

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

**Direction départementale de l'Agriculture
de l'Ille-et-Vilaine**

**Étude hydrogéologique
du BASSIN de BRUZ-CHARTRES**

par

L. BRUNEL



**BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL**

Service géologique régional BRETAGNE – PAYS-DE-LA-LOIRE
rue du docteur-Haicault, 35 Bain-de-Bretagne
Tél.: (99) 47.91.11 puis demander le 10 à Bain-de-Bretagne

71 SGN 003 BPL

- R E S U M E -

L'étude du bassin de BRUZ-CHARTRES réalisée à la demande de la Direction Départementale de l'Agriculture, a permis d'améliorer considérablement la connaissance des formations aquifères et des phénomènes hydrauliques dont il est le siège.

Les conclusions des études documentaires antérieures ont été confirmées, précisées et complétées. La géométrie et les relations respectives des diverses formations (argiles inférieures, calcaires, argiles supérieures, faluns et sables) sont maintenant connues avec une assez bonne précision. La place et l'importance des seuils argileux ont été déterminées de façon satisfaisante. Les inconnues qui subsistent encore en ce domaine sont très secondaires au regard de ce qui a été acquis. Le rôle important des phénomènes tectoniques, contemporains du dépôt ou postérieurs, dans la genèse de la structure complexe du bassin a été bien mis en évidence.

La nature des formations aquifères, et les variations tant de leur lithologie que de leur épaisseur, ont pu être précisées en détail à la suite des travaux de sondage. La situation des divers ouvrages de captage est maintenant bien connue. C'est ainsi par exemple qu'il a été démontré que la source de Fénicat est l'exutoire des calcaires, et non des faluns comme il était précédemment admis.

Les mesures de niveau suivies depuis 1968 sur un petit nombre de points d'observation ont montré la dépendance des fluctuations de la nappe vis-à-vis de la pluviométrie d'une part et des conditions d'exploitation de l'autre. Les tournées de mesures effectuées sur le réseau piézométrique mis en place au cours de l'étude ont permis de dresser des cartes piézométriques qui font ressortir l'influence des divers captages.

Les pompages d'essai réalisés sur les puits de la Pavais et de la Marionnais ont fourni la valeur des caractéristiques hydrauliques respectives des calcaires et des faluns. Il est toutefois permis de se demander dans quelle mesure ces déterminations sont représentatives de l'ensemble des aquifères, eu égard aux variations constatées de la nature et de l'épaisseur de ces formations. On a pu en outre établir que, si le puits de la Pavais est correctement conditionné, celui de la Marionnais souffre d'importantes pertes de charge.

L'achèvement tardif des travaux de sondage n'a pas permis à l'étude de bénéficier d'un cycle hydrogéologique complet.⁽¹⁾ De ce fait la détermination de certains des termes du bilan de la nappe n'a pu se faire avec une précision suffisante. L'esquisse que nous avons faite de ce bilan semble montrer une certaine alimentation par les terrains encaissants. Mais l'ordre de grandeur assez faible de ce terme (4 % environ des prélèvements) nous empêche d'être affirmatif à ce sujet. Il est essentiel que les mesures soient poursuivies et que de nouveaux bilans soient faits avec une meilleure précision.

L'utilisation des ressources du bassin par le Syndicat du SW de Rennes et la Société Citroën entraîne une surexploitation des nappes. Les captages de la Société Citroën, du fait de leur implantation (à l'amont de la nappe et dans une zone où les formations aquifères sont relativement peu épaisses) ne disposent que d'une marge de sécurité réduite, au contraire de ceux du Syndicat. Si la baisse enregistrée dans les premiers mois de l'année se poursuit, comme il est prévisible, la production risque de flétrir au point de ne plus pouvoir couvrir les besoins des usines de la Janais. Il semble par contre que, si l'approvisionnement de ces usines en eau industrielle pouvait être réalisé à partir d'une autre source, les nappes du bassin pourraient être utilisées sans surexploitation.

Nous préconisons d'envisager une réalimentation artificielle du bassin, mais elle pourra dépendre des décisions qui interviendront quant aux modalités d'exploitation de ses ressources. En tout état de cause l'imprécision qui subsiste sur l'économie

(1) Les mesures ayant pu débuter en Janvier 1971, nous disposons de 10 mois d'observations.

des nappes empêche de se prononcer actuellement sur les modalités d'une telle opération. L'eau à injecter pourrait être prélevée dans la vallée de la Seiche, soit dans la rivière elle-même soit dans ses alluvions. Le débit à injecter et le point d'injection (ancienne carrière ?) dépendront du but poursuivi et nécessiteront un complément d'étude.

- SOMMAIRE -

	Pages
RESUME	1
SOMMAIRE	IV
INTRODUCTION	1
1 - CADRE DE L'ETUDE - TRAVAUX REALISES	3
11 - Travaux réalisés antérieurement	3
12 - Travaux effectués au titre de la présente étude	4
2 - GEOMETRIE ET NATURE DES FORMATIONS AQUIFERES	7
21 - Stratigraphie	7
22 - Extension des formations perméables	8
23 - Epaisseur des formations perméables - Structure du bassin	9
24 - Description des formations aquifères	10
241 - Calcaires	10
242 - Faluns	10
243 - Sables	11
3 - FLUCTUATIONS DES NAPPES ET PIEZOMETRIE	13
31 - Fluctuations des nappes	13
32 - Piézométrie	15
4 - POMPAGES D'ESSAI	18
41 - Pompage de la Pavais	18
411 - Dispositif d'observation et déroulement de l'essai	18
412 - Résultats	19
42 - Pompage de la Marionnais	21
421 - Dispositif d'observation et déroulement de l'essai	21
422 - Résultats	23
43 - Comparaison des deux aquifères	25
5 - MODALITES D'EXPLOITATION	26
51 - Syndicat de Rennes-Sud	26
52 - Usines Citroën	28
53 - Autres pompages	29

	Pages
6 - ESQUISSE D'UN BILAN DE LA NAPPE	30
61 - Eléments du bilan	30
611 - Entrées	30
612 - Sorties	31
62 - Calcul du bilan.	32
63 - Valeur et critique du bilan.	33
64 - Réserves du bassin.	33
7 - PROTECTION ET PRESERVATION DES RESSOURCES DU BASSIN	35
71 - Qualité chimique et bactériologique de l'eau	35
72 - Protection des nappes.	36
73 - Préservation des ressources - Alimentation artificielle.	37
731 - Buts de l'alimentation artificielle	38
732 - Prise d'eau pour l'alimentation artificielle . .	41
733 - Modalités de l'alimentation artificielle . . .	42
734 - Problèmes à résoudre	44
735 - Conclusions	45
74 - Travaux complémentaires	46
741 - Hydrogéologie des alluvions de la Seiche . . .	46
742 - Mesure de la vitesse d'infiltration de l'eau . .	47
743 - Estimation des dépenses	49
8 - CONCLUSIONS GENERALES	50
81 - Géométrie et structure du bassin	50
82 - Nature et qualité des aquifères	50
83 - Economie de la nappe	51

- LISTE DES PLANCHES, FIGURES ET ANNEXES -

Planches : I - Esquisse Géologique
II - Profils schématiques Ouest - Est
III - Situation des sondages
IV - Esquisse hypsométrique du substratum imperméable
V - Surface piézométrique 6/7 Janvier 1971
VI - Surface piézométrique 21/22 Avril 1971
VII - Variation de la surface piézométrique

Figures : 1 Graphique des fluctuations de la nappe
2 Situation de la station de "La PAVAIS"
3 Diagramme bilog, pompage "La PAVAIS"
4 Situation de la station "La MARIONNAIS"
5 Diagramme bilog, pompage "La MARIONNAIS"
6 Diagramme d'analyse d'eau

Annexes : - Tableau des mesures de descente, pompage "La PAVAIS"
- Tableau des mesures de remontée, pompage "La PAVAIS"
- Tableau des mesures de descente, pompage "La MARIONNAIS"
- Tableau des mesures de remontée, pompage "La MARIONNAIS"
- Résultats analyses d'eau (6)
- Coupes des sondages (39)

INTRODUCTION

Le bassin de BRUZ-CHARTRES est constitué de sédiments divers, d'âge tertiaire, "piégés" à la faveur d'accidents tectoniques qui ont affecté le socle armoricain. L'eau qu'il contient est exploitée pour satisfaire les besoins du Syndicat Intercommunal du Sud-Ouest de Rennes (8 communes), de Vern-Chantepie, et des usines de la Janais (Société Citroën). Le débit d'exploitation global peut être actuellement évalué à quelques 7 000 m³/j. Il montre en outre une tendance à l'augmentation constante au rythme d'environ 1 000 m³ supplémentaires par mois.

Cette exploitation est responsable d'une baisse d'ensemble des niveaux dont on peut craindre qu'elle ne compromette à terme la satisfaction des besoins. Les captages de la Société Citroën, qui paraissent fonctionner en permanence à la limite de leur capacité, semblent les plus menacés par cette évolution.

