

JK



BRGM

B. F. G. M.
16. AVR. 1987
BIBLIOTHEQUE



E P A L A

BARRAGE DU VEURDRE SUR L'ALLIER

—
GEOLOGIE ET SYNTHESE DOCUMENTAIRE

J.F. ALLARD

87 SGN 153 GEG

MARS 1987

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES
SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL
Département INGENIERIE GEOTECHNIQUE
BP 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX 2
Tél. : 38.64.34.34

EPALA

Barrage du Veurdre, sur l'Allier Géologie et synthèse documentaire.

87 SGN 153 GEG

EPALA

Etude suivie par SHC
Conducteur d'opération.

Auteur : J.F. Allard

RESUME

Etude représentant le 1ère partie d'une mission de maîtrise d'oeuvre objet d'une convention passée entre EPALA (Mr Royer Président) et le BRGM.

Le barrage du Veurdre, sur l'Allier est un ouvrage d'ecartement des crues de l'Allier, situé sur l'Allier à 30 km à l'aval de Moulins.

Le site du barrage n'a fait l'objet d'aucune reconnaissance spécifique, il fallait donc programmer des reconnaissances géologiques détaillées et pour cela il a paru nécessaire de réaliser auparavant une synthèse des connaissances acquises et un levé géologique de détail afin de proposer des méthodes adaptées au site.

Le levé géologique a été effectué par l'observation des éléments de surface complétée par une interprétation des photos aériennes et l'examen des sondages anciens.

La synthèse des données existantes a été réalisée à partir des documents et études antérieures présents dans divers organismes.

La confrontation des données connues, des incertitudes et des éléments nécessaires pour le projet de barrage a servi à élaborer un programme de reconnaissance qui a fait l'objet d'un appel d'offres pour son exécution.

SOMMAIRE

1 - <u>INTRODUCTION</u>	1
1.1 - But de l'étude entreprise	1
1.2 - Situation géographique du site du barrage	1
1.3 - Limites de l'étude	1
1.4 - Moyens mis en oeuvre	3
1.5 - Structure du présent rapport.....	3

1ère Partie

2 - <u>GEOGRAPHIE DE LA VALLEE DE L'ALLIER DANS LA ZONE D'ETUDE</u>	5
2.1 - Profil et pente du cours d'eau	5
2.2 - Les affluents	5
2.3 - Les pentes des versants.	6
3 - <u>INTERPRETATION DES PHOTOS AERIENNES</u>	7
3.1 - Zone du barrage.....	7
3.2 - Zone de la retenue	7
4 - <u>GEOLOGIE DU SITE DU BARRAGE ET DE LA RETENUE</u>	9
4.1 - Cadre géologique régional.....	9
4.2 - Description des terrains	10
4.3 - Eléments de structure	12
5 - <u>LES ALLUVIONS DE L'ALLIER</u>	14
5.1 - Caractéristiques physiques des alluvions	14
5.2 - Répartition des alluvions.....	15
5.3 - Le substratum des alluvions	15
6 - <u>ELEMENTS D'HYDROGEOLOGIE</u>	16
6.1 - Aperçu général	16
6.2 - Piezométrie de la nappe alluviale	16
6.3 - Les captages	17

2ème Partie

7 - <u>CONSTAT DES INCERTITUDES APRES CETTE PREMIERE SYNTHESE</u>	22
7.1 - La géologie	22
7.2 - Les matériaux.....	22
7.3 - L'hydrogéologie.....	23
7.4 - La géotechnique.....	23
8 - <u>QUESTIONS AUXQUELLES IL FAUDRA APPORTER DES ELEMENTS DE REPONSE</u>	23
9 - <u>PROGRAMME DE RECONNAISSANCE A ENTREPRENDRE</u>	24
9.1 - Données à acquérir.....	24
9.2 - Données à obtenir sur le sous-sol par secteurs	25
9.3 - Méthodes d'études.....	25
<u>CONCLUSIONS</u>	28
Annexe 1 - Coupes détaillées des fronts de taille à proximité du site du barrage	
Annexe 2 - Extrait d'un rapport de photo interprétation	
1 planche hors texte - Carte géologique à 1/25 000.	

1 - INTRODUCTION

L'Etablissement public d'aménagement de la Loire et de ses affluents, maître d'ouvrage, assisté du Service Hydrologique centralisateur, conducteur d'opération, a confié au BRGM - Département Ingénierie Géotechnique - les reconnaissances géologiques, géotechniques et hydrogéologiques du site du barrage du Veurdre sur l'Allier, en vue de constituer un dossier d'avant-projet préliminaire.

Le présent rapport est constitué par le compte-rendu de la première phase de synthèse et d'interprétation des documents existants et des levés géologiques effectués sur place.

1.1 - But de l'étude entreprise

Il a été procédé à un recensement et une synthèse des études et documents existants sur le secteur du futur barrage afin de définir une campagne de reconnaissance détaillée et judicieuse à partir de l'identification des connaissances manquantes et des incertitudes.

1.2 - Situation géographique du site du barrage (figure 1)

Le projet de barrage est implanté à l'amont d'un goulet d'étranglement de la vallée de l'Allier à proximité de l'agglomération du Veurdre.

Situation dans la vallée de l'Allier à 30 km au Nord-ouest de Moulins et à 25 km au Sud de Nevers.

1.3 - Limites de l'étude

La présente étude comprend les sites possibles d'implantation du barrage et leurs abords immédiats ainsi que l'ensemble de la zone inondée et les coteaux environnants.

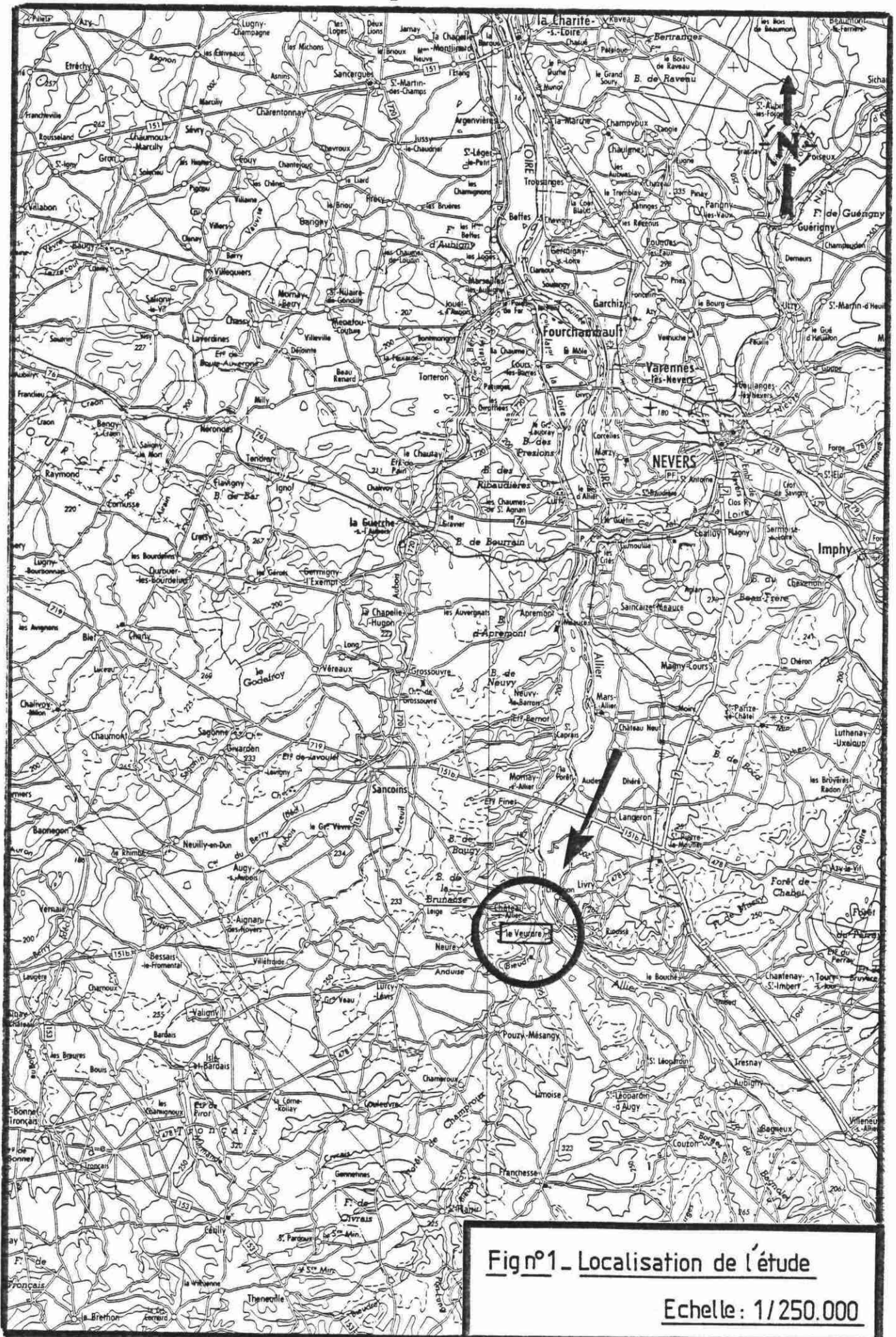


Fig n°1 - Localisation de l'étude

Echelle: 1/250.000

Schématiquement la zone d'étude est constituée par une bande de 5 à 6 km de largeur suivant la vallée de l'Allier entre le Veudre à l'aval et Villeneuve sur Allier à l'amont.

1.4 - Moyens mis en oeuvre

Dans le cadre de cette étude préliminaire, il n'a été mis en oeuvre aucun moyen de reconnaissance physique ou mécanique.

Les travaux ont été menés après recueil de la documentation existante, interprétation des photos aériennes et levés géologiques de détail sur place.

Levés géologiques G. LABLANCHE Géologie cartographie
Département Géologie

Photo interprétation A. BERTHIAUX Photo-géologue
Département Télédétection.

1.5 - Structure du présent rapport

Dans une première partie, le rapport donne sous forme schématique l'essentiel des éléments disponibles au stade actuel et apporte les données géologiques recueillies par un levé particulier du site. La deuxième partie montrera les problèmes géologiques posés par l'implantation d'un barrage et indiquera les données qu'il serait nécessaire d'obtenir pour établir un premier avant-projet.

1ère PARTIE

SYNTHESE ET GEOLOGIE

2 - GEOGRAPHIE DE LA VALLEE DE L'ALLIER DANS LA ZONE D'ETUDE.

2.1 - Profil et pente du cours d'eau

Le lit de l'Allier a une pente naturelle moyenne de l'ordre de 0,7 ‰ mais du pont de Villeneuve s/Allier au pont du Veudre cette pente est deux fois plus élevée.

Le resserrement au droit du Veudre provoque à l'amont un élargissement de la vallée, avec un autre retrécissement au niveau du Bouchet et un élargissement à l'amont.

A l'amont de Bagneux, l'Allier coule en formant de nombreux méandres, mais à l'aval de Bagneux le cours de l'Allier devient plus rectiligne avec de nombreux bras secondaires et des zones d'atterrissements.

2.2 - Les affluents

Au niveau de la zone de retenue, il existe plusieurs petits affluents, ils drainent les plateaux qu'ils traversent et qu'ils ont entaillés ; ils sont importants car les plateaux recouverts de formations peu perméables (sables et argiles du Bourbonnais) sont soumis à un fort ruissellement qui est donc recueilli en partie par la nappe alluviale de l'Allier.

Tous les affluents présentent un cours inférieur parallèle à l'Allier, cette particularité semble indiquer que l'Allier s'est déplacée latéralement et aussi que la pente générale s'est modifiée par remblayage modifiant le niveau de base de l'Allier et la pente de l'affluent.

Ces affluents sont :

en Rive droite de l'amont vers l'aval :

Ruisseau du Riou

Ruisseau de Villefranche et de Balaine

Ruisseau de Cacherat et du Moulin

Ruisseau de la Ronde le jour
Ruisseau de Chantenay
Ruisseau du Riot
Ruisseau de Chaumes et de Beaumont
Ruisseau du bois Bardon

en Rive gauche de l'amont vers l'aval :

Rivière La Burge
Rio de la Burge (étang de joncs et
étang de Beauregard)
Rivière La Brieu de (aval du Veurdre)

en rive gauche les affluents sont moins nombreux mais plus importants.

2.3 - Les pentes des versants

L'examen des pentes a été effectué sur les documents topographiques. On observe que les deux rives sont dissymétriques et que les pentes augmentent vers l'aval.

- en rive droite : à partir de Villeneuve sur Allier et jusqu'au ruisseau de Chaumes les pentes sont faibles 2 à 3 % et peuvent atteindre 10 % en bordure des petits vallons adjacents.
Du ruisseau de Chaumes jusqu'au site du barrage les pentes sont nettement plus fortes avec des valeurs compris entre 15 et 18 % et des zones à 25 %.

Au Nord du site du barrage les pentes sont de 5 % et de 30 % au droit du resserrement du Veurdre.

- en rive gauche : de Bagneux à la rivière du Burge les pentes sont de 10 à 15 %.
De la rivière du Burge à Creange (changement de direction de l'Allier) les pentes sont de 15 à 20 %.

3 - INTERPRETATION DES PHOTOS AERIENNES.

(une étude générale de photo interprétation a déjà été réalisée dans cette zone - une partie des résultats obtenus est présentée à l'annexe II).

Les photographies aériennes ont été interprétées dans la zone du barrage et dans la zone de la future retenue.

