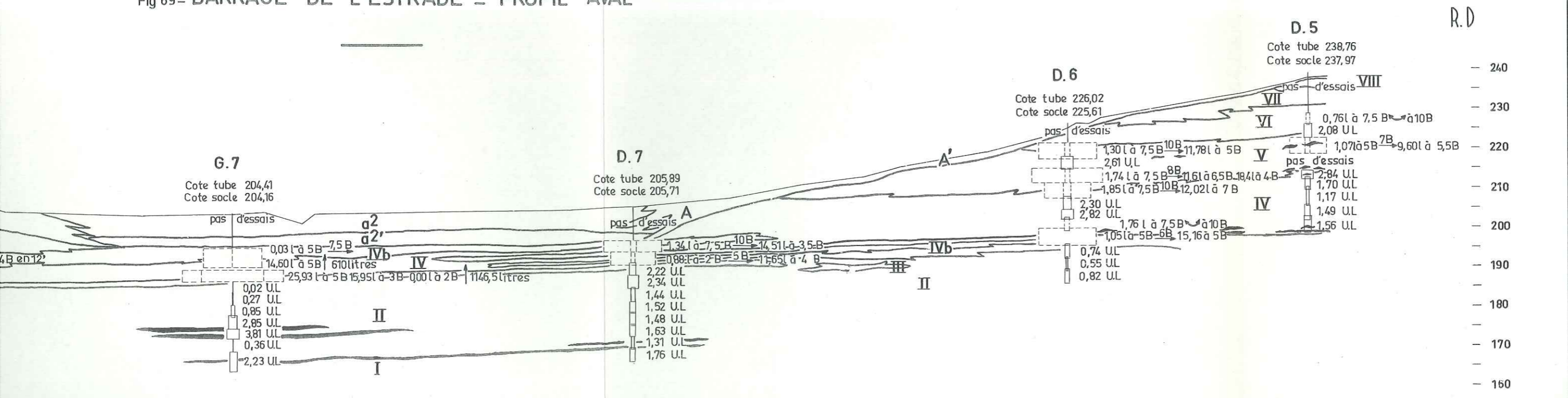


Fig 69 - BARRAGE DE L'ESTRADE - PROFIL AVAL



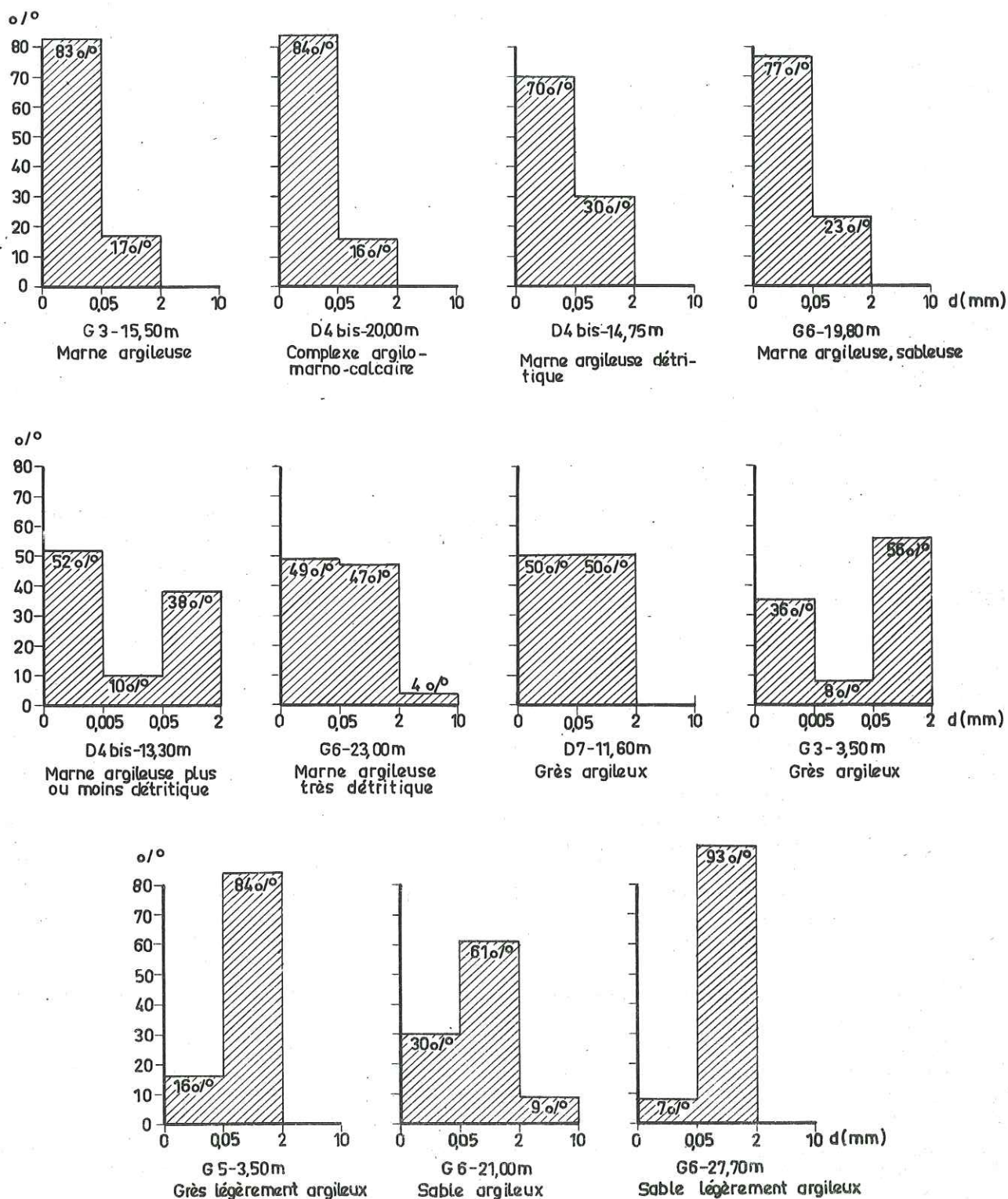
Même légende que la figure 68.

Fig 69- BARRAGE DE L'ESTRADE - PROFIL AVAL



COUPE GEOLOGIQUE

Echelle: 1.1000



NOTA: G6-19,80 → Echantillon prélevé dans sondage G6 à la profondeur de 19,80m

Fig 70 - HISTOGRAMMES SOMMAIRES DE DIFFERENTS FACIES MOLLASSIQUES

Marno-calcaires

Ils font généralement partie d'un complexe où l'on trouve des marnes argileuses détritiques. Ces marno-calcaires crayeux sont de couleur rose ou blanche. Les analyses donnent pour le calcium un pourcentage moyen de 65 % qui dans le détail peut tomber à 45 % et correspond alors plutôt à celui d'une marne. Les analyses ont également révélé une faible teneur en Mg qui dénote un caractère légèrement dolomitique.

Ces marno-calcaires sont généralement durs à très durs avec fissures bourrées de calcite mais ils peuvent aussi devenir noduleux et perdre alors leur compacité.

Alluvions

Nous avons distingué un niveau inférieur sablo-graveleux et un niveau supérieur argilo-limono-sableux.

Le niveau inférieur est constitué de galets de quartz et de calcaires, les sables sont presque en totalité formés de grains de quartz ; les fragments de roches cristallines et les paillettes de mica blanc qu'on rencontre dans les mollasses ont disparu lors du transport.

Le niveau supérieur est soit une argile, soit un limon, tous deux pouvant être plus ou moins sableux avec quelques petits galets. La couleur générale est beige brun.

Eboulis

Ils sont essentiellement fins, constitués d'argiles plus ou moins sableuses et de sables plus ou moins argileux. On peut aussi y rencontrer quelques galets et des blocs de grès ou de conglomérats.

Altération et remaniement

Ces deux formations sont de même nature que les éboulis mais on peut souvent y voir encore la structure initiale.

Les niveaux lithostratigraphiques

La disposition des niveaux lithostratigraphiques à l'intérieur des versants et de leurs produits d'altération en surface figure sur les deux profils figures 68 et 69 où on peut voir en détail :

- la continuité des divers niveaux ;
- les variations d'épaisseur de ces niveaux ;
- les variations et passages latéraux de faciès dans un même niveau (sable passant à un grès, un conglomérat ou à une marne) ;
- l'existence de lentilles d'un faciès différent du faciès principal du niveau ;
- la disposition des alluvions ;
- l'épaisseur de l'altération et des éboulis et leurs relations avec les alluvions.

Dans ce qui suit nous décrivons les caractères essentiels de chaque niveau sans entrer dans les détails qui ressortent de l'examen des deux profils cités ci-dessus.

Le Ludien (niveau I) est composé par des alternances de quelques dizaines de centimètres de marno-calcaires et de marnes argileuses ; ces alternances ne forment pas des horizons continus mais passent latéralement, avec variations d'épaisseur, à des marnes argileuses.

Le Sannoisien-Stampien inférieur (niveau II) est un complexe marno-gréseux, sans niveau bien défini, mais où on rencontre, comme dans la cuvette, des lentilles de grès, de sables et de conglomérats ou de marnes très détritiques, le tout dans une marne argileuse. Au sommet on a presque toujours une marne argileuse très détritique passant parfois à un grès argileux.

Les lentilles gréseuses les plus importantes se développent du profil amont en rive gauche au profil aval vers le

centre de la vallée ; une lentille plus irrégulière se rencontre en fond des sondages en rive droite.

Dans les marnes argileuses s'intercalent, surtout sur le profil aval, quelques minces niveaux lenticulaires d'argile plastique ou d'argile brique légèrement plastique. On peut également y observer quelques lentilles marno-calcaires de 10 à 20 cm d'épaisseur.

La puissance de ce niveau II au droit du site varie de 15 à 20 m.

Le Stampien moyen (niveau III) est un horizon marno-calcaire discontinu, passant à des marnes argileuses plus ou moins détritiques et se divisant souvent en deux couches séparées par une marne argileuse détritique ou gréseuse. Ce niveau semble être absent au profil amont en rive gauche, ainsi qu'au profil aval en rive droite ; son épaisseur varie très fréquemment de quelques dizaines de centimètres à 2,5 mètres.

Le Stampien supérieur commence avec la "marne" inférieure (niveau IV) ; celle-ci est légèrement sableuse au profil aval et renferme en rive droite de nombreuses petites lentilles de marne argileuse détritique. Dans ce niveau on a pu distinguer un horizon lenticulaire de quelque importance de grès, de sables et de conglomérats (niveau IV b) qui au profil amont atteint surtout en rive gauche une épaisseur de 2 à 3 mètres et se réduit en rive droite à un niveau sableux de quelques dizaines de centimètres. Au profil aval on retrouve ce niveau IV b identique à lui-même en rive gauche mais il disparaît en rive droite : il est aussi plus argileux et passe souvent à des marnes argileuses détritiques.

Au même profil aval et en rive droite une autre lentille gréseuse, assimilée au niveau IV b apparaît, mais plus bas dans la "marne" inférieure, et s'amortit vers le centre de la vallée.

Toujours dans cette "marne" inférieure existent également plusieurs horizons discontinus d'argile plastique ou d'argile brique légèrement plastique, dont deux assez importants : l'un d'argile brique, qui, sur les deux profils en rive gauche, se développe au toit du niveau IV b, l'autre d'argile plastique règne au sommet du niveau IV en rive droite du profil amont.

L'épaisseur de l'ensemble de la "marne" inférieure est de 10 à 20 mètres.

Le "grès" inférieur (niveau V) présente plusieurs variations de faciès et d'épaisseur ; il est surtout formé de grès et de sables avec de nombreuses petites lentilles de marne argileuse détritique. D'une façon générale il y a plus de sables que de grès en rive droite et les conglomérats sont rares. Sur le profil aval ce "grès" inférieur s'épaissit considérablement et renferme plusieurs horizons marneux. L'épaisseur de ce niveau varie de 2,5 m à 12 m.

La "marne" moyenne (niveau VI) est assez homogène malgré la présence de quelques passages détritiques ou sableux. Cependant sa base, sur une épaisseur pouvant dépasser un mètre, est constituée par une marne argileuse détritique ou souvent gréseuse. On rencontre également des niveaux discontinus d'argile plastique ou d'argile brique légèrement plastique. L'épaisseur de ce niveau est de 5 à 17 mètres.

Le "grès" moyen (niveau VII) présente, comme tous les niveaux gréseux, plusieurs variations de faciès. En principe on trouve à la base un niveau de conglomérats puis des grès et des sables, et plus rarement un autre horizon de conglomérats. D'une façon générale on a plus de sables en rive gauche et plus de grès en rive droite. Il existe aussi de nombreuses lentilles ou horizons plus ou moins lenticulaires de marne argileuse détritique ou non. L'épaisseur de ce niveau VII varie de 5 à 18 mètres.

La "marne" supérieure (niveau VIII) est souvent sableuse ou détritique avec également quelques lits d'argile plastique. Son épaisseur est de 4 à 8 mètres.

Le "grès" supérieur (niveau IX) ne présente qu'un mince plaquage en rive droite, mais peut atteindre une épaisseur de plus de 4 m au sommet de la rive gauche. La "marne" terminale (niveau X) n'affleure pas au droit du site.

Les éboulis sont surtout développés en rive gauche dont ils occupent une très grande partie et au pied des deux versants où ils se terminent en biseau dans les alluvions. Les éboulis que nous avons figurés sur la carte fig. 63 ont une épaisseur minimum de 1 mètre et peuvent avoir jusqu'à plus de 7 mètres dans le bois rive gauche ; les formations de moins de 1 mètre d'épaisseur ont été confondues avec l'altération.

Les alluvions occupent le fond de la vallée et se terminent par de multiples biseaux avec les éboulis aux abords des versants.

Le niveau supérieur a 2, constitué d'éléments fins, a une épaisseur de 4 à 5 mètres.

Le niveau inférieur a 2', sablo-graveleux n'a été découvert que grâce aux quatre sondages de reconnaissance D4, D4 bis, D7 et G7, qui, implantés en thalweg, et après avoir traversé le niveau supérieur, ont trouvé une couche de 2 à 4,5 mètres d'épaisseur de galets et de sables.

- On pouvait à priori se demander si ces sables et galets
- appartenaient à un horizon de la mollasse (p. ex. au niveau lenticulaire gréseux IVb) auquel cas ils pouvaient se prolonger dans les versants ;
 - formaient un niveau inférieur grossier du remplissage alluvial et étaient donc limités au fond du thalweg.

La connaissance du mode de gisement de ces sables et galets avait donc son importance pour la conception de l'ouvrage et les problèmes de fondations et d'étanchéité *.

Cette connaissance pouvait bien sûr être acquise par l'exécution de sondages complémentaires au pied des versants, mais, nous avons pensé qu'une étude sédimentologique des échantillons prélevés dans les sondages pourrait également donner des résultats positifs.

En effet cette étude sédimentologique, qui a été préférée à la première solution pour des raisons de rapidité et d'économie, a nettement prouvé que ces sables et galets étaient alluvionnaires et provenaient d'un remaniement de la mollasse.

Résolution du problème de l'existence des alluvions inférieures

Etude sédimentologique

Des prélèvements d'échantillons de sable ont été effectués dans les sondages en thalweg dans l'horizon a2' que l'on pouvait soupçonner être des alluvions inférieures. Nous avons également prélevé des échantillons de sable ou de grès appartenant aux niveaux de "grès" inférieur (V) et moyen (VII) pour une étude comparative **.

Les échantillons après séchage pendant 24 heures ont fait l'objet d'une étude granulométrique *** normalisée (tamisage par des tamis de la série AFNOR). Les différentes fractions du tamisage ont été examinées au microscope stéréoscopique pour l'étude de la nature et de la forme des grains.

Les courbes de l'analyse granulométrique sont données aux figures :

- figure 71 pour le "grès" inférieur de la mollasse,
- figure 72 pour le "grès" moyen de la mollasse,
- figure 73 pour les formations sablo-graveleuse en thalweg.

Sur ces pièces figurent aussi les différents paramètres relatifs au mode et à l'agent responsable du dépôt.

L'étude de ces courbes nous donne :

- la comparaison de Q de phi ou de He**** entre les courbes de la figure 73 et celles des figures 71 et 72 ne fournit pas d'indications particulières, si ce n'est que dans les trois cas l'agent du dépôt final était l'eau.
- au contraire l'allure des courbes des figures 71 et 72 correspond typiquement à celle d'une mollasse montrant un triage uniforme comme celui des types estuaire ou deltaïque. Cette uniformité est mieux visible sur la

* - De plus ces dépôts grossiers pourraient, s'ils correspondaient à des alluvions se développer ainsi dans la cuvette et être utilisés comme recharge pour la construction du barrage.

** - Nous n'avons pas prélevé d'échantillons du grès lenticulaire du niveau IVb à cause de la nature généralement différente des sables (sable argileux ou marne argileuse très détritique).

*** - Les échantillons de sable prélevés dans les sondages étaient dans la plupart des cas quasi consolidés et ainsi leur granulométrie correspondait à la réalité et n'était pas influencée par la rotation de la sondeuse. Un certain nombre d'échantillons consistants ont été décalcifiés. Les courbes d'un échantillon non décalcifié et du même, décalcifié, étaient pratiquement identiques.

**** - Nous rappelons que Q de phi et He sont des paramètres relatifs au mode et à l'agent du dépôt : $Q \text{ de } \phi = \frac{Q_1 - Q_3}{2}$ où Q_1 = abscisse d'ordonné 25 %, Q_3 = abscisse d'ordonné 75 % et où le $\frac{Q_1 - Q_3}{2}$ est mesuré à l'aide d'une "bandelette" spéciale ; He = l'intervalle d'abscisses correspondant à un intervalle d'ordonné de 25 % et mesuré avec la même "bandelette", dans la partie où la courbe est la plus redressée.

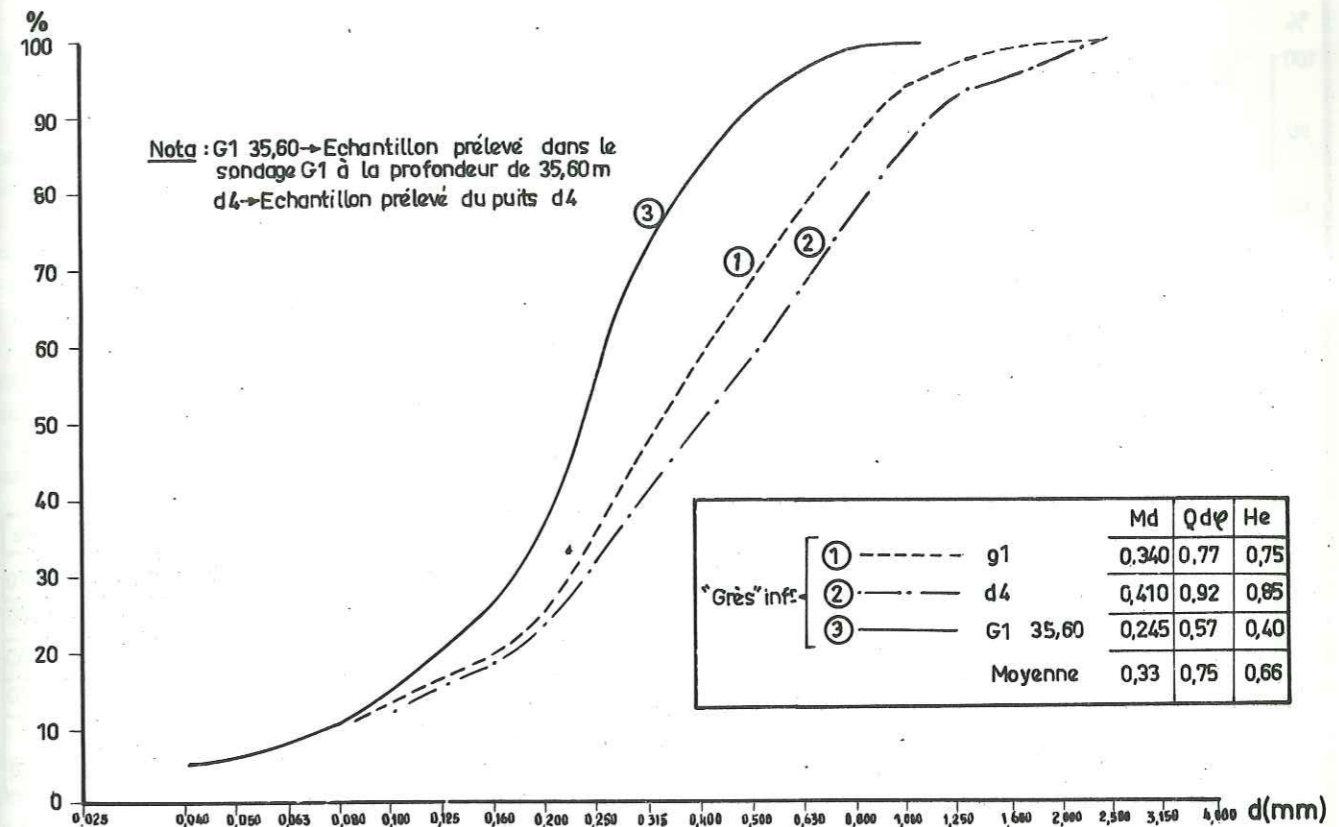


Fig 71 - COURBES GRANULOMETRIQUES CUMULATIVES DU "GRES" INFÉRIEUR (MOLLASSE)