A la suite des études documentaires réalisées sur crédits de la Direction Générale des Mines, et qui ont permis de mettre en évidence ces problèmes, le Département d'Ille-et-Vilaine (Direction Départementale de l'Agriculture) a confié au B.R.G.M. une étude plus détaillée, appuyée sur des travaux de sondage et la mise en oeuvre de toutes les techniques de l'hydrogéologie. Le but de cette étude était de :

- définir au mieux la structure du bassin, la nature et l'extension des formations aquifères ;
- déterminer les réserves existantes et leur renouvellement, et en particulier dans quelle mesure l'alimentation naturelle compense les prélèvements ;

- proposer toutes mesures (alimentation artificielle par exemple) de nature à assurer la sauvegarde et la perennité des ressources.

Le présent rapport rend compte des travaux réalisés, et des conclusions qu'ils autorisent.

1 - CADRE DE L'ETUDE. TRAVAUX REALISES.

L'étude confiée au B.R.G.M. par la Direction Départementale de l'Agriculture ne couvre pas la totalité des formations du bassin tertiaire situé à l'Ouest et au Sud-Ouest de Rennes. Elle se limite à la partie centrale de ce bassin, et plus précisément aux zones perméables situées entre St-Jacques de la Lande au Nord et la Seiche au Sud, dites "bassin de Bruz-Chartres".

11 Travaux réalisés antérieurement à la présente étude.

La première mise en valeur des ressources en eau du bassin de Bruz-Chartres, si l'on excepte les puits individuels, a été l'aménagement, réalisé en 1945, de l'importante source de Fénicat, située à l'extrême Sud de ce bassin.

En 1957 le B.R.G.M., dans le cadre de l'établissement de la Carte Gravimétrique de France, a effectué une étude plus détaillée de l'anomalie de gravité induite par le bassin tertiaire de Rennes. Cette étude a été conduite par méthodes gravimétrique (rapport Jaeger) et électrique (rapport Cluseau).

Après une campagne de 6 sondages mécaniques effectués par l'Entreprise Boucher, le Service du Génie Rural d'Ille-et-Vilaine a fait exécuter par la Compagnie de Prospection Géophysique Française des études géophysiques par méthodes gravimétriques et électriques. Une nouvelle campagne de 9 sondages a suivi ces travaux en 1959.

Pour l'alimentation en eau de son usine de la Janais, la Société Citroën a fait forer en 1960 et 1961/62 deux captages dits "Citroën I" et "Citroën II".

Les études entreprises par le Service du Génie Rural d'Ille-et-Vilaine se sont concrétisées en 1962 par le forage des deux captages de la Pavais et de la Marionnais.

Parallèlement à l'extension de ses installations, la Société Citroën a fait exécuter, de 1963 à 1969, trois autres ouvrages, dits "Citroën III", "IV" et "V".

L'accroissement des besoins en eau du Syndicat de Rennes Sud a entraîné la mise en service en 1969/70 des deux captages réalisés en 1962.

L'essentiel des informations concernant l'hydrogéologie du bassin de Bruz-Chartres, avant la présente étude, a fait l'objet de deux rapports B.R.G.M., diffusés en 1969 et 1970, au titre de l'Evaluation des Ressources Hydrauliques. Dans ces rapports nous faisions le point des résultats de la surveillance des nappes, et des conclusions qu'ils autorisaient. Les problèmes posés, tant par les inconnues qui subsistaient sur la structure du bassin, que par la surexploitation constatée des ressources en eau y ont été mis en évidence.

12 Travaux effectués au titre de la présente étude.

Le B.R.G.M., dans le cadre du marché n° 70 024, passé avec le Département d'Ille-et-Vilaine (Direction Départementale de l'Agriculture) a effectué les travaux suivants :

- Une étude de terrain, appuyée de quelques sondages légers à la tarière à main, a permis de délimiter l'extension des diverses formations du bassin et d'implanter les sondages mécaniques qui ont suivi de la manière la plus rationnelle possible. Par la suite cette étude de terrain s'est poursuivie pour préciser au mieux les points restés dans l'ombre.

- La surveillance et le contrôle de la campagne de sondages réalisée concurremment par l'Entreprise Montavon et la Société Béarnaise. Au cours de notre intervention nous avons apporté le plus grand soin à l'examen des échantillons prélevés et en particulier des carottes de sondage.

- Le nivellation et le rattachement au Nivellement Général de la France de 120 ouvrages, puits, forages et piézomètres, nécessaires à l'établissement des cartes piézométriques.

- Des mesures piézométriques, effectuées sur 86 ouvrages retenus pour constituer le réseau d'observation. Ces mesures ont servi à dresser les deux cartes piézométriques dont est illustré le présent rapport, cartes dont il sera fait état en détail au chapitre 32, et qui correspondaient aux 6/7 Janvier et 21/22 Avril 1971.

- Des pompages d'essai, effectués sur les deux captages de la Pavais et de la Marionnais, afin de déterminer les caractéristiques hydrauliques des terrains aquifères.

- Le recueil des données météorologiques qui conditionnent l'alimentation des nappes et des prélèvements d'eau aux fins d'analyse physico-chimique.

- Un modèle analogique a enfin été réalisé par la méthode électrique (papier conducteur Teledeltos).

Bassin tertiaire de BRUZ-CHARTRES
(Série stratigraphique et nature du remplissage)

Etages géologiques	Nature des formations	Epaisseurs	Observations
<u>Quaternaire</u>	- Limons. Alluvions de la Seiche.	0,50 à plusieurs m	recouvrement limoneux général
<u>Pliocène</u>	- Sables rouges, azoïques, à graviers et galets parfois très gros. - Sables jaunes, fins à moyens. - Sables grisâtres, très fins. - Argiles et marnes brunes; quelques passées ligniteuses. - (Redonien) sablo-calcaire.	1 à 3 m 1 à 5 m 1 à 2 m 0,50 à 1,50 17 m	faciès de régression souvent calcaires généralement argileux localement au Sud de Chartres
<u>Miocène</u>	- Faluns coquilliers et sableux. - Faluns à lithothamnium.	1 à 65 m	souvent noduleux au toit sur une dizaine de mètres
<u>Oligocène</u>	- Argiles à gypse, verdâtres à noires (dites argiles supérieures). - Calcaires noduleux décalcifiés. - Argiles vertes. - Calcaires sableux fins, grossiers, marneux. - Argiles et marnes grises et vertes très fossilifères.	1 à 15/20m 5 à 75 m ?	généralement sapropéliennes localement 10 m au sondage 353-1-31
<u>Eocène</u>	- Argiles noires (sapropéliennes), grises pyriteuses. - Argiles kaoliniques, blanches, grises ou roses, associées à des rognons de grès "ladères" en bordure du bassin.	150 à 400	(épaisseur d'après géophysique) rognons parfois ferrugineux (sidérolithiques)
<u>Socle Bricovérien</u>	- Schistes plus ou moins altérés.		

2 - GEOMETRIE ET NATURE DES FORMATIONS AQUIFERES.

Le bassin de Bruz-Chartres a un remplissage extrêmement hétérogène mis en place au cours de l'ère tertiaire, de l'Eocène au Pliocène, et que recouvrent des dépôts quaternaires. Toutes ces formations ne sont pas, il s'en faut, perméables et les argiles y connaissent un développement qui peut être très important. Il a en outre été le siège de mouvements tectoniques qui ont contribué à compliquer fortement les relations entre les divers terrains perméables et entre ceux-ci et les formations argileuses.

21 Stratigraphie.

Le tableau ci-contre résume, en la schématisant quelque peu, la série stratigraphique du bassin. Il n'est évidemment pas possible d'y donner tout le détail qui apparaît à l'examen des échantillons et des carottes de sondage, détail dont on aura une meilleure idée en se rapportant aux coupes de sondages annexées au présent rapport.(1)

Les formations tertiaires reposent sur les schistes du socle briovérien, dont la zone altérée peut atteindre une trentaine de mètres d'épaisseur.

Les déterminations lithologiques et stratigraphiques dérivent des travaux des chercheurs de l'Université de Rennes (Laboratoire de Géologie). Les épaisseurs sont basées sur les résultats des mesures géophysiques et des sondages de reconnaissance exécutés depuis 1958. Il est à remarquer que des incertitudes subsistent encore en ce qui concerne ces épaisseurs, les résultats de la géophysique étant parfois en

(1) et qui ont déjà été présentées dans notre précédent rapport sur les résultats de la campagne de sondages.

contradiction avec l'observation directe (à l'emplacement du sondage 317-5-21, la gravimétrie avait prévu une épaisseur du Tertiaire voisine de 100 m, le forage a rencontré le socle briovérien à 30,50 m de profondeur).

Du point de vue de l'hydrogéologie ces incertitudes ne présentent d'ailleurs aucune importance. Les formations perméables se limitant aux calcaires oligocènes et aux faluns miocènes (les sables et graviers pliocènes ne jouent, nous le verrons, qu'un rôle très secondaire), l'épaisseur exacte des argiles eocènes est ici sans intérêt.