3.1 - Zone du barrage (figure 2)

Il s'agit d'une mission spéciale à 1/5000 de 1979 qui ne concerne que le site aval du barrage.

Il a été observé principalement :




- des excavations liées aux anciennes exploitations de la rive droite et quelques emprunts de faible volume en rive gauche, ces anciennes exploitations sont parfois remplies d'eau
- des linéaments, ce sont des anomalies rectilignes liées généralement à l'affleurement du substratum formant souvent un réseau réticulé dense. Leur report sur le plan à 1/10 000 de la figure n° 2 ne permet pas d'identifier des directions privilégiées qui auraient pu correspondre à des lignes de fractures ou à un système de diaclase
- des zones de glissement. Des loupes de glissement sont nettement visibles en rive droite sur le talus qui domine le pont du Veurdre.

Le glissement du talus de la route traité par le laboratoire de l'équipement d'Autun en 1978 n'est plus visible, probablement masqué par la végétation.

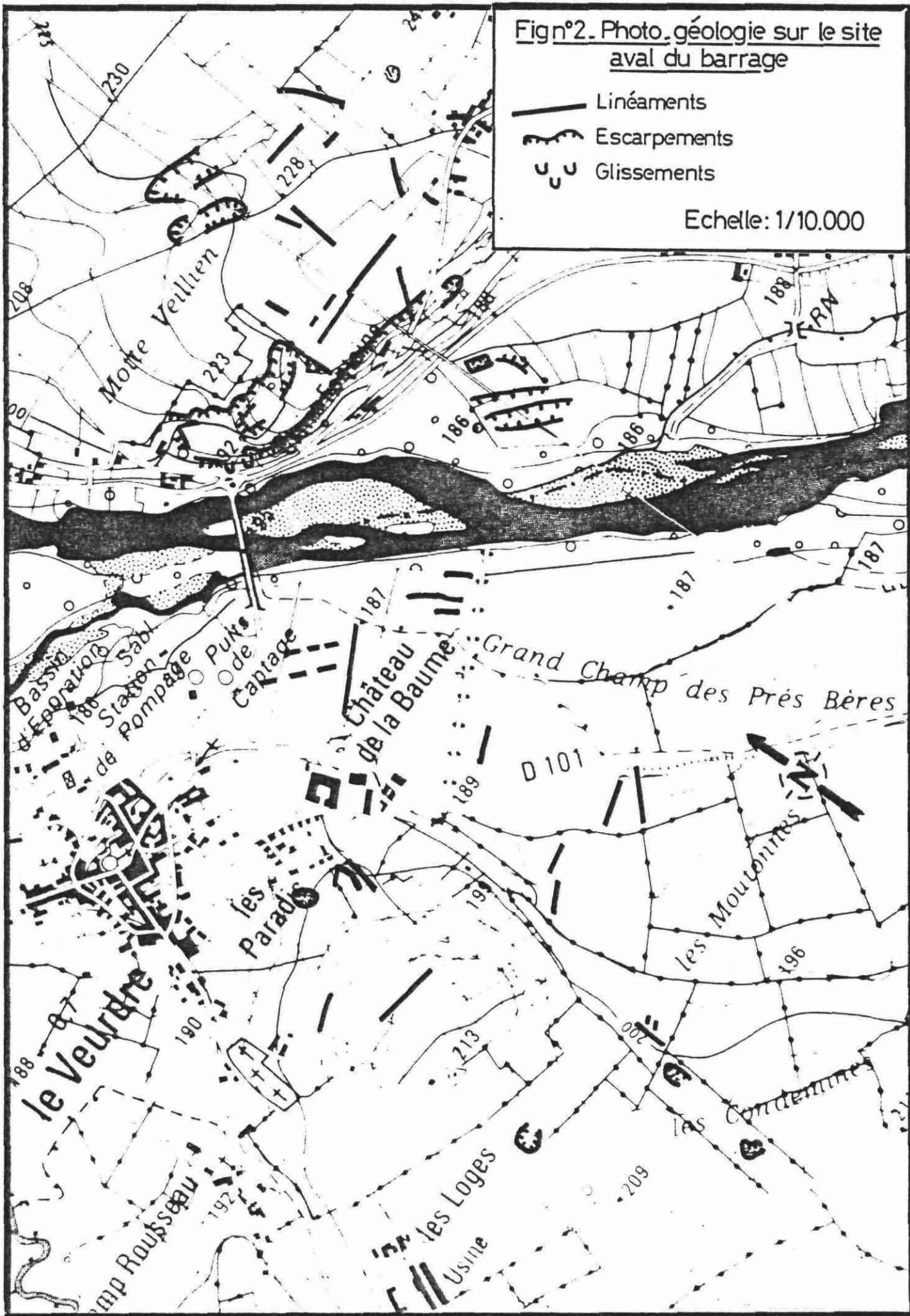
Zone de la retenue

- les excavations observées en photo-aériennes sont peu nombreuses, on peut noter seulement un escarpement de forme circulaire à l'Est de Taloux (ancienne exploitation ou cirque d'érosion) et une ligne d'escarpement en bordure du chemin allant de Taloux à la carrière au Nord. Ils correspondent à des affleurements d'argile

Figⁿ2. Photo_géologie sur le site
aval du barrage

-  Linéaments
-  Escarpements
-  Glissements

Echelle: 1/10.000



- des linéaments. Dans la zone du Veurdre, les linéaments correspondent au tracé des failles observées lors des levés géologiques (faille NO-SE). Les autres anomalies linéaires observées se rapportent à des talus de terrasse
- les anciens chenaux. Dans la basse vallée de l'Allier les anciens chenaux ont été repérés - ils sont reportés sur la carte géologique de la planche 1.

On peut noter des anciennes traces de circulation de l'Allier dont les zones humides ou les étangs sont les témoins. Ces zones sont nombreuses en rive droite où la vallée est large mais aussi en rive gauche où les changements de cours paraissent avoir été fréquents.

Les stations de pompage pour alimentation en eau du Veurdre et de Bagneux sont implantées sur d'anciens cours ; ce qui paraît moins évident pour la station de la Ferté.

4 - GEOLOGUE DU SITE DU BARRAGE ET DE LA RETENUE.

4.1 - Cadre géologique régional

La zone du Veurdre est située en limite Sud du bassin parisien (au sens géologique). Au Sud se trouvent les grès rubéfiés appartenant au bassin Permien de Bourbon l'Archambault, au Nord l'Allier recoupe les formations du Trias et du Jurassique inférieur.

Ces formations sont recouvertes par des dépôts tertiaires, calcaires ou détritiques qui donnent un aspect de plateau uniforme à cette région et empêchent de faire des observations détaillées de tous les terrains.

La zone étudiée est affectée par plusieurs systèmes de faille d'extension régionale : **système Nord-Sud** correspondant à la direction de la faille dite de Sancerre, qui se prolonge au niveau de Lurcy Levis, au système des failles de la Limagne - **système Nord-Est, Sud-Ouest** - faille de Chaume qui recoupe le système précédent.

Schématiquement : terrains sédimentaires marnes et calcaires du Trias et du Jurassique inférieur très bouleversés par des accidents tectoniques et recouverts par des dépôts tertiaires qui cachent les contacts.

4.2 - Description des terrains

Permien r-3

Les terrains les plus anciens se trouvent au Sud de la zone de la retenue : un affleurement de Saxonien (Permien) peut être observé à la base du versant rive gauche entre Bagneux et le Pavillon ; il est représenté par des conglomérats et des argiles rouges. Cette formation est présente sur de grandes surfaces à 10 km à l'Ouest de l'Allier entre Franchesse et la vallée de la Burge.

Trias t

Le Trias forme l'essentiel du soubassement de la zone étudiée, il est constitué de grès bigarrés et d'argile à bancs de grès dans sa partie supérieure. Son épaisseur est, ici, de l'ordre de 30 à 40 m.

On le trouve à l'affleurement principalement, à la base du relief sous Taloux et dans la zone comprise entre Rioussé et le Ruisseau de Chaumes ainsi qu'en bordure de la vallée du Ruisseau de Beauregard.

Rhetien t-9

Le Rhetien est formé essentiellement d'argile et de sables kaoliniques, son épaisseur est de 25 m dans la carrière de la Barre (coupe détaillée du front de taille en annexe - coupe 15). Les affleurements sont localisés en rive droite en bordure de la route qui va du pont du Veudre à Taloux (exploité en carrière souterraine) et au Nord-Ouest de Rioussé.

Hettangien 1 1-2

Ce sont des calcaires et des calcaires dolomitiques jaunâtres avec des alternances de bancs plus ou moins résistants. Les affleurements se trouvent autour de Taloux jusqu'au pont du Veudre en rive droite et à l'Est du Veudre en rive gauche.

La coupe 17 (en annexe) décrit le front de taille de la carrière du pont du Veudre.

Sinémurien 1 3-4

Le Sinémurien est représenté par une série calcaire de 10 à 25 m d'épaisseur : calcaires jaunâtres à grisâtres plus ou moins argileux. Il est présent dans le massif rive droite qui domine le Veudre, la coupe détaillée est présentée en annexe sur les coupes 16 et 1. La coupe 3 donne le passage entre Hettangien et Sinémurien.

Oligocène g₃-m^{1a}

Les marnes verdâtres et les calcaires d'origine lacustres sont présents dans la partie Sud de la zone étudiée en affleurement en bordure de vallée aux environs de Chantenay St Imbert et d'Aubigny.

Ce sont des marnes tendres vertes ou verdâtres et des calcaires récifaux, parfois massifs, parfois en plaquettes. Ils se trouvent en bancs horizontaux transgressifs sur les formations antérieures.

Sables et argile du Bourbonnais FL

C'est une formation constituée de sables argileux, d'argiles et de graviers qui recouvre une très grande surface et en particulier dans la zone d'étude où les plateaux de part et d'autre de la vallée de l'Allier en sont recouverts. Il a été distingué deux horizons :

- à la base un niveau sablo-caillouteux formé d'un matériau grossier et propre dont l'épaisseur est d'une dizaine de mètres.

- à la partie supérieure un horizon fluvio-lacustre constitué de sables de silts et d'argile de 1 à 3 m d'épaisseur.

Les alluvions F w x y z

Les alluvions localisées dans le fond de la vallée et sur ses abords immédiats sont constituées de sables et graviers plus ou moins argileux dont la proportion d'argile augmente en fonction de l'ancienneté (Fz étant les plus récentes). La distinction a été faite par l'altitude des terrasses par rapport au niveau de l'Allier.

Fz et Fyz alluvions modernes du fond de la vallée

Fy terrasse de 4 à 10 m

Fx terrasse de 10 à 14 m

Fw terrasse de 14 à 20 m.

4.3 - Eléments de structure

4.3.1 - Structure régionale

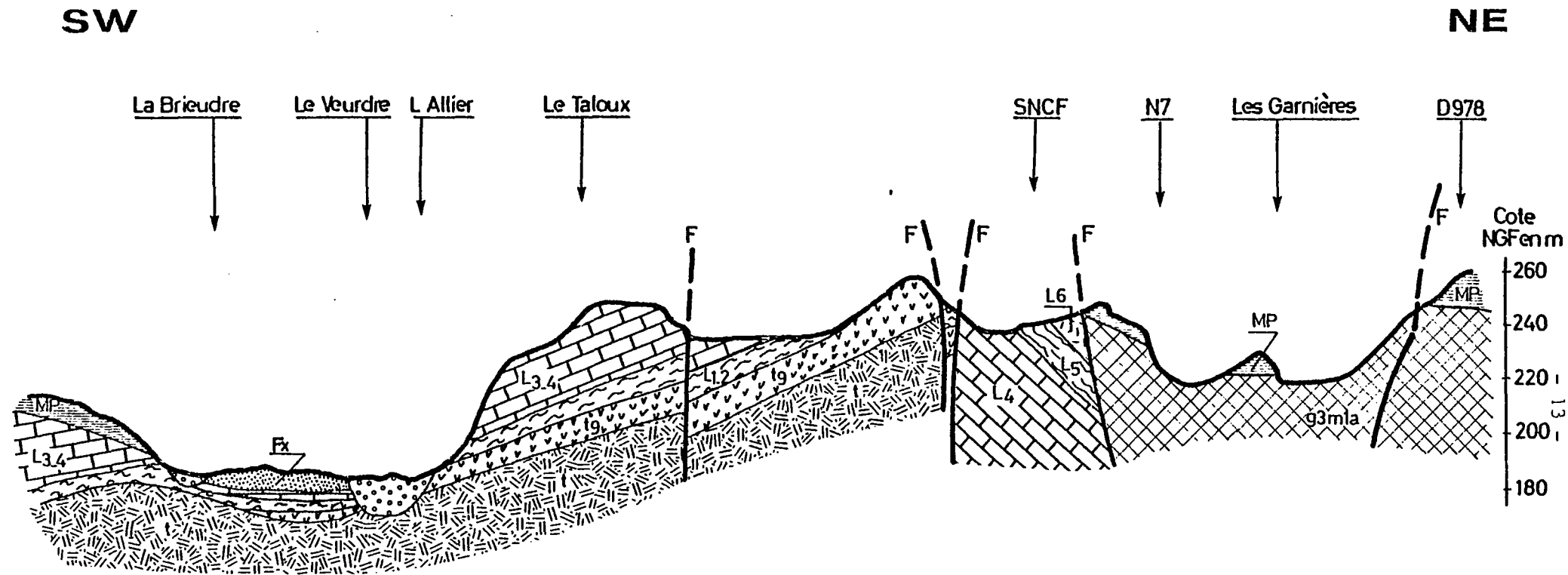
La zone étudiée est située dans la partie Nord du bassin de Bourbon l'Archambault où les structures sont schématiquement parallèles selon un axe Nord-Sud ce qui explique en partie la direction principale de la Loire et de l'Allier.