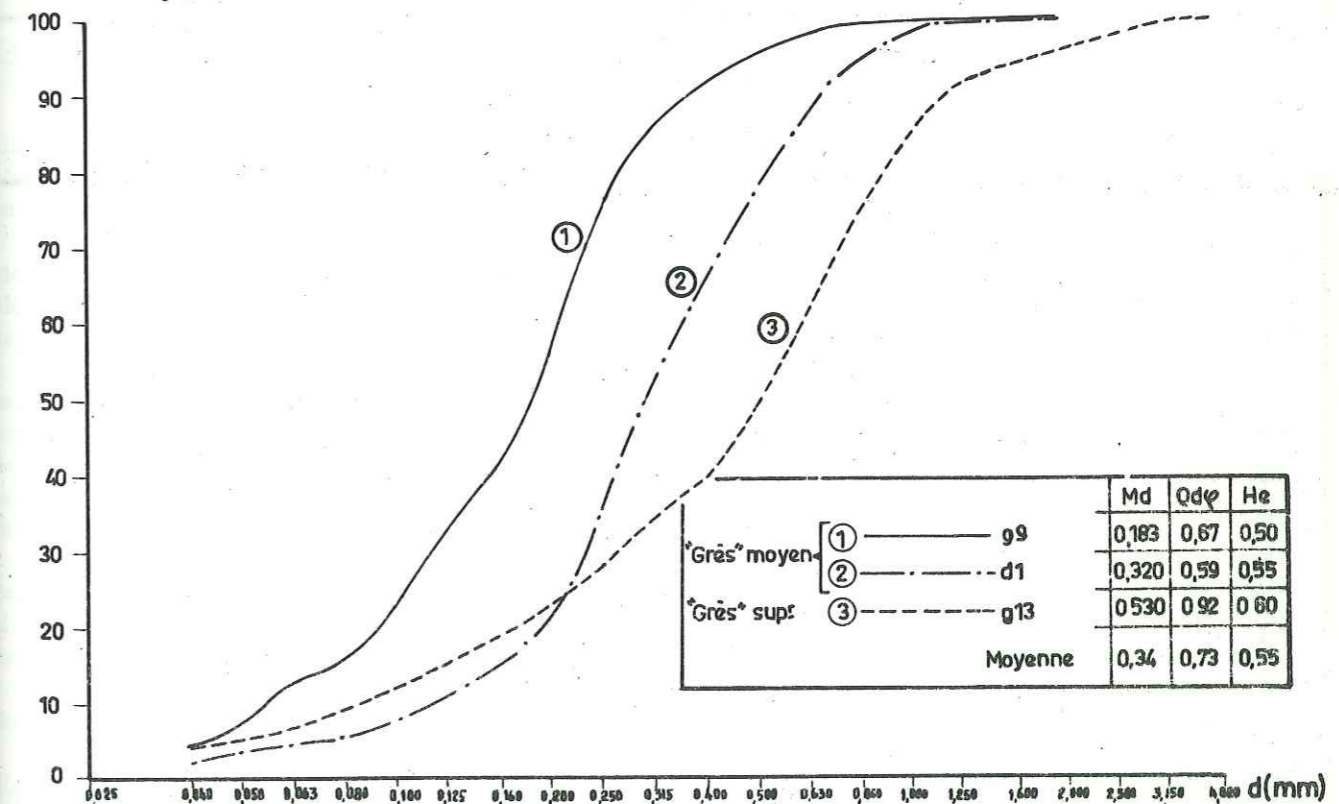


Fig 72 - COURBES GRANULOMETRIQUES CUMULATIVES DU "GRES" MOYEN ET SUPERIEUR (MOLLASSE)

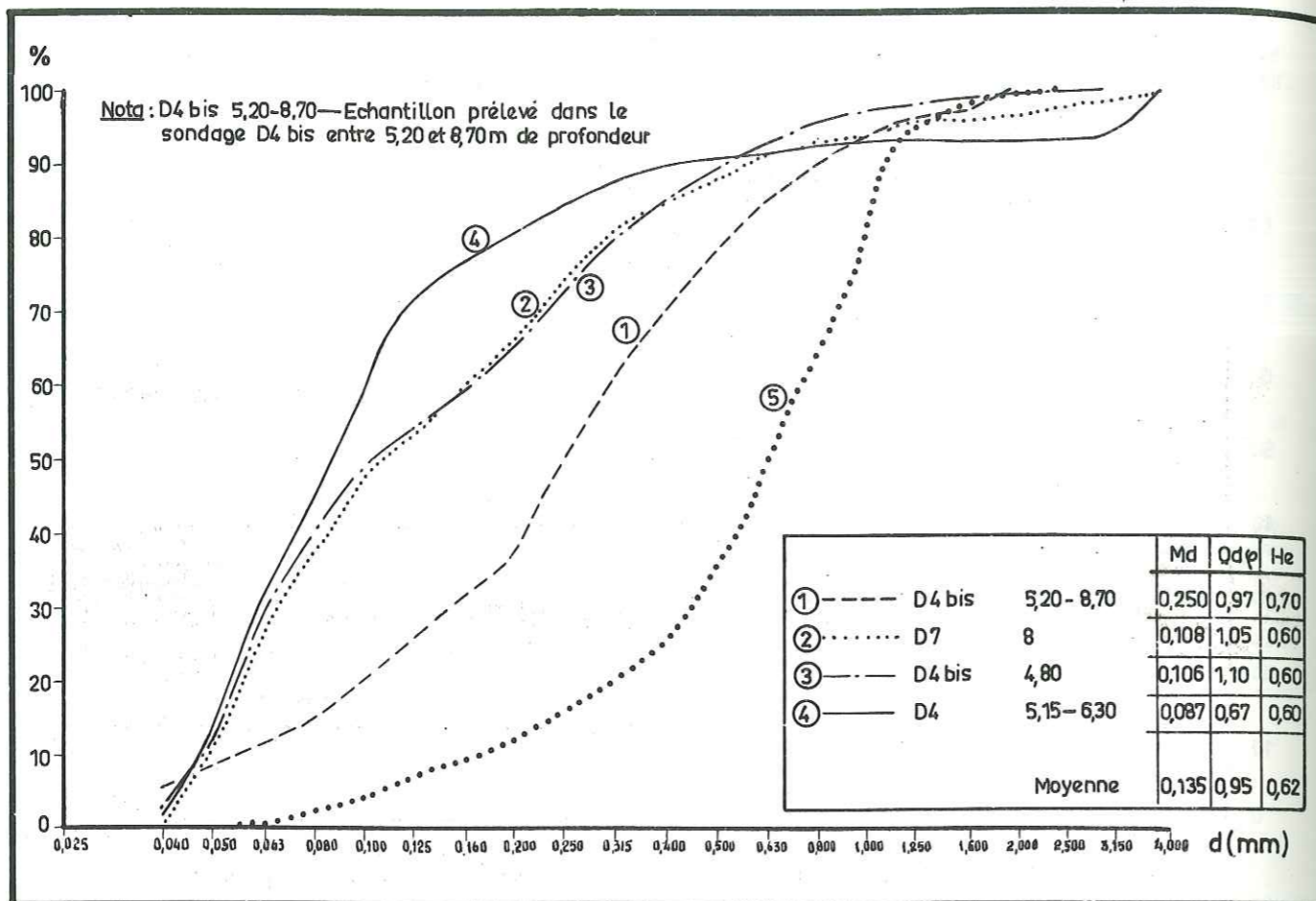


Fig 73 - COURBES GRANULOMETRIQUES CUMULATIVES DES FORMATIONS SABLO GRAVELEUSES EN THALWEG (ALLUVIONS INFERIEURES)

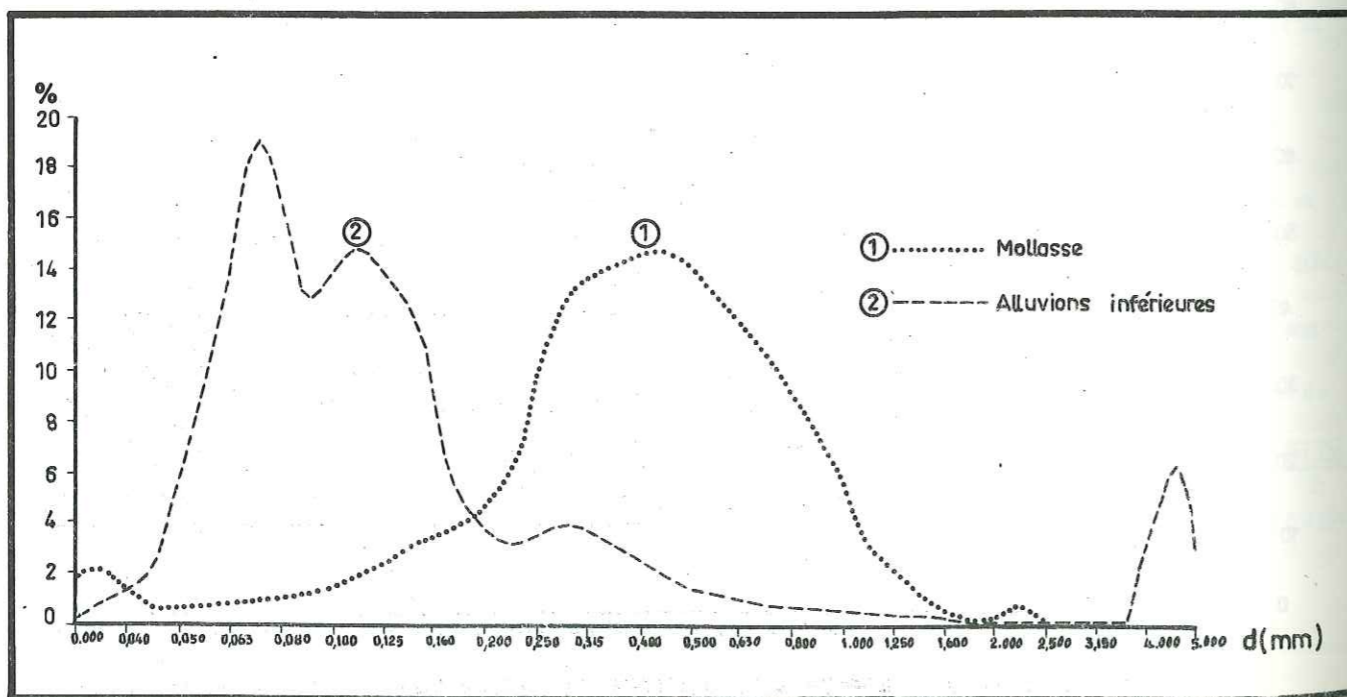


Fig 74 - COURBES GRANULOMETRIQUES SIMPLES DE LA MOLLASSE ET DES ALLUVIONS

figure 74 où les courbes granulométriques simples sont unimodales ou légèrement bimodales avec un mode principal situé aux environs de 0,4 mm.

- les courbes de la figure 73 montrent un triage imparfait et préférentiel. Elles sont trimodales ou quadri-modales avec le mode principal placé vers les petites dimensions (fig. 74) ; entre 0,063 mm et 0,08 mm. Ces courbes se rapprochent de celles fournies par les sédiments fluviaux.

- la courbe 5 de la figure 73 est celle d'un bloc de grès des formations sablo-graveleuse du thalweg. La forme de cette courbe correspond à une mollasse et il est donc vraisemblable que ce bloc est un éboulis glissé des pentes.

L'examen minéralogique et morphologique des grains des échantillons de chaque groupe montre que :

- la mollasse est constituée en grande partie par des grains de quartz ou de quartzite mais elle contient aussi une proportion non négligeable (10 à 15 % environ) de roches cristallines ou cristallophylliennes et des paillettes de muscovite ;

- au contraire les échantillons des sondages en thalweg (a2') sont constitués par presque 100 % de quartz ou de quartzite ;

- les grains de la mollasse ont souvent des formes allongées, les grains isodiamétriques sont très anguleux ;

- les grains des échantillons des sondages en thalweg (a2') sont au contraire beaucoup plus émoussés.

Ces constatations montrent que le sédiment a2' est plus évolué que le sédiment mollassique ; on peut donc penser que le sédiment a2' provient du remaniement de la mollasse.

Conclusions

Les études granulométriques, minéralogiques et morphoscopiques ont montré que les formations sablo-graveleuses rencontrées sous les alluvions récentes de la Ganguise ne correspondent pas à un niveau mollassique mais à un dépôt fluvial provenant du remaniement de cette mollasse, formant ainsi un niveau d'alluvions inférieures, localisé au fond du thalweg.

VALEUR GEOTECHNIQUE DU SITE - CHOIX DU TYPE D'OUVRAGE

Dans la zone d'implantation du barrage il faudra dans tous les cas enlever les éboulis, la couche d'altération et les alluvions : la carte de la figure 63 a une valeur appliquée en indiquant ces zones à décaper. En fond de vallée, la tranche d'alluvions à retirer est de 7 à 9 m et sur les versants surtout en rive gauche l'épaisseur des éboulis à enlever peut dépasser 7 m.

A ce décapage impérieux il faudra (peut-être) ajouter, surtout en rive droite, une zone de terrain en place mais incohérents correspondant à la tranche superficielle sableuse des "grès" inférieur et moyen. Il est également vraisemblable que sur l'ensemble des versants il faudra enlever une pellicule représentant la couche légèrement remaniée au voisinage de la surface.

La zone d'implantation du barrage, après décapage des terrains meubles, présentera, aussi bien en surface que dans les versants, et aussi bien dans le sens horizontal, que dans le sens vertical, une grande diversité de terrains. Ces niveaux, lithologiquement hétérogènes, présentent également des caractéristiques mécaniques très différentes, parfois situées aux deux extrêmes, puisque entrent en ligne de compte à la fois des argiles plastiques, des marnes dures ou très dures, des sables, des grès et des conglomérats. On peut par suite craindre pour un ouvrage rigide des tassements différentiels entre les divers niveaux aussi bien en versants qu'en thalweg.

A cause donc de l'hétérogénéité lithologique et mécanique des terrains qui le constituent, un tel site ne paraît pouvoir s'accommoder que d'un ouvrage souple, digue en terre ou en enrochements, eu égard aux disponibilités locales il semble que l'on doive s'orienter vers une digue en terre dont les matériaux, comme nous le verrons plus loin, seraient empruntés aux alluvions de la Ganguise.

En ce qui concerne la stabilité des versants il ne semble pas qu'il y ait de risque de glissements : les pentes sont douces et régulières et il n'y a pas de glissement bien notable dans ce secteur.

Au point de vue travaux il faut noter tout de suite que l'on ne devra pas laisser longtemps des fouilles exposées à l'air en raison du vieillissement rapide des marnes.

L'ETANCHEITE AU DROIT DU BARRAGE

Les perméabilités

Le site, comme la cuvette, présente des niveaux de "grès" constitué de grès, de conglomérats et de sables, lithologiquement réputés perméables. Il importait donc en premier lieu de bien connaître le comportement de ces niveaux à priori perméables alternant avec des niveaux marneux théoriquement imperméables.

Ce problème de l'étanchéité au droit du site était d'autant plus important qu'en rive droite l'existence d'un éperon étroit pouvait favoriser l'apparition de fuites avec un cheminement très court et de "renards" surtout dans le "grès" moyen et à un degré moindre dans le "grès" inférieur.

Le comportement hydrogéologique des terrains a été étudié par des essais d'eau faits dans les sondages de reconnaissance. Ces essais ont été effectués en descendant par passes théoriquement de 3 m, aux pressions de 0,5, 1, 2, 5, 7,5 et 10 bars, croissantes puis décroissantes, avec palier de 10 minutes à chaque pression. L'interprétation des résultats de ces essais d'eau figure sur les quelques coupes des sondages des figures 66 et 67 en diagrammes bar-1/mn, m. Les profils des figures 68b et 69b reproduisent la géologie générale et le maximum d'absorption pour chaque passe en unités Lugeon (U. L.) si la pression de 10 bars a été atteinte ou en 1/mn, m pour la pression maximum enregistrée si l'on n'a pu atteindre 10 bars.

Avant d'examiner le comportement de chaque niveau il faut bien se rappeler que ces terrains ne seront soumis qu'à une hauteur d'eau maximum de 33 m.

- La "marne" supérieure et le "grès" supérieur (niveaux VIII et IX) sont situés au-dessus de la cote 235, donc au-dessus de la cote de retenue normale et par conséquent ne nous intéressent pas.

- Le "grès" moyen (niveau VII) est assez perméable en rive droite où on a toujours enregistré du débouillage avant d'atteindre la pression de 10 bars. Mais ces débouillages se produisent toujours à des pressions relativement élevées (7,5 à 9 bars). En rive gauche, au sondage G5 sur le profil aval il y a eu perte totale d'eau de perforation en deux points correspondant à deux niveaux de conglomérats mal consolidés : entre ceux-ci on a enregistré par contre 0,00 U. L. Toujours en rive gauche mais sur le profil amont le "grès" est pratiquement imperméable avec des perméabilités de 0,40 U. L. à 2,50 U. L. au maximum. Cette différence de perméabilité, plus importante en rive droite qu'en rive gauche, peut s'expliquer par le fait qu'en rive droite le "grès" moyen inclus dans l'éperon étroit est toujours proche de la surface et soumis aux phénomènes de décompression et de circulations superficielles.

- La "marne" moyenne (niveau VI) devrait de par sa nature lithologique être totalement imperméable ou peu perméable.

En fait il n'en est pas toujours ainsi : sur les deux rives du profil aval elle est pratiquement imperméable (0,96 à 2,10 U. L.), mais sur le profil amont certaines passes ont des absorptions importantes avec quelquefois débouillage. Dans la majorité des cas les plus grandes perméabilités ont été enregistrées dans les passes comprenant des niveaux d'argiles plus ou moins plastiques. On peut penser que ces argiles plastiques en se déformant sous l'effet de la pression facilitent l'absorption dans leur masse et au contact avec les marnes argileuses qui les encadrent. Nous estimons que cette forte absorption liée à la présence d'argiles plastiques devrait s'amortir pour un essai de longue durée amenant les argiles à saturation*.

- Le "grès" inférieur (niveau V) se comporte en rive droite de façon différente suivant les deux profils ; sur le profil amont ce niveau est pratiquement imperméable (0,72 - à 2,80 U. L.) ; au contraire sur le profil aval, où il est très près de la surface, ce niveau se montre très perméable avec impossibilité de monter en pression et débouillage. Il faut encore noter que les pressions de débouillage étaient assez élevées (7 à 10 bars) et que la perméabilité avant débouillage était faible (1,5 1/mn, m). En rive gauche les absorptions sont assez fortes près de la surface mais très faibles (0,09 à 2,10 U. L.) à l'intérieur du versant.

* - Des cas analogues de fortes absorptions dans des roches en général imperméables (pélites) sont connus et ce problème a été résolu par des essais de longue durée (simple déversement d'eau dans le forage pendant quelques jours) qui ont abouti à des diminutions notables de l'absorption et même parfois au refus (G. CHEYLAN (39)).

- La "marne" inférieure (niveau IV) est en général imperméable dans les versants sauf pour quelques passes qui comprennent des argiles plastiques ou qui concernent des contacts marnes-grès. Au centre de la vallée où ce niveau est proche de la surface antérieure au dépôt des alluvions et donc décomprimé, on note des absorptions importantes surtout après débouillages.

- le "marno-calcaire" (niveau III), le complexe marno-gréseux (niveau II) et les alternances marno-calcaires (niveau I) assez profondément enfouis sont pratiquement imperméables (0,00 à 2,50 U. L.) sauf pour quelques passes qui intéressent des argiles plastiques.

Un phénomène de remontée d'eau a été observé dans les sondages D4 bis, G6, G7 et D7 à certaines passes concernant la "marne" inférieure (niveau IV) ou le complexe marno-gréseux (niveau II). En général ces passes ont été caractérisées par une impossibilité de monter en pression et par des absorptions fortes avec ou sans débouillage. Vers la fin de l'essai, pour les pressions décroissantes, on a enregistré une contre pression provenant du terrain et constaté après déconnexion du flexible une remontée d'eau par les tiges de l'obturateur avec une pression de 2 à 4 bars diminuant très lentement.

Pour quelques cas où ce phénomène a eu lieu nous avons pendant toute la durée de l'essai puis pendant la remontée d'eau, observé les niveaux piézométriques dans les sondages voisins situés sur les versants et déjà équipés en piézomètres : ces niveaux n'ont jamais bougé. Il est par ailleurs difficile d'imaginer que l'on ait pu mettre en charge une fissure dans ces terrains hétérogènes mais compacts. Nous sommes conduit à admettre que les marnes ont été gonflées pendant l'essai et que le toit de la passe essayée a été soulevé par la pression : l'essai fini, le terrain, en reprenant son état initial, a expulsé une partie de l'eau emmagasinée. Le maximum enregistré d'eau restituée a été au D4 bis le tiers du volume injecté.

L'étude des graphiques analytiques des passes qui ont atteint la pression de 10 bars met en évidence dans la plupart des cas et à pressions croissantes des absorptions non proportionnelles à l'accroissement de pression : chaque augmentation correspondante du débit absorbé est plus faible que celle enregistrée pour la pression précédente.

D'autre part le comportement des terrains n'est pas le même pendant la montée et la descente en pression et nous pouvons en gros distinguer deux types de diagramme. Dans le premier pour une même pression le terrain absorbe plus, lors de la descente que de la montée en pression : ceci implique une certaine décompression (nous ne pouvons pas ici parler de claquage) du terrain pendant la montée en pression. Au deuxième type de diagramme le phénomène est inverse et le terrain a donc été saturé pendant la montée en pression. Dans les deux cas les écarts entre les débits absorbés à la montée et à la descente sont très faibles, et souvent du même ordre de grandeur que les erreurs de l'essai.

Importance de l'étude des cas de débouillage

Les débouillages ne se produisent qu'à des pressions relativement élevées, presque toujours supérieures à 3,5 bars : l'absorption est en général faible avant débouillage et forte ensuite. Ceci est important si on tient compte que la retenue ne soumettra jamais les terrains à une charge supérieure à 3,5 bars. Le tableau ci-après (p. 168) résume nos observations faites à ce sujet.

Il ressort de l'examen de ce tableau que dans la grande majorité des cas de débouillage, les terrains, qui se sont montrés perméables à l'essai d'eau, peuvent être considérés comme imperméables à l'échelle de la retenue.