22 Extension des formations perméables.

La carte géologique (planche I) montre l'extension en surface des divers terrains. On constate que les dépôts oligocènes (calcaires et argiles supérieures) ne s'étendent que sur la moitié Ouest du bassin. Ils sont limités à l'Ouest par la faille de Pontpéan et dans la région de la Gautrais et de l'aérodrome par les argiles inférieures. Au contraire les dépôts plus récents (faluns miocènes et sables pliocènes) se rencontrent presque exclusivement dans la moitié Est du bassin. Ils sont séparés des précédents par une bande d'argiles inférieures, sauf dans la partie centrale où une apophyse de faluns déborde largement vers l'Ouest jusqu'à proximité de Doublée.

Au Nord de la zone étudiée, dans le secteur de l'aérodrome, la bande d'argiles inférieures intercalée entre les calcaires et les faluns disparaît. Les deux principales formations perméables viennent là en contact. Il en est de même à l'extrême Sud, à la hauteur de la départementale 44.

On voit ainsi que les communications hydrauliques entre calcaires et faluns seront extrêmement limitées. Il n'est toutefois pas possible de distinguer absolument deux nappes, ces communications, si discrètes soient-elles, existant au moins en trois points du bassin. Il est d'ailleurs à remarquer à ce sujet, que le front de taille de la carrière, actuellement noyée, des Grands Fours recoupe à la fois les deux formations et les met ainsi en communication, en dépit de la présence d'un biseau d'argiles inférieures qui les sépare.

Il est assez important de noter que ces formations n'atteignent pas la Seiche. La localisation de la source de Fénicat laissait prévoir ce fait que nos observations ont parfaitement établi. Cette source est l'exutoire de la nappe des calcaires, les faluns eux étant à l'origine de deux petites sources situées plus à l'Est et qui donnent naissance à des ruisseaux affluents de la Seiche.

Au total, les calcaires couvrent une superficie de quelques $2,4 \text{ km}^2$ (4,5 km du N au S, sur 800 m dans la plus grande largeur). Les faluns ont une extension légèrement plus grande, voisine de $3,1 \text{ km}^2$.

23 Epaisseur des formations perméables - Structure du bassin.

(1) Les sondages de reconnaissance ont montré une très grande variabilité de l'épaisseur verticale des diverses formations. C'est ainsi que les calcaires se rencontrent sur 75 m au sondage 353-1-27 alors que légèrement plus à l'Est, au 353-1-28, ils n'ont que 25 m. De la même façon les faluns ont été traversés sur 62 m au captage de la Marionnais, mais sur 25 m. seulement au sondage 353-1-26. Les coupes transversales selon les 3 profils (A A', B B' et C C') portés sur la carte (planche I), illustrent parfaitement cette variabilité. (voir Planche II)

En fait ces variations sont dues, dans une très large mesure, aux phénomènes tectoniques qui ont affecté cette région tout au long du Tertiaire. Il semble en effet que, outre une subsidence liée à l'existence de la faille ancienne de Pontpéan, il se soit développé à cette époque tout un champ de fractures qui ont provoqué des mouvements verticaux différentiels et des basclements. Ceci est attesté par le fait que des terrains récents se trouvent aujourd'hui à des cotes inférieures à celles de terrains plus anciens (la base des sables se trouve à -8 m NGF au sondage 353-2-4, tandis qu'au sondage 353-1-28, les calcaires affleurent à +30 m NGF).

Cette tectonique complexe a donc dû entraîner à la fois des surépaisseurs des dépôts dans les zones subsidentes et des fluages le long des plans de basculement (fluages facilités par la plasticité des argiles sapropéliennes). Elle est également responsable de l'extrême fracturation

(1) Situation des sondages (Planche II).

des calcaires et par là même de leurs qualités hydrauliques.

Il résulte de celà la configuration que représente la carte (Planchette III). On y distingue nettement à l'Ouest la cuvette des calcaires dont le fond s'abaisse jusqu'à la cote -40 NGF, et à l'Est le sillon des faluns, lui-même composé de deux compartiments principaux alignés du Nord au Sud, et dont le mur ne descend pas en-dessous de -30 NGF. (1)

24 Description des formations aquifères.

241 Calcaires.

Il s'agit là, en fait, d'un ensemble assez hétérogène de calcaires plus ou moins marneux à la base, plus ou moins décalcifiés au sommet (nodules enrobés dans une gangue calcaro-sableuse). La plus grande masse, dans la partie médiane, est constituée de calcaires grossiers, très fossilifères et fortement cimentés. Comme nous l'avons déjà signalé ils ont été extrêmement fracturés sous l'effet des forces tectoniques.

La circulation des eaux météoriques dans ces réseaux de fractures y a entraîné la formation d'une légère karstification qui augmente considérablement la perméabilité de ces roches. Lors de la campagne de sondages nous avons pu observer que systématiquement tous les ouvrages ont montré des pertes totales du fluide de circulation, et que dès vides atteignant jusqu'à 0,40 m ne sont pas rares.

La perméabilité de ces calcaires est donc fondamentalement une perméabilité de fissures (perméabilité "en grand").

242 Faluns.

Cette formation se présente sous deux faciès différents :

- Au Nord de Chartres il s'agit d'un falun sableux, sans cohésion. La fraction sableuse peut représenter 30 % du volume total, la plus grande partie étant formée par des coquilles, souvent de grandes dimensions

(1) Sur cette carte apparaît l'anomalie de gravité 11 mgal, qui correspond à peu de choses près à la limite des formations tertiaires.

(huîtres). Les algues calcaires (*lithothamnium*) ne représentent que 10 à 15 % du total. C'est là un faciès de dépôt littoral, ce qui s'accorde bien avec sa relativement faible épaisseur (15 à 30 m) ;

- Au SW de Chartres par contre les *lithothamnium* prédominent (90 %). Tout en restant très meubles, ils présentent une cohésion plus grande que les précédents, ce qui peut s'observer en particulier au front de taille de l'ancienne carrière de la Garenne de Pan.

A leur partie supérieure, sur 10 à 15 m d'épaisseur, ils sont généralement noduleux. Le dépôt, après dissolution, de calcaire, d'oxydes de fer et éventuellement de silice, a entraîné la formation de rognons indurés qui constituent de l'ordre du 1/3 du volume de cette formation. Ces phénomènes sont plus développés au toit des faluns où un horizon peu épais (1 à 1,50 m) se présente sous forme de dalles complètement cimentées, et qui ont été très fréquemment utilisées en construction ("maçonnal").

La perméabilité des faluns est essentiellement, du fait de leur manque de compacité, une perméabilité d'interstices (perméabilité "en petit").

243 Sables.

La partie supérieure du Pliocène est représentée par un faciès grossier de sables et graviers qui contiennent des galets pouvant atteindre 20 à 50 cm (grès ladères remaniés et brèches ferrugineuses). Cette formation recouvre irrégulièrement une grande partie du bassin sur une faible épaisseur, de l'ordre de 0,50 m à plusieurs mètres. Elle repose sur une mince couche d'argiles et marnes sableuses qui la sépare des calcaires et des faluns.

Les sables situés au SE de Chartres et qui seuls sont cartographiés, ont été traversés sur 35 m d'épaisseur. Ils sont essentiellement siliceux et relativement fins dans leur moitié supérieure alors qu'ils se chargent ensuite en calcaire (tests de foraminifères, coquilles) pour reposer directement sur les argiles inférieures.

Il faut noter, que ce dépôt sableux n'a vraisemblablement aucune influence sur les aquifères exploités (calcaires et faluns), car le relèvement des argiles qui les séparent des faluns, à l'Ouest, paraît généralement supérieur à la cote du toit de ces sables, ou tout au moins au niveau de la nappe qu'ils peuvent renfermer. Aussi cet aquifère très réduit sera négligé dans la suite de cette étude.

3 - FLUCTUATIONS DES NAPPES ET PIEZOMETRIE.

Depuis Mars 1968, dans le cadre des premières études IRH, nous avons suivi les variations des niveaux d'eau dans les 3 carrières de Lormandièvre, des Grands Fours et des Vieux Fours, ainsi que dans le captage de la Pavais. Ces quatre points, que l'on peut considérer comme représentatifs de l'ensemble de la nappe, nous fournissent donc un historique qui s'étend sur près de trois années et demi.

En outre deux tournées générales de mesures ont été effectuées, l'une en Janvier 1971 dès l'achèvement de la campagne de sondages, l'autre à la fin de la période d'étude, en Avril 1971.

3.1 Fluctuations des nappes.

Les quatre points de surveillance intéressent quasi exclusivement la nappe des calcaires (rappelons qu'à la carrière des Grands Fours le front de taille noyé recoupe également les faluns). La carrière de Lormandièvre montre l'influence des pompages du puits Citroën V, tandis que le puits de la Pavais est affecté jusqu'en Janvier 1971 par les pompages qui y ont eu lieu. Nous pouvons par contre considérer les deux autres carrières comme représentatives de l'évolution d'ensemble de la nappe, dans les zones non influencées.

Pour ce qui est de la nappe des faluns l'absence de point d'observations régulières ne nous permet pas de telles comparaisons. En fait, vu la similitude des gisements et l'identité des conditions d'alimentation, rien ne nous permet de supposer qu'elle présente une évolution différente.