A partir de la grande faille Sancerre - Sancoins, se trouve un synclinal axé sur Neure et limité à la vallée de la Brievre, puis un anticlinal allant jusqu'à la faille de Chaume, un synclinal jusqu'au Nord de Chantenay St Imbert et un anticlinal à l'Est vers Neuville les Decize.

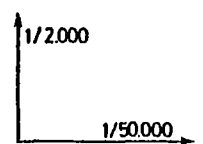
4.3.2 - Coupe géologique schématique (figure 3)

La coupe de la figure n° 3 tracée entre le Veudre et St Pierre le Moutier montre la disposition des différentes formations les unes par rapport aux autres. Cette coupe passe au droit du site aval du barrage, les indications portées devront être vérifiées car il s'agit d'hypothèses élaborées avec les observations de surface.

Figⁿ3_Coupe géologique schématique
passant par Le Veurdre



Les pendages sont exagérés à cause de la distorsion des échelles: hauteur et longueur



Fx	Terrasse	L3.4	Sinémurien
MP	Couverture Limons et Bourbonnais	L1.2	Hettangien
g3mla	Marnes et calcaires Oligocène	tg	Rétien
L5_6	Pliensbachien	t	Trias

5 - LES ALLUVIONS DE L'ALLIER.

De nombreuses études très complètes ont été réalisées sur les alluvions de l'Allier au Nord de Moulins, il paraît intéressant d'en rappeler l'essentiel.

Les alluvions ont toujours suscité un intérêt comme matériau pour la construction d'une part et comme réservoir pour l'alimentation en eau des collectivités d'autre part.

5.1 - Caractéristiques physiques des alluvions

Les différentes caractéristiques sont présentées par catégorie de terrasse dans le tableau ci-dessous :

	Diamètre maximum des grains D max mm	Diamètre moyen des grains D 50 mm	% passant au tamis de 0,08 mm	Equivalent de sable ES	Fragmentation dynamique FD	Micro deval MDE
Alluvions modernes Fz et Fyz	20	1	5	64	26,5	20
Terrasse de 4 à 10 m Fy	30	1	5	59	28	20
Terrasse de 10 à 14 m Fx	18	0,15	40	14	-	-
Terrasse de 14 à 20 m FW	20	0,16	50	13	-	-

L'observation de ces résultats montre que les alluvions sont très différentes selon la position des terrasses et que, par ailleurs, on peut grouper les formations Fz avec Fy et Fx avec Fw.

La composition pétrographique des alluvions récentes est la suivante :

Granites 38 % ; quartz 35 % ; basalte et roche volcanique 16 % ;

Les formations plus anciennes sont plus pauvres en roches volcaniques, plus riches en quartz et les éléments altérés sont plus abondants.

5.2 - Répartition des alluvions

Du pont de Villeneuve-sur-Allier au Bouchet, la vallée est large de 4 à 6 km, la rivière coule le long de la bordure Ouest, laissant à l'Est une vaste étendue sous laquelle l'épaisseur des alluvions est de l'ordre de 10 m - une zone de 3 km de long sur 0,5 km de large entre St Julien et le Bissat (Sud-Est de Tresnay) a été répertoriée avec une épaisseur d'alluvions dépassant 15 m.

Du Bouchet au Veurdre, la vallée s'élargit au niveau de Paraize pour se retrécir à nouveau au Veurdre. L'épaisseur des alluvions y est supérieure à 10 m avec une bande de 1,5 km de long et 0,5 km de large en bordure de l'Allier au droit de Bas de Riousse où l'épaisseur est supérieure à 15 m.

5.3 - Le substratum des alluvions

5.3.1 - Forme

Le modelé de substratum des alluvions épouse la forme de la vallée, avec un creusement maximum généralement dans l'axe, même si l'Allier coule en bordure. D'amont en aval on peut indiquer que le point bas du substratum passe de + 185 NGF au point de Villeneuve sur Allier à + 172 NGF au pont du Veurdre (ce qui correspond à la pente générale du cours d'eau). La pente du substratum n'est pas uniforme car il a été observé une ondulation de quelques mètres au niveau d'Alligny (NW de Tresnay).

Les retrécissements de la vallée du Bouchet et du Veurdre correspondent plutôt à des surcreusements du substratum.

5.3.2 - Nature

La nature du substratum des alluvions n'est pas connue avec précision, quelques sondages ont permis de reconnaître la formation rencontrée. (notation sur la carte géologique) :

- Au pont du Veurdre (574-2-7), rive gauche, calcaire dolomitique
- A 100 m à l'Est du pont (574-2-1), marnes compactes appartenant au Trias
- en rive droite (574-3-18 3-20 et 3-22) marnes rouges du trias
- A Chantenay St Imbert des sondages ont reconnu les formations lacustres sous les alluvions (en dehors de la vallée)
- A l'Est de Tresnay (574-8-1015) marnes du Trias
- A la station de Bagneux (574-8-2) argiles du Permien
- Au pont de Villeneuve sur Allier (574-8-1), 8 sondages ont été effectués, ils ont traversé des lambeaux de formation lacustre et ont atteint le Permien.

6 - ELEMENTS D'HYDROGEOLOGIE

6.1 - Aperçu général

Les formations qui bordent la vallée de l'Allier sont d'une façon globale peu perméables et si l'on peut y déceler une nappe d'eau souterraine, captée par les puits particuliers, celle-ci est de très faible capacité et sans réserve intersaisonnière.

En fait, la seule nappe d'eau souterraine exploitable est celle des alluvions de l'Allier lesquelles forment un drain de très grande dimension qui, de plus, reçoit les eaux de ruissellement du bassin versant.

6.2 - Piezométrie de la nappe alluviale

Des relevés antérieurs ont permis d'établir la forme de la nappe. Son niveau s'établit à + 196 NGF à Villeneuve sur Allier et à + 185 au Veurdre ce qui représente une pente un peu moins forte que celle de l'Allier.

La profondeur sous le sol est de 2,5 à 3,0 m en moyenne avec des fluctuations qui suivent celles du niveau de l'Allier (au cours de l'année 198 on a mesuré des amplitudes de 0,3 à 0,5 m, celles-ci peuvent atteindre 1,5 m dans certains cas).

La comparaison du niveau de la nappe et de celui de l'Allier effectuée pendant une année, montre que l'Allier draine la nappe. Il semblerait que le réservoir aquifère soit donc rechargé par les apports latéraux.

Cette observation a été effectuée en 1 seul point et d'autres essais en cours de pompage semblent indiquer que l'Allier peut alimenter la nappe dans certains cas, ce seront des notions à préciser par la suite.

6.3 - Les captages

La nappe est exploitée en 3 points différents pour l'alimentation en eau potable des collectivités.

Le syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable Nord-Allier capte en deux stations : au Veurdre à l'aval du pont et à Bagneux à proximité du pont de Villeneuve sur Allier. Il alimente 27 communes du Nord du département de l'Allier.

Le syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable de la Sologne bourbonnaise capte la nappe en un seul point à la Ferté, il alimente 7 communes de la Nièvre.

6.3.1 - Station du Veurdre.

La station de captage est constituée de deux puits de 10,5 à 10,7 m de profondeur, ils sont crépinés sur toute la hauteur, les terrains traversés sont des alluvions sableuses dont la granulométrie est croissante vers la base.

Aux essais de débit en 1962 :

Le puits n° 1 a été testé à 250 m³/h

Le puits n° 2 a été testé à 180 m³/h

Ces deux puits sont situés à 75 et 100 m de l'Allier.

Les rabattements après 72 h de pompage étaient de l'ordre de 1,5 m.

L'eau pompée légèrement dure (21°) présente les caractéristiques d'une eau de bonne qualité chimique et bactériologique, la présence d'une exploitation de sables et graviers dans le lit de l'Allier à proximité des captages n'a jamais occasionné de troubles ou de pollution.

Les périmètres de protection ont été établis mais non prescrits (JP. COUTURIE 10.2.1970).

Les deux puits sont équipés pour refouler directement vers Livry (rive droite de l'Allier dans la Nièvre) et Lurcy-Levis (rive gauche de l'Allier). Le débit refoulé est de 90 à 150 m³/h selon que l'on utilise un puits ou 2.

La production annuelle (1985) est de 665 700 m³ soit 1 820 m³/jour en moyenne (2 400 m³/jour en pointe).

6.3.2 - Station de Bagneux

La station de captage est constitué de 3 puits siphonnés qui alimentent une bache pour le refoulement, d'un puits maçonné et d'un forage équipé en exhaure direct. Les débits d'exploitation :

Les puits n° 1,2,3 siphonnés : 155 m³/h
Le puits n° 4 en exhaure : 120 m³/h
Le forage diamètre 400 mm en exhaure : 60 m³/h

Ils sont implantés en rive gauche de l'Allier à 50 m des berges.

L'eau analysée récemment semble présenter des caractéristiques différentes de celle du Veurdre - résistivité plus élevée - dureté beaucoup plus faible - Ph neutre ce qui semblerait indiquer une eau d'origine différente par rapport à celle du Veurdre ? cette particularité devra être examinée avec des analyses récentes prises au même moment.

Les périmètres de protection sont établis mais non prescrits (JP. COUTURIE 10.2.1970).

La production annuelle (1985) est de 1 461 105 m³ soit une moyenne journalière de 4 000 m³ et une pointe journalière de 5 500 m³/s.

De 1979 à 1985 des recherches ont été entreprises pour implanter un nouvel ouvrage afin d'augmenter la capacité de la station de 100 m³/h environ. Le forage de reconnaissance a été implanté sur une zone favorable décelée par la Géophysique et les débits escomptés ont été obtenus aux essais. Le SIAED doit entreprendre les travaux de forage et d'amélioration de la station en 1987.

6.3.3 - Captage de la Ferté.

Le captage est implanté à proximité du château à environ 700 m des rives de l'Allier. C'est un puits de 3 m de diamètre et de 9,0 m de profondeur. Le niveau de la nappe est à 2,5 m de profondeur par rapport au sol.

Aux essais, le puits a fourni 140 m³/h, il est exploité à 80 m³/h environ.

La production annuelle est de 230 000 m³ ce qui correspond à une production journalière moyenne de 600 à 650 m³.

La qualité de l'eau brute n'est pas toujours parfaite (il y a chloration) et il y a de temps à autre apparition d'une légère pollution bactériologique. Il n'existe pas de périmètres de protection comportant des contraintes réglementaires et il s'agit d'une zone "difficile".

6.3.4 - Caractéristiques de l'aquifère.

Les valeurs de transmissivité T et de perméabilité K de l'aquifère ont été calculées sur les courbes de variation des niveaux en cours de pompage.

Le Veurdre

574-2-7	$T = 3,6 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$	$K = 4 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
574-2-2	$T = 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$	$K = 4,4 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

Bagneux

574-8-24	$T = 3,2 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$	$K = 3,6 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
574-8-5	$T = 1,4 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$	$K = 1,6 \times 10^{-2} \text{ m/s}$
Puits n° 1		$K = 1,5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$
Reconnaissance 1985	$T = 2,4 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$	$K = 2,7 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

La Ferté

574-3-2	$T = 1 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$	$K = 1 \times 10^{-2} \text{ m/s}$
---------	---	------------------------------------

2ème PARTIE

Problèmes posés par l'implantation du barrage.

7 - CONSTAT DES INCERTITUDES APRES CETTE PREMIERE SYNTHESE.

A la fin de cette synthèse documentaire et après les observations géologiques effectuées sur place, il subsiste certaines "zones d'ombre" qu'il convient de répertorier afin d'essayer de les éclaircir dans le stade suivant de reconnaissance. Les éléments peu connus se rapportent à :

7.1 - La Géologie

Le manque de données relatives à la géologie concerne essentiellement la nature du substratum des alluvions en particulier à l'aplomb du futur du barrage ; il faudra également identifier le substratum sous les digues de protection et dans les zones de captage.

Le système de failles révélé par les observations de terrain ont été confirmées par l'interprétation des photos aériennes. Mais les décrochements ou les accidents mineurs n'ont pas été notés. Ils sont importants à l'échelle de l'aménagement projeté.

Dans les alluvions on a évoqué d'anciens chenaux de l'Allier où les alluvions seraient plus épaisses, plus "propres" et par suite plus intéressantes à la fois pour l'alimentation en eau et pour l'approvisionnement en matériaux, il serait peut être bon de localiser et d'identifier ces chenaux s'ils existent.

7.2 - Les matériaux

Nous n'avons pas de connaissance précise de l'utilisation possible des matériaux présents dans la retenue, sont-ils aptes à constituer de bons remblais ? pourrait-on éventuellement les utiliser pour confectionner des bétons ? Par ailleurs il faudra prospecter dans les environs de la zone du barrage pour identifier des matériaux rocheux susceptibles de convenir en enrochements de protection de digue.

7.3 - L'hydrogéologie

Les caractéristiques de la nappe sont connues en quelques points, mais cette connaissance est très fragmentaire. Il est nécessaire de préciser ces caractéristiques hydrodynamiques.

On ne connaît pas, dans la zone de retenue, et le régime peut être différent d'amont en aval, l'interaction nappe-Allier.