Les possibilités des fuites

Quels sont donc les risques de fuites au droit du barrage ?

En rive gauche, la morphologie est défavorable à des contournements suivis de fuites à l'aval immédiat de l'ouvrage. Le voile normal d'injection doit arrêter toute éventuelle infiltration vers l'aval.

Au contraire en rive droite l'existence d'un éperon étroit peut favoriser l'apparition de fuites trouvant un exutoire très proche, ceci surtout dans le "grès" supérieur décomprimé et perméable mais heureusement soumis à une faible charge du fait de sa position élevée. Il est vraisemblable qu'une amorce de voile au large sera nécessaire dans cet éperon.

Le problème des fuites au large vers la vallée de l'Hers Mort a déjà été examiné avec l'étanchéité de la cuvette.

Niveaux lithologiques	Pression de débouillage (b)	Perméabilité (l/mn/m) et pression de stabilisation correspondante (b)	
		Avant débouillage	Après débouillage
VII	7,5	7,10 l/mn/m 7,5 b	13,0 l/mn/m - 5 b
VI	7	0,00 " -5 b	19,84 " - 4,5 b
VI	7,5	30,40 " -7,5 b	49,32 " - 6 b
VI/V	10	1,30 " -7,5 b	11,78 " - 5 b
V	8	1,74 " -7,5 b	18,40 " - 4 b
V	7	1,07 " -5 b	9,60 " - 5,5 b
V	7,5	0,05 " -5 b	29,28 " - 4 b
V/IV	10	1,85 " -7,5 b	12,02 " - 7 b
IV	5	1,40 " -2 b	24,05 " - 4 b
IV/IV b	9	0,22 " -7,5 b	9,53 " - 6 b
IV/IV b	10	1,34 " -7,5 b	14,51 " - 3,5 b
IV/IV b	5	0,88 " -2 b	11,65 " - 4 b
IV/IV b	6	1,05 " -5 b	15,16 " - 5 b
IV/IV b	10	1,10 " -7,5 b	10,19 " - 4 b
IV/IV b	3,5	9,08 " -2 b	9,74 " - 2,8 b
IV/III	10	1,35 " -7,5 b	11,79 " - 3 b
IV/II	10	1,66 " -7,5 b	18,13 " - 6 b

Conclusions de l'étude des essais de perméabilité

En conclusion nous pouvons dire que :

- les "grès" à priori susceptibles d'être perméables ne le sont en fait qu'au voisinage de la surface où ils sont décomprimés ;
- les "marnes" sont imperméables sauf au niveau de quelques minces horizons lenticulaires d'argile plastique ou près des niveaux gréseux où la surface de séparation n'offre qu'une faible résistance à des pressions élevées ; mais, à notre avis, des essais d'absorption de longue durée doivent arriver à démontrer l'imperméabilité de ces niveaux ;

- des niveaux reconnus perméables aux essais d'eau ne le sont pratiquement pas pour la retenue envisagée ;
- des problèmes d'étanchéité existent mais sont localisés aux zones superficielles décomprimées et surtout dans l'éperon rive droite où les "grès", eu égard à la morphologie locale, sont particulièrement décomprimés sur une plus grande épaisseur ;
- on aura intérêt à implanter l'ouvrage de façon à ce que son pied amont se trouve au voisinage du profil amont où d'une part on a reconnu les perméabilités les plus faibles et où d'autre part le "grès" moyen est le moins baigné.

Les niveaux piézométriques

Les sondages de reconnaissance équipés en piézomètres ont mis en évidence un certain nombre de niveaux d'eau : il est vraisemblable qu'en versant il n'y a pas une nappe unique mais autant de nappes que de niveaux de grès, alors qu'en thalweg il y a une seule nappe contenue dans les alluvions.

Du mois de juillet au mois de novembre 1968 les niveaux piézométriques observés sur les deux profils n'ont présenté aucune variation très importante. Mais après les fortes pluies du mois de décembre de la même année ces niveaux sont sensiblement montés et le tableau ci-après résume les observations faites sur le profil amont :

Piézomètres	Le 7 novembre 1968	Les 17 et 18 décembre 1968
D1	10,7 m de profondeur sous le T.N.	10,3 m de profondeur sous le T.N.
D2	6,0 m " " "	0,8 m " " "
D3	12,4 m " " "	1,5 m " " "
D4	5,0 m " " "	2,6 m " " "
D4 bis	5,4 m " " "	4,2 m " " "
G3	6,6 m " " "	3,6 m " " "
G2	2,0 m " " "	0,4 m " " "
G1	7,3 m " " "	0,9 m " " "

En rive droite les fortes montées enregistrées au mois de décembre sont exceptionnelles, en effet il y a sur cette rive un certain équilibre dû à l'exiguïté de l'impluvium limité à l'éperon, lequel est drainé périphériquement. En rive gauche l'impluvium est au contraire plus important et il est normal que les plans d'eau soient affectés de variations saisonnières.

En thalweg, les alluvions renferment également une nappe aquifère qui pourra poser des sujétions lors de l'ouverture des fouilles et de l'exploitation des matériaux constitutifs de la digue ; or nous ne possédons aucun renseignement valable sur le développement et les débits de cette nappe et il sera bon d'y creuser quelques puits où l'on pratiquera des essais de pompage.

Le voile d'étanchéité

Les études décrites plus haut ont montré que, si d'une façon générale les terrains présentaient une étanchéité naturelle satisfaisante, certains niveaux pouvaient dans certaines conditions être perméables et offrir des voies de cheminement à des fuites au droit du barrage. Un rideau d'injection, certes réduit, était donc cependant nécessaire.

En ce qui concerne le voile normal sous le barrage on peut définir son importance comme suit :

- en rivière il devra descendre jusque dans le complexe marno-gréseux (niveau II) situé au-dessous du marno-calcaire (niveau III) dans lequel on a noté des passes à perméabilité élevée avec phénomènes de gonflage de marnes ; le voile aura donc ici 15 à 20 m de profondeur sous la surface décapée ;

- en rive droite et en rive gauche on pourra fonder le voile dans la "marne" moyenne (niveau VI) dans le haut du versant et le descendre jusque dans la "marne" inférieure (niveau IV) en se rapprochant du thalweg.

Eu égard à la nature lithologique et à la finesse des sédiments il sera nécessaire de faire une campagne sérieuse d'essais d'injection pour définir la nature des coulis à utiliser, l'écartement des sondages et leur disposition en un ou plusieurs rideaux.

Pour ce qui est de l'amorce de voile au large à établir en rive droite pour arrêter toute fuite possible à travers l'éperon par l'intermédiaire du "grès" moyen, un complément de reconnaissance est également nécessaire. Il sera en effet intéressant de connaître au point le plus étroit de l'éperon quelle est la ligne d'eau amont aval : cette reconnaissance pourra être réalisée par la mise en place de 2 ou 3 forages piézométriques assortis d'essais d'eau en commençant par le forage le plus aval de façon à voir quelle influence ont sur son comportement piézométrique les essais d'eau faits dans le sondage amont.

Vers l'aval l'efficacité du voile d'injection sera complété et contrôlé par un réseau de drains et de piézomètres.

LES MATERIAUX

Les seuls matériaux disponibles à proximité du site sont les alluvions de la Ganguise et du Peyrat.

Le niveau supérieur de nature essentiellement argilo-limoneuse peut être utilisé pour la confection d'un noyau étanche ou d'une digue homogène *. Leur épaisseur décroît de 4 à 5 m au droit du barrage à 2 à 3 m vers la fin de la retenue. Une campagne de sondages à la tarière avec prélèvement d'échantillons remaniés a été effectuée dans le remplissage alluvial de la cuvette de la retenue. Tous ces sondages ont traversé des alluvions argilo-limoneuses et ont été arrêtés sur un fond dur, substratum ou galets du niveau inférieur. Dans presque tous les sondages on a rencontré une nappe aquifère dont le plan d'eau s'établissait à cette époque entre 2 et 5 m de profondeur sous le terrain naturel. Il ne semble pas qu'il y ait de problème de quantité de matériaux disponibles dans ce niveau supérieur ; en se limitant en amont du site à 3 km dans la Ganguise et à 1 km dans le Peyrat on doit pouvoir disposer de 1.10^6 à $1.6.10^6$ m³.

Le niveau inférieur sablo-graveleux n'a été mis en évidence qu'au droit du site où son épaisseur varie de 2 à 4,5 m. Cette découverte est intéressante au point de vue pratique car si ce niveau présente un développement suffisant on pourra envisager son utilisation pour la confection de recharge. Or, pour l'instant nous ne le connaissons qu'à l'emplacement du barrage et le mode de forage en rotation utilisé par les sondages D4, D4 bis, D7 et G7, qui l'ont découvert, ne peut pas nous renseigner de façon satisfaisante sur sa nature et sa granulométrie. Il convient donc d'effectuer une nouvelle prospection pour déterminer l'extension du gisement de ce niveau inférieur dans la cuvette ; cette reconnaissance devrait être effectuée par des sondages en gros diamètres de type Benoto qui permettraient en même temps d'étudier la constitution du matériau tant au point de vue nature que granulométrie.

Enfin pour la confection des filtres nous avons repéré sur le haut de la rive droite un gisement sableux correspondant à l'affleurement du "grès" moyen. Eu égard aux variations latérales de faciès nous ne pouvons être assuré de la continuité du gisement et pour cela quelques travaux de reconnaissance seront nécessaires.

Les alluvions supérieures

Les échantillons prélevés ont fait l'objet d'une analyse granulométrique et de mesures des limites d'Atterberg **.

Ces études ont permis de classer les échantillons d'alluvions supérieures en huit catégories dont chacune a fait l'objet d'un essai Proctor.

1. Sable argileux brun
2. Alluvions sablo-graveleuses

* - L'absence d'argiles en quantités suffisantes dans la région exclut la possibilité de construire une digue possédant un véritable noyau étanche de faible épaisseur.

** - Mesures faites au laboratoire de la Société du Canal de Provence.

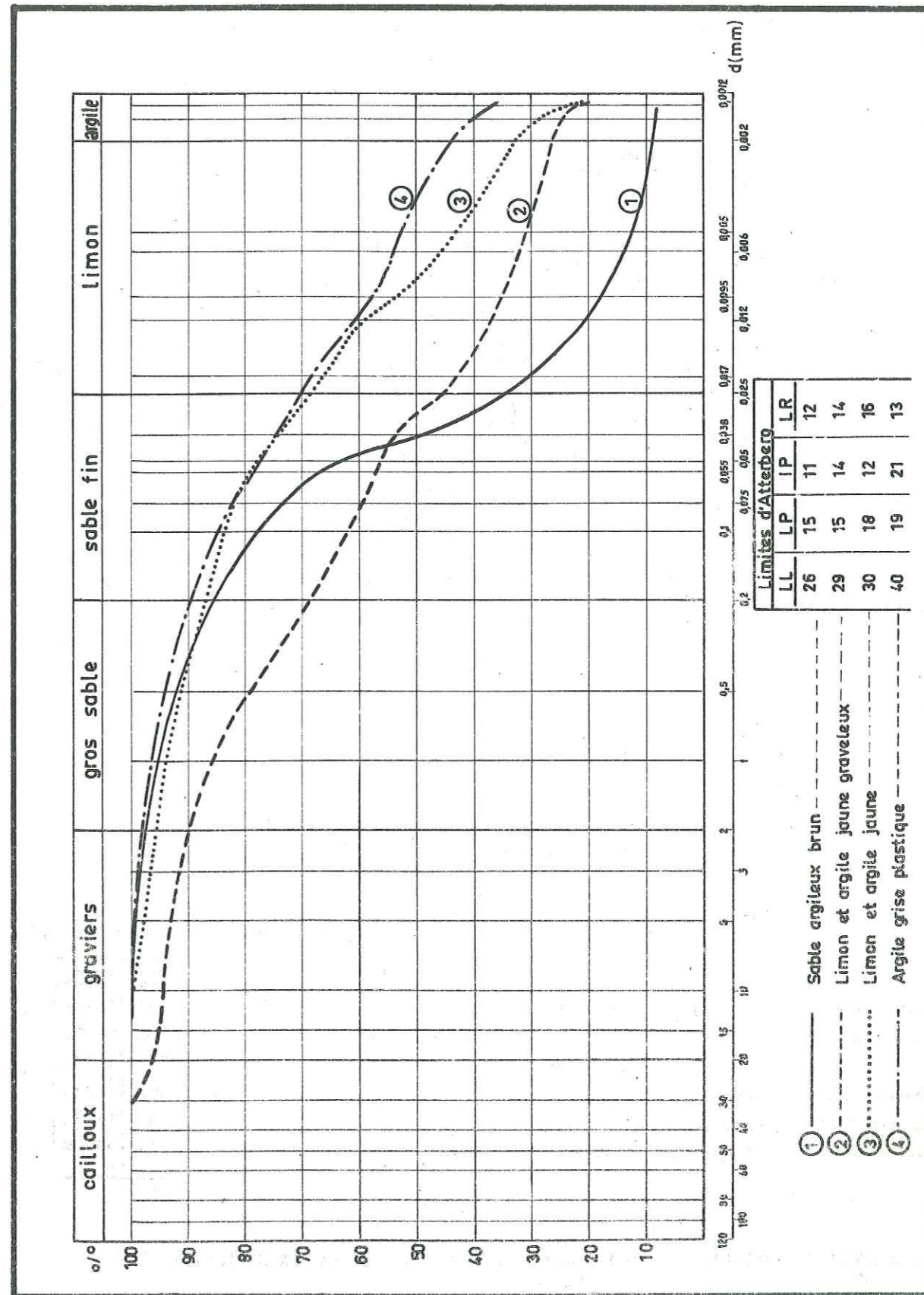
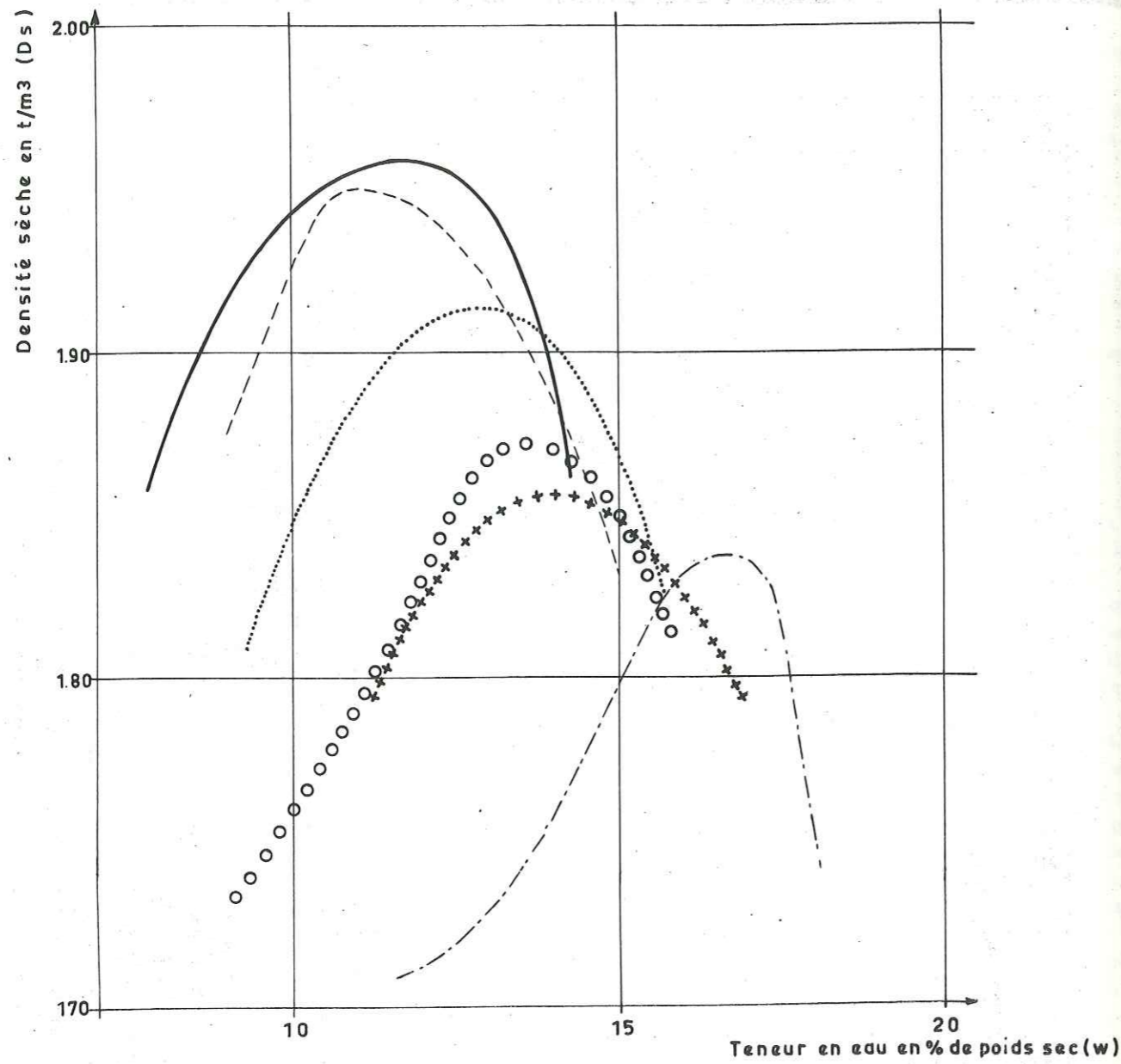


Fig 75-COURBES GRANULOMETRIQUES ET CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES MATERIAUX ALLUVIONNAIRES DE LA GANGUISE



	Ds	w _{opt}
—	1.96	11.8 %
- - - - -	1.95	11.1 %
.....	1.91	13.0 %
+++++	1.855	14.0 %
o o o o	1.87	13.6 %
- . - . - .	1.84	16.6 %

Fig 76-ESSAIS PROCTOR DES MATERIAUX ALLUVIONNAIRES DE LA GANGUISE

3. Argile plastique grise
4. Argile plastique beige
5. Argile plastique brune
6. Argile et alluvions sablo-graveleuses
7. Limon et argile jaune
8. Limon et argile jaune graveleux.

Sur la figure 75 nous donnons quelques courbes granulométriques indicatives et les limites d'Atterberg pour l'échantillon correspondant.
Des essais Proctor figurent à la figure 76.

Ces résultats préliminaires montrent des matériaux qui compactés en assez grande épaisseur peuvent être considérés comme imperméables.
Les prélèvements de matériaux pour l'édification du barrage soulèveront un certain nombre de difficultés : la partie supérieure des limons risque d'être très sèche et difficile à extraire ; la partie inférieure, en contact avec la zone graveleuse, sera certainement trop humide et les engins de terrassement, à partir d'une certaine profondeur, ne pourront plus se déplacer sur un matériau trop inconsistant ; sur les éléments graveleux situés plus profondément et dans l'eau, les engins pourront se mouvoir certainement sans difficultés après rabattement de la nappe.
Il semblerait donc que l'on puisse envisager une exploitation de la carrière par gradins, la nappe étant rabattue par pompes (qui ne devraient pas excéder 100 m³/h), et les limons étant chargés à la pelle sur une hauteur telle que la teneur en eau moyenne soit convenable.
Il faut prévoir, enfin que la saison des pluies rendra le chantier de terrassement impraticable, au moins pour les limons.

CONCLUSIONS DE L'ETUDE GEOLOGIQUE

Les études que nous avons effectuées jusqu'à présent ont montré que le site du barrage de l'Estrade sur la Ganguisse était valable. Sa cuvette est étanche et on est assuré de la stabilité de ses versants. Le site lui-même se prête à la construction d'une digue souple et moyennant quelques travaux d'injection on pourra fermer l'étanchéité au droit du barrage. Enfin on trouve dans la cuvette, immédiatement en amont du site, des matériaux meubles en quantité suffisante pour la confection de la digue.

- Certains points secondaires restent à étudier, qui demanderont quelques travaux de reconnaissance * :
- étanchéité au travers de l'éperon rive droite avec 2 ou 3 sondages assortis d'essais d'eau et équipés en piézomètres ;
 - vérification des hypothèses de saturation par des essais d'eau de longue durée ;
 - détermination de la nature des coulis d'injection, de la densité et de la disposition des sondages du voile d'étanchéité par des essais d'injection ;
 - prospection quantitative et qualitative du niveau inférieur sablo-graveleux par sondages en gros diamètres et du gisement de sable pour filtre en rive droite ;
 - vérifications d'éventuels et lointains risques de fuite vers la vallée de l'Hers Mort par un ou deux sondages en rive gauche équipés en piézomètres.

* - Ces travaux n'ayant débuté qu'après la remise à l'imprimeur, nous les avons reporté en annexe.

CARACTERISTIQUES DE L'OUVRAGE

Nous donnons ci-après quelques caractéristiques sommaires concernant le barrage, sortant de notre travail personnel, mais utiles pour la vue d'ensemble.

Le barrage projeté à l'Estrade a une hauteur maximum de 33 m entre la cote 205,00 fond de la Ganguise et 238,00 couronnement. La hauteur maximum au-dessus des fondations est de 45,00 m. La longueur de la crête est de 618,50 m à la cote 238,00 et sa largeur en crête est de 10,00 m. La cote maximum du plan d'eau a été fixée à 235,00 correspondant à un volume total stocké de 44 millions de m³. La cote minimum de la retenue est fixée à 215,00, ce qui donne un volume utile de l'ordre de 40 millions de m³. La superficie maximum couverte par le lac à la cote 235,00 est de 390 ha. La face aval du barrage comporte trois risbermes de 3,00 m de largeur, la pente du parement est de 2,5/1 entre chaque risberme (fig. 77 et 78). La face amont ne possède qu'une risberme de 4,00 m. La pente est de 3/1 du couronnement à la risberme et de 4/1 de la risberme au pied de l'ouvrage. Ces pentes et risbermes ont été adoptées eu égard aux qualités mécaniques des matériaux et à la conception d'une digue pratiquement homogène qui ne permet pas d'envisager des pentes trop raides pour le talus de l'ouvrage.