Le graphique ci-contre (figure 1) matérialise les observations faites depuis Mars 1968. En regard des fluctuations de niveau, ont été portées les données de la pluviométrie à la station de Rennes-St-Jacques.

- FLUCTUATIONS DE LA NAPPE - Fig.1

Bureau H. Delain.

Altitude du plan d'eau.

Lormandière.

30m NGF

(cptage) La Pavais.

Les G^{es} Fours.

Les V^{es} Fours.

mise en service Citroën V.

mise en service (irrégulière)
de la Pavais.

29

28

27

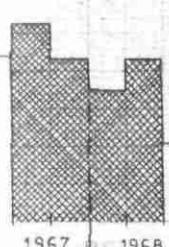
26

25m

24

Météo.

Pluviométrie: (RENNES-ST JACQUES)



FRANCE

1968

1969

1970

1971

1967

1968

1969

1970

1971

On constate tout d'abord que les niveaux ont, au cours de la période d'observations, assez considérablement oscillé. Le tableau ci-dessous donne les variations des différents plans d'eau entre les époques caractéristiques :

	de Mars 68 à l'étiage 69-69	de l'étiage 68-69 aux hautes eaux 69	des hautes eaux 69 à l'étiage 69-70	de l'étiage 69-70 aux hautes eaux 70	des hautes eaux 70 au 1 Juillet 71
Lormandièr	-0,70 m	+0,63 m	-1,03 m	+1,33 m	-3,95 m
La Pavais	-0,85 m	+0,57 m	-1,05 m	+1,82 m	-3,30 m
Les Grands Fours	-0,83 m	+0,18 m	-0,70 m	+1,00 m	-2,02 m
Les Vieux Fours	-1,05 m	+0,31 m	-0,73 m	+1,45 m	-1,95 m

La baisse de l'année 68 a été assez modérée, mais la remontée due aux pluies déficitaires (1) (191,8 mm de Nov. 68 à Fév. 69) de l'hiver 68-69 ne l'a pas entièrement compensée. Au cours de 1969 la nappe a encore baissé assez modérément, et de façon comparable à l'année précédente. Mais cette fois les pluies de l'hiver 69-70 ont été assez abondantes (367,5 mm pendant les 4 mois d'hiver) pour ramener la nappe légèrement au-dessus de son niveau de Mars 68. La dernière période montre, en 1970-71, la conjonction de pluies moyennes (223 mm) et de la mise en exploitation du captage Citroën V et de la Pavais ; on ne constate pas de remontée, l'effet de l'alimentation par les pluies ne se marquant que par un léger ralentissement de la descente, qui reprend par la suite son rythme de décrue normal.

Il est par ailleurs à remarquer qu'au cours de cette dernière période, la carrière de Lormandièr et le puits de la Pavais ont accusé une baisse beaucoup plus importante que les deux autres carrières (4,75 m de Février 70 à Novembre 71 contre 3 m en moyenne). Il faut y voir l'effet prépondérant des captages, et surtout de celui des Usines Citroën, nettement plus exploité que la Pavais. Ceci est en particulier attesté par la remontée du niveau d'eau de Lormandièr en Août, lors de l'arrêt des usines pour les congés.

(1) La moyenne des pluies de Novembre à Février, calculée sur 25 ans (1947-1971) est de 229,4 mm.

Il est à conclure des remarques qui précèdent que :

- d'une part la nappe est alimentée en priorité par les pluies hivernales (les précipitations de Mai 1969 et Août 1970 n'ont eu aucune influence) et que cette alimentation se fait dans de très bonnes conditions ;
- d'autre part que le volant d'eau provenant de l'infiltration des pluies est insuffisant pour commander l'évolution de la nappe au-delà d'une année. L'exploitation, surtout si elle se surimpose à une alimentation déjà déficitaire, provoque une baisse des niveaux qui peut en compromettre la poursuite.

Deux conséquences pratiques résultent de ces considérations :

- L'exploitation qui est faite de la nappe risque d'en compromettre les ressources, au cas où une période de plusieurs années de pluviosité déficitaire ou même simplement moyenne coïnciderait avec des pompage importants. Comme il est peu probable que l'on puisse ajuster les prélèvements au volume de l'alimentation, nous pensons utile de poser dès à présent le problème d'une réalimentation artificielle.
- La précarité de l'exploitation mise en évidence par ces remarques rend indispensable la poursuite des observations et des mesures de niveau. Compte tenu des données météorologiques, elles sont en effet nécessaires pour prévoir d'éventuels mécomptes lors de la "soudure" de l'automne.

32 Piézométrie.

Les deux cartes piézométriques (planches V et VI) que nous présentons correspondent aux deux tournées générales de mesures des 6/7 Janvier et 21/22 Avril 1971. Deux constatations essentielles se dégagent de leur examen :

- L'écoulement d'ensemble de la nappe se fait du Nord vers le Sud, avec un gradient moyen de 3,3 % (15 m pour 4,5 km). Cet écoulement est commandé par la topographie, les exutoires de la nappe (source de Fénicat, sources des faluns) se situant naturellement aux points les plus bas, dans la vallée de la Seiche. La valeur du gradient moyen traduit une assez bonne perméabilité d'ensemble des terrains aquifères (1).

(1) On sait que, toutes choses égales par ailleurs, le gradient varie en raison inverse de la perméabilité.

- La surface piézométrique est extrêmement tourmentée dans le détail. Les quatre centres de captage de la Marionnais, de la Pavais, de Citroën V et de Citroën I à IV induisent chacun une dépression marquée de cette surface. Le bombement de la partie centrale est beaucoup plus la conséquence de son équidistance approximative aux quatre centres que d'une caractéristique particulière de la nappe à cet endroit. En ce qui concerne la zone du captage de Fénicat, l'allure des courbes isopièzes y est davantage conditionnée par la structure en "gouttière" des calcaires que par les pompages.

Nous avons vu que la structure du bassin et le mode de gisement des différentes formations sont responsables de l'absence de communications hydrauliques entre calcaires et faluns, sauf à l'extrême Nord, au centre et à l'extrême Sud du bassin. Ce fait se traduit naturellement dans le tracé des courbes isopièzes, mais nous devons préciser que les relations indiquées par les cartes sont dans une certaine mesure hypothétiques. Nous manquons en effet de renseignements précis qui nous permettraient de trancher ce problème, renseignements dont l'acquisition nécessiterait des travaux d'une importance disproportionnée avec l'intérêt qu'ils présenteraient.

Il apparaît en effet que les argiles qui s'intercalent entre les calcaires et les faluns contiennent de l'eau. Ce fait est attesté par l'existence de quelques puits individuels. Or, si faible soit-elle, la perméabilité de ces formations ne peut être considérée comme nulle. Par ailleurs l'épaisseur en est variable (voir la coupe du sondage 353-1-31) et on ne peut affirmer qu'elles constituent partout un écran imperméable.

En contrepartie il est certain que, au regard surtout de l'exploitation, et en raison des différences de perméabilité qu'elles présentent avec les calcaires et les faluns, elles doivent néanmoins jouer un rôle non négligeable de barrière hydraulique.

Disons que, dans des conditions naturelles d'écoulement, les écrans argileux seraient insuffisants pour empêcher la mise en équilibre l'une par rapport à l'autre de la nappe des calcaires et de celle des faluns, mais que dans les conditions artificielles induites par les pompages elles sont parfaitement en mesure d'interdire cette mise en équilibre.

L'examen des cartes montre enfin que l'alimentation de la nappe ne peut se faire qu'à partir des précipitations, directement ou par l'intermédiaire du ruissellement sur le bassin versant. Il exclut par contre absolument l'hypothèse d'un quelconque apport d'eau en provenance de la Seiche.

La comparaison des deux cartes montre, comme précédemment les graphiques de fluctuations, la baisse d'ensemble des nappes dans les secteurs influencés par les captages les plus productifs (1 m en moyenne dans les secteurs de Citroën V, 0,50 m en moyenne dans le secteur de Citroën I à IV). Elle montre toutefois qu'au cours de cette période il s'est produit une réalimentation qui relève les niveaux en amont des captages Citroën I à IV et dans la partie Sud du bassin.⁽¹⁾ C'est vraisemblablement ce phénomène qui explique encore la légère remontée constatée dans le secteur de la Marionnais. Ces constatations nous permettent donc de nuancer les conclusions suivies de l'examen des graphiques de fluctuation (§ 31).