Enfin il existe un point d'interrogation important qui est relatif à l'origine de l'eau et à la part des apports extérieurs à la vallée.

7.4 - La Géotechnique

La portance du sol vis à vis de la contrainte imposée par un ouvrage est une donnée importante qui n'a pas été évaluée, de même la stabilité des berges, noyées occasionnellement, demande à être examinée en fonction des caractéristiques des matériaux en place.

8 - QUESTIONS AUXQUELLES IL FAUDRA APPORTER DES ELEMENTS DE REPONSE.

L'implantation d'un barrage au Veurdre avec une retenue s'étendant jusqu'à Bagneux aura une influence sur un certain nombre d'éléments. La retenue ne sera pleine qu'épisodiquement, mais il est malgré tout nécessaire d'envisager les effets de la montée du niveau.

Les effets de la retenue se feront sentir sur :

- **La nappe des alluvions** - celle-ci est actuellement entre 2,0 et 3,0 m de la surface du sol, que deviendra-t-elle en cas de coupure étanche au niveau du Veurdre ?

- **Les captages** -

Les captages à l'aval du barrage seront-ils toujours alimentés après construction du barrage ?

Les captages à l'amont (Bagneux) seront-ils atteints par la retenue ?

Le captage dans la retenue (La Ferté) sera-t-il submergé et gardera-t-il ses capacités actuelles ?

- Les emprunts -

Il est probable que les matériaux nécessaires à la construction des digues seront prélevés à l'intérieur de la cuvette, y aura-t-il des plans d'eau, quels seront leur impact sur la nappe et que deviendront-ils pendant les crues ?

- Un plan d'eau -

Certaine collectivité envisage la création d'un plan d'eau permanent de loisir, cet aménagement est-il compatible avec la réalisation du barrage ?

9 - PROGRAMME DE RECONNAISSANCE A ENTREPRENDRE.

9.1 - Données à acquérir

Les reconnaissances à entreprendre devront permettre d'obtenir une bonne représentation de l'ensemble des terrains et de lever les incertitudes qui subsistent après la synthèse préliminaire.

Une bonne connaissance des terrains suppose de mesurer l'épaisseur des alluvions en plusieurs points, de façon à obtenir une évaluation de leur répartition dans la vallée ; il est également nécessaire d'étudier la qualité de ces alluvions dans deux perspectives précises, d'une part pour savoir si ces alluvions constituent un bon matériau pour construire le barrage, constitution de digues ou confection de béton, d'autre part pour mesurer leur capacité à contenir l'eau de la nappe et à la restituer.

La reconnaissance comportera une étude du substratum des alluvions, pour apprécier sa nature par rapport aux affleurements observés de part et d'autre de la vallée et pour indiquer s'il peut être considéré comme un "plancher" plus ou moins étanche par rapport à la nappe.

Il faudra en outre mesurer les caractéristiques de matériaux rocheux situés non loin du site, afin d'avoir un avis sur leur disponibilité et leur aptitude à constituer des enrochements.

9.2 - Données à obtenir sur le sous-sol par secteur

Au droit des diques :

- caractéristiques et épaisseur des alluvions
- perméabilité des alluvions
- forme et nature du substratum

Dans la partie élargie de la vallée :

- épaisseur des alluvions
- capacité des alluvions à devenir des matériaux de remblai

Dans l'ensemble de la vallée :

- niveau de la nappe des alluvions
- épaisseur des alluvions

Dans la zone de captage AEP :

- caractéristiques de la nappe
- capacité de production d'un ouvrage de captage.

9.3 - Méthodes d'étude

9.3.1 - Sondages ponctuels.

Des reconnaissances ponctuelles seront effectuées par des sondages avec prélèvements d'échantillons :

- **sondages carottés** dans la zone du barrage et des digues, ils permettent le prélèvement d'échantillons "intacts" pour les essais en laboratoire

- **sondages à la tarière** dans les zones d'alluvions, ils seront utilisés pour mesurer l'épaisseur des alluvions et prélever des échantillons volumineux pour les essais de type routier.

Ces sondages et les essais sur échantillons permettront d'établir la nature géologique des alluvions et du substratum et leurs caractéristiques vis-à-vis du projet.

Les observations seront complétées par des **sondages destructifs** dont le faible coût permet d'en réaliser un grand nombre. Leur suivi, complété par l'enregistrement des paramètres d'avancement, permet d'obtenir la profondeur des différentes couches identifiées par une autre méthode. De plus, après mise en place d'un tubage provisoire, ces sondages permettent la pose de piézomètres.

9.3.2 - Reconnaissance continue.

Des profils seront réalisés en profondeur par méthode géophysique sismique et électrique.

9.3.2.1 - PROFILS SISMIQUES

La mesure de la propagation des ondes de choc à l'intérieur des terrains permet de distinguer les différentes couches selon leur densité et leur compacité. Les profils seront exécutés au droit des digues et serviront à identifier les terrains par comparaison avec des sondages réalisés à proximité. Les résultats permettront de donner la profondeur du substratum, sa nature et son degré d'altération, point important de la reconnaissance. Par ailleurs, les profils traversent l'Allier et c'est la seule méthode qui permette de travailler aisément sous une tranche d'eau.

9.3.2.2 - SONDAGES ELECTRIQUES

Dans certains secteurs où le substratum est difficile à distinguer par la méthode précédente, on aura recours à des sondages électriques, cette méthode permet de distinguer les terrains par leur résistivité et ainsi de faire des coupes jusqu'au substratum, par comparaison avec des coupes connues à proximité.

9.3.3 - Mesures des paramètres géotechniques.

Les caractéristiques géotechniques des terrains et des matériaux seront mesurées de deux façons :

- **en place**, par des essais pressiométriques, ce sont des essais qui peuvent être assimilés à des essais de chargement à l'intérieur d'un forage. Les caractéristiques sont obtenues par l'examen de la courbe effort-déformation jusqu'à la rupture. L'interprétation des mesures donne la capacité du sol à supporter un ouvrage
- **en laboratoire** par des essais d'identification de granulométrie et de compactage pour les matériaux meubles et par des essais d'altérabilité, de friabilité et de sensibilité au gel pour les matériaux rocheux.

Ces essais indiqueront si les matériaux sont utilisables dans le cadre du projet et à quelles conditions.

9.3.4 - Mesures des paramètres hydrogéologiques.

Des mesures des caractéristiques de la nappe des alluvions seront effectuées dans une "station" de pompage spécialement réalisée à cet effet.

Il est en effet impossible de maîtriser les pompages des stations existantes qui fonctionnent sur un réseau et qui, par ailleurs, sont peu accessibles aux mesures.

La "station" comprendra un puits de pompage et quatre piézomètres destinés à l'observation de l'influence du pompage sur la nappe et de l'interaction nappe-Allier.

Cette station sera implantée dans des conditions similaires à celle du Veurdre.

La position de la nappe et son sens d'écoulement seront déterminés par des piézomètres répartis sur l'ensemble de la retenue.

Nota : La répartition et le nombre de sondages, de profils et d'essais sont indiqués avec précision dans la note de présentation (BRGM n° 37/87 GEG).

CONCLUSION

L'étude préliminaire du site du barrage du Veurdre, sur l'Allier, basée sur un levé géologique détaillé et sur les études existantes a permis de faire une synthèse des données connues à ce jour et de faire ressortir les incertitudes et les inconnues. A partir de ce constat et en fonction de l'objectif barrage, il a été élaboré un programme de reconnaissance à mettre en oeuvre.

Le levé géologique détaillé a mis en évidence la répartition géographique des alluvions et l'âge des différentes terrasses. Les terrains calcaires du Jurassique inférieur sont présents au niveau du Veurdre, ils reposent sur le trias argileux qui forme le soubassement jusqu'à Villeneuve sur Allier où apparaît du Permien. Dans la partie centrale de la zone d'étude des formations marno-calcaires du tertiaire apparaissent sous le recouvrement détritique.

Des failles Nord-Sud et Nord-Est-Sud Ouest ont été observées mais beaucoup de celles qui paraissaient sur les documents antérieurs ont été supprimées.

Des incertitudes doivent être levées au stade de l'avant-projet préliminaire, car du comportement des terrains, des matériaux ou de la nappe dépendra la conception même du barrage ; en effet, il faudra évaluer les conséquences de l'ouvrage et de son utilisation sur le milieu et l'adapter en optimisant les possibilités, l'usage et les effets par rapport aux conditions actuelles.

Les questions auxquelles il faudra apporter des éléments de réponse concernent :

- les fondations du barrage ; étudier la capacité des alluvions et du substratum à supporter une digue, et ce, dans deux secteurs différents, site amont-site aval, de façon à obtenir les éléments qui permettront de faire un choix entre les deux sites ; Il faudra obtenir des données sur la perméabilité des terrains de fondation pour indiquer quel pourrait être le système de coupure à prévoir jusqu'au substratum et si la présence ou l'absence de failles peut avoir une influence sur le comportement de l'ouvrage.
- les fondations des digues de protection pour des zones habitées : secteur de Tresnay et secteur du Bouchet, comme pour le barrage, il est nécessaire de bien connaître les alluvions et leur perméabilité ;
- l'origine de l'eau qui alimente les captages du Veurdre pour savoir si une coupure risque de provoquer des désordres vis-à-vis des captages eux-mêmes et vis-à-vis de la nappe en général.

Le programme de reconnaissance élaboré à partir des éléments connus et des réponses à apporter est établi avec des sondages carottés, destructifs à la tarière et pressiométriques, des essais de perméabilité, des essais en laboratoire, des mesures géophysiques et des mesures de paramètres hydrodynamiques.

ANNEXE I

COUPES DETAILLEES DES FRONTS DE TAILLE

A PROXIMITE DU SITE DU BARRAGE.

LG/LL (15)