Le barrage pourra avoir une stabilité accrue si les disponibilités en éléments graveleux, comme on l'a vu un peu plus haut, permettent de remplacer une partie des limons par des graviers (fig. 78). Un "rip-rap" de 1,00 m est également prévu. Les fouilles destinées à la fondation de l'ouvrage s'exécuteront suivant trois grandes zones : la bèche centrale d'ancrage, les encastremets amont et aval de part et d'autre de la bèche. Le terrassement de la bèche doit, dans la partie centrale du barrage, descendre en-dessous de la couche graveleuse soit environ à la cote 193,00. De part et d'autre de la bèche, en fond de vallée, on éliminera seulement les alluvions récentes : le fond de fouille sera fixé à la cote 199,00.

Le terrassement de la bèche sera effectué sans redan, alors que les terrassements amont et aval formeront une série de marches encastrées dans le terrain en place en tenant compte du décapage superficiel.

Le volume des matériaux à mettre en place est de 2,2.10⁶ m³ environ.

En rive droite la galerie de vidange sera mise en place à la cote 208 dans des terrains non remaniés.

L'évacuation des crues

La faible importance du bassin versant de la Ganguise a permis aux ingénieurs de ne pas envisager la construction d'un ouvrage uniquement consacré à l'évacuation des crues. L'ouvrage de vidange de fond étant, par contre, indispensable, on a dimensionné ce dernier pour qu'il puisse, le cas échéant, servir à l'évacuation des crues. La conduite de vidange sera placée, pour des raisons de sécurité, dans une galerie visitable qui logera d'ailleurs les organes d'obturation de la conduite. Le débit maximum qui pourra être évacué pour la vidange de fond est, sous la charge maximum de la retenue, de 9 m³/s. Le volume de la crue maximale a été estimé à 3 millions de m³ avec une pointe pouvant atteindre 40 m³/s. On constate qu'une partie de la "revanche" normale peut donc être utilisée : elle a donc été prévue assez importante (3 m) au-dessus de la retenue normale maximum (235) afin de laisser encore une marge suffisante (2 m) par rapport aux plus hautes eaux exceptionnelles qui atteindraient ainsi la cote 236, en supposant à la limite que toute la crue est retenue, sans aucune lachure.

En sécurité supplémentaire, il serait également possible de destocker par la galerie de Mandore un débit de l'ordre de 3 m³/s qui serait restitué à Naurouze dans le cours du Fresquel.

Le système de drainage

Ce système comprend :

- une série de tapis filtrants horizontaux placés dans la zone aval du barrage ;
- un filtre incliné, placé au contact du noyau central et de la zone aval graveleuse ;
- des forages drainants inclinés à 45° vers l'amont et des piézomètres verticaux posés à partir d'une galerie ovoïde préfabriquée au pied du talus aval du barrage.

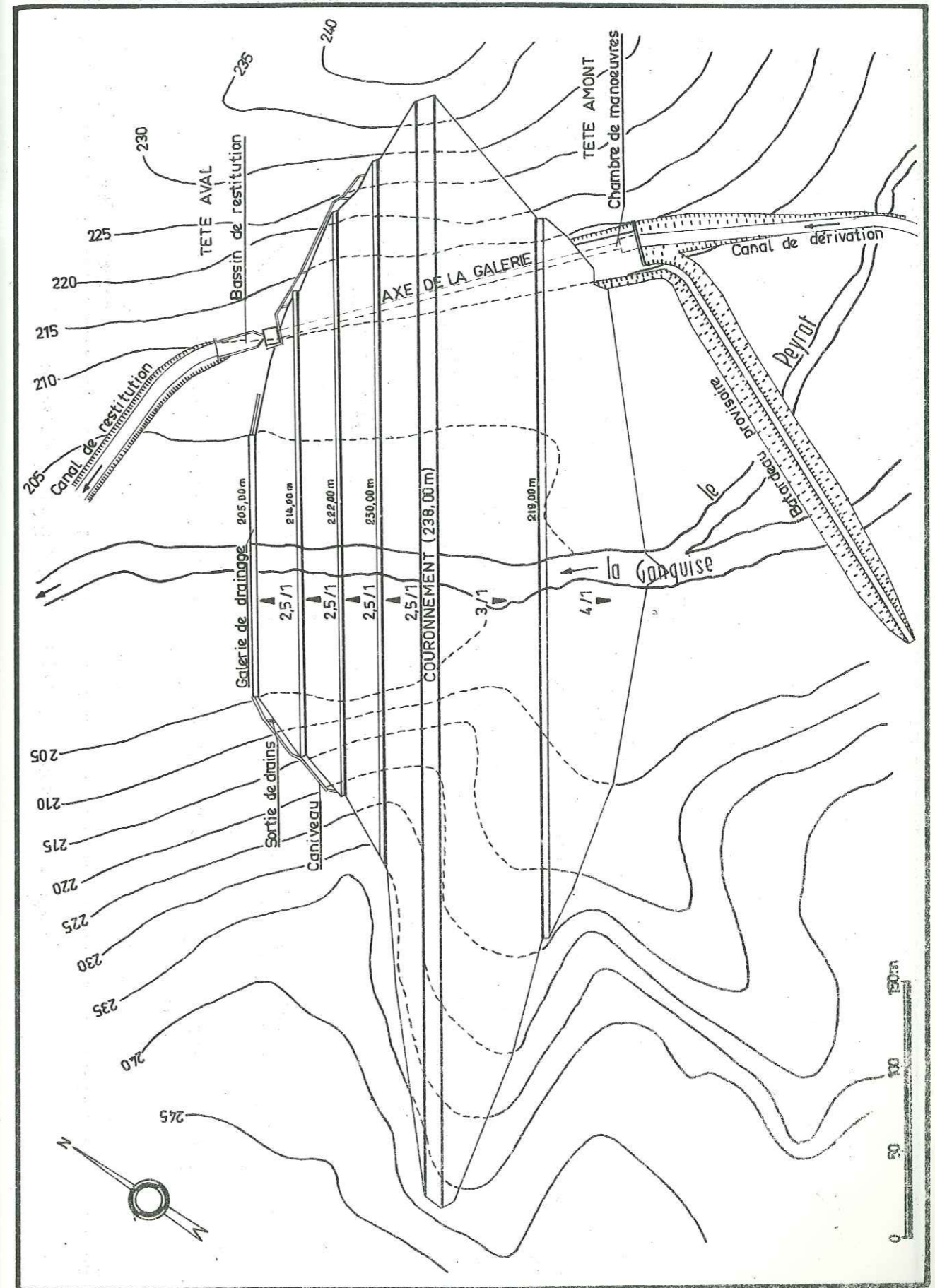
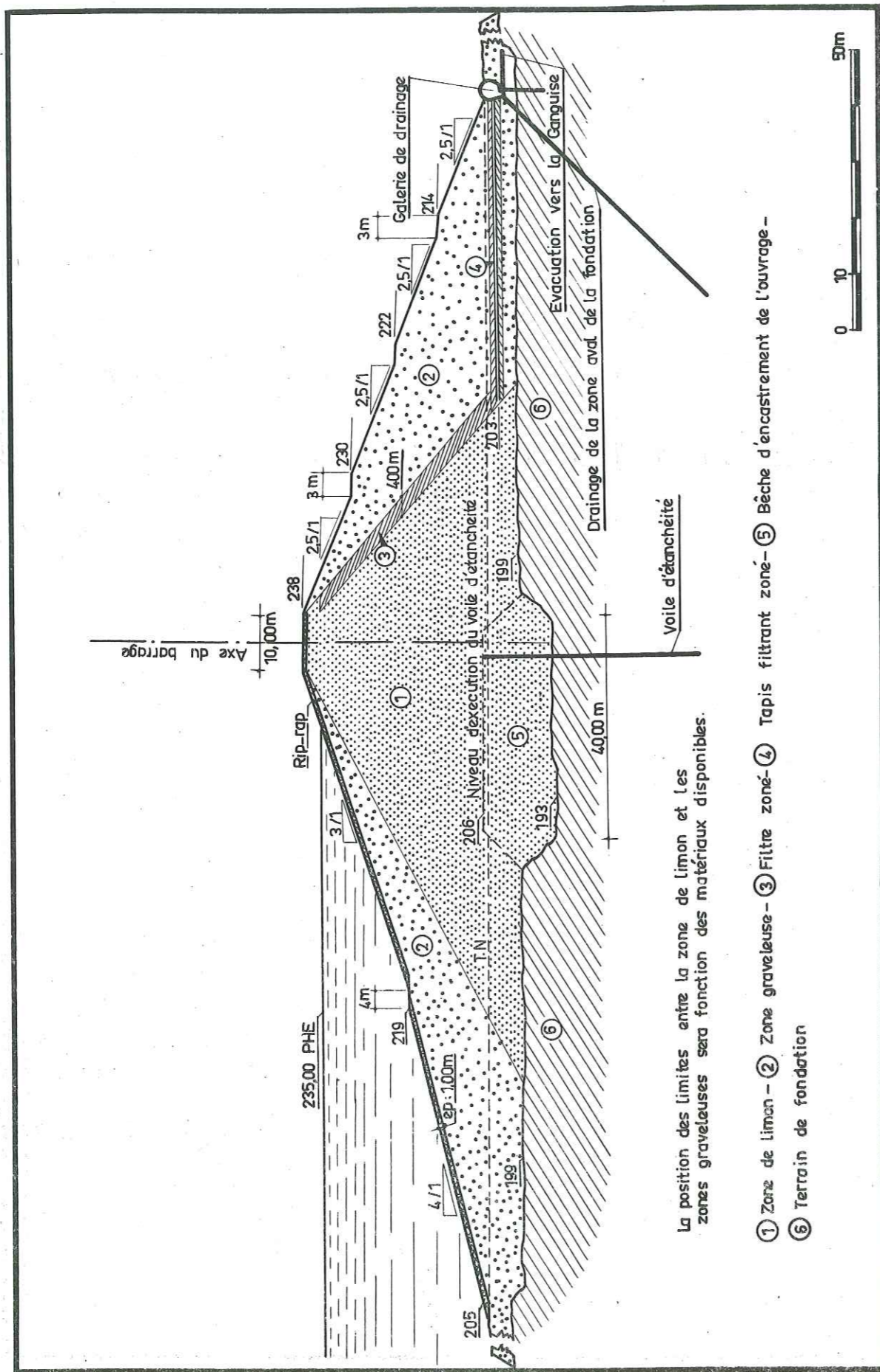


FIG 77 - PLAN DU PROJET DU BARRAGE DE L'ESTRADE



La position des limites entre la zone de limon et les zones graveleuses sera fonction des matériaux disponibles.

- ① Zone de limon - ② Zone graveleuse - ③ Filtre zoné - ④ Tapis filtrant zoné - ⑤ Bêche d'encastrement de l'ouvrage -
- ⑥ Terrain de fondation

Figure 78 — PROFIL DU PROJET DU BARRAGE DE L'ESTRADE

La dérivation provisoire des crues

L'exécution des travaux portera tout d'abord sur la construction de la galerie de vidange qui à son premier stade de construction servira d'évacuateur de crues. Cette galerie sera prolongée du côté amont par un canal d'amenée en terre dont les risbermes seront arasées à la cote 212,00. La risberme rive gauche obliquera vers la rive gauche de la Ganguise pour former le batardeau provisoire. En aval de la galerie un canal en terre joindra celle-ci au cours de la Ganguise au niveau de la ferme de l'Estrade.

LA GALERIE DE MANDORE

PREMIERE ETUDE

Deux solutions ont été étudiées et sont représentées sur la figure 79. La solution n° 1 a son origine côté Mandore à la cote 202,50 et débouche dans la retenue de l'Estrade à la cote 212,00 : la longueur en galerie est de 1950 m environ. La solution n° 2 a son origine côté Mandore à la cote 210,00 et est également dans la retenue de l'Estrade à la cote 212,00* : la longueur est de 1 500 m. Le diamètre de perforation prévu est de 3 m maximum.

Etude géologique

Dans les deux solutions le projet de galerie intéresse les formations mollassiques du Stampien déjà examinées pour l'étude du barrage de l'Estrade.

Les affleurements assez rares nous ont cependant permis de retrouver les différents niveaux déjà rencontrés dans la cuvette et le site du barrage (fig. 79). On note pourtant plus de variation des faciès et d'épaisseur que pour l'étude du barrage. Mais ceci est normal car on est plus éloigné de la source de provenance des matériaux.

Il faut cependant noter que les marnes argileuses sont fréquemment plus ou moins détritiques et ont souvent tendance à passer à un grès argileux surtout à l'approche des niveaux gréseux.

L'horizon marno-calcaire n'est pas parfaitement continu et disparaît localement au bénéfice d'une marne argileuse souvent sableuse.

Le pendage très faible est vers le Sud Sud Ouest avec quelques ondulations locales de faible amplitude. Mais la diminution de l'épaisseur du Sud vers le Nord et le litage entrecroisé de plongement nord donnent souvent l'impression d'un pseudo-pendage nord des couches.

Etude des tracés

Les coupes géologiques de la figure 80 permettent de faire les prévisions suivantes :

Solution n° 1 de Mandore vers la Ganguise

- Niveau II (complexe marno-gréseux) : 800 à 900 m
- Niveau III (marno-calcaire) : 250 m environ
- Niveau IV ("marne" inférieure) : 800 à 900 m

Solution n° 2 de Mandore vers la Ganguise

- Niveau II : 50 à 100 m
- Niveau III : 300 m environ
- Niveau IV : 1000 à 1200 m

Cette très large approximation des longueurs des différents niveaux traversés est due pour une part, à la faible valeur du pendage et pour une autre part, aux variations d'épaisseur.

Au point de vue pratique il faut noter que la forte hétérogénéité lithologique du niveau II que l'on traverse sur une grande distance dans la solution n° 1, peut entraîner des sujétions de perforation et de soutènement. Ce niveau n'affleure que du côté Mandore et seulement sur de petites surfaces et par suite nous connaissons mal sa composition et en particulier l'importance de ses horizons sableux.

Toujours au point de vue pratique les argiles du niveau IV sont plus ou moins détritiques (silteuses) et indurées et

* - Ces cotes correspondent à celles des génératrices inférieures.

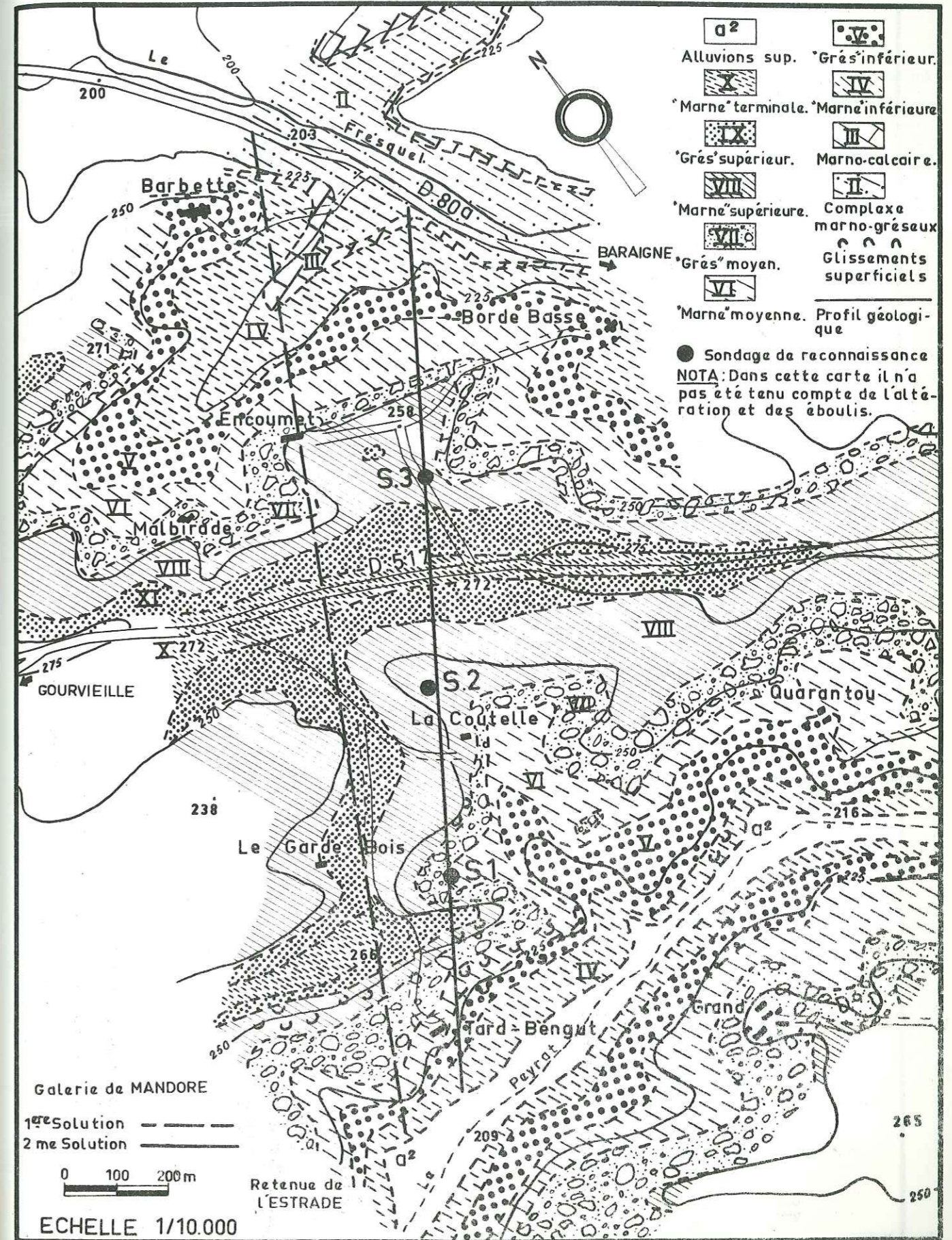


Fig 79 - GALERIE DE MANDORE - CARTE GEOLOGIQUE

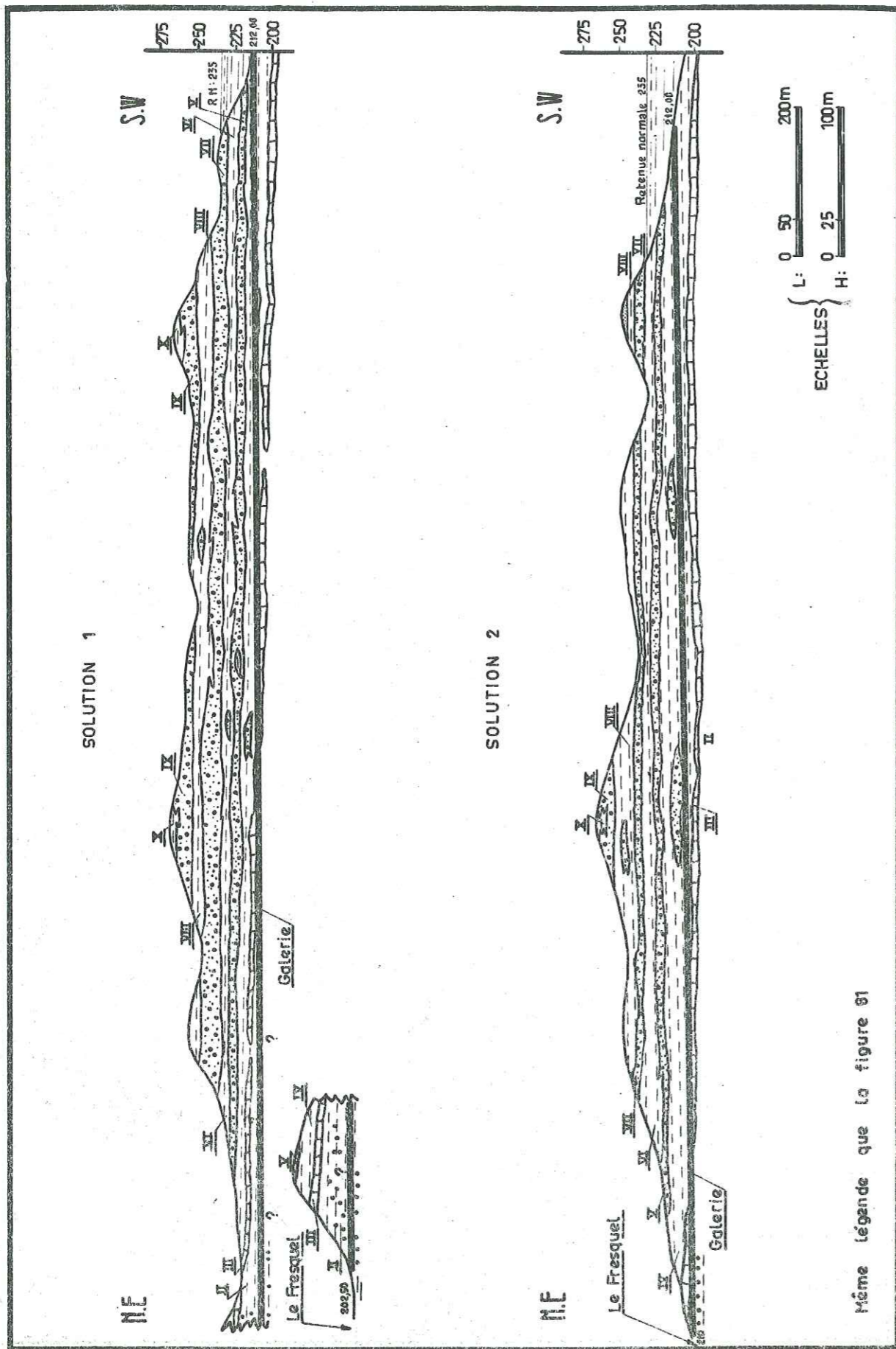


FIG 80 -- COUPES GEOLOGIQUES PREVISIONNELLES DE LA GALERIE DE MANDORE

ne semblent pas renfermer de lits importants d'argiles molles et plastiques.