(1) Planche VII

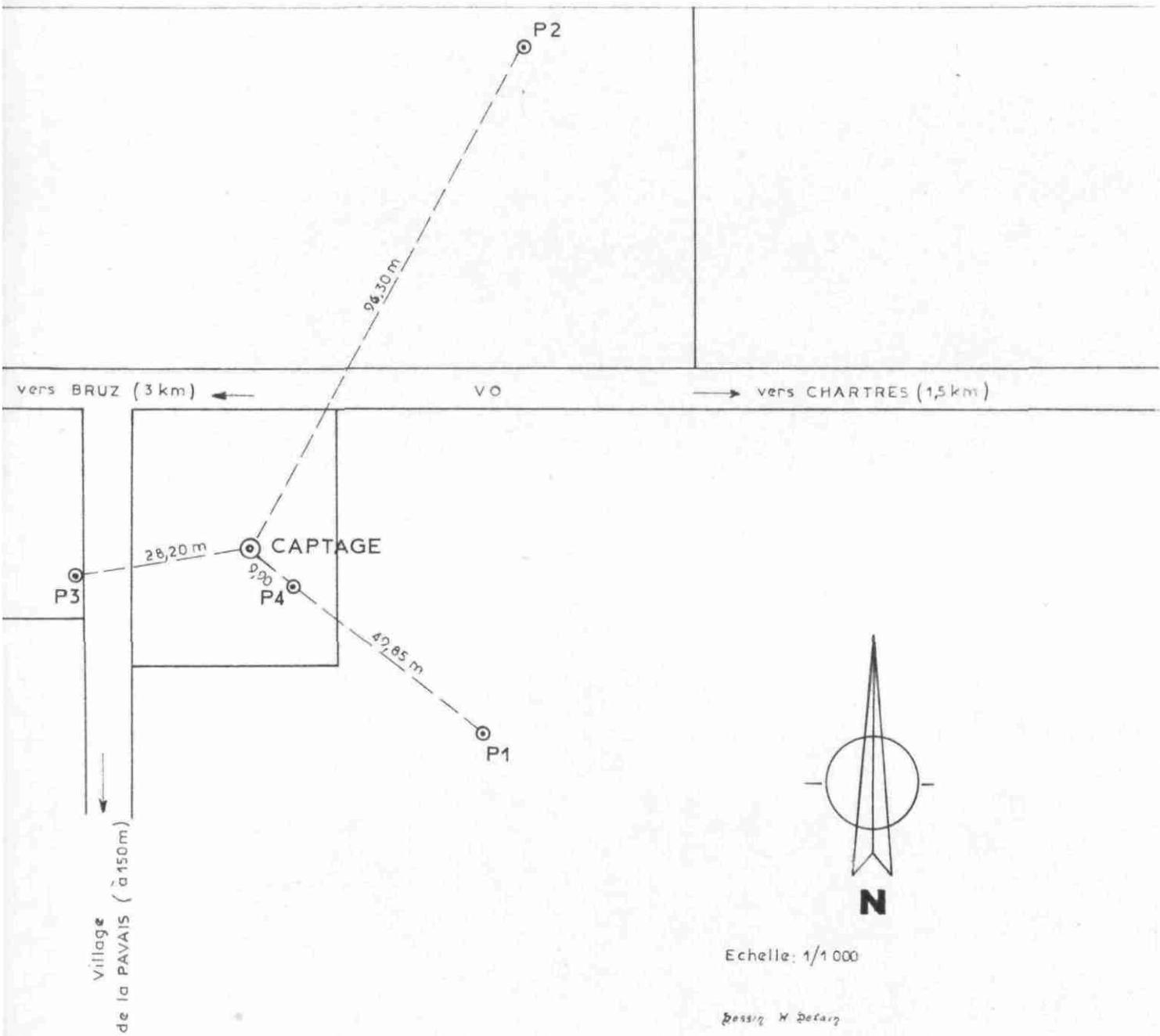
COMMUNE DE CHARTRES de B^{1^{er}} (I & V)

Lieu dit: "La PAVAIS." (353-1-7)

Plan de situation de la station d'essai.

(Pompage d'essai du 29/3 au 1/4/1971)

Fig:2



Echelle: 1/1000

Bessy & Delair

4 - POMPAGES D'ESSAI.

Deux pompages d'essai, nécessaires à la détermination des caractéristiques hydrauliques des formations aquifères ont été réalisés l'un sur le captage de la Pavais, situé à l'W du bassin et foré dans les calcaires grossiers, l'autre sur celui de la Marionnais qui intéresse les faluns du S.E. Nous nous plairons à souligner ici la parfaite coopération dont nous avons bénéficié de la part de la Compagnie Générale des Eaux.

41 Pompage de la Pavais.

411 Dispositif d'observation et déroulement de l'essai.

Le dispositif d'essai était constitué par le captage et les 4 piézomètres P1, P2, P3 et P4, (dont la figure 2 donne les implantations.) Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques de ces ouvrages.

Désignations	Profondeurs (en m)	Cotes du crépinage (en m)	Ø forage - équipement (en m)	Distances au captage (en m)
Captage(puits)	56,50	32,50 à 49,00	1,00	0,70
P1	59,00	11,10 à 57,90	0,20	0,10
P2	26,00	10,00 à 26,00	0,20	0,10
P3	36,90	11,10 à 30,60	0,20	0,10
P4	30,00	9,90 à 29,50	0,20	0,10

On trouvera en annexe au présent rapport les coupes géologiques de ces ouvrages, déjà figurées dans notre rapport précédent sur la campagne de sondages (Décembre 1970), auquel nous envoyons le lecteur pour plus de détail.

Dans une phase préliminaire, l'exploitation du captage a été arrêtée 3 jours $\frac{1}{2}$ avant le début de l'essai proprement dit, afin de laisser la nappe retrouver son état de repos. Nous ne pouvons toutefois pas affirmer que l'équilibre total a été atteint, les observations effectuées pendant près de 7 jours après l'arrêt du pompage d'essai ayant montré une remontée des niveaux à quelques 30 cm au-dessus des cotes de départ.

Le pompage a duré 72 heures, du 29 Mars à 9 h au 1er Avril à 9 h. Il n'y a aucune observation particulière à faire quant aux conditions dans lesquelles s'est effectué l'essai. Le fonctionnement de l'installation de pompage a été parfait et sans la moindre défaillance.

L'eau, pompée par une électropompe KSB type BFH 384-4, dont la crête d'aspiration est située à 32,50 m de profondeur, a été directement refoulée vers le réservoir de Bruz et de là vers le réseau de distribution.

Les mesures des niveaux d'eau ont été faites à la sonde électrique Rossignol, généralement au millimètre près. Le débit a été contrôlé par lectures des indications du compteur volumétrique de l'installation en place. Ce débit est resté stable tout au long des 72 heures de l'essai, et égal à $82 \text{ m}^3/\text{h}$, à la précision près du compteur.

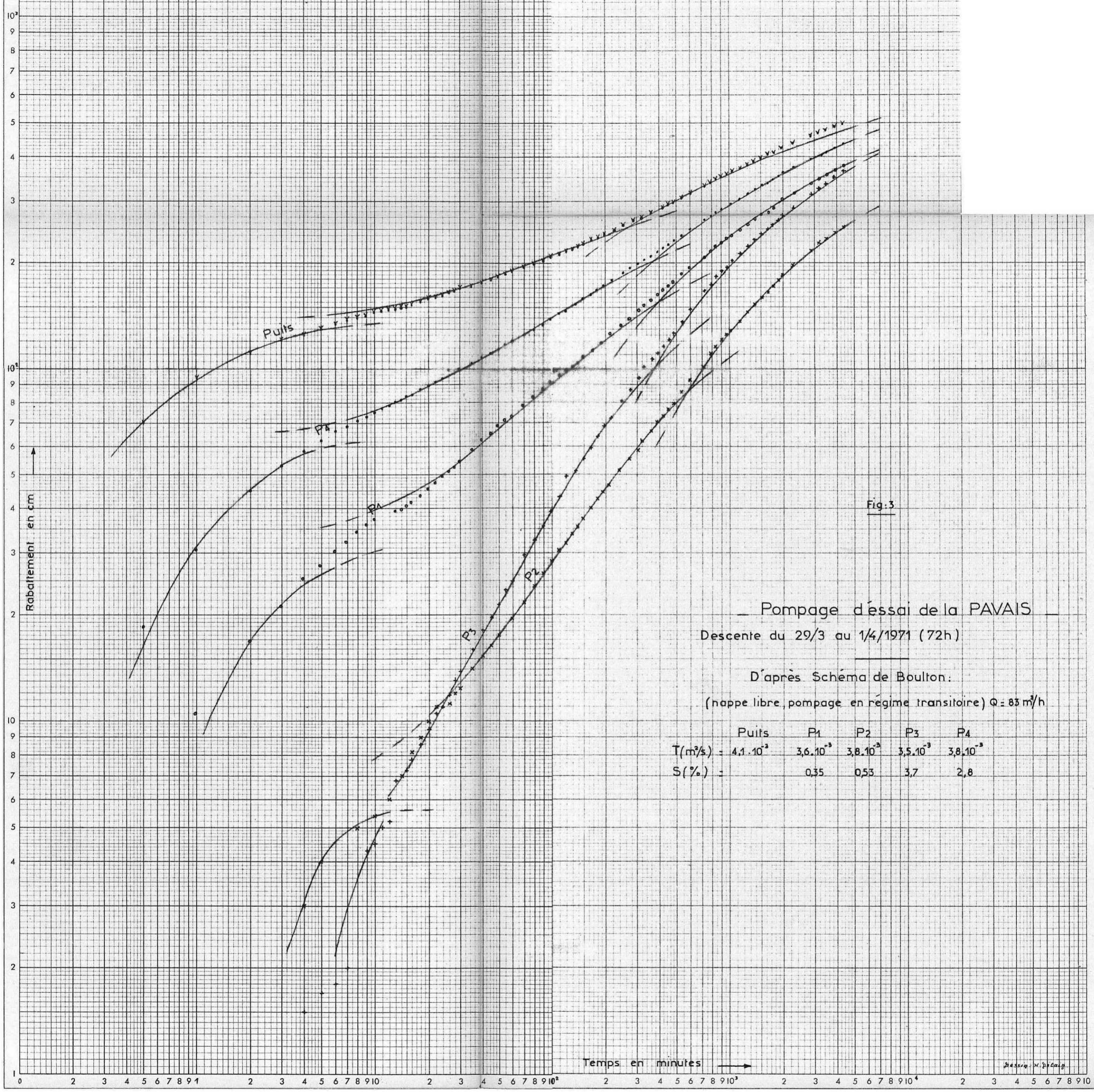
412 Résultats.