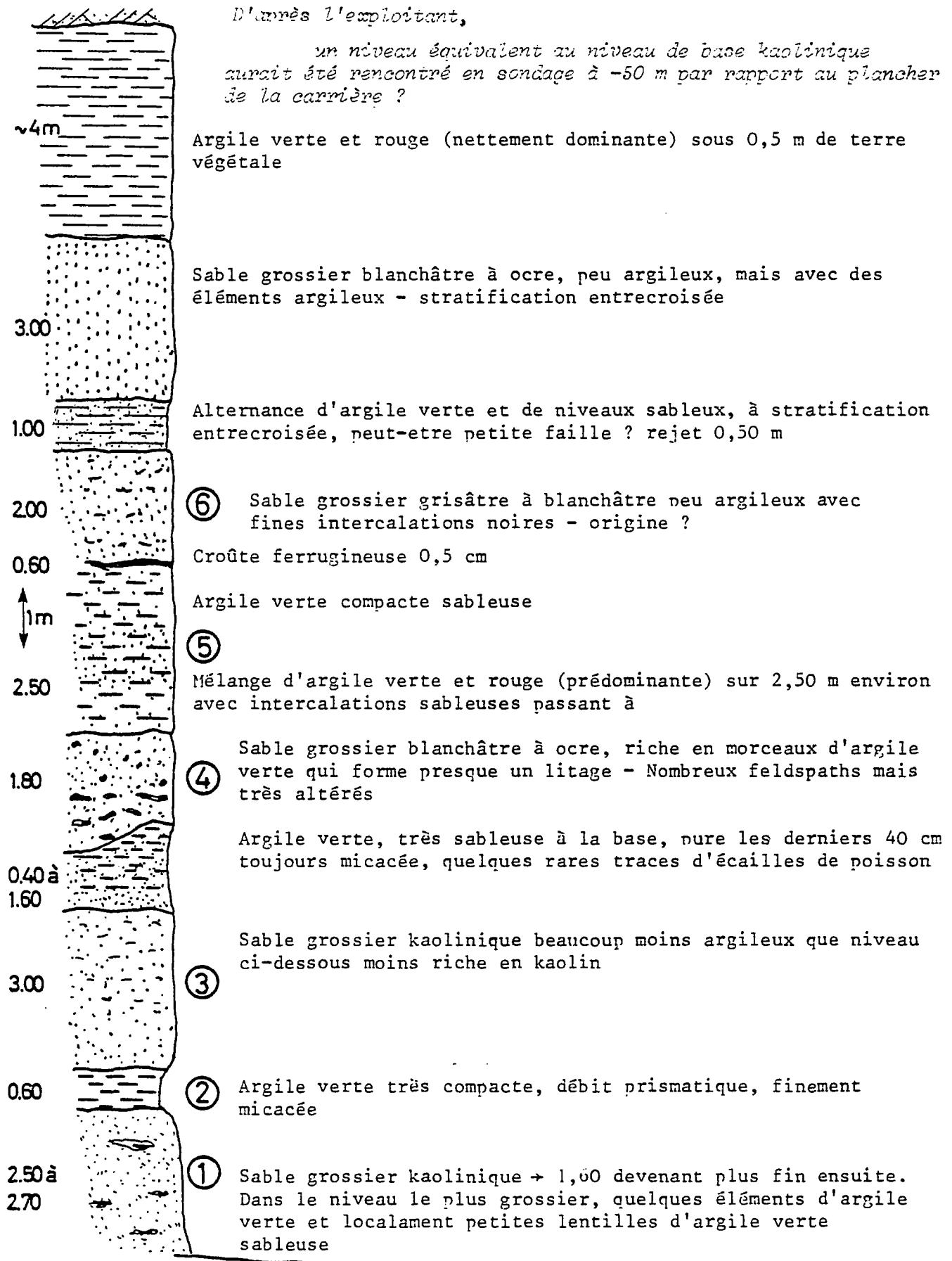
RHETIEN

Ets GENTY
8, avenue de la Gare - 58240 ST PIERRE-LE-MOUTIER

Carrière de la Barre

D'après l'exploitant,

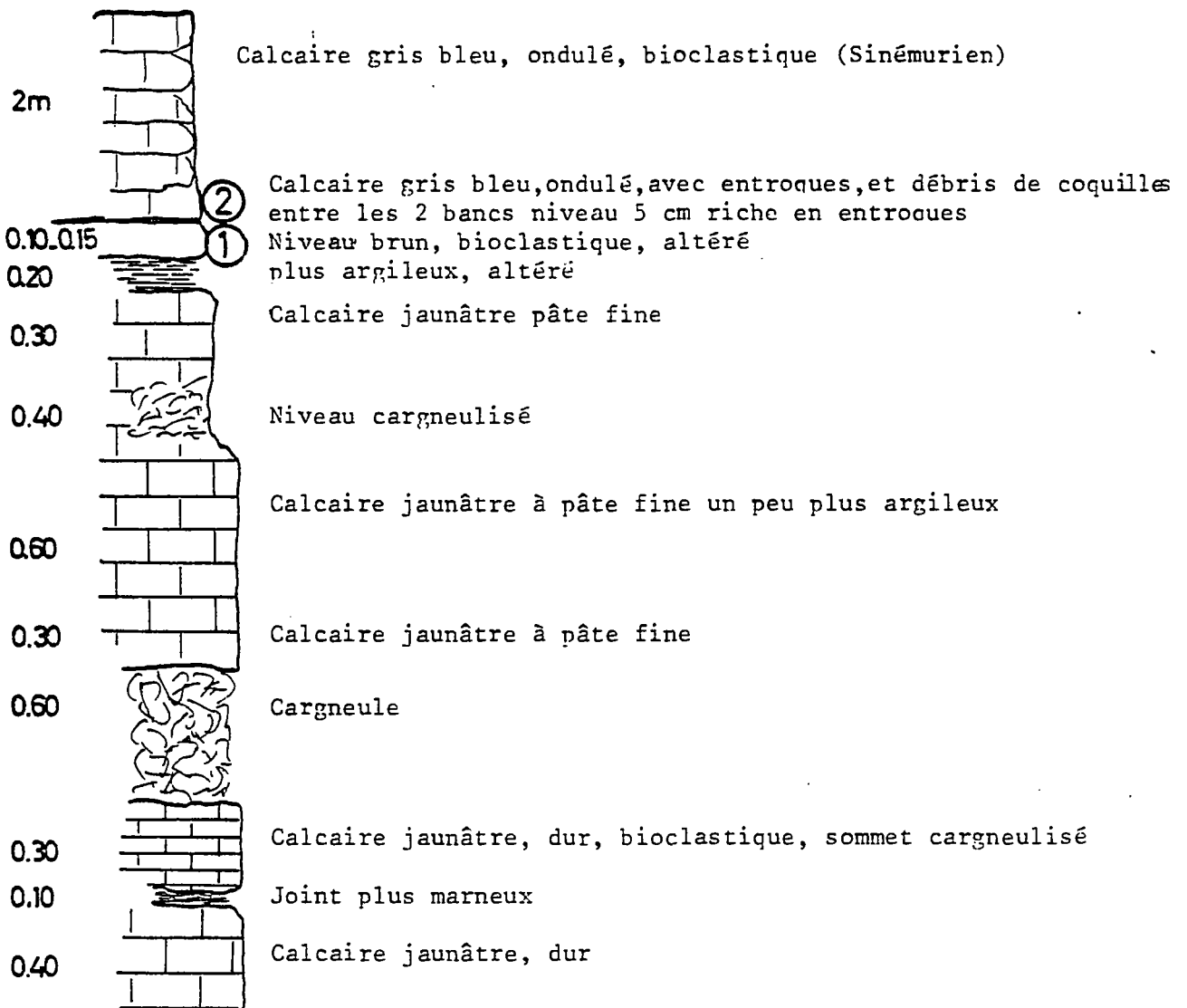
*un niveau équivalent au niveau de base kaolinique
aurait été rencontré en sondage à -50 m par rapport au plancher
de la carrière ?*



LG/LL (3)

CHAMBON

limite Hettangien, Sinémurien



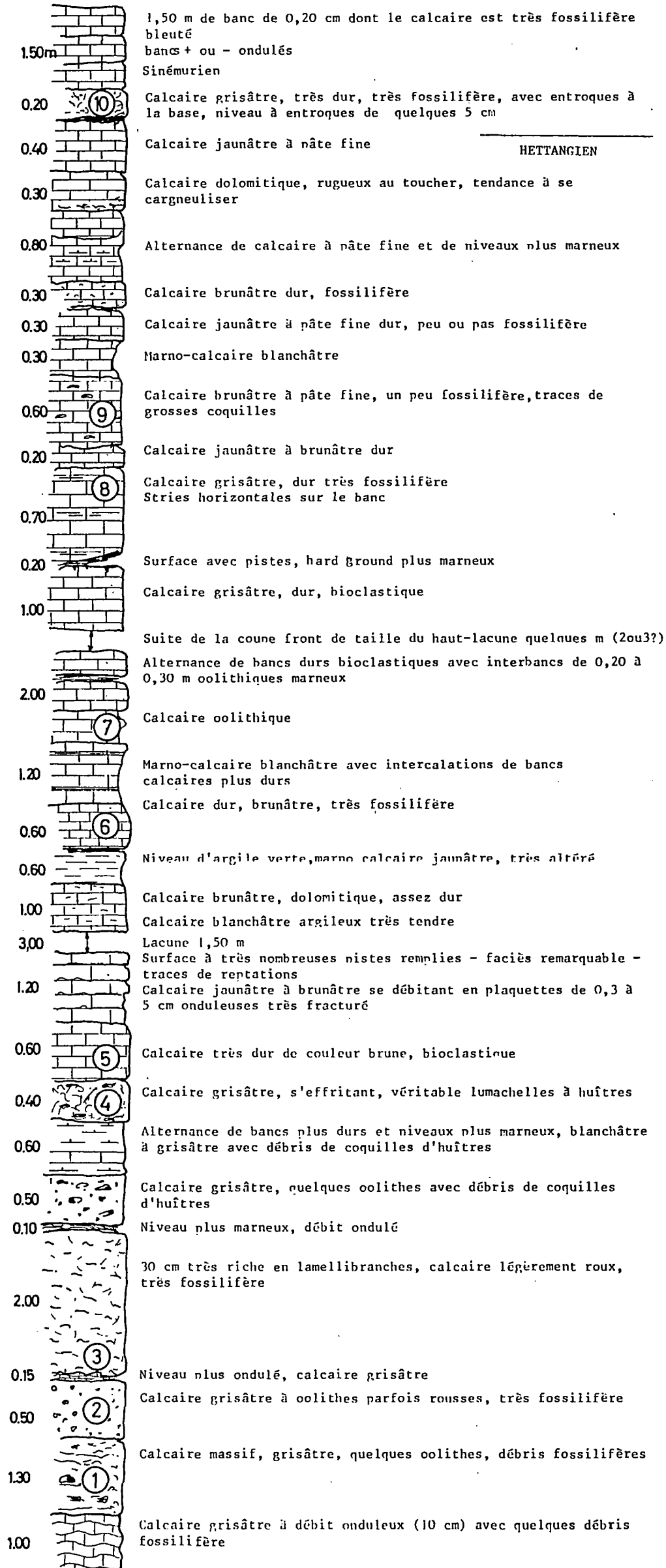
G. LABLANCHE

PONT DU VEURDRE

Pendage 5° à 10° N 170 - 180 E

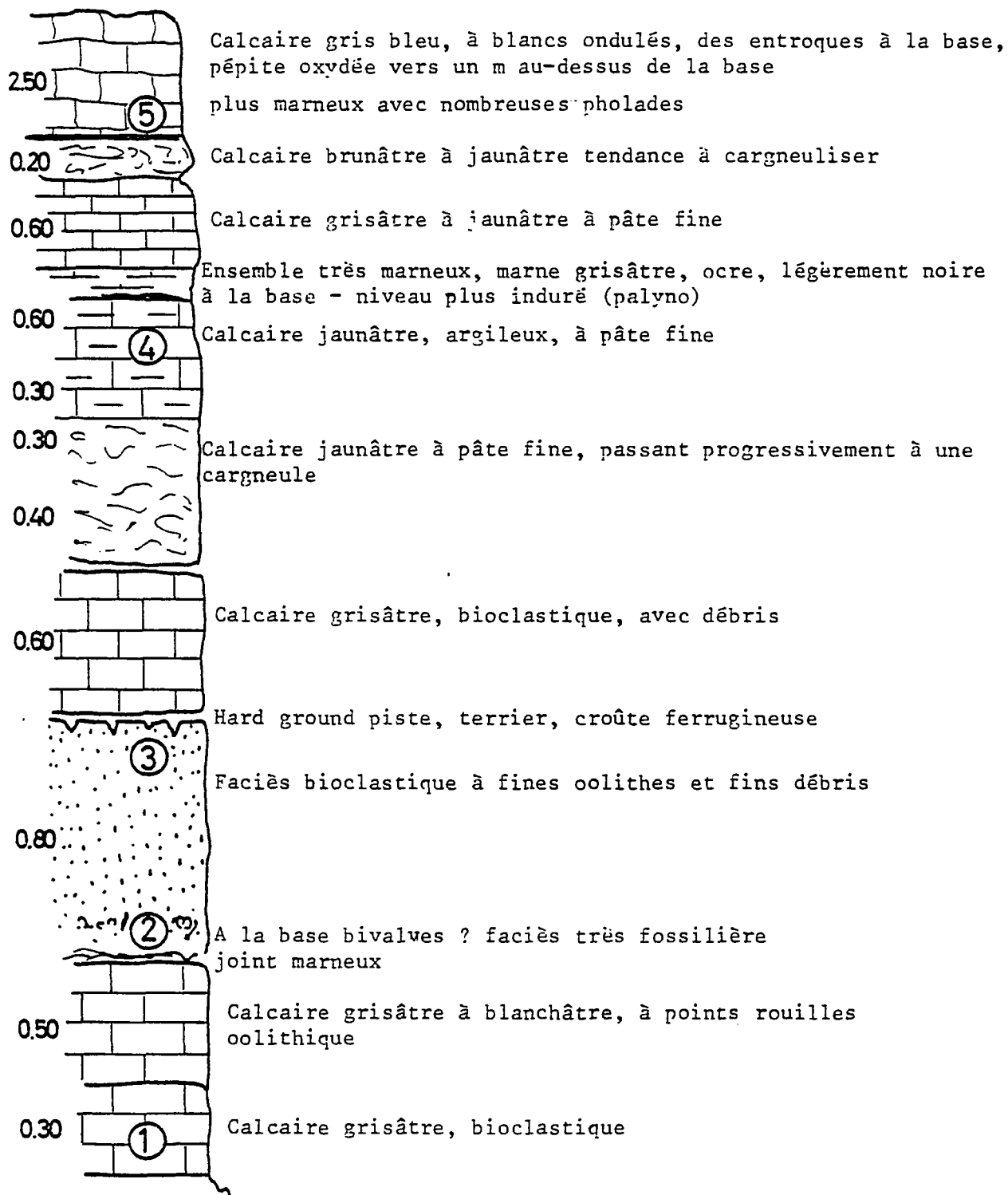
SINEMURIEN

Total 24 m



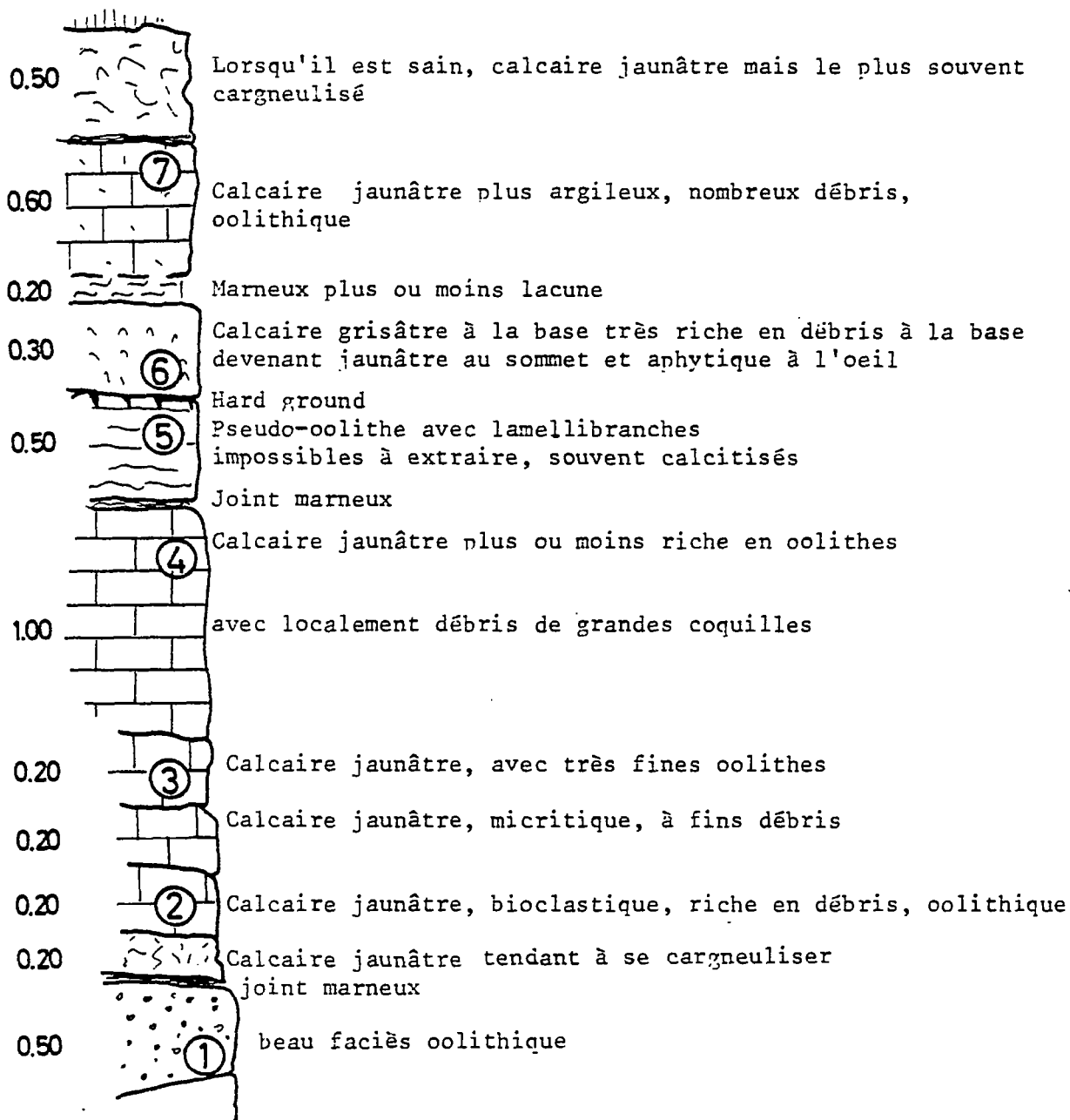
LG / LL (16)