La rencontre de poches ou de lentilles de sables est possible comme l'étude du barrage de l'Estrade nous l'a montré (niveau de "grès" lenticulaire).

Enfin les entrées en galerie côté Mandore ne semblent pas présenter de sujétions spéciales. Côté Ganguise quelques glissements affectant le niveau VI ont quelque peu retenu notre attention. Mais après examen il ne paraît pas y avoir là un sujet d'inquiétude : ces glissements, déjà décrits pour la cuvette de la retenue, sont très superficiels et s'arrêtent bien au-dessus des têtes des galeries, vers la cote 235 pour la solution n° 1 et la cote 225 pour la solution n° 2.

Choix et conclusions

Il semble qu'au point de vue géologique la solution n° 2 soit préférable à la solution n° 1. D'une part elle évite au maximum le niveau II dont l'hétérogénéité peut être une source de difficultés et qui est par ailleurs mal connue, d'autre part elle présente sur tout son tracé une couverture suffisante. A ce sujet la solution n° 1 passe, côté Mandore, sous le ravin d'un affluent rive gauche du Fresquel avec une couverture de seulement 7 à 12 m au-dessus de la génératrice inférieure.

Nous avons donc proposé de retenir le tracé de la solution n° 2 et dans un premier stade d'en parfaire la connaissance par trois sondages (voir implantation fig. 81). Leurs profondeurs ont été prévues de 30 m pour le sondage 1, de 40 m pour le sondage 2 et de 50 m pour le sondage 3.

DEUXIEME ETUDE

Cette deuxième étude comprend essentiellement les travaux de reconnaissance que nous avons proposés.

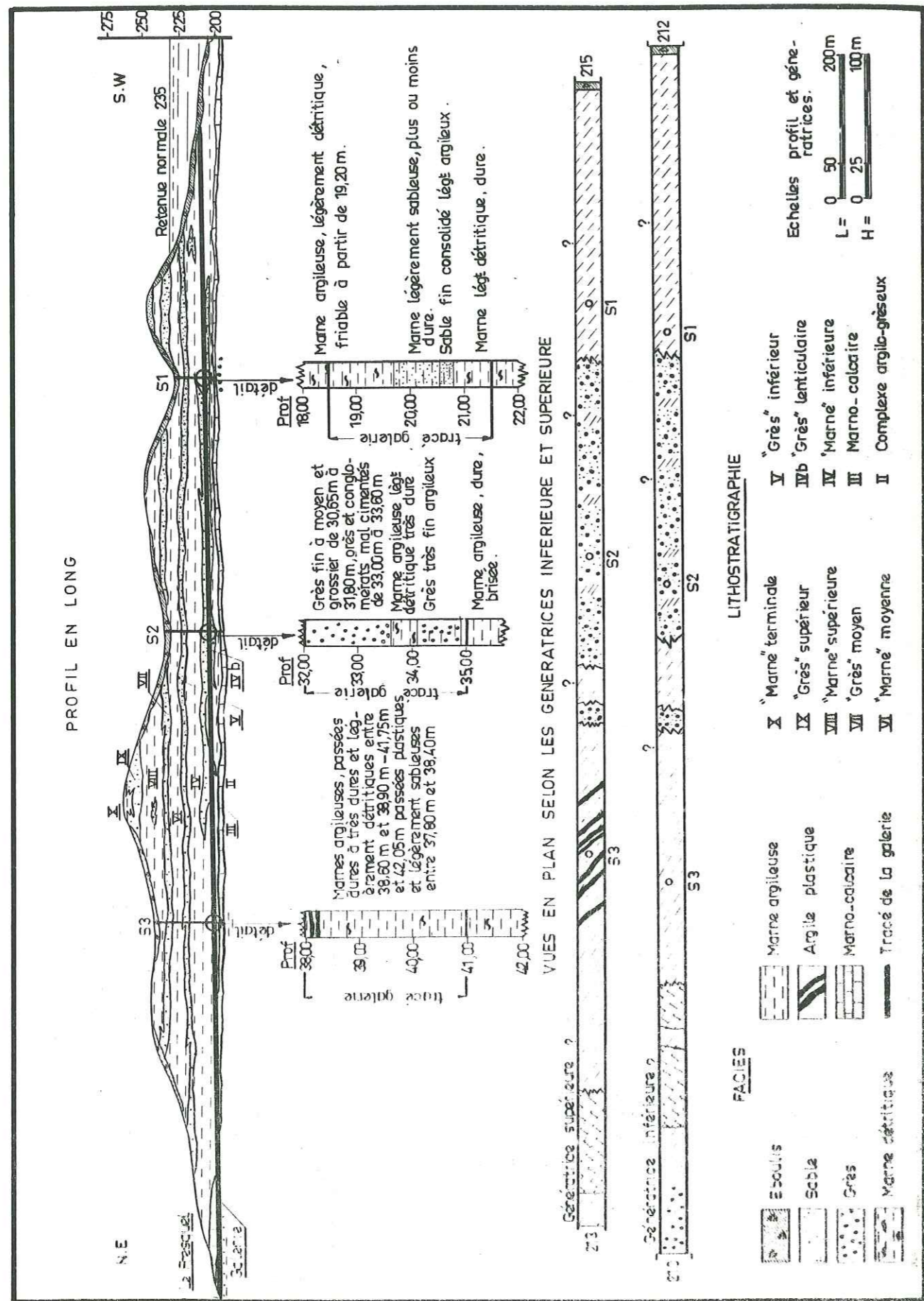
Les sondages, implantés sur la figure 79 et soigneusement positionnés et nivelés, nous ont permis de préciser et de compléter la coupe géologique (fig. 80 b) de la galerie faite d'après les levés de surface : la galerie est dans la plus grande partie de son tracé dans la "marne" inférieure, puis elle traverse le marno-calcaire du niveau III et sort côté Mandore dans le complexe marno-gréseux du niveau II (fig. 81).

Trois points sont précis, correspondant aux trois sondages :

- à l'aplomb du sondage S1, la galerie est dans la "marne" inférieure, marne argileuse classique, légèrement détritique ou sableuse et dure, mais friable entre 19,20 m et 19,70 m et avec un petit niveau sableux entre 20,55 m et 20,80 m ;
- à l'aplomb du sondage S2, la galerie se trouve dans des grès localement argileux ou conglomératiques assez mal cimentés. Un niveau marneux se développe entre 33,60 m et 34,20 m de profondeur. Ce grès appartient donc au niveau lenticulaire IV bis qui se développe dans la "marne" inférieure ;
- à l'aplomb du sondage S3, on est toujours dans la "marne" inférieure, ici souvent noduleuse, plastique et légèrement sableuse entre 38,00 et 38,40 m et particulièrement très dure entre 38,60 et 38,90 m.

A partir des données de ces sondages et de la coupe géologique générale, nous avons dressé deux coupes-plans géologiques passant par les génératrices inférieures et supérieures de la galerie. Côté retenue, la galerie, après avoir traversé des éboulis pénètre dans la "marne" inférieure dans laquelle elle reste jusqu'un peu au-delà du sondage S1 où elle rencontre le grès lenticulaire du niveau IV bis, reconnu dans le sondage S2 ; au-delà de celui-ci elle retrouve la "marne" inférieure ; vers son extrémité aval elle traverse le marno-calcaire et sort à Mandore dans le complexe marno-gréseux. Ces coupes n'ont une valeur que purement indicative, les limites et les longueurs des divers niveaux sont d'autant plus approximatives que les pendages mesurés en surface sont faibles.

Au point de vue pratique les marnes plus ou moins détritiques et dures ne poseront pas de problèmes spéciaux de perforation : les quelques niveaux plastiques trouvés au sondage S3 sont localisés et de faible épaisseur et ne provoqueront pas d'ennuis sérieux. Les marnes devront pourtant être revêtues rapidement pour éviter les dégradations dues à la dessiccation. Cette remarque est également valable pour les marno-calcaires.



La traversée des lentilles de grès ne doit pas poser de problème particulier de perforation, mais la dureté de la roche peut entraîner un changement de la méthode de creusement. Des poches de sable peuvent exister mais ont une extension faible.

En ce qui concerne les venues d'eau, les zones superficielles d'entrée et de sortie de la galerie peuvent, suivant les saisons, être sèches ou gorgées d'eau. Les marnes sont étanches mais les petits horizons sablo-gréseux, dont il vient d'être question ci-dessus, peuvent éventuellement donner lieu à quelques venues limitées.

Caractéristiques techniques de la galerie

La galerie de Mandore fonctionnera dans les deux sens. Raccordée côté Naurouze à la conduite provenant de la station de Mandore, elle permettra de refouler les eaux de la Montagne Noire dans la retenue, puis, lorsque cette dernière sera pleine, de la destocker et de renvoyer vers le périmètre, l'eau destinée à l'irrigation.

La galerie de section circulaire a un diamètre intérieur de 2,20 m.

La tête côté Mandore de l'ouvrage comporte uniquement le raccordement de la conduite \varnothing 2 000 provenant de la station de pompage de Mandore avec la galerie.

La tête amont (fig. 82), dégagée en tranchée sur une longueur de 150,00 m environ est terminée par un mur de soutènement en béton. La chambre de vannes, construite sur un élargissement de la galerie, se trouve à une vingtaine de mètres en aval de la tête amont. Un puits aboutissant au-dessus des plus hautes eaux permet d'accéder à la chambre des vannes.

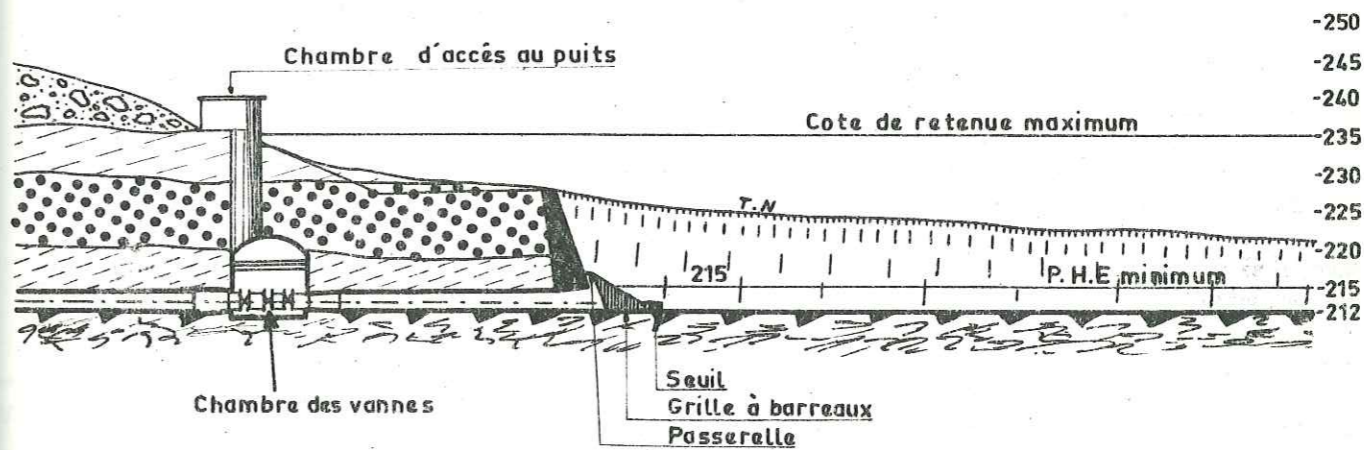


Fig 82-TETE AMONT DE LA GALERIE DE MANDORE

Fig 81 - COUPES GEOLOGIQUES DE LA GALERIE DE MANDORE

STATION DE POMPAGE DU MAS-SAINTE-S-PUELLES

Un premier périmètre s'intégrant dans le futur périmètre de Castelnaudary irrigué par la retenue de l'Estrade est prévu dans la région du Mas-Saintes-Puelles. Des eaux du Canal du Midi alimenteront les anciens étangs de cette région où ces eaux seront reprises par une station de pompage, puis distribuées.

Géologie

La station est située dans la dépression du Canal du Midi au voisinage des étangs, anciennes carrières d'exploitation de gypse (fig. 59 et 83).

Les terrains appartiennent au Ludien et notamment au Ludien inférieur dont il a été question dans la partie généralités du barrage de l'Estrade.

A proximité de la station, on trouve des argiles à gypse qui passent plus au Sud Est à des calcaires ou marno-calcaires (calcaire d'Hounoux ou de Miraval-Lauragais).

Ces argiles sont couvertes en surface par de la terre végétale et une altération argileuse ou limoneuse.

Géotechnie

Compte tenu de l'existence du gypse dans les argiles et de la présence d'anciennes carrières ayant exploité ce minéral, on a jugé nécessaire de faire deux sondages de reconnaissance de 7 m à l'emplacement de la station.

Ces sondages avaient pour but d'étudier :

- la possibilité d'éventuels tassements de l'ouvrage à cause de la dissolution du gypse ;
- la nécessité d'utiliser des ciments spéciaux ;
- la dureté des argiles en vue des possibilités ou non de battre des palplanches.

Il faut cependant noter que d'après la forme des carrières et leur profondeur, le gypse exploité ne formait pas un gisement continu et régulier.

Les coupes des sondages et leur implantation sont représentées à la figure 83.

L'examen de ces coupes montre une épaisseur de 1 m environ de terre végétale et d'altération, des argiles grises ou bariolées jusqu'à 4,50 ou 5,90 m de profondeur et ensuite une argile à gypse jusqu'en fond de forage à 7 m.

La tranche altérée présente une certaine cohésion et les argiles grises ou bariolées sont en principe dures. Cependant, il existe des niveaux relativement tendres ou plastiques qui se développent avec des importances différentes dans les deux sondages :

L'argile à gypse contient du gypse en petits cristaux. Cette argile est en général dure à très dure, sauf quelques passages brisés ou plastiques.

L'argile à gypse se développe irrégulièrement puisque au S1 elle commence à 5,90 de profondeur et au S2 à 4,50 de profondeur, pour une distance entre les deux sondages de 14 m.

Au point de vue pratique, le gypse ne semble pas être en quantité suffisante pour provoquer des tassements.

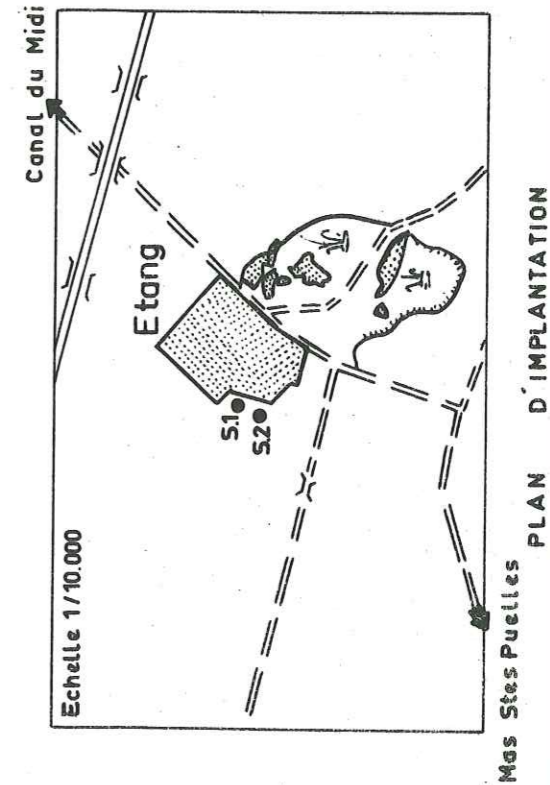
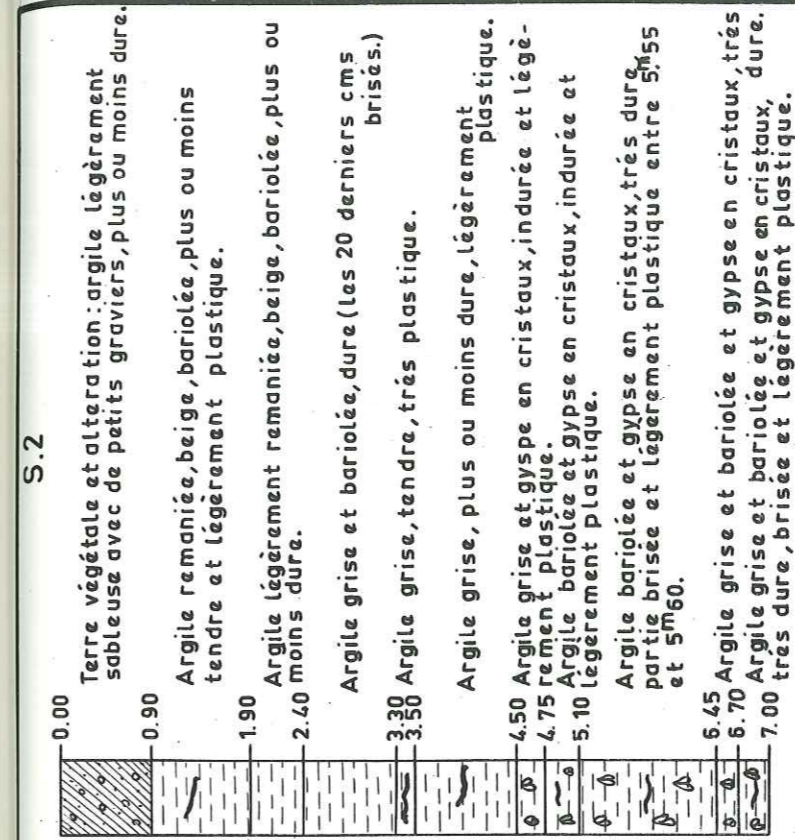
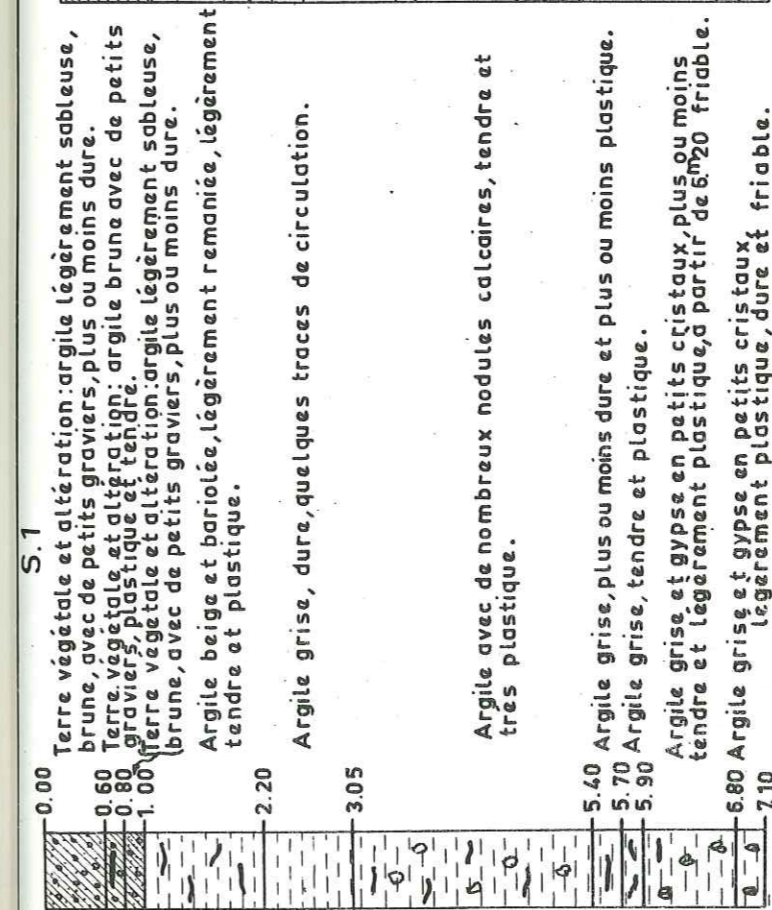


Fig 83-COUPES DES SONDAGES DE LA STATION DE POMPAGE DU MAS SAINTES PUELLES

Au point de vue pollution et destruction des ciments ordinaires, le risque est plus concret : il faudra prélever des échantillons, et, suivant leur pourcentage en sulfates, voir s'il est nécessaire d'utiliser des ciments spéciaux *.

Le battage de palplanches pour la construction de la station nous semble assez difficile à effectuer, vu la dureté des formations.

* - Les eaux dans l'étang, d'après une analyse d'échantillons prélevés, ont donné les résultats suivants :
Cl Na : 0,14 % - SO₄ : 698 mg/l - Ca : 253,30 mg/l - Mg : 66 mg/l - K : 12,50 mg/l - Na : 35 mg/l.
Nous rappelons que les limites maximums de teneur en sulfate pour que l'eau ne soit pas agressive pour le béton est de 150 mg/l environ.

CONTRIBUTIONS ET FAITS NOUVEAUX APPORTES PAR L'ETUDE D'AMENAGEMENTS DANS LE LAURAGAIS - CONCLUSIONS

Nos études des aménagements dans le Lauragais nous ont permis de contribuer à la connaissance géologique de cette région.

Nous ne parlerons pas ici des faits de détail issus des études de chaque ouvrage ; nous rappellerons seulement les faits essentiels concernant le cadre général.

Pour ce qui est de la couverture immédiate "antépyrénéenne" de la Montagne Noire, en plus des levés de détail de certaines régions qui ont permis de rectifier la carte géologique (feuille de Carcassonne) nous avons précisé et complété la série lithostratigraphique, notamment en étudiant la série nummulitique de l'Eocène inférieur et moyen que le sondage T2 de l'étude du projet de Jonquières a totalement traversé (chapitres II et VII). Mais dans cette région nous avons surtout montré que la structure n'est pas très simple et qu'il y avait des complications tectoniques. Celles-ci ne sont pas d'une grande amplitude mais au lieu d'une couverture isoclinale plongeant faiblement sous les mollasses nous avons vu qu'on rencontrait en fait des surfaces d'abord ondulées suivant deux directions orthogonales et cassées par la suite (chapitres II et VII).