On trouvera en annexe les tableaux des mesures (descente et remontée) effectuées sur les divers ouvrages.

La comparaison des rabattements obtenus à la fin des 72 heures de pompage, dans le puits et dans les piézomètres (voir tableau ci-dessous), ne montre aucune perte de charge anormale dans le captage et établit ainsi son développement correct.

Ouvrage	P2	P1	P3	P4	Puits
Distance au puits (m)	96	50	28	10	0
Rabattement (m)	2,538	3,740	3,632	4,345	4,960

o
o o



L'évolution des rabattements en fonction du temps n'a pu être exploitée par la méthode classique de Theis-Jacob. Le report des observations sur diagramme semi-logarithmique ne donne en effet pas l'alignement droit du cas idéal. Il est apparu au contraire que la nappe testée réagit au pompage conformément au schéma de Boulton (1) adapté aux nappes libres. Le relâchement de l'eau n'y est pas totalement instantané et on peut y distinguer deux phases :

- libération immédiate de l'eau par suite de son expansion et du tassement de l'aquifère ;
- égouttement plus ou moins lent ("débit retardé") de l'eau comprise dans les interstices au-dessus du cône de dépression.

L'exploitation des mesures se fait par report sur un diagramme bilogarithmique (voir figure 3) et par identification de la courbe obtenue à l'une de celles de l'abaque théorique de Boulton.

En outre l'examen des graphiques montre qu'ils peuvent tous se scinder en deux segments de courbe, dont le second, apparaissant à la fin de l'essai, au bout d'un temps de pompage variable, à une pente plus forte que le premier. La superposition de ces deux segments aux courbes théoriques montre que le second correspond à une valeur de la fonction de Boulton moitié de celle trouvée pour le premier. Cette constatation établit (2) qu'il s'agit là d'un effet de bordure, l'aquifère étant limité par une barrière étanche.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs des caractéristiques hydrauliques de l'aquifère déterminées par la méthode utilisée.

Ouvrage	Puits	P1	P2	P3	P4
Transmissivité(m^2/s)	$4,1 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Coefficient d'emmagasinement(%)	(3)	0,35	0,53	3,7	2,8

(1) N.S. Boulton "Unsteady radial flow to a pumped well allowing for delayed yield from storage" 1954.

(2) J. Forkasiewicz - Interprétation des données des pompages d'essai pour l'évaluation des paramètres des aquifères - BRGM 1969.

(3) La détermination du coefficient d'emmagasinement n'est pas possible sur le puits, en raison de l'imprécision de l'évaluation de son rayon.

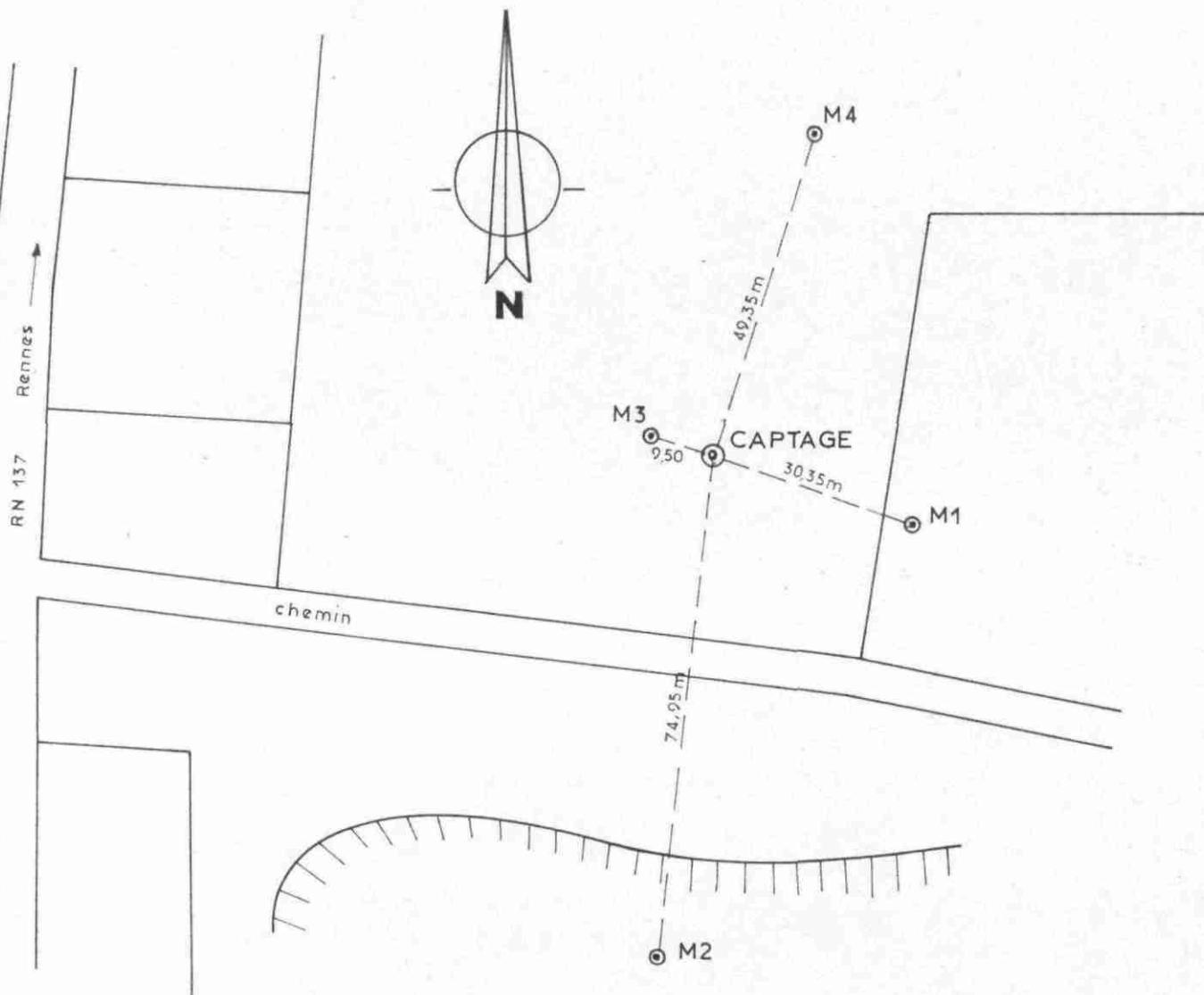
COMMUNE DE BRUZ (I&V)

Lieudit: "La Marionnais" (353-2-5)

Plan de situation de la station d'essai.

(Pompage d'essai du 26 au 29/4/1971)

Fig:4



Echelle: 1/1000

Possieg. M. Derval

On voit donc qu'au regard de la transmissivité le secteur de la Pavais est extrêmement homogène. La valeur moyenne de ce paramètre est de $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ($14 \text{ m}^2/\text{h}$ environ). Par contre il faut distinguer la zone du puits et du piézomètre P3, c'est-à-dire la zone située vers l'W, où le coefficient d'emmagasinement moyen est de l'ordre de 3 %, de la zone E (P1 et P2) où cette caractéristique n'est en moyenne que de 0,3 à 0,5 %. Outre une certaine hétérogénéité vraisemblable des calcaires, il est possible que vers l'E on passe progressivement à des conditions de nappe semi-captive, du fait du recouvrement des calcaires par les argiles supérieures qui les séparent des faluns au centre du bassin.

Nous retiendrons comme valeurs moyennes des paramètres hydrauliques des calcaires dans le secteur de la Pavais :

$$T = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\begin{aligned} S &= 3 \% \quad \text{dans la zone du puits} \\ &\quad 0,5 \% \text{ à l'Est du puits} \end{aligned}$$

Un calcul fondé sur le temps nécessaire à l'apparition de l'effet de bordure (passage d'un segment de courbe à l'autre) montre que la barrière étanche est située à quelques 40 à 45 m à l'W du puits. Il s'agit là en fait d'une limite hydraulique équivalente, qui ne coïncide pas forcément avec le passage des calcaires aux argiles de bordure.