SINEMURIEN



LG/LL ① CARRIERE ROSEMAIN

SINEMURIEN



ANNEXE II

EXTRAIT D'UN RAPPORT DE PHOTO INTERPRETATION

Extrait de "Etude de la photo-fracturation et des linéaments dans la région du Bourbonnais, comparaison avec les cartes structurales géophysiques disponibles".

par G. DELPONT

Rapport inedit BRGM 81 SGN 714 GEO

1 - Généralités sur la morphologie

Sur la majeure partie de cette zone, la morphologie est très peu contrastée, très molle, phénomène probablement dû à la présence de sables et argiles miopliocènes qui ont envahi la majorité des terrains intéressés. De ce fait, le tracé des fractures, jamais visibles directement, a été fondé essentiellement sur la forme du réseau hydro (alignement de talwegs, de coudes de rivières, etc) ainsi que sur certains accidents morphologiques plus ou moins importants (talus, petite falaise).

Ce tracé est donc aléatoire, d'autant plus que l'échelle des photographies, 1/30 000 et parfois 1/25 000, n'était pas très adaptée à ce type de morphologie. La nouvelle couverture IGN à 1/60 000, malheureusement non disponible sur ce secteur, aurait probablement permis d'avoir une vision plus synthétique des alignements et un diagnostic plus assuré des fractures.

Cependant ce défaut a été en partie pallié par une étude morphologique des cartes topographiques à 1/50 000 de l'I.G.N. Des accidents importants ont été confirmés ou mis en évidence, qui n'auraient pas été perceptibles autrement. Il semble en fait ici que la photofracturation déterminée avec des photographies à cette échelle précise la fracturation dans le détail mais ne permet pas de distinguer les grands accidents ni de définir leur organisation.

Ultérieurement l'examen des images Landsat confirmera la présence des principaux accidents.

2 - Etude morphologique des cartes topographiques

De ce fait, il a paru souhaitable de tracer d'abord les grandes structures à l'aide de cartes topographiques puisque la disposition des photofractures paraît en partie varier de part et d'autre de ces accidents. Ceci revient à observer des alignements d'anomalies morphologiques qui correspondent le plus souvent au cours des rivières les plus importantes. La corrélation entre ce type d'anomalies et les accidents principaux n'est pas douteuse de façon générale. En effet, sur l'exemple étudié il y a souvent superposition exacte entre les alignements tracés à l'aide des cours d'eau et les failles tracées sur la carte géologique ou les limites des horsts signalés par la géophysique.

Les deux directions les plus importantes sont N 170 - N 10 et N 140-150 qui sont largement responsables des directions d'écoulement de la Loire et de l'Allier et de quelques uns de leurs affluents. La première direction décale parfois la seconde.

La direction N 30-40 que l'on peut citer ensuite ne semble pas très fréquente mais elle est sans doute fort importante : elle correspond en effet à celle de la terminaison nord de la faille de Villefranche-sillon houiller, dans le prolongement duquel se trouvent les accidents (f4, f2) et les horsts (H2, H4) détectés par la géophysique (voir carte d'interprétation). Les alignements morphologiques sont parallèles ou même se superposent exactement à ces phénomènes.

LEGENDE DES PLANCHES



fracture vue



fracture probable



fracture possible

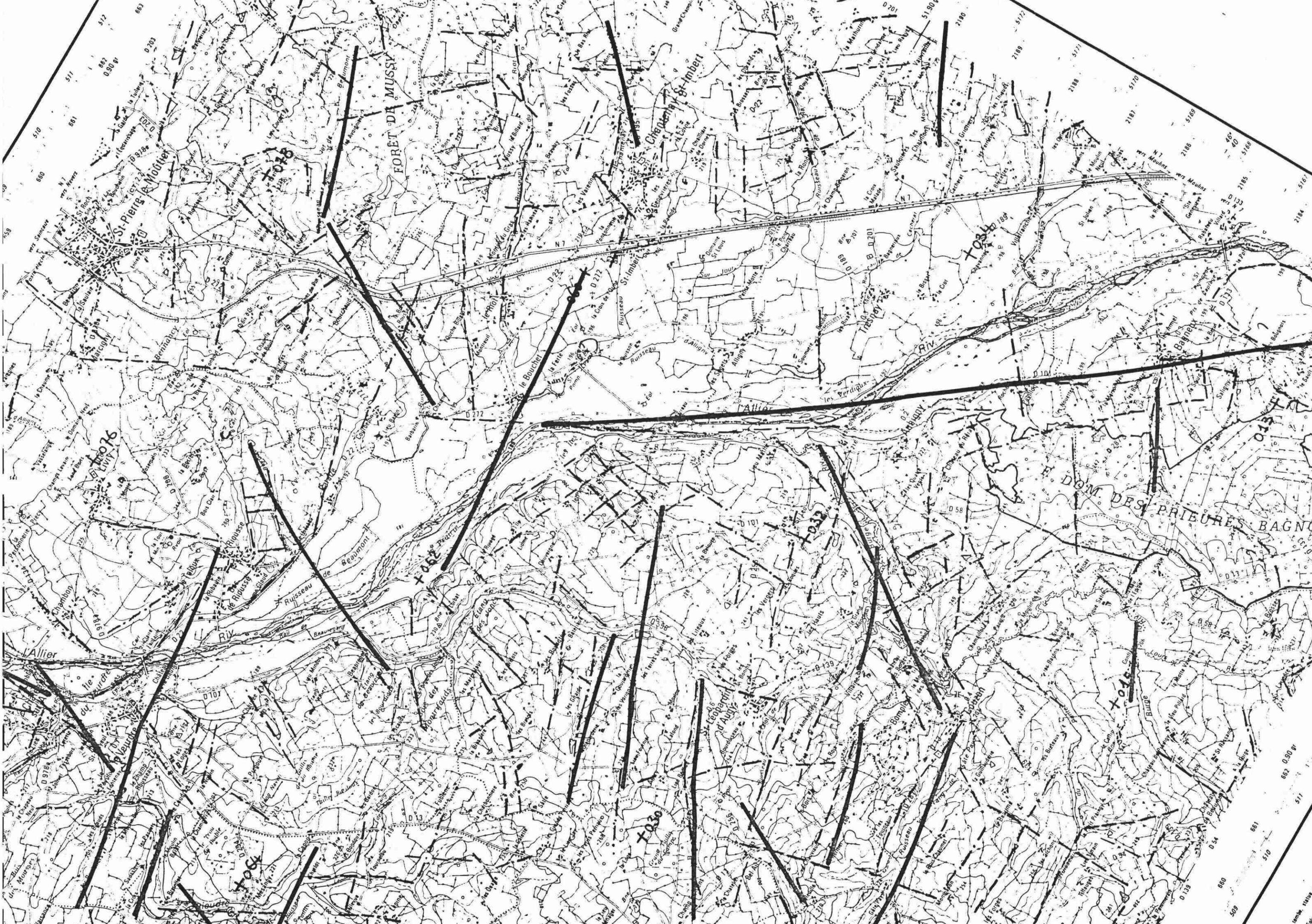
c

carrière



orientation morphologique majeure

(planches 1 à 6)



FORÊT DE MUSSY

St-Pierre-la-Moutier

Chapelle St-Imbert

DOM. DES PRIEURÉS BAGNOL

Allier

RIV

RIV

St-Etienne

X 054

X 052

X 030

X 033

X 045

X 078

X 034

X 076

X 050

X 051

X 052

X 053

X 054

X 055

X 056

X 057

X 058

X 059

X 060

X 061

X 062

X 063

X 064

X 065

X 066

X 067

X 068

X 069

X 070

X 071

X 072

X 073

X 074

X 075

X 076

X 077

X 078

X 079

X 080

X 081

X 082

X 083

X 084

X 085

X 086

X 087

X 088

X 089

X 090

X 091

X 092

X 093

X 094

X 095

X 096

X 097

X 098

X 099

X 100

X 101

X 102

X 103

X 104

X 105

X 106

X 107

X 108

X 109

X 110

X 111

X 112

X 113

X 114

X 115

X 116

X 117

X 118

X 119

X 120

X 121

X 122

X 123

X 124

X 125

X 126

X 127

X 128

X 129

X 130

X 131

X 132

X 133

X 134

X 135

X 136

X 137

X 138

X 139

X 140

X 141

X 142

X 143

X 144

X 145

X 146

X 147

X 148

X 149

X 150

X 151

X 152

X 153

X 154

X 155

X 156

X 157

X 158

X 159

X 160

X 161

X 162

X 163

X 164

X 165

X 166

X 167

X 168

X 169

X 170

X 171

X 172

X 173

X 174

X 175

X 176

X 177

X 178

X 179

X 180

X 181

X 182

X 183

X 184

X 185

X 186

X 187

X 188

X 189

X 190

X 191

X 192

X 193

X 194

X 195

X 196

X 197

X 198

X 199

X 200

X 201

X 202

X 203

X 204

X 205

X 206

X 207

X 208

X 209

X 210

X 211

X 212

X 213

X 214

X 215

X 216

X 217

X 218

X 219

X 220

X 221

X 222

X 223

X 224

X 225

X 226

X 227

X 228

X 229

X 230

X 231

X 232

X 233

X 234

X 235

X 236

X 237

X 238

X 239

X 240

X 241

X 242

X 243

X 244

X 245

X 246

X 247

X 248

X 249

X 250

X 251

X 252

X 253

X 254

X 255

X 256

X 257

X 258

X 259

X 260

X 261

X 262

X 263

X 264

X 265

X 266

X 267

X 268

X 269

X 270

X 271

X 272

X 273

X 274

X 275

X 276

X 277

X 278

X 279

X 280

X 281

X 282

X 283

X 284

X 285

X 286

X 287

X 288

X 289

X 290

X 291

X 292

X 293

X 294

X 295

X 296

X 297

X 298

X 299

X 300

X 301

X 302

X 303

X 304

X 305

X 306

X 307

X 308

X 309

X 310

X 311

X 312

X 313

X 314

X 315

X 316

X 317

X 318

X 319

X 320

X 321

X 322

X 323

X 324

X 325

X 326

X 327

X 328

X 329

X 330

X 331

X 332

X 333

X 334

X 335

X 336

X 337

X 338

X 339

La direction N 60 a une représentation relativement très fréquente mais ne paraît pas correspondre à un passage d'accident important bien que les alignements correspondant soient plutôt concentrés dans une bande de même orientation située au Nord de Moulins.

Il faut en outre remarquer que les directions NS et NW-SE sont décalées par la direction N 60. Ce phénomène est fortement suggéré le long de la rive gauche de l'Allier.

3 - Photofracturation

La photofracturation n'est homogène, sur la zone étudiée, ni en direction ni en densité. Il semble que les grands accidents ou les zones de horst contrôlent en partie ces variations.

A - Le phénomène le plus apparent est la présence de très nombreuses fractures N 60-70 dans une bande de même direction allant de l'angle SW de la feuille de Bourbon l'Archambault (Forêts domaniales des Prieurés Gros Bois) vers le centre de la feuille de Dornes (Dornes - Lucenay Les Aix).

Cette bande est large d'une dizaine de kilomètres, entre Moulins et la limite sud du horst H2. Comme déjà observé au paragraphe précédent, les fractures N 60-70, sur la rive gauche de l'Allier, semblent bien décaler la direction N 140-150. Cette bande orientée N 60-70 correspond, à l'Ouest de l'Allier aux affleurements de r₁ et r₂, grès rouges et grès du Permien (carte géologique à 1/80 000). A l'Est de l'Allier la zone est envahie de Miopliocène. Dans la mesure où la direction structurale N 60 reste marquée très nettement on est tenté de penser à une présence sous-jacente des mêmes terrains paléozoïques.