Nous avons également précisé la série des mollasses et avons pu établir une lithostratigraphie particulièrement fine du Stampien (chapitres II et VIII).

L'étude sédimentologique des éléments constituant la couverture sédimentaire (origine, nature pétrographique et évolution verticale et horizontale) ont abouti à des résultats conformes aux idées générales sur la sédimentologie et paléogéographie du bassin d'Aquitaine (chapitre II).

Sur la Montagne Noire, à cause de l'absence de sites importants, nos études ont un caractère assez limité ne nous permettant pas de travailler en détail à une grande échelle. Cependant nous avons pu réviser les limites septentrionales du granite du Lampy (chapitre VI). Enfin nous avons précisé la nature pétrographique de certaines formations schisteuses (zone du métamorphisme de contact et schistes du centre du synclinal de Arfons - chapitres II, V et VI).

Pour le Quaternaire, nous avons divisé les alluvions anciennes en différentes catégories suivant leur origine ou leur position ; nous avons vu, comment cette classification a été aidée par l'étude sédimentologique qui d'ailleurs a abouti à des résultats intéressants au point de vue de la paléohydrographie (chapitre II).

En ce qui concerne la géologie appliquée, les études géologiques et géotechniques des aménagements dans le Lauragais sont, sur un plan général, un assez bon exemple des méthodes d'étude (avant construction) d'ensemble d'un aménagement aussi vaste que diversifié.

Ainsi cette étude commence par les prospections géologiques générales dont nous avons à plusieurs reprises montré leur utilité ; ensuite viennent des études hydrogéologiques des ressources aquifères souterraines. Les stades suivants sont : recherche, prospection et reconnaissance des sites des barrages, puis étude déjà détaillée et enfin étude très poussée avec pour ces deux derniers stades des travaux de reconnaissance. Nous passons donc progressivement de l'échelle du 80 000e à celle du 1 000e et même du 500e.

Un autre aspect intéressant de ces études est leur diversité au point de vue géologique. En fait nous avons des sites sur des terrains cristallins ou cristallophylliens (granites, gneiss, schistes), sur des calcaires et des marnes et sur des formations mollassiques où pour le même site entrent en jeu des argiles, marnes, grès, sables et conglomérats.

Les recherches des ressources aquifères souterraines nous ont permis de définir les caractéristiques et les conditions hydrogéologiques du Lauragais audois au sens large, d'étudier les nappes aquifères et définir leur potentiel (chapitre IV).

Le barrage de Jonquières (chapitre VII) est un bon exemple caractéristique du rôle de la structure masquée des terrains, qui constitue la cuvette, sur l'étanchéité de cette dernière. Les essais d'eau de type Lugeon n'ont présenté aucune particularité, si ce n'est qu'ils ont montré que les terrains nummulitiques étaient perméables uniquement dans leur tranche supérieure et que les failles situées à proximité immédiate des forages n'ont eu aucune influence.

Pour le barrage de la Ganguise (chapitre VIII) nous avons montré l'utilité des méthodes sédimentologiques classiques appliquées à la résolution de certains problèmes. Ces méthodes, rapides et économiques, nous ont permis, comme nous l'avons vu, de prouver l'existence d'alluvions grossières masquées dont la présence pose des problèmes de fondation et d'étanchéité au niveau du site.

L'étude du comportement des terrains aux essais d'eau est, croyons-nous, très instructive et peut être utilisée comme exemple pour des sites sur des formations mollassiques, formations très hétérogènes au point de vue porosité, perméabilité et structure.

Tout d'abord nous avons vu les comportements différents d'une même assise suivant sa position plus ou moins à l'intérieur des versants et en thalweg.

Mais le fait essentiel est la nécessité d'une certaine prudence dans l'interprétation des résultats surtout pour les essais donnant une forte absorption.

Ainsi dans certaines conditions, des terrains de nature imperméable peuvent absorber des quantités d'eau importantes : il s'agit d'argiles plastiques placées entre des niveaux marneux durs. Dans ce cas des essais de longue durée semblent être plus appropriés que les essais Lugeon classiques. Le cas du barrage du Salagou (voir G. CHEYLAN (39)) est démonstratif bien qu'il ne s'agisse pas de mêmes roches.

Ailleurs une forte perméabilité apparente peut aussi avoir lieu et être due à des gonflements ou des soulèvements des niveaux marneux.

Dans les cas des essais de type Lugeon, l'interprétation linéaire à partir d'un certain nombre de perméabilités correspondant à différentes pressions donne pour ces terrains dépourvus de fissures et compacts des résultats en général pessimistes.

Un fait très essentiel est le cas des déboussages pour des pressions assez élevées. Nous avons montré la nécessité de l'étude du phénomène avant et après son apparition et nous avons ainsi vu que des terrains démontrés perméables à l'essai d'eau peuvent être étanches à l'échelle d'une retenue (chapitre VIII).

Enfin, et bien que nous ayons nous-mêmes, à l'origine, une formation d'ingénieur, nous espérons, avec le travail que nous venons de présenter, avoir contribué à démontrer l'importance et le rôle primordial du géologue et de ses méthodes dans l'art de l'ingénieur.

ANNEXES

ANNEXE I

TRAVAUX DE RECONNAISSANCE COMPLEMENTAIRE AU BARRAGE DE L'ESTRADE

L'étude du barrage de l'Estrade sur la Ganguise (chapitre VIII) nous a permis ainsi que nous l'avons vu, de connaître en détail les conditions géologiques et géotechniques du projet. Elle nous a permis également de préciser les différents problèmes qui devraient être résolus avant la construction du barrage (p. 173).

1. - Géologie et structure du site

La première étude a parfaitement examiné cette question et nous en connaissons ses moindres détails ; aucun travail de reconnaissance complémentaire sur ce sujet ne semble être nécessaire.

2. - Perméabilité au droit du site

La première campagne nous a donné des renseignements satisfaisants. Cependant certains niveaux lithologiquement réputés imperméables ont montré des perméabilités très élevées (niveaux d'argile plastique par exemple). Pour résoudre ce problème deux sondages seront effectués au droit du site sur l'axe du profil amont : le G₂ bis entre les sondages G₂ et G₃ et à proximité du G₂ et de D₄ ter entre les D₄ bis et D₄ ; chacun aura 30 m de profondeur environ (fig. 84).

Le G₂ bis étudiera les niveaux d'argile plastique qui ont donné des fortes absorptions au sondage G₂ et le D₄ ter les formations du thalweg (complexe marno-gréseux) où nous avons constaté des absorptions aux contacts des formations de lithologie différente.

L'étude de ces problèmes sera faite par des essais de longue durée (jusqu'au refus) comme nous l'avons proposé au chapitre VIII.

3. - Perméabilité au large du site

Rive droite

La rive droite prolongée par un double col peut présenter, comme nous l'avons signalé, des risques de courts-circuits par l'intermédiaire du "grès" moyen surtout, qui par sa situation proche de la surface est décomprimé et ainsi plus perméable (résultat du sondage D₁).

Nous avons prévu 5 sondages disposés en deux lignes suivant les deux axes du col (fig. 84).

D₈ : 40 m }
D₉ : 40 m } première ligne avec le D₁ de la première campagne.

D₁₀ : 50 m }
D₁₁ : 50 m } deuxième ligne.
D₁₂ : 40 m }

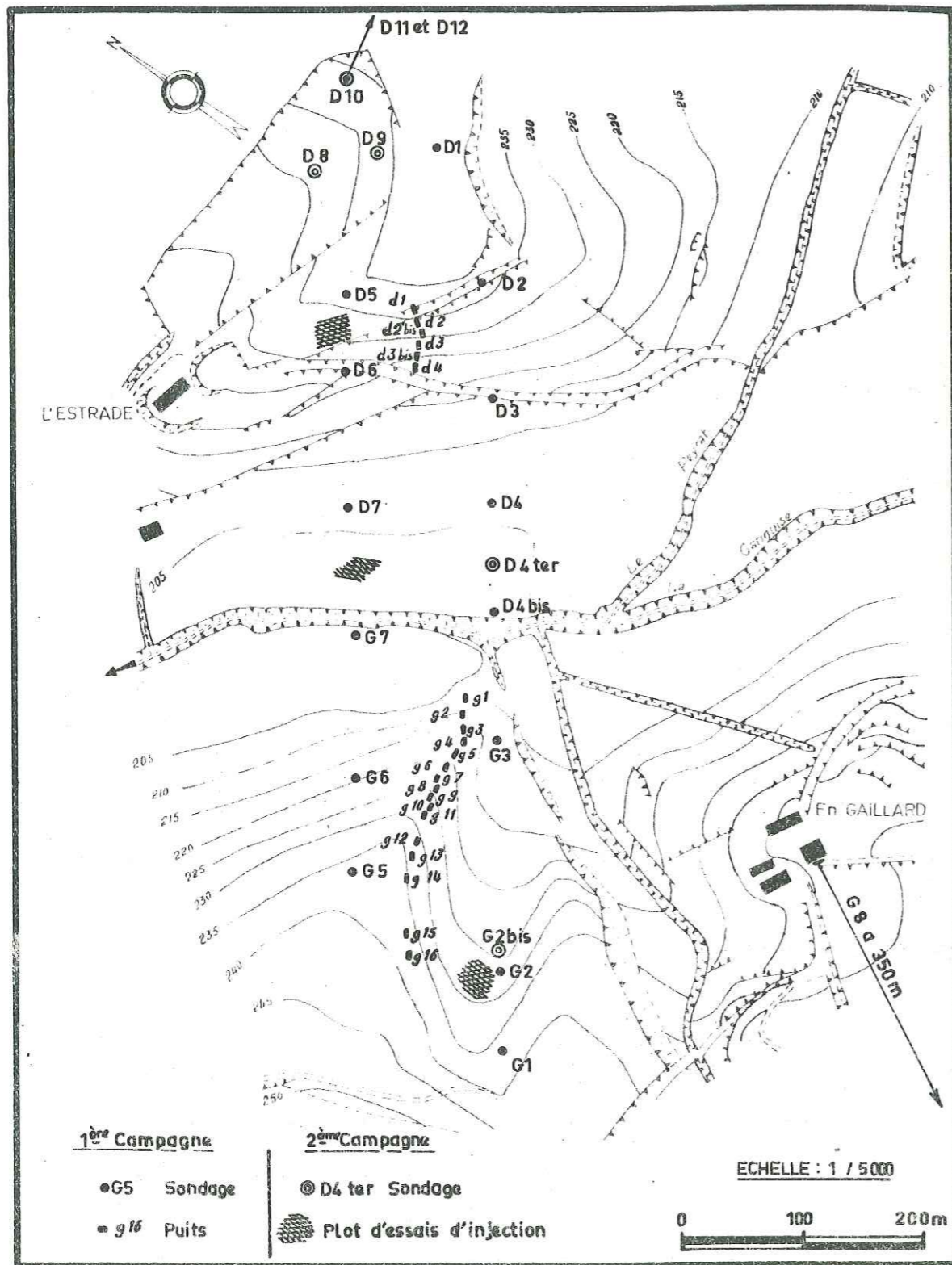


Fig 04. IMPLANTATION DES TRAVAUX DE RECONNAISSANCE COMPLEMENTAIRE AU BARRAGE DE L'ESTRADE

Les sondages seront exécutés dans l'ordre D₈, D₉ pour la première ligne et D₁₀, D₁₁, D₁₂ pour la seconde et dans le sens aval-amont. Ainsi quand au sondage amont des essais d'eau auront lieu, nous pourrions étudier leur influence sur le sondage aval déjà équipé en piézomètre.

Ces sondages feront l'objet d'essais d'absorption d'eau du type Lugeon par tranches de 3 m de longueur en principe, comme pour la première campagne. Ces essais seront faits aux pressions suivantes :

0,5 - 1 - 2 - 5 - 7,5 - 10 - 7,5 - 5 - 2 - 1 - 0,5 bars,

chaque pression étant maintenue pendant 10 minutes.

On peut prévoir environ 120 essais Lugeon. On notera toutes les éventuelles sorties sur les versants pendant et après les essais et également les niveaux d'eau dans les sondages voisins.

Rive gauche

Sur cette rive, nous avons vu qu'il n'y a pas de risques sérieux de fuite car la morphologie n'est pas défavorable comme en rive droite et parce que tous les niveaux gréseux ont été prouvés imperméables à l'intérieur du versant qui sépare la vallée de la Ganguise de celle de l'Hers-Mort. Cependant, nous avons proposé un sondage (G₈) de contrôle implanté sur la crête entre les deux vallées et qui aura comme but d'étudier la perméabilité des niveaux qui constituent le site et qui se trouvent sous cette crête entre 50 et 80 m de profondeur avant que certains réapparaissent sur le versant de la vallée de l'Hers-Mort.

Comme ceux de la précédente campagne ces 8 sondages seront exécutés en carottage continu au carottier double de 196 à 96 mm de diamètre. En fin de perforation les sondages D_{4 ter}, G_{2 bis} et G₈ seront équipés en piézomètres simples et les sondages D₈, D₉, D₁₀, D₁₁ et D₁₂ en piézomètres doubles.

- Piézomètre simple : l'équipement consistera dans la mise en place d'un tube plastique Ø 36/40 crépiné et entouré d'un filtre en gravier.
- Piézomètre double : ces piézomètres sont destinés à mesurer les pressions de deux nappes situées, l'une vers 10-15 m de profondeur, l'autre entre 20 et 35 m*. Les sondages qui doivent être équipés de tels piézomètres seraient exécutés au diamètre de 146 mm jusqu'à 20 m de profondeur et ensuite au diamètre de 96 mm.

En fin de forage on descendra dans le trou une colonne de tubes métalliques 33 x 42 portant un obturateur à compression dont la base se trouverait à 20 m de profondeur, la colonne serait crépinée en-dessous de l'obturateur et pleine au-dessus. L'obturateur serait mis en place et décomprimé sur l'épaulement du forage au changement de diamètre. Il serait maintenu en compression pendant que l'on coulerait un bouchon de ciment de 4 m de hauteur au-dessus de lui, et serait relâché après prise de ciment. Un deuxième piézomètre formé d'un tube plastique Ø 36/40 crépiné et entouré de gravier serait ensuite placé entre le bouchon et la surface.

4. - Essais d'injections

Ils se feront sur trois plots :

- plot A, profond de 15 m, situé sur le haut de la rive droite et destiné à étudier le traitement des grès et sables ;
- plot B, profond de 20 m, situé en thalweg et destiné à étudier le traitement des formations argilo-marneuses détritiques en complexe avec des grès et des marno-calcaires ;
- plot C, profond de 15 m, situé à mi-hauteur en rive gauche et destiné à étudier le traitement des marnes argileuses et des argiles plastiques.

Les plots d'essais seraient constitués par 4 forages situés aux sommets d'un carré de 3 m de côté. Afin d'assurer une couverture à l'injection, en surface, où les pressions seront forcément très réduites, ce dispositif serait renforcé entre 0 et 5 m par 4 autres forages placés au milieu des côtés du carré.

* - "Grès" moyen et "Grès" inférieur

Les forages pour injection seraient exécutés en rotation au diamètre de 60 à 80 mm. Sur chaque plot l'un d'eux ferait l'objet d'essais d'absorption d'eau de Lugeon par tranche de 3 m.

Après injection de ces forages, un forage de contrôle serait exécuté au centre du carré dans les mêmes conditions que les sondages de reconnaissance, il descendrait jusqu'à 3 m de la base du plot.

Si l'étanchéité est alors jugée satisfaisante, l'essai sera arrêté là. Sinon une deuxième ligne de forages d'injection serait exécutée, cette ligne serait un cercle de 5 m de rayon centré sur le centre du carré. Elle porterait 20 forages dont 10 de la profondeur du plot et 10 de 5 m seulement pour traitement de surface. Ces forages seraient exécutés et injectés selon les mêmes modalités que les précédents, après quoi un nouveau sondage de contrôle serait exécuté au voisinage du précédent qui aurait été bouché au coulis de ciment sans pression.

Coulis d'injection

Les coulis injectés seront des coulis argile-ciment qui pourraient avoir la composition suivante * :

- 50 kg de ciment C.P.A.C. 325 en provenance d'Albi,
- 10 kg d'argile RYLOR A en provenance d'Apt,
- 100 l d'eau.

Cette composition de principe pouvant bien entendu être modifiée en cours d'essai au vu des premiers résultats.

Les forages seraient en principe injectés par tranche descendante de 2,50 à 3 m de hauteur avec reforage sous une pression de l'ordre de 5 bars pour la tranche la plus voisine de la surface et pouvant atteindre 15 à 20 bars au fond du trou.

Quantité des travaux

Les quantités de travaux seraient les suivantes :

1re hypothèse :

exécution des 3 plots avec une seule ligne de forages ;
forages pour injection :

- 8 de 15 m = 120
- 4 de 20 m = 80
- 12 de 5 m = 60
- 260 m

Reforage après injection : 260 m

Sondage de contrôle :

- 2 de 12 m = 24 m
- 1 de 17 m = 17 m
- 41 m

Essais d'eau type Lugeon 30 essais durant 60 h au total

Injection : par mètre linéaire de forage 210 kg de matière sèche soit au total pour 260 ml

- 45 t 500 de ciment
- 9 t 100 d'argile
- durée de l'injection : 200 h environ.

2e hypothèse :

exécution de 3 plots avec deux lignes de forages :

forages pour injection :

- 28 de 15 m : 420
- 14 de 20 m : 280
- 42 de 5 m : 210
- 910 m

* - Proposition de l'Entreprise S. I. F. (P. BACHY).

Reforage 910 m

Sondage de contrôle :

- 4 de 12 m : 48 m
- 2 de 17 m : 34 m
- 82 m

Essais d'eau type Lugeon : 44 essais durant au total 88 h.

Injection : par mètre linéaire de forage 150 kg de matières sèches soit au total pour 910 ml :

- 114 t de ciment
- 23 t d'argile
- durée de l'injection : 500 h environ.

Injection de gels durs de silicate

Si toutefois il s'avérait que les coulis d'argile-ciment n'arrivent pas à étancher correctement les sables et grès, on essaiera des gels à haute teneur en silice obtenus par un mélange de silicate de soude et d'un réactif organique.

Le silicate de soude serait du silicate de rapport pondéral :

$$\frac{\text{Si O}_2}{\text{Na}_2\text{O}} = 3,9$$

Le réactif organique serait le réactif breveté CMS 508 par l'Entreprise P. BACHY.

Les gels utilisés auraient la composition suivante :

$$\beta = \frac{\text{volume d'eau}}{\text{volume de silicate}} = 0,6$$

$$\alpha = \frac{\text{poids de réactif}}{\text{volume de silicate}} = 0,04 \text{ à } 0,06$$

et auraient un temps de prise compris entre 30 minutes et 60 minutes.

5. - Prélèvement des matériaux

Des forages pour prélèvement de matériaux seront faits dans la vallée de la Ganguise jusqu'à une distance de 2,5 km environ en amont de l'Estrade et dans la vallée de Peyrat sur 1 km environ en amont du même point. L'importance de la campagne dépendra des premiers résultats obtenus, mais il semble que 12 forages soient un maximum. Ces forages traverseront en principe 5 m de limon argilo-sableux et 5 m également de galets et sables.

Ces travaux sont destinés à reconnaître la nature et l'épaisseur des couches de matériaux utilisables pour la construction de la digue. Les échantillons retirés doivent être autant que possible granulométriquement intacts.

Les forages seront exécutés par battage au câble d'un carottier échantillonneur au moyen d'un atelier de sondage à battage type Star 71.

L'avancement se fera en avançant alternativement un carottier de diamètre 194 à 168 mm composé d'un tube de revêtement muni d'un sabot et un tubage de revêtement de diamètre 220 à 194 mm.

Suivant les résultats des forages ci-dessus quelques puits à main seront faits dans les zones d'emprunt possible.

6. - Détermination des caractéristiques géotechniques des terrains de fondation et des matériaux de remblai

Dans le sondage D₄ ter et G₂ bis, on prélèvera des échantillons intacts dans les limons de surface (D₄ ter) et des échantillons intacts dans les marnes argileuses au moyen d'un carottier triple ou d'un appareil APM 78.

En plus, on pourrait prévoir pour l'étude des terrains de fondation 9 échantillons intacts prélevés manuellement dans 3 puits *. Ces échantillons seraient prélevés dans des boîtes cubiques (0,20 m x 0,20 m) ou tout autre moule de

* - D'après MECASOL, Ingénieur Conseil en Mécanique du Sol.

dimensions voisines. Sur ces échantillons, on effectuerait une identification complète comportant la mesure des teneurs en eau, poids spécifiques apparents sec et humide, limites d'Atterberg, (éventuellement analyses granulométriques) résistances à la compression simple. Les caractéristiques de stabilité et de compressibilité seraient déterminées sur un nombre limité d'échantillons choisis en fonction des résultats des essais d'identification ; on pourrait envisager :

- 4 essais triaxiaux du type non consolidé non drainé,
- 2 essais triaxiaux consolidés drainés avec contre pression,
- 4 essais de compressibilité à l'œdomètre.

L'étude du matériau de remblai serait faite à partir des prélèvements des sondages de la cuvette. Compte tenu des semblables essais d'identification, ces matériaux seraient groupés pour constituer 4 mélanges sur lesquels on réaliserait un essai Proctor normal. Les caractéristiques mécaniques apparentes de ces 4 mélanges, seraient déterminées sur des éprouvettes compactées à l'énergie Proctor normal et à 2 teneurs en eau différentes, celles-ci étant fixées en fonction de la valeur des teneurs en eau naturelle et des teneurs en eau à l'optimum Proctor normal.