Les mesures de remontées ne sont, pas plus que celles de descente, justifiables d'une interprétation par la méthode de Theis-Jacob. Comme la méthode de Boulton n'est applicable qu'aux mesures de descente, cette remontée n'a pu nous fournir de renseignements.

42 Pompage de la Marionnais.

421 Dispositif d'observation et déroulement de l'essai.

Le dispositif d'essai était constitué par le captage et les piézomètres M1 - M2 - M3 - M4 , dont la figure 4 donne l'implantation.

Le tableau ci-dessous résumant les principales caractéristiques des ouvrages.

Désignations	Profondeurs (en m)	Cotes du crépinage (en m)	Ø forage - équipement (en m)	Distances au captage (en m)
Captage(puits)	70,10	43,50 à 67,50	1,00	0,70
Piézo M1	41,00	13,20 à 40,40	0,20	0,10
Piézo M2	26,00	10,40 à 26,00	0,20	0,10
Piézo M3	31,00	14,40 à 30,00	0,20	0,10
Piézo M4	31,00	7,00 à 30,50	0,20	0,10

On trouvera également en annexe les coupes géologiques de ces ouvrages déjà figurées dans notre rapport sur la campagne de sondages (Décembre 1970).

Dans une phase préliminaire, l'exploitation du captage a été arrêtée une dizaine de jours avant le début de l'essai ce qui a largement permis à la nappe de retrouver son état de repos. Les observations poursuivies pendant 5 jours après l'arrêt du pompage n'ont en effet montré que d'infimes différences par rapport aux niveaux du début ; ces différences de quelques centimètres pouvant être assimilées à la variation naturelle de la nappe au cours de la période considérée.

Le pompage qui a duré 72 heures, du 26 Avril à 9 h au 29 Avril 9 h, s'est déroulé dans de très bonnes conditions de fonctionnement. L'eau, pompée par une électropompe KSB type UPH 293/7 dont la crête d'aspiration est située à 42 m de profondeur, a été directement refoulée sur le réservoir de Bruz et de là vers le réseau de distribution.

Les mesures des niveaux d'eau sur les 5 points d'observation ont été faites à la sonde électrique Rossignol mais par contre le débit n'a pu être contrôlé sur le compteur volumétrique, incidemment déréglé, de l'installation. Le débit qui est connu par les relevés antérieurs est de l'ordre de 60-65 m^3/h . Cette valeur a été vérifiée indirectement en fonction de la consommation d'énergie électrique lors de l'essai. Toutefois,

sur les indications du service local d'exploitation et d'après les volumes distribués, nous ne retiendrons que la valeur inférieure, soit : $60 \text{ m}^3/\text{h}$ de débit.

422 Résultats.

On trouvera en annexe les tableaux des mesures (descente et remontée) effectuées sur les divers ouvrages.

La comparaison des rabattements obtenus à la fin des 72 heures de pompage dans le puits et dans les piézomètres (voir tableau ci-dessous) montre que le puits est affecté de pertes de charge anormales très importantes.

Ouvrage	M2	M4	M1	M3	Puits
Distance au puits(m)	75	49	30	10	0
Rabattement (m)	0,420	0,727	0,902	1,117	6,712

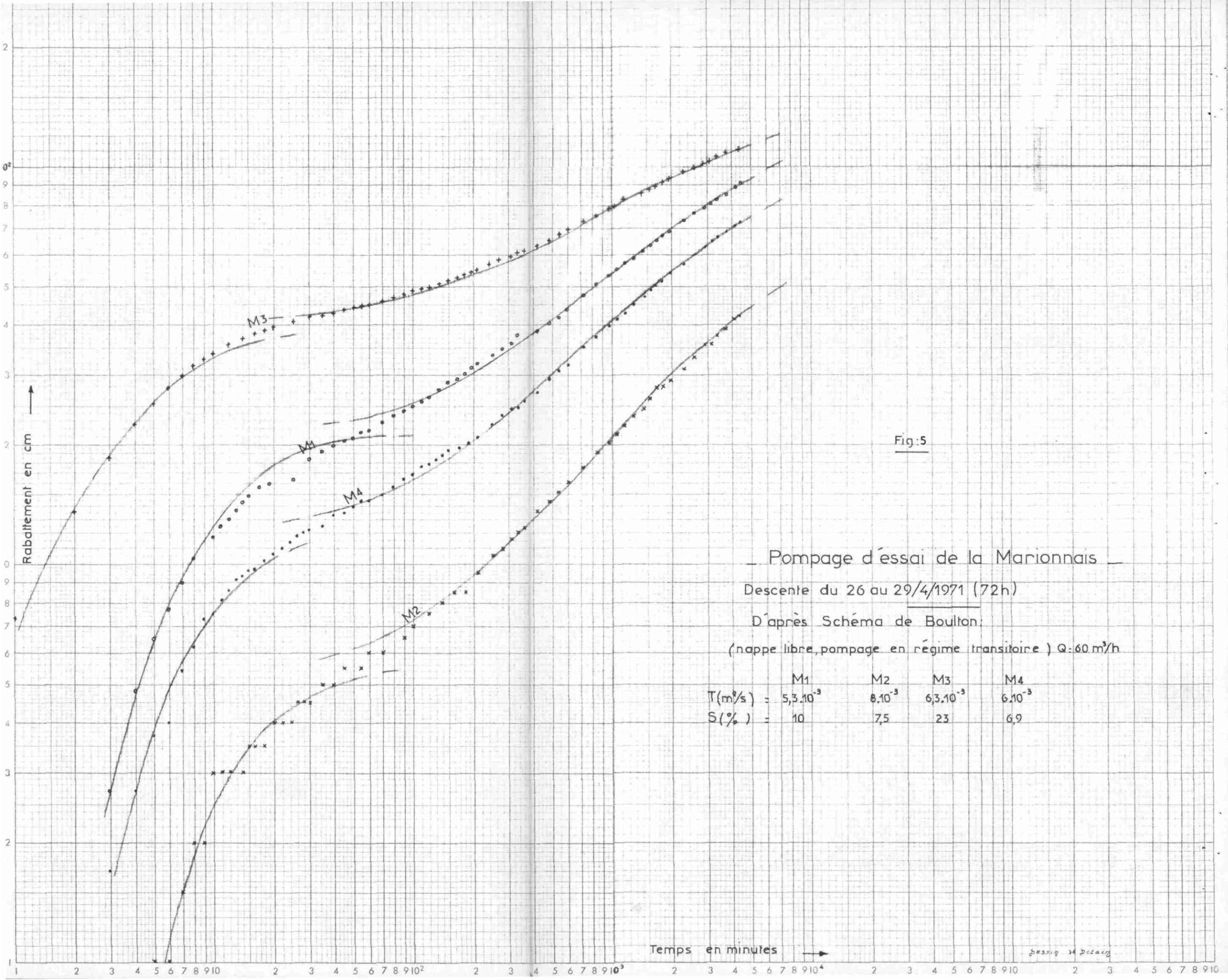
Compte tenu des rabattements aux piézomètres, celui du puits devrait être de l'ordre de 1,90 à 2 m. Les pertes de charge anormales représentent donc quelques 70 % du rabattement observé.

Ce fait établit que l'ouvrage est colmaté. Selon des informations qui nous ont été communiquées oralement, le puits de la Marionnais a subi une acidification. Nous sommes portés à penser que cette opération n'a pas été réalisée selon les meilleures techniques et que des récipitations du calcaire dissous ont pu se produire à proximité immédiate des crêpines. Il serait souhaitable à notre avis que le développement de l'ouvrage soit repris.

o

o o

Comme pour l'essai effectué sur le captage de la Pavais, l'exploitation des mesures des rabattements en fonction du temps par la méthode classique de Theis-Jacob n'a pu être réalisée, le report des observations



sur diagramme semi-log ne donnant pas l'alignement droit nécessaire. C'est encore au schéma de Boulton adapté aux nappes libres, que répondent les réactions observées sur la nappe testée lors de cet essai.

La figure 5 montre le report des résultats de mesure sur diagramme bilogarithmique, et la comparaison des courbes obtenues aux courbes théoriques de l'abaque de Boulton (les mesures faites sur le puits sont ininterprétables en raison des pertes de charge anormales).

Contrairement à ce qui était apparu à la Pavais, il ne s'est pas manifesté ici d'effet de bordure.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs des caractéristiques hydrauliques de l'aquifère, déterminées par la méthode utilisée.

Ouvrage	M1	M2	M3	M4
Transmissivité (m^2/s)	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$6,3 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Coefficient d'emmagasinement (%)	10	7,5	23	6,9

On constate une bonne homogénéité d'ensemble des résultats. Deux valeurs toutefois se distinguent des autres. Il s'agit :

- de la transmissivité au piézomètre M2, que nous sommes tentés de rapporter à la position de cet ouvrage au fond d'une ancienne carrière. Cette localisation est de nature à avoir favorisé une meilleure infiltration des eaux météoriques qui auront pu ainsi, par dissolution, améliorer localement la perméabilité des faluns ;

- du coefficient d'emmagasinement au piézomètre M3 que nous pensons pouvoir expliquer par l'effet de l'acidification du puits, qui aura localement augmenté la porosité du terrain (nonobstant un colmatage du puits lui-même).