La direction N 140 -150 est d'ailleurs associée à la précédente dans cette même bande. Elle peut être très fréquente, vers la forêt des Prieurés Grands Bois, et cette association des deux directions orthogonales se voit au moins jusqu'à l'Allier. Au-delà, on ne la rencontre plus et la direction N 140-150 ne réapparaît qu'à proximité du cours de la Loire et plus au Nord vers La Machine.

Remarque : la direction de fracturation N 60 pourrait en fait correspondre à la direction majeure, c'est-à-dire la plus "pénétrative", dans toute cette région puisque, si on la voit très fréquente dans la bande de terrains déjà citée elle n'en est pas moins présente partout. Il semblerait en fait que les zones correspondant aux horsts géophysiques soient moins affectées ou non affectées par cette direction. Une étude plus étendue du pourtour de ces horst permettrait peut être de confirmer cette impression.

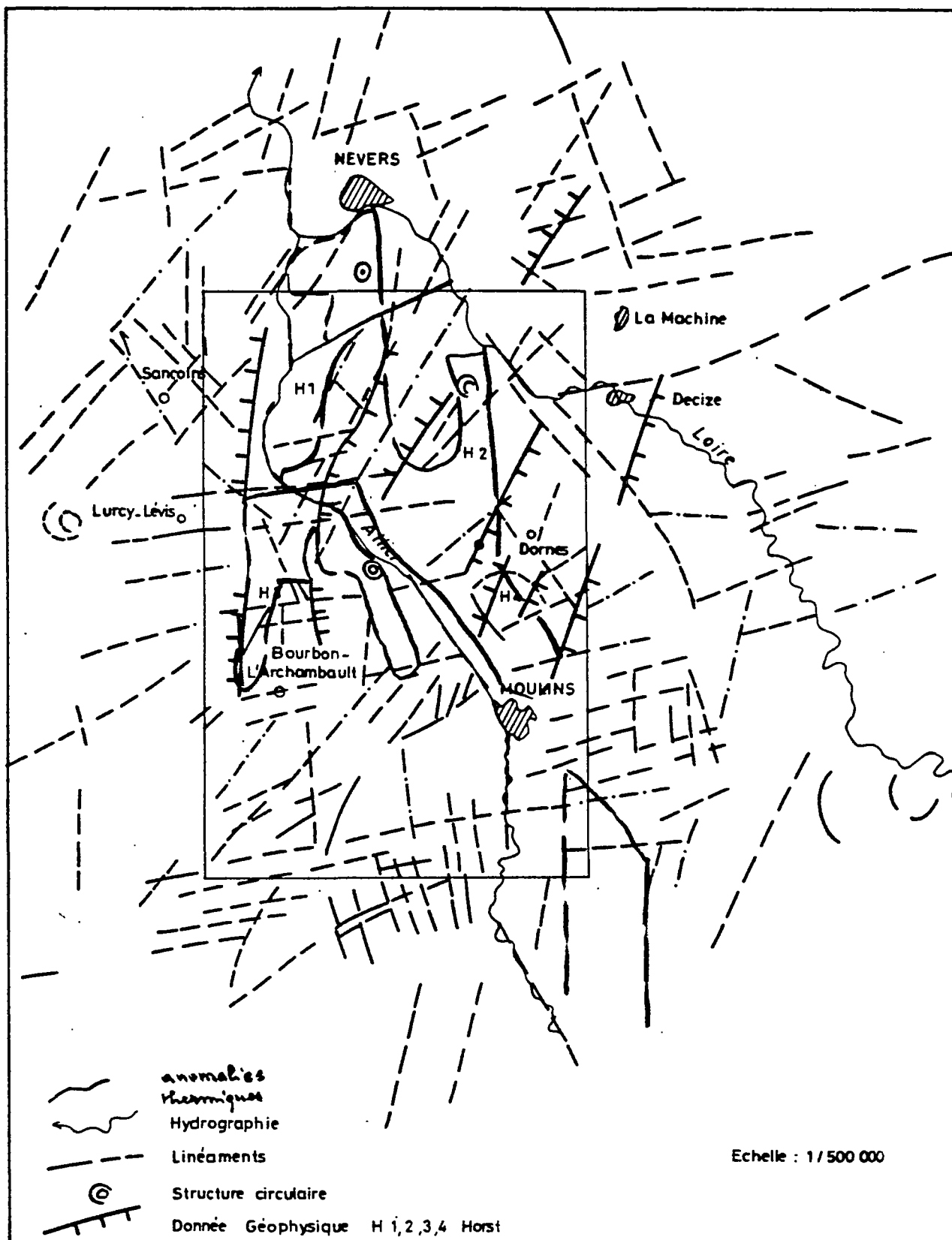
B - Au Sud de cette bande, dont la limite correspond à celle du granite de Montmarault-Tréban vers le Nord, on retrouve encore une association de deux directions orthogonales tout au moins entre le sillon de Noyan (sillon houiller) et l'Allier, où le passage du granite au matériel mio-pliocène ne perturbe pas l'agencement des fractures. On constate cependant une "rotation" des deux directions, par rapport aux précédentes. Leur direction devient en effet sub NS et sub EW.

Sur cette même zone, on retrouve, marqués en fractures, quelques uns des filons N 120-130 qui, sur la carte géologique, affectent le granite. Cette direction se voit aussi très bien sur les photofaciès, mais au SW de Moulins, bien que la carte géologique ne signale rien à cet endroit, le matériel impliqué étant miopliocène.

REGION DU BOURBONNAIS

Interprétation des Linéaments Landsat

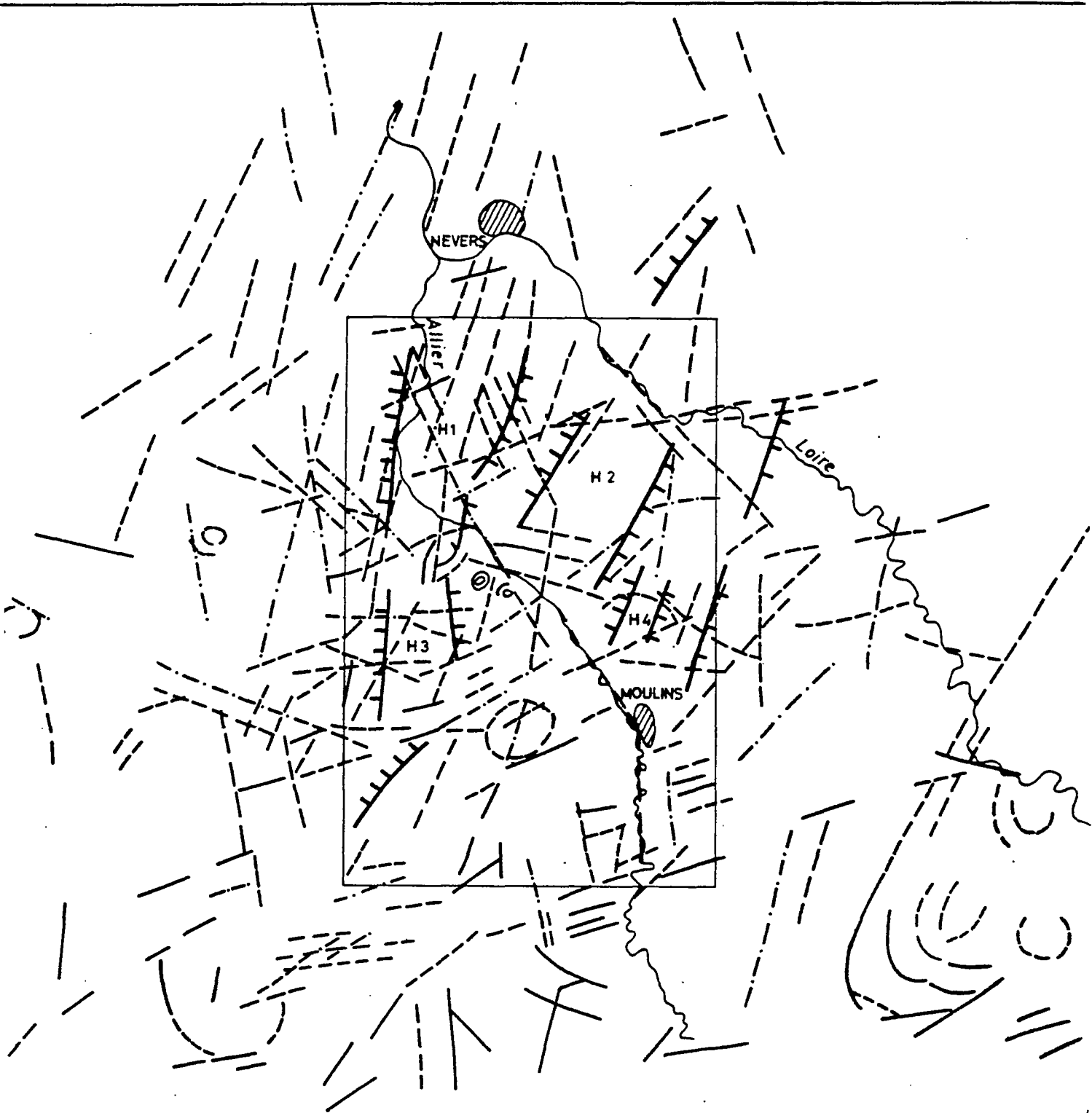
Images 1242_10082_7 22 Mars 1977
1242_10080_7







REGION DU BOURBONNAIS

Interprétation des Linéaments Landsat

Images 213.27.4_5 06 Sept. 1977
213.28.6_7



-  Hydrographie
-  Linéaments
-  Structure circulaire
-  Donnée Géophysique H 1,2,3,4 Horst

Echelle : 1/500 000

C - Au nord de la bande N 60-70, l'organisation de la fracturation n'est plus nette. Ceci paraît correspondre à la présence des horsts, et surtout H1 et H2 mis en évidence par la géophysique. Il faut d'ailleurs signaler que la carte géologique retrace assez bien les limites géophysiques de ces horsts puisque du matériel liasique, triasique et même granitique (Neuville) est signalé, dont les contacts avec le matériel miocène retrace bien ces limites.

Sur H3, la fracturation la plus visible, N 60, donne l'impression de tourner d'Est en Ouest et de prendre une direction N 100-120. Peut être s'agit-il d'une autre famille mais le fait que le changement de direction se fasse à l'aplomb du horst est assez troublant.

Sur H1, et au Nord de l'Allier, la fracturation est quasi inexistante. Ceci est dû à la présence d'alluvions récentes qui masquent presque totalement la fracturation sous-jacente. Au SE de H1 il faut noter la présence d'une direction N 15-25 qui est très discrète sur les photographies, mieux marquée sur la carte et, on le verra plus loin, nettement privilégiée par certaines images Landsat.

Sur H2, la fracturation est plutôt orientée N 120-140, plus ou moins parallèle aux directions d'écoulement de l'Allier et de la Loire au SW et au NE de ce horst. Présence de quelques fractures méridiennes.

Au NE de la Loire, région de La Machine, deux directions ressortent particulièrement à savoir N 120-130 grossièrement parallèles au cours de la Loire et N 20-30 dont la forme est plutôt courbe. On ne distingue par contre pas l'accident NS très net que signale la carte géologique à l'Ouest de La Machine.

En résumé, deux faits ressortent de ces études :

- les cartes topographiques permettent de mettre en place de grands accidents qui correspondent soit à des failles signalées par la carte géologique soit à des limites tectoniques suggérées par l'examen des données géophysiques,
- l'examen de la photofracturation semble montrer l'existence de régimes de fracturation différents dans des zones limitées par ces grands accidents.

La superposition des deux études montre les décalages apparents suivants entre les différents principaux accidents :

- N 130-140 décalée par sub NS
- N 130-140 et sub NS décalées par N 60

Les relations de N 20-30 avec les autres n'ont été vues.

II - EXAMEN DES IMAGES LANDSAT

La zone étudiée se trouve au contact de deux scènes alignées sur la même orbite. Comme indiqué en introduction nous disposons pour chaque scène d'images prises à deux dates différentes. Les premières - A - sont du 22 mars 73. Il s'agit d'images brutes, non traitées à la définition relativement médiocre. Nous disposons pour chaque scène que d'une image du canal 7. Les secondes - B - sont du 6 septembre 1977. Les images ont subi un traitement standard, étalement de dynamique et délignage, par les soins du BEICIP*. La définition et le contraste en sont nettement améliorées. Nous disposons en outre des quatre canaux, 4, 5, 6 et 7.

* Bureau d'études industrielles et de coopération de l'institut français du pétrole.

Les images sont réalisées de nuit et de jour vers 1h et vers 13h GMT et permettent ainsi de mesurer la température des affleurements. Cette température est en fait la résultante de plusieurs facteurs dont notamment la nature des roches (inertie thermique), l'épaisseur du recouvrement, l'humidité, la végétation et, facteur perturbant, le relief.

B - Application au cas présent

Il nous semblait intéressant de superposer les informations transmises par cette image, aux données géophysiques disponibles pour, notamment, voir si les structures en horsts se traduisaient par des anomalies thermiques.