Les caractéristiques mécaniques intergranulaires seraient déterminées par 2 essais triaxiaux consolidés drainés effectués sur des éprouvettes compactées à l'énergie du Proctor normal. Un de ces essais pourrait être effectué sur le mélange le plus argileux de manière à déterminer les caractéristiques minimales.

Les essais de compressibilité au nombre de 5, seraient effectués : 3 suivant le processus normalisé (mise en eau au début de l'essai), 2 avec mise en eau lorsque la charge appliquée est de 2 à 4 bars. Ce dernier type d'essai est destiné à vérifier s'il ne se produit pas d'effondrement de structure sous charge à la mise en eau.

ANNEXE II

SITES POUR DES PLANS D'EAU TOURISTIQUES

En marge de l'étude d'aménagement agricole du Lauragais, nous avons effectué une recherche et prospection des sites à vocation touristique. Un d'entre eux a fait l'objet d'une reconnaissance préliminaire, tandis que pour les autres nous avons seulement défini les conditions géologiques générales.

PLAN D'EAU TOURISTIQUE A MOUSSOULENS SUR LA ROUGEANNE

1. - Géologie

Les formations

Les formations géologiques qui figurent sur l'esquisse géologique sont, du haut vers le bas et du Sud vers le Nord, les suivantes (fig. 85) :

- Calcaire marin avec des niveaux marno-gréseux d'âge yprésien-lutétien inférieur ("Nummulitique").
- Argiles rouges continentales d'âge sparnacien.
- Calcaire lacustre d'âge thanétien (calcaire de Montolieu).
- Argiles, marnes, grès et sables continentaux d'âge montien.
- Socle cristallin de la Montagne Noire (gneiss et granites).

L'Yprésien se développe partout à l'aval de la station de pompage, sise dans le lit du torrent ; en amont de ce point, il occupe les deux versants, où il se trouve souvent masqué par des éboulis.

Ces formations consistent en des alternances de barres calcaires (dont trois importantes), épaisses de quelques mètres, et en des niveaux de calcaires plus lités, marno-calcaires et marnes ou calcaires gréseux. Leur épaisseur est supérieure à 60 m. Ces calcaires présentent des phénomènes de dissolution karstique.

Les argiles sparnaciennes sont plus ou moins masquées par les produits de leur altération et par les alluvions récentes de la Rougeanne ; leur gisement est surtout localisé dans le vallon de celle-ci. Leur épaisseur est difficile à évaluer mais paraît être de 15 à 25 m. Il semble aussi que ces argiles renferment quelques niveaux de grès ou de marnes.

Le calcaire de Montolieu représente une assise de 10 à 20 m de calcaire blanc crayeux plus ou moins friable, avec des traces de dissolution.

Le Montien est plus ou moins caché par son altération, mais il est représenté par un complexe d'argiles, de marnes et de grès ou de sables. Il occupe la partie haute du vallon entre Moussoulens et Montolieu. Enfin à partir de Montolieu apparaît le socle cristallin de la Montagne Noire.

La structure

Toutes les formations sédimentaires plongent vers le Sud Sud Ouest avec certaines variations locales en ce qui concerne la grandeur du pendage (10° - 35°).

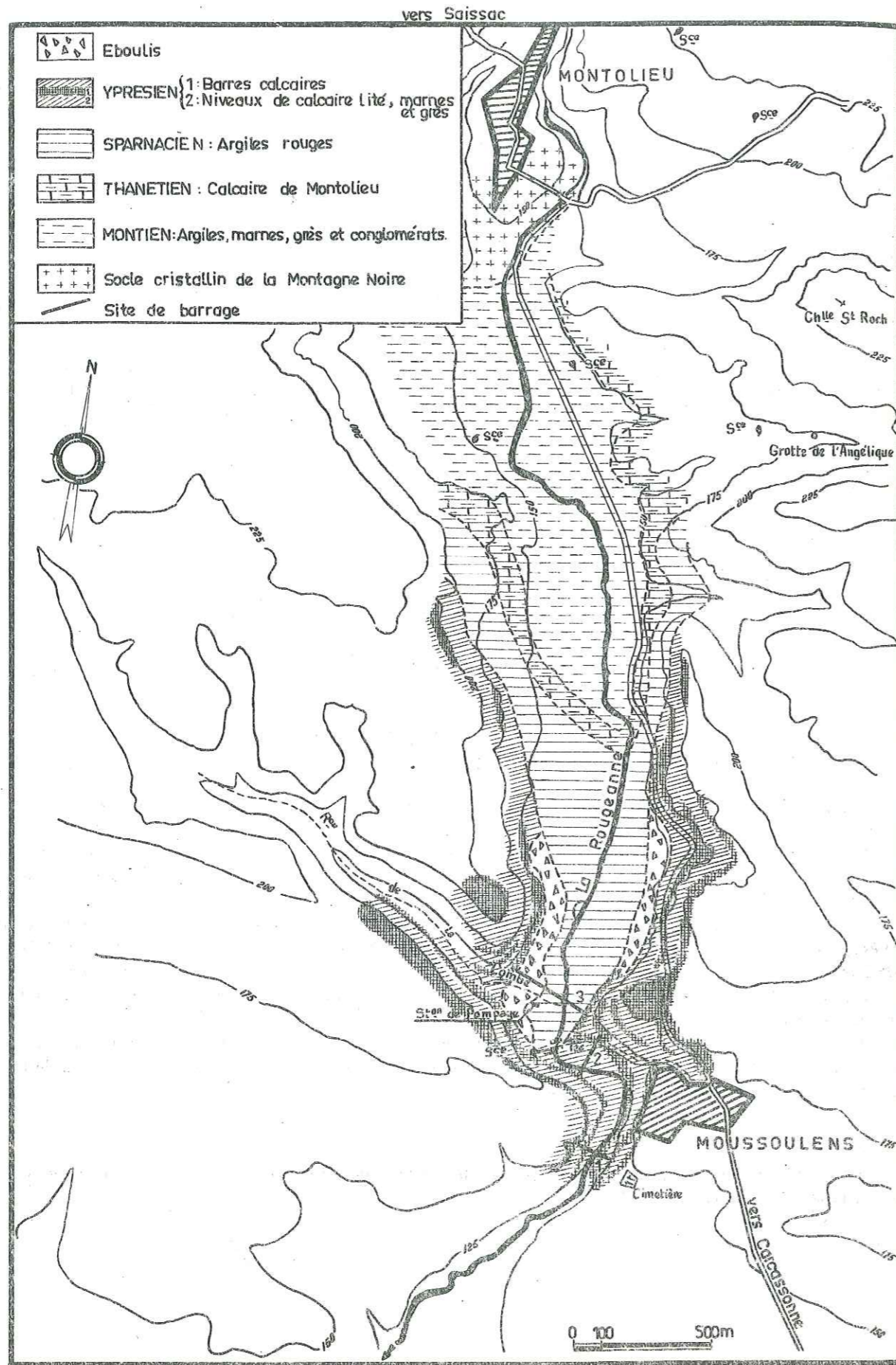


Fig 85 - PLAN D'EAU TOURISTIQUE A MOUSSOULENS - ESQUISSE GEOLOGIQUE

Il faut aussi noter de fréquentes cassures, observables surtout dans les barres calcaires de l'Yprésien, souvent assez ouvertes avec basculement et léger décrochement des compartiments.

2. - Géotechnie

Topographiquement trois sites sont possibles :

- 1° - Au niveau du cimetière, en aval de Moussoulens ;
- 2° - Un peu à l'aval du pont de la route Moussoulens-Station de pompage ;
- 3° - A l'amont du confluent avec le ruisseau de la Combe.

Les points bas des trois emplacements possibles se trouvant à 1 m près, à la même cote (126 m), la retenue doit de toutes façons se limiter à la cote 140 environ, pour ne pas noyer la partie basse du village de Montolieu.

Les sites

Les deux premiers sites se trouvent, pour toutes les cotes de retenues possibles, entièrement dans les calcaires du "Nummulitique" (Yprésien).

Ceci pose de sérieux problèmes en ce qui concerne l'étanchéité de ces emplacements et surtout pour le site n° 2, où il y a des risques de court-circuit dans l'éperon rive gauche. Car comme nous l'avons déjà dit, ces calcaires présentent des dissolutions karstiques et leur pendage aval est défavorable ; de plus, ils sont assez fracturés.

D'ailleurs des pertes et circuits karstiques, avec ou sans résurgences, sont déjà connus dans la région de Moussoulens-Montolieu, comme par exemple à la Crotte de l'Angélique ou à la Chapelle Saint-Roch. Pour retrouver ces pertes dans ces calcaires, un sondage a été effectué par le Génie Rural de l'Aude dans la région de Moussoulens (sans résultat positif pour la profondeur atteinte : 74 m dans les mêmes calcaires nummulitiques). Nous pensons d'ailleurs que la station de pompage située aux abords du torrent draine à la fois des eaux de ces calcaires et des alluvions (voir aussi chapitre IV).

Un voile d'étanchéité au droit du barrage, fondé dans les argiles sparnaciennes qui se trouvent au-dessous des calcaires ne serait pas efficace à cause des fuites possibles dans la retenue.

Au site n° 3, à la partie basse règnent des éboulis, des produits d'altération et des alluvions qui couvrent très probablement les argiles sparnaciennes. Au-dessus de la cote 130 environ, commencent les calcaires yprésiens. Pour une digue de 5 m de hauteur on pourrait donc, peut-être, éviter de baigner la totalité de ces calcaires et de limiter, dans la mesure du possible, les travaux d'étanchéité (fig. 86, 87). Mais de toutes façons un levé topographique, détaillé sera nécessaire pour pouvoir positionner avec précision la base des calcaires nummulitiques.

Un autre risque se présente pour ce site : c'est la présence du calcaire de Montolieu, aussi perméable en grand que les calcaires nummulitiques, qui passe sous les argiles sparnaciennes (fig. 86).

Il faut donc s'assurer de l'épaisseur de ces argiles par quelques courts sondages, car il est en plus possible, vue la position de ces argiles dans le fond du vallon, qu'une partie en ait été enlevée par l'érosion. Par ailleurs, il faut également reconnaître s'il n'existe pas, au sein de ces argiles, des formations sableuses qui pourraient, par leur position, compromettre l'étanchéité de la digue.

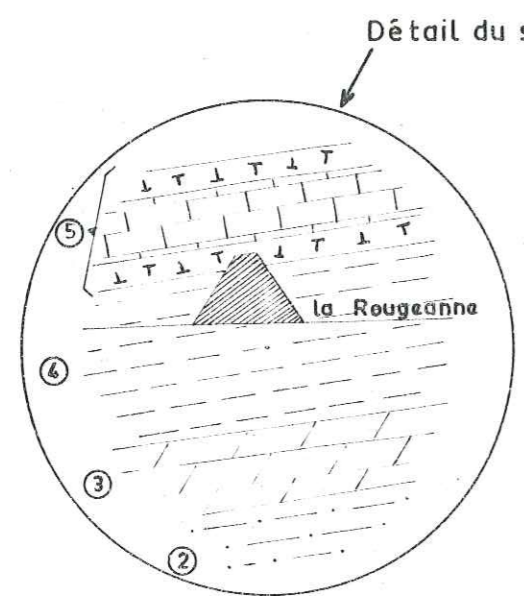
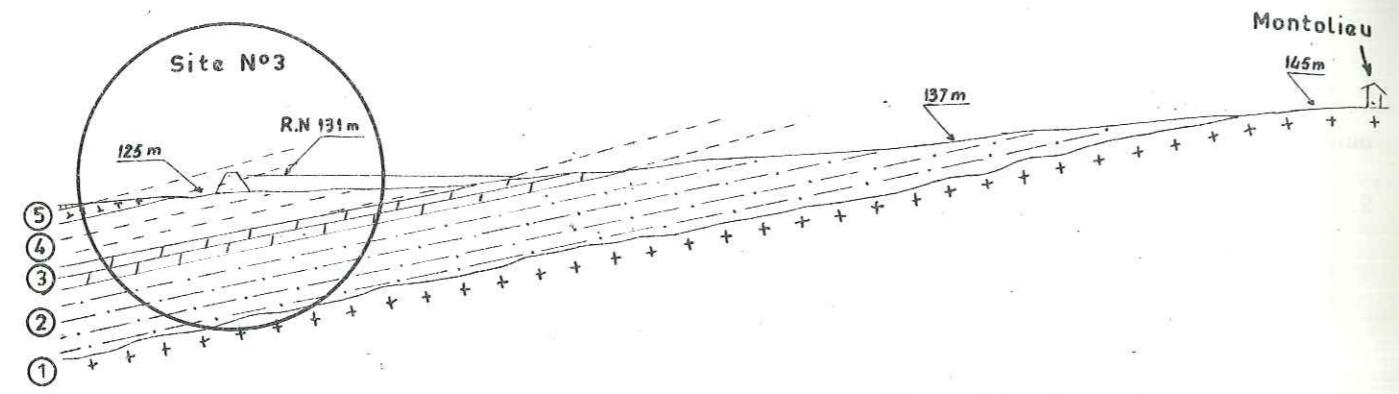
Ces argiles, assez plastiques, contiennent en général de la montmorillonite* dont il faudra connaître la proportion. Elles risquent ainsi d'avoir un comportement défavorable sous la fondation de l'ouvrage. Il faudra donc probablement les consolider par injection. De plus une certaine quantité d'eau pourrait s'accumuler dans ces formations, sous la digue et il conviendra de l'évacuer vers l'aval par des drains.

La cuvette

Pour les sites 1 et 2, et pour n'importe quelle cote de retenue, l'étanchéité de la cuvette est très compromise à cause des calcaires nummulitiques qui occupent une partie des versants et les abords de ces emplacements, et du calcaire de Montolieu qui la touche dans sa partie amont (ce dernier serait peut-être juste atteint pour une digue de 5 m de hauteur).

Le site n° 3 se présente de façon plus favorable pour la cote de 130 m environ (digue de 5 m) car toute la cuvette,

* - Voir chapitre II.



- ⑤ Yprésien (alternances des barres calcaires avec des marnes, grès et des calcaires lités)
- ④ Sparnacien (argiles rouges)
- ③ Thanétien (calcaires de Montolieu)
- ② Montien (argiles, sables, grès et conglomérats)
- ① Socle cristallin de la Montagne Noire
- Ⓐ Eboulis

Fig 86 - COUPE SCHEMATIQUE SUIVANT LE LIT DE LA ROUGEANNE

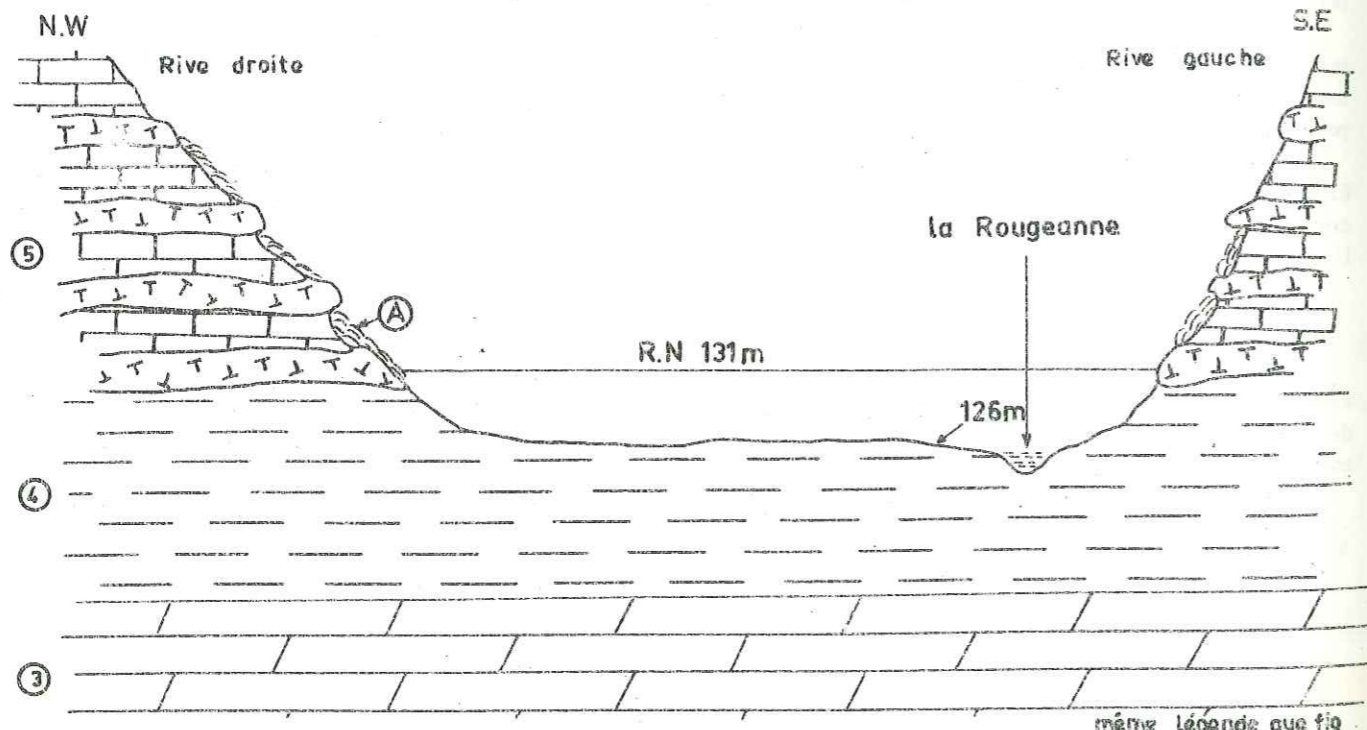


Fig 87 - COUPE SCHEMATIQUE EN TRAVERS DU SITE N°3

sauf pour sa partie amont où on peut aussi toucher le calcaire de Montolieu, se trouve sur les argiles sparnaciennes. Mais il faut préciser leur épaisseur sur le calcaire, comme nous l'avons déjà dit.

Conclusions

Les deux premiers emplacements sont à éliminer en raison des conditions extrêmement défavorables d'étanchéité au droit du site et dans la cuvette.

Le troisième site nous paraît possible pour un plan d'eau de l'ordre de 5 m de hauteur, mais avant de prendre une option définitive, il faudra préciser par un levé topographique détaillé les cotes des premiers affleurements de calcaires nummulitiques et thanétiens et par quelques courts sondages, l'épaisseur et la nature des argiles sparnaciennes et éventuellement leur perméabilité par des essais d'eau.

PLANS D'EAU TOURISTIQUES DANS LA MONTAGNE NOIRE

Dans la Montagne Noire où les sites touristiques naturels sont plus nombreux, l'intérêt de création des plans d'eau est plus grand. Un certain nombre de sites déjà prospectés et décrits au chapitre V pourraient dans le cas où ils ne seraient pas utilisés à des fins agricoles, être retenus en fonction de la facilité de leur accès et de leur milieu naturel environnant.

Ces sites sont :

- Compagnes sur le Lampy Haut
- Raziguet sur le Tenten Haut
- Labecède Basse sur l'Argentouire
- Labecède Haute sur l'Argentouire

Trois autres sites, un dans le secteur de Villemagne et deux dans le secteur de Verdun, ont fait l'objet d'une prospection très rapide et ces sites inscrits sur des gneiss ou granites ne présentent pas, à priori, des problèmes de fondation ou d'étanchéité.

BIBLIOGRAPHIE

Abréviations

A. I. H.	Association Internationale des Hydrogéologues.
B. A. F. E. S.	Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du sol.
B.R.G.M.	Bureau des Recherches Géologiques et Minières.
B. S. C. G. F.	Bulletin du Service de la Carte Géologique de la France.
B. S. E. S. A.	Bulletin de la Société d'Etudes Scientifiques de l'Aude.
B. S. G. F.	Bulletin de la Société Géologique de France.
B. S. H. N. T.	Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse.
C. G. I.	Congrès Géologique International.
C. I. G. B.	Congrès International des Grands Barrages.
C. R. A. S.	Comptes Rendus de l'Académie des Sciences.
C. R. S. S. G. F.	Comptes Rendus Sommaires de la Société Géologique de France.
C. S. I. M. R.	Congrès de la Société Internationale de Mécanique de Roches.
M. S. G. F.	Mémoires de la Société Géologique de France.
R. G. P. S. W.	Revue Géographique des Pyrénées et du Sud Ouest.

1. ARTHAUD (F.), 1966. - Sur les relations entre les linéations et les structures hercyniennes du versant sud de la Montagne Noire. C.R.S.S.G.F., p. 18-19.
2. ARTHAUD (F.), MATTAUER (M.) et PROUST (F.), 1967. - La structure et la microtectonique des nappes hercyniennes de la Montagne Noire. Etages tectoniques, Colloque Neuchâtel 1966, p. 229-241.
3. ASTRE (G.), 1922. - Plissements localisés du fond de la mer nummulitique sur le versant méridional de la Montagne Noire. B.S.G.F. (4), t. XXII, p. 221-224.
4. ---- 1928. - L'allure synclinale des calcaires paléozoïques cristallins de Labecède à Montpaon. B.S.H.N.T., t. 57, p. 435-439.
5. ---- 1931. - Reste de crocodilien dans le terrain nummulitique marin de Villespy. B.S.H.N.T., p. 397-398.
6. ---- 1931. - Les grandes phases géologiques du domaine pyrénéen. B.S.H.N.T., t. 61, p. 363-438.
7. ---- 1933. - Palæothérides du Ludien inférieur de Mireval-Lauragais. B.S.H.N.T., t. 65, p. 631-634.
8. ---- 1938. - Limons gallo-romains de la dépression du Tréboul. B.S.H.N.T., t. 72, p. 365-378.
9. ---- 1939. - Sondages dans la plaine d'Alzonne. B.S.H.N.T., t. 73, p. 111-112.
10. ---- 1949. - Le dôme rompu de Mariou dans le Nummulitique de Saint-Martin-le-Viel. B.S.G.F., p. 415-422.
11. ---- 1959. - Terrains stampiens du Lauragais et du Tolosan. B.S.H.N.T., t. 94, p. 8-168.
12. ---- 1961. - Les graviers anciens de l'Hers dans le sillon entre Balma et Toulouse. B.S.C.G.F., t. 58, p. 339-364.
13. ---- 1964. - Le problème des aires d'affleurement du Stampien terminal au sommet des nanno-mollasses Tolosannes. B.S.H.N.T., p. 229-234.