La figure 3 montre un résultat mitigé en ce sens que les anomalies thermique et les horsts géophysiques ne se superposent qu'en partie. D'autre part certaines anomalies thermiques n'ont aucun rapport avec les données géophysiques. On peut cependant faire quelques observations intéressantes :

- les matériaux récents, sables et argiles du Bourbonnais (Miopliocène) et, plus encore, les alluvions anciennes et modernes ont une réponse spectrale froide. Ils apparaissent en blanc ou clair sur l'image. Par contre les matériaux plus anciens marnes calcaires ou gréseuses et calcaires du Lias, marnes et grès du Trias ont une réponse plus chaude et apparaissent en noir. Il faut noter cependant que les grès permien ont une réponse froide. Il est possible ici que l'inertie thermique des grès, quelque soit leur âge, et des alluvions soit plus faible que celle des argiles et calcaires (à cause notamment de la porosité). En outre, d'après la notice de la carte à 1/80 000, les sables et argiles du Bourbonnais sont en partie constitués des grès permien, ce qui expliquerait une réponse thermique proche.

- ces considérations justifient partiellement le fait que certaines zones des horsts géophysiques aient des réponses chaudes (moitié est pour H1, ouest pour H3) et froide pour les autres (alluvions dans la moitié ouest de H1 et Miopliocène et Permien dans la moitié est de H3).

- la réponse chaude de ces zones est peut être renforcée par le fait qu'elles sont en léger relief par rapport aux alentours. Quoiqu'il soit nécessaire de la rappeler, l'influence du relief n'est pas ici prépondérante car il est plutôt faible en dehors d'un petit escarpement orienté vers l'Est et que la nuit ces effets sont probablement minimisés.

- le horst H2 est assez mal superposables à l'anomalie thermique tant à l'Ouest où il est amputé par une limite courbe que vers l'Est par une limite thermique rectiligne NS (cette direction se retrouve en photo-fracturation sur le horst et correspond au cours de l'Allier au S de Moulins),

- le horst H4 est recoupé en oblique par une anomalie thermique rectiligne dont il est difficile de savoir de qui, de la limite N du granite de Montmarault ou d'un Sillon Houiller, elle est le prolongement. Cette imprécision est due à l'extrême distorsion de la photographie. Nous rappelons à ce propos l'imprécision du report des anomalies thermiques sur le fond cartographique,

- une dernière anomalie thermique nette se dégage, sans aucun rapport avec les données géophysiques : plus ou moins parallèle au cours de l'Allier entre Aubigny et Marigny (NW de Moulins) elle se superpose en partie à la forêt domaniale des Prieurés Bagnolet.

On peut être tenté d'assimiler cette anomalie sombre à la présence de la forêt. Un examen plus attentif permet de constater que l'anomalie a une forme rectiligne régulière, d'un seul tenant, alors que la forêt est en deux parties

Bien que la qualité des images soit très différente suivant quelles sont ou non traitées, la comparaison des interprétations n'est pas sans intérêt dans la mesure où il s'agit d'images enregistrées à des dates différentes.

De ce fait chaque image révèle des informations que l'autre ne montre pas, qu'il y ait traitement ou non. Il reste cependant que l'image traitée est plus lisible et son interprétation plus fouillée, d'autant qu'on dispose des quatre canaux.

Globalement, l'analyse des images montre une certaine similitude avec celle des photos aériennes et peut être encore plus, avec celle de la carte topographique. Dans le détail cependant on constate des différences :

A - Par rapport aux images B

- Dans l'angle NW du périmètre étudié, les directions N 15-25 sont privilégiées alors que photos et cartes soulignent davantage des accidents sub NS. Ces derniers ne sont ici pas marqués quoiqu'une observation plus attentive ait été réalisée,
- La direction N 60-70 est assez bien marquée. Les trois modes d'observation aboutissent donc ici à des résultats équivalents,
- La direction N 140-150 est également bien marquée dans la mesure où l'image Landsat suggère que ces accidents sont plus nombreux que ne le laisserait supposer les autres moyens d'investigation. Le linéament qui est en position presque diamétrale de la demi-boucle de l'Allier au Sud de Nevers est particulièrement bien marqué,
- En général donc ces images B confirment des directions déjà observées sur cartes et photographies. Elles en oblitèrent une, la direction sub N-S mais elles en font apparaître une N 100-110 qui s'observe tant sur le périmètre d'étude que de part et d'autre, bien que paraissant limitée à une bande relativement étroite axée sur Moulins.

B - Par rapport aux images A

Les images privilégient des directions de linéaments différentes des précédentes, essentiellement N 30-40 et N 75-85 sur presque toute la zone, ce qui est assez différent des observations photographiques et cartographiques notamment pour la seconde.

Quelques directions N 140-150 et sub NS apparaissent de façon limitée.

Remarque : Bien qu'elle n'apparaisse pas dans la fracturation de détail, la direction N 75-85 correspond à une direction linéamentaire majeure : la limite des terrains secondaires sur la bordure N du Massif central s'aligne avec la limite Jurassique-Miopléocène, dans la présente zone d'étude, limite qui correspond aussi à un changement du cours de l'Allier à Château/Allier et de la Loire à Decize. Vers l'Est, le passage de cet alignement correspond à un brusque changement de direction du cours de la Saône entre Auvillars et Auxonne dans le fossé bressan. Au delà il se confond grossièrement à un accident majeur du massif du Jura, au Nord de Besançon, plus ou moins parallèlement au cours de l'Ognon.

Cette direction linéamentaire a été signalée à plusieurs reprises, notamment G. Montjuvent et J. Sarrot-Reynaud ainsi que J-P. Gelard.

Les différences entre les images A et les images B sont peut être dues en partie à la différence de traitement des informations mais il est plus probable qu'elles soient surtout dues aux différences d'éclairage entre le début du printemps pour les images A (élévation du soleil : 39°) et la fin de l'été pour les images B (élévation du soleil : 65°) ainsi qu'aux variations de la végétation.

Il reste enfin à signaler la présence de structures circulaires dont certaines sont très importantes et confirmées par la morphologie et les images RBV et d'autres très petites dont la signification tant sur les cartes topographiques que géologiques n'est pas évidente.

L'examen des images RBV n'apporte guère de renseignements nouveaux présentant un intérêt dans le cadre de ce travail. Les images, type-télévision sur l'ensemble du spectre visible, sont assez peu contrastées et comportent de nombreux parasites. On doit cependant remarquer la façon spectaculaire dont cette image souligne à l'Est de Montluçon la très belle structure elliptique, concentrique en partie, qui affecte le granite de Montmarault, sans toutefois impliquer le Houiller qui recouvre en partie ce granite.

III - LES STRUCTURES "GÉOPHYSIQUES" ET LA TELEDETECTION

Les cartes de compilation effectuées par le département géophysique montrent l'existence d'accidents avec rejeu vertical, limitant des horsts, et d'accidents sans rejeu.

Il paraissait intéressant de superposer ces données aux cartes de photofracturation, d'interprétation morphologique et de linéaments.

On peut dire tout d'abord que les seules données de la télédétection ne permettent pas de supposer des anomalies sous jacentes, à l'exception peut être d'une direction de fracturation N 60-70, qui est pratiquement absente à l'aplomb des horsts. Pour confirmer ce fait, il faudrait faire une étude de photofracturation plus large autour de la zone étudiée. Les autres données, morphologie, images satellites, ne montrent rien de particulier. Il n'y a notamment pas de réponse spectrale anormale à l'aplomb des horsts. Une étude multitemporelle mieux structurée avec d'éventuels traitements permettrait peut être de faire ce type de localisation.

Ceci dit, les corrélations entre les différentes interprétations, photographie, morpho-cartographie, image Landsat, et les structures géophysiques sont relativement bonnes voire excellentes. Par endroit, par exemple le cours de l'Allier entre Nevers et Château-sur-Allier, la superposition est quasi parfaite pour tous les documents étudiés. Elles peuvent cependant ne pas exister : les bordures SE de H1 et E de H3 n'ont aucun équivalent en télédétection.

Dans l'ensemble, les meilleures corrélations s'observent sur l'analyse morpho-cartographique : l'échelle plus petite jointe à une observation plus globale de toute la zone (les six coupures avaient été assemblées) pourrait être ici le facteur le plus influent : les photographies à 1/60 000 auraient probablement permis une meilleure interprétation.

QUATERNAIRE

Formations alluviales (alluvions différenciées sur des critères essentiellement altimétriques)

- Fz Sables et graviers (éléments de roches cristallines, métamorphiques et volcaniques) quartz, silex
- Fy Sables et graviers (roches volcaniques, granite, quartz, silex)
- Fw Sables et graviers (roches volcaniques, roches cristallines altérées, quartz, silex) parfois résiduels sur substrat connu. 1. Trias 2. Hettangien
- C Colluvions de fonds de vallons

PLIO-QUATERNAIRE

Formations de Sables et argiles du Bourbonnais

- FL Ensemble de dépôts fluviaux et fluvio-lacustres (galets, graviers, sables, argiles)

TERTIAIRE

- g3.ma Marnes verdâtres et calcaires d'âge Oligocène terminal à Miocène basal

SECONDAIRE

- l3.4 Sinémurien (s.l.). Calcaires gris-bleu, durs, en bancs décimétriques séparés par des interbancs marneux
- l1.2 Hettangien - Calcaires et calcaires dolomitiques jaunâtres - Intercalations de marnes verdâtres à la base
- l9 Rhétien - Argiles, grès et sables feldspathiques à matrice kaolinique
- l Trias - Grès, sables, argiles et dolomies calcaires

PRIMAIRE

- r3 Saxonien - Sables et argiles rouges conglomératiques, grès

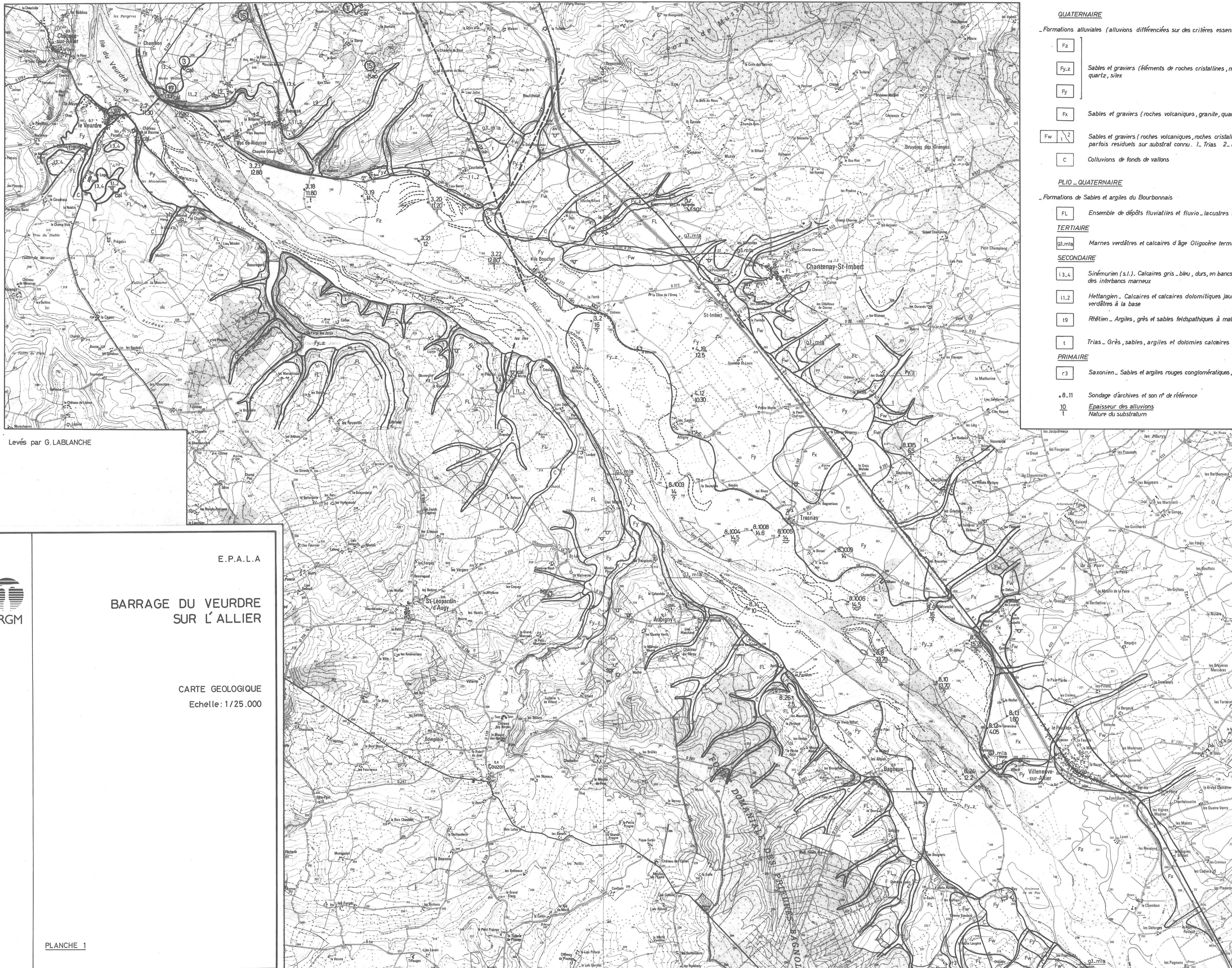
* 8-11 Sondage d'archives et son n° de référence

10 Epaisseur des alluvions

1 Nature du substratum

15 Références des coupes de front de taille

Trace du cours de l'Allier (photos aériennes)



Levés par G. LABLANCHE

E.P.A.L.A

BARRAGE DU VEURDRE SUR L'ALLIER

CARTE GEOLOGIQUE
Echelle: 1/25.000