14. BARBIER (R.), 1959. - Les problèmes hydrogéologiques posés par l'exécution des aménagements hydrauliques et hydro-électriques. A.I.H., Mém. I, Réunion de Paris, p. 23-27.

15. BAULIG (H.), 1927. - L'Agout tributaire de l'Aude ? An. Geogr., 36, p. 33-39.

16. ---- 1928. - Le plateau Central de la France et sa bordure méditerranéenne. Etude morphologique. Thèse Paris, A. Colin édit., 591 p.

17. BERGERON (J.), 1889. - Etude géologique du massif ancien situé au Sud du Plateau Central. Ann. Sci. Géol., t. XXII, 362 p.

18. ---- 1899. - Etude des terrains paléozoïques et de la tectonique de la Montagne Noire. B.S.G.F., (3), 27, p. 617-678.

19. BERTRAND (L.), 1935. - Les grandes régions géologiques du sol français. Flammarion édit., p. 179-183, Paris.

20. BIGOT (M.), 1965. - Contribution à l'étude du Tertiaire du bassin de Carcassonne (Montagne d'Alaric-Minervois). Thèse 3e Cycle, 107 p., Bordeaux.

21. BLAYAC (J.), 1907. - L'Agout tributaire de l'Aude et la vallée de l'Hers-Mort. C.R.A.S., p. 1367-1370.

22. BOGOMOLOV (G.V.) et SILIN-BEKTCHOURINE (A.E.), 1959. - Hydrogéologie spécialisée. Ann. du Service d'Information du B.R.G.M., n° 37.

23. BOYER (C.), 1964. - Etude de quelques terrains cristallins et cristallophylliens du Cabardès. B.S.C.G.F., t. XL, n° 277, p. 623-632.

24. BOYER (F.), 1963. - Style en plis couchés et laminages dans le Paléozoïque du Minervois (Montagne Noire). B.S.G.F., p. 278-286.

25. BRESSON (M.), 1900. - Observations à propos de l'existence de couches marines nummulitiques au-dessus du calcaire de Ventenac sur la bordure méridionale de la Montagne Noire. B.S.G.F., (3), p. 1005-1006.

26. BRUNET (R.), 1953. - La vallée de l'Hers-Mort et son évolution morphologique. R.G.P.S.W., t. 24, p. 97-115.

27. ---- 1960. - Les paysages ruraux de l'Aquitaine du SE. R.G.P.S.W., t. 31, fasc. III, p. 234-275.

28. CAILLEUX (A.) et TRICART (J.), 1959. - Initiation à l'étude des sables et galets. C.D.U. Paris.

29. CAMBEFORT (H.), 1957. - Forages et sondages. Leur emploi dans les Travaux Publics. Eyrolles édit., 2e édition, Paris.

30. ---- 1963. - Reconnaissance des sols et fondations spéciales. Eyrolles édit. Paris.

31. ---- 1964. - Injection des sols. Tome I. Principes et méthodes. Eyrolles édit., Paris.

32. CASTANY (G.), 1960. - Rôle de la géologie appliquée aux grands travaux de Génie Civil. B.S.G.F., p. 821-823.

33. ---- 1963. - Traité pratique des eaux souterraines. Dunod, édit., Paris.

34. ---- 1966. - Interprétation des cartes piézométriques et caractéristiques des couches aquifères libres. Bull. B.R.G.M., n° 3.

35. CASTERAS (M.), 1952. - Esquisse structurale du versant nord des Pyrénées. XIX, C.G.I., fasc. XIV, p. 165-180, Alger.

36. ---- 1954. - Sur les formations continentales et lacustres tertiaires de la partie sud-orientale du bassin d'Aquitaine. Actes du 2e Congrès d'Etudes pyrénéennes, t. 2, sect. 1, p. 23-37.

37. CAVAILLE (A.), 1955. - Coulées de boue et glissements actuels en Aquitaine. C.R.S.S.G.F., p. 106-108.

38. CHEYLAN (G.), 1952. - Le barrage du Ghrib. XIX C.G.I., Alger.

39. ---- 1966. - Etudes géologiques des aménagements hydrauliques de la Compagnie du Bas-Rhône Languedoc. Thèse 343 p., Grenoble.

40. COLLOMB (P.) et ELLENBERGER (F.), 1965. - Age relatif et signification de la linéation régionale dans la Montagne Noire. C.R.A.S., t. 261, p. 195-198.

41. COURTESSOLE (R.), VERNET (J.P.) et VILLATE (J.), 1965. - Sur l'existence d'épisodes laguno-marins à la base du calcaire de Montolieu. C.R.S.S.G.F., p. 97-98.

42. CROSNIER-LECONTE (J.), 1959. - Note sur l'organisation des reconnaissances géologiques à l'Electricité de France. Barrages et bassins de retenue. Congrès et Colloques de l'Université de Liège, vol. 14, p. 7-28.

43. DAVID (A.), 1920. - La Montagne Noire. Essai de monographie géographique. Ann. Géogr., t. XXIX, n° 160, p. 241-260.

44. DEBAT (P.), 1968. - Plis couchés et structures chevauchantes dans le Cabardès, Montagne Noire. C.R.S.S.G.F., p. 148-149.

45. DEMANGEAON (P.), 1959. - Contribution à l'étude de la sédimentation détritique dans le Bas Languedoc pendant l'ère tertiaire. Naturalia Montpelienisia, série géologie, Mém. n° 5, 394 p.

46. DENIZOT (G.), 1929. - Les horizons continentaux du Stampien et de l'Aquitainien. B.S.G.F., (4), p. 205-216.

47. DONCIEUX (L.), 1905. - Catalogue descriptif des fossiles nummulitiques de l'Aude et de l'Hérault. Ann. Univ. Lyon, nouvelle série, t. I, fasc. 17.

48. DOTTIN (O.), 1955. - Etude géologique des terrains cristallins de la Montagne Noire. Diplôme de géologue-pétrographe, 154 p., Clermont-Ferrand.

49. ECKEL (B.E.), 1958. - Landslides and Engineering Practice. Highway Research Board, sp. rep. 29, Washington D.C.

50. ELLENBERGER (F.), 1938. - Problèmes de tectonique et de morphologie tertiaires : Grésigne et Montagne Noire. B.S.H.N.T., t. 72, p. 327-364.

51. ---- 1943. - Sur le Tectonique de la bordure orientale de l'Aquitaine. C.R.S.S.G.F., p. 196-198.

52. FAUCHER (D.), 1930. - La largeur des vallées du Lauragais et du Toulousain. Notes de morphologie. R.G.P.S.W., t. I, p. 215-221.

53. ---- 1952. - Le couloir de Carcassonne. B.S.E.S.A., p. 123-127.

54. FENELON (P.), 1955. - Les mines françaises de Pb et Zn. La mine de la Loubatière. (Montagne Noire). R.G.P.S.W., t. XXVI, p. 275-281.

55. FERRIERE (de F.), MILLOT (G.) et CAMEZ (Th.), 1959. - Argiles des sols des formations tertiaires et quaternaires d'Aquitaine. B.A.F.E.S., n° 11, p. 512-526.

56. FILHOL (H.), 1888. - Etudes sur les vertébrés fossiles d'Issel (Aude). M.S.G.F., t. V, 186 p.

57. FREYTET (P.), 1968. - Essai de reconstitution des bassins d'alimentation et des cônes alluviaux du Vitrollien-Thanézien inférieur sur le revers sud de la Montagne Noire. C.R.A.S., 2294-2297.

58. GARROZZI (A.), 1959. - Pétrographie des roches sédimentaires. Edit. du Griffon, Neuchâtel.

59. GARY (L.), 1900. - Note sur le puits artésien de Castelnaudary. B.S.E.S.A., t. XI, p. 109-127.

60. GEZE (B.), 1940. - Sur les phases d'orogénèse et de métamorphisme dans la Montagne Noire. C.R.A.S., p. 403-406.

61. ---- 1944. - Observations sur la tectonique de la bordure orientale de l'Aquitaine. C.R.S.S.G.F., p. 11-13.

62. ---- 1949. - Etude géologique de la Montagne Noire et des Cévennes méridionales. M.S.G.F., n° 62, 206 p.

63. GEZE (B.), SITTER (de L.U.) et TRÜMPY (R.), 1952. - Sur le sens de déversement des nappes de la Montagne Noire. B.S.G.F., (6), p. 491-535.

64. GIGNOUX (M.) et BARBIER (R.), 1955. - Géologie des barrages et des aménagements hydrauliques. Masson et Cie édit., Paris.

65. GINOCCHIO (R.), 1959. - Aménagements hydroélectriques, Eyrolles édit., Paris.

66. GOGUEL (J.), 1959. - Application de la Géologie aux travaux de l'ingénieur. Masson et Cie édit., Paris.

67. HEBERT 1882. - Groupe nummulitique du midi de la France. B.S.G.F., p. 381-392.

68. ISCHY (E.), HAFFEN (M.), 1955. - Barrage de Serre-Ponçon. 5e C.I.G.B., Q 16, R. 80.

69. JUNG (J.), 1953. - Zonéographie et âge des formations cristallophylliennes des massifs hercyniens français. B.S.G.F., p. 329-343.

70. KULBICKY (G.), 1954. - Sur la genèse des argiles tertiaires mollassiques et lacustres en Aquitaine. C.R.S.S.G.F., p. 361-363.

71. LEYMERIE (M.A.), 1846. - Mémoire sur le terrain à Nummulites des Corbières et de la Montagne Noire. M.S.G.F. (2), I.

72. LEYMERIE (M.A.), 1873. - Note sur les terrains supérieurs de la Montagne Noire et sur l'ensemble des dépôts supra-nummulitiques du bassin de Carcassonne. B.S.G.F. (3), p. 68-81.

73. ---- 1879. - Description géognostique du versant méridional de la Montagne Noire dans l'Aude. B.S.G.F. (3), p. 157-196.

74. LUGEON (M.), 1933. - Barrages et Géologie. Dunod édit., Paris.

75. MALAFOSSE (de), 1872. - Sur une dent de Lophiodon trouvée à Bram. B.S.H.N.T., t. 6, p. 256.

76. MARCHAND (Ph.), 1963. - Contribution aux études de reconnaissance des barrages de Castirla, Figaretto et Alesani (Corse). Thèse de 3e Cycle, 114 p., Grenoble.

77. MARTY 1959. - Le sol Lauragais. B.A.F.E.S., n° 6-7, p. 290-294.

78. MATHERON 1862. - Recherches comparatives sur les dépôts fluvio-lacustres tertiaires des environs de Montpellier, de l'Aude et de la Provence. B.S.G.F. (2).

79. MATTAUER (M.), PROUST (F.), 1963. - Sur le déversement vers le Sud et le style tectonique en têtes plongeantes des structures hercyniennes du versant S de la Montagne Noire. C.R.A.S., t. 257, N. 25, p. 3967-3970.

80. MENGAUD (L.), 1926. - Sur quelques sondages profonds dans le bassin de l'Aquitaine. B.S.H.N.T., t. 54, p. 122-142

81. ---- 1928. - L'Agout a-t-il été tributaire de l'Aude ? Ann. Géogr., n° 208, p. 354-355.

82. ---- 1938. - Ressources aquifères du Lauragais. B.S.H.N.T., t. 22, p. 81-94.

83. ---- 1940. - Notes hydrogéologiques sur la région centrale et orientale de l'Aquitaine. B.S.C.G.F., t. 12, n° 203, p. 125-129.

84. MINISTERE de l'AGRICULTURE, 1963. - Retenues collinaires. La documentation française. Paris.

85. OKSENGORN (S.), 1958. - Etude géologique et métallogénique de la région de la Loubatière (Aude) et d'Arfons (Tarn). Thèse de 3e Cycle. Paris et B.S.G.F., p. 281-287.

86. PAIN (M.), 1967. - Le problème de l'eau en Lauragais et le barrage de Cammazes. Diplôme de géographie, Toulouse.

87. PARDAL (M.V.), 1966. - La géologie détermine l'échelle à utiliser dans la reconnaissance et dans les essais du terrain. 1er C.S.I.M.R., p. 81-86.

88. PLANDE (R.), 1935. - Note sur l'origine du seuil de Naurouze et les captures du Fresquel, affluent de l'Aude. R.G.P.S.W., t. 6, p. 39-43.

89. POST (G.), LONDE (P.), 1953. - Les barrages en terre compactée. Gauthier-Villars édit., Paris.

90. RAGUIN (F.), VINCIENNE (H.), 1949. - Le gisement de Pb de la Loubatière (Aude). Ann. Mines, n° 1, p. 5-13.

91. RAULIN (V.), 1848. - Sur la position géologique du calcaire d'eau douce à physes de Montoliéu. B.S.G.F. (2), p. 428-433.

92. RICHARD (Mlle M.), 1946. - Les gisements des mammifères tertiaires. M.S.G.F., n° 52, 380 p.

93. ROQUES (M.), 1941. - Les schistes cristallins de la partie sud ouest du Massif Central français. Mém. de la Carte géologique de la France.

94. ROUSSEL (J.), 1900. - Observations relatives à la composition de l'Eocène de la Montagne Noire. In : Contribution à l'étude géologique des Pyrénées. B.S.C.G.F., t. 11, p. 242-244.

95. SABARLY (F.), 1968. - Les injections et les drainages de fondation des barrages en roches peu perméables. Géotechnique, n° 2, p. 229-249.

96. SCHOELLER (H.), 1962. - Les eaux souterraines. Masson et Cie édit., Paris.

97. SCHNEIDER (B.), 1967. - Contribution à l'étude des Massifs de fondation des barrages. Thèse de Docteur-Ingénieur, Grenoble.

98. SHERARD (J.L.), WOODWARY (R.J.), GIZIENSKI (S.P.) et CLEVINGER (W.A.), 1963. - Earth and earth-Rock dams J. Willey édit.

99. SKEMPTON (A.W.), BISHOP (A.W.), 1955. - The gain in stability due to pore pressure dissipation in a soft clay foundation. 5e. C.I.G.B., Q 16, R 57, Paris.

100. STEMMELIN (C.), 1967. - Présentation d'une carte géologique et structurale du bassin d'Aquitaine. Diplôme ét. sup., 30 p., Strasbourg.

101. TALLAVIGNE, 1847. - Résumé d'un mémoire sur le terrain à nummulites du département de l'Aude et des Pyrénées. B.S.G.F., (2).

102. TERZAGHI (K.) et PECK (R.B.), 1965. - Mécanique des sols appliquée. Dunod édit., Paris.

103. THEROND (R.) et BORDET (C.), 1966. - L'information géologique dans l'étude des sites de barrages. 1er C.S.I.M.R., p. 35-38.

104. THORAL (M.), 1935. - Contribution à l'étude géologique des Monts de Lacaune et des terrains cambriens et ordoviciens de la Montagne Noire. B.S.C.G.F., t. 38, n° 192, 320 p.

105. THORAL (M.) et GEZE (B.), 1939. - Sur la structure de la région occidentale du versant méridional de la Montagne Noire (Aude-Hérault). C.R.A.S., p. 211-214.

106. TWENHOFEL (W.H.) et TYLER (S.A.), 1941. - Methods of study of sediments. Mc Graw Hill édit., New York.

107. VARLET (H.), 1966. - Barrages réservoirs. Tome I Hydrologie-Géologie. Eyrolles édit., Paris.

108. VASCONCELOS (V.C.C.), 1965. - Détermination de l'âge absolu des roches de la Montagne Noire et du Rouergue par la dispersion de la biréfringence. Dipl. ét. sup., 57 p., Clermont-Ferrand.

109. VASSEUR (G.), 1893. - Relations du terrain nummulitique de la Montagne Noire avec les formations lacustres du Castrais. B.S.C.G.F., t. V, n° 37, p. 369-374.

110. ---- 1893. - Nouvelles observations sur l'extension des poudingues du Palassou dans le département du Tarn. B.S.C.G.F., t. V, n° 37, p. 359-363.

111. ---- 1894. - Note préliminaire sur les terrains tertiaires de l'Albigeois. B.S.C.G.F., n° 38, p. 75-80.

112. VATAN (A.), 1944. - Premiers résultats d'une étude de l'origine du matériel sédimentaire du bassin aquitain. C.R.S.S.G.F., p. 83-85.

113. ---- 1946. - Etude minéralogique des provinces distributives du matériel sédimentaire d'Aquitaine. B.S.G.F., (5), p. 657-670.

114. ---- 1948. - Rythmes de sédimentation en Aquitaine au Crétacé et au Tertiaire. C.G.I., f. IV, p. 74-82.

115. ---- 1948. - La sédimentation détritique en Aquitaine aux temps tertiaires. C.R.S.S.G.F., p. 48-50.

116. VERDEIL (P.), 1967. - Introduction à l'étude de l'Hydrologie superficielle et souterraine des bassins de l'Aude, de l'Agly et du haut bassin de l'Hers. Thèse, Bordeaux.

117. ---- 1968. - Essai de paléohydrographie de l'Aude. B.S.E.S.A., p. 61-104.

118. VIALETTE (Y.), 1962. - Massifs de granites et migmatites du Massif Central. Thèse, Clermont-Ferrand.

119. VIERA DE CAMPOS (F.A.) et RONDOT (E.), 1966. - Coordination des méthodes de recherche dans les études de Génie Civil. 1er C.S.I.M.R., p. 55-58.

120. VIGNEAUX (M.), 1962. - Le bassin d'Aquitaine. Colloque sur le Paléogène. Bordeaux. Mém. B.R.G.M., n° 28 p. 177.

121. WALTERS (R.C.S.), 1962. - Dam Geologie. Butterworth édit., London.

Cartes géologiques consultées

Cartes géologiques détaillées de la France au 1/80 000 :

122. N° 230, Toulouse - 2e édition : VASSEUR, BLAYAC, SAVORNIN, REPELIN, ASTRE, CAVAILLE, 1966.

123. N° 231, Castres - 2e édition : VASSEUR, BLAYAC, REPELIN, GEZE, MATTEL, 1954.

124. N° 242, Pamiers - 2e édition : CAREZ, SAVORNIN, VASSEUR, CASTERAS, REY, BEGON, 1966.

125. N° 243, Carcassonne - 2e édition : VASSEUR, BRESSON, THORAL, JACOB, A.F. de LAPPARENT, 1951.

126. Carte géologique de la Montagne Noire et des Cévennes méridionales par B. GEZE au 1/200 000.

Rapports inédits de la C. N. A. B. R. L. ,

127. C. G. G., 1955. - Etude hydrogéologique par prospection électrique dans la région de Castelnaudary.
128. C.N.A.B.R.L., 1969. - Projet d'irrigation de la région de Castelnaudary.
129. C.N.A.B.R.L., 1969. - Irrigation du Lauragais audois. Etude préliminaire générale.
130. CASTERAS (M.), 1946. - Rapport géologique sur l'avant projet d'alimentation en eau potable. Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme.

131. DENIZOT (G.), 1953. - Note préliminaire sur un barrage dans la région de Fanjeaux.
132. -- 1953. - Projet de recherche d'eau par forages. Génie Rural. Carcassonne.

133. ESTIVAL (J.) et BLAYAC (J.), - Rapport géologique sur la question d'alimentation en eau de la ville de Castelnaudary. Castelnaudary.

134. KARPOFF (R.), 1964. - Rapport sur l'alimentation de Castelnaudary. Castelnaudary.

135. MARINOS (P.), 1968. - Etude hydrogéologique du périmètre Bram - Villasavary - Pexiora. C.N.A.B.R.L.
136. -- 1968. - Rapport géologique sur le barrage du Castelet. C.N.A.B.R.L.
137. -- 1968. - Etude géologique préliminaire de la galerie de Mandore. C.N.A.B.R.L.
138. -- 1968. - Etude géologique d'un plan d'eau touristique à Moussoulens. C.N.A.B.R.L.
139. -- 1969. - Etude géologique du barrage de l'Estrade sur la Ganguise. C.N.A.B.R.L.
140. -- 1969. - Recherche des sites de barrages sur le versant sud de la Montagne Noire. C.N.A.B.R.L.
141. -- 1969. - Ressources aquifères souterraines du Lauragais audois. C.N.A.B.R.L.
142. -- 1969. - Projet de Jonquières - Etude géologique. C.N.A.B.R.L.
143. MENGAUD (L.), 1946. - Etude géologique d'aménagement hydraulique de la Montagne Noire. Compagnie des eaux et de l'ozone.

144. ROTHEY (P.C.), 1931 et 1932. - Recherche d'eau pour la commune de Carlipa-Aude. Génie Rural. Carcassonne.
145. SCHOELLER (H.), 1947. - Etude hydrogéologique des terrains tertiaires recouvrant le flanc sud de la Montagne Noire entre Issel et Villegly. Castelnaudary.
146. -- 1948. - Rapport hydrogéologique sur un projet d'alimentation en eau de Castelnaudary. Castelnaudary.
147. -- 1954. - Etude de la source de Los Nobios, alimentant la ville de Castelnaudary. Castelnaudary.
148. VIGNEAUX (M.), 1948. - Rapport hydrogéologique sur le projet d'alimentation du système d'adduction d'eau de Castelnaudary. Castelnaudary.

Vu,
Grenoble, le
Le Président de la thèse,

R. BARBIER

Vu,
Grenoble, le
Le Doyen de la Faculté des Sciences,

E. BONNIER

Vu, et permis d'imprimer
Le Recteur de l'Académie de Grenoble,

M. NIVEAU