Nous retiendrons en conséquence, comme valeurs moyennes des paramètres hydrauliques des faluns dans le secteur de la Marionnais :

$$T = 6 \cdot 10^{-3} m^2/s (22 m^2/h)$$

$$S = 8 \%$$

43 Comparaison des deux aquifères.

Nous avons vu que la transmissivité moyenne est de l'ordre de $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ à la Pavais et de $6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ à la Marionnais. Les hauteurs de nappe y étant respectivement de 45 et 55 m environ, les perméabilités correspondantes sont donc :

à la Pavais $9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ ($9 \cdot 10^{-3} \text{ cm/s}$)

à la Marionnais $11 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ ($11 \cdot 10^{-3} \text{ cm/s}$)

Ces valeurs, sans être très fortes, se situent dans la gamme des bonnes perméabilités. Nous constaterons d'ailleurs qu'elles sont d'un ordre de grandeur comparable dans les deux aquifères, en dépit de la différence de nature lithologique.

Les coefficients d'emmagasinement sont beaucoup moins homogènes et à cet égard les faluns de la Marionnais (mis à part le cas particulier du piézomètre M3) contiennent et fournissent beaucoup plus d'eau (coefficient moyen 8 %) que les calcaires de la Pavais (coefficient maximal 3,7 %).

5 - MODALITES D'EXPLOITATION.

Les nappes du bassin de Bruz-Chartres sont utilisées pour l'alimentation en eau du Syndicat de Rennes Sud et des Usines Citroën de la Janais. Quelques puits individuels (arrosage des jardins) et l'Entreprise Chuberre (Béton Contrôlé de Bretagne) prélèvent également une faible quantité d'eau.

51 Syndicat de Rennes Sud.

Le Syndicat exploite les trois captages de Fénicat, de la Marionnais et de la Pavais.

- Fénicat. Ce captage exécuté en 1945 sur le site de la source du même nom, ancien exutoire de la nappe des calcaires, a une profondeur de 10 m, et un diamètre de 3 m. Il est exploité de façon intermittente. La mise en route et l'arrêt des pompes est commandé automatiquement, en fonction du niveau de l'eau, par des contacteurs électriques, une commande manuelle pouvant être utilisée en fonction des besoins. Cette double commande a pour but d'empêcher le dénoyage de l'aspiration d'une part et le débordement des réservoirs de Bruz d'autre part.

Il est équipé de deux pompes "Jeumont" à axe vertical, type 125 KNV 2, capable d'un débit de $90 \text{ m}^3/\text{h}$ pour 71,50 m de hauteur manométrique, qui fonctionnent alternativement. Le débit d'exploitation est de $70 \text{ m}^3/\text{h}$ environ. La durée de pompage journalière est très variable, en fonction tant des besoins que de la hauteur d'eau.

Volumes pompés (m^3)

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
1968	33454	37052	41180	32954	33828	39940	44451	40133	37717	38638	36894	39791	456032
1969	37944	35566	43760	39730	38000	33688	38750	33286	24010	26300	27664	20028	398726
1970	24182	27395	29257	31255	42201	45576	39514	37827	38619	35721	24235	27020	402802
1971	27197	22649	23962	26365	28225	32380							(160778) (6 mois)

- La Marionnais. Ce captage est exploité depuis deux ans et demi. Dans une première phase il fournissait, au débit de $25 \text{ m}^3/\text{h}$, un appoint d'alimentation. Depuis Juin 1970 une nouvelle pompe immergée (KSB type UPH 293/7), capable d'un débit de $60-65 \text{ m}^3/\text{h}$ pour 85 m de hauteur manométrique, est utilisée quasi en permanence (20 heures par jour en moyenne en hiver, 24 heures par jour en été). Les arrêts et démarrages de la période hivernale sont commandés par un système d'horlogerie.

Volumes pompés (m^3)

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
1968	626	0	3466	10245	7269	9933	11338	7403	7990	4524	5506	8146	76446
1969	11051	9973	3627	3742	21990	14630	15883	14042	16077	16016	13189	12865	153085
1970	18344	15745	17365	17555	8797	37542	34688	27141	29342	35602	24995	24121	291237
1971	36951	26766	23704	(30000)	(45000)	41790							(204211) (6 mois)

- La Pavais. Cet ouvrage a été équipé et mis en service en Juin 1970. L'eau est prélevée par une pompe immergée KSB type BPH 384/4, de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ environ pour une hauteur manométrique de 80 m . L'ouvrage est utilisé en appoint des deux précédents et la durée journalière de pompage est extrêmement variable (le puits peut rester au repos pendant plusieurs semaines consécutives).

Volumes pompés (m^3)

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2073	11953	11734	25760
1971	15006	16930	26827	19125	1252	2790							(81930) (6 mois)

L'exploitation actuelle est fondée sur les résultats de nos observations au cours de cette étude. L'utilisation prioritaire de Fénicat et de la Marionnais a pour but de réduire, autant que faire se peut, les pertes des nappes aux exutoires naturels (trop-plein de Fénicat pour la nappe des calcaires, sources situées plus à l'Est pour celle des faluns). Nous avons pu constater d'ailleurs que l'exploitation intensive de la Marionnais a en effet réduit le débit de ces derniers exutoires, qui est passé de quelques $14 \text{ m}^3/\text{h}$ à $3-4 \text{ m}^3/\text{h}$. La Pavais intervient pour fournir le complément nécessaire en fonction des besoins.

Au cours des 12 mois écoulés (Juillet 70-Juin 71) le volume total prélevé par le Syndicat peut s'évaluer à 850.000 m^3 à la précision près des appareils de mesure.

52 Usines Citroën.

La Société Citroën exploite cinq forages. Quatre d'entre eux s'alimentent dans la nappe des faluns (Citroën I à IV), le cinquième (Citroën V) dans celle des calcaires. Les forages des faluns constituent un centre d'exploitation dont les divers ouvrages sont utilisés très irrégulièrement, en fonction du niveau de l'eau dans chacun d'entre eux. Les pompes sont protégées par des contacteurs qui, en les arrêtant, empêchent le dénoyage de l'aspiration. Les niveaux sont surveillés à l'aide de manomètres et la mise en route des pompes peut s'effectuer manuellement, compte tenu des indications de ces appareils. Le captage des calcaires est exploité en continu actuellement, mais la Société Citroën pourrait être amenée à réduire cette utilisation, étant donné la baisse importante constatée au cours des derniers mois.

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques et la production de ces divers ouvrages.

Ouvrage	I	II	III	IV	V
Mise en service	1960	1962	1963	1965	1970
Equipement	30cv	15cv	30cv	30cv	30cv
Débit horaire actuel (m^3)	45	10	45	60	65
Production journalière (m^3) (approximative)	900	200	900	1200	1300

La production totale (Juillet 70-Juin 71) de ces cinq ouvrages peut s'évaluer à 1.085.000 m³, compte tenu de la précision du compteur volumétrique.

N.B. Il semblerait que les caractéristiques des ouvrages aient été surestimées par les entrepreneurs qui les ont réalisés et que, de ce fait, l'équipement actuellement en place ne corresponde pas à leurs possibilités réelles. Par ailleurs nous ne pouvons affirmer que les captages, au cours de leur exploitation, n'ont pas connu un colmatage progressif, de nature à en réduire la productivité.

53 Autres captages.

Les nappes du bassin sont encore exploitées par :

- des puits particuliers, servant essentiellement à l'arrosage de jardins. Au nombre de 20 à 25, ils sont très rarement équipés de pompe, et la production de chacun d'eux ne peut excéder quelques centaines de litres par jour, et ce pendant 4 à 5 mois par an ;
- un maraîcher dont les installations sont alimentées en eau à partir de la nappe des faluns. Nous ne possédons pas les éléments nécessaires à l'évaluation précise des prélèvements que nous pensons pouvoir estimer, de façon assez arbitraire d'ailleurs, à quelques 20.000 m³/an ;
- la Société "Béton Contrôlé de Bretagne" (Chuberre) qui exploite également les faluns. Les prélèvements sont très difficiles à évaluer, d'autant qu'une partie de l'eau utilisée est restituée à la nappe après décantation. Nous estimerons arbitrairement le prélèvement réel à quelques 10.000 m³/an.

Au total ces prélèvements représenteraient donc un volume de l'ordre de 30.000 m³/an (1).

o
o o

Le total de l'exploitation des nappes du bassin de Bruz-Chartres a, au cours des 12 mois écoulés, porté sur un volume approximatif de 1.965.000 m³.

(1) Rappelons qu'il s'agit là d'une estimation très grossière, les prélèvements réels pouvant varier au moins du simple au double par rapport à cette valeur.

6 - ESQUISSE D'UN BILAN DE LA NAPPE.

L'achèvement des travaux de sondage, et donc de la mise en place du réseau piézométrique, n'étant intervenu qu'en Décembre 1970, nous ne disposons pas de mesures sur un cycle hydrogéologique complet. En particulier la variation des réserves est difficile à évaluer avec une bonne précision.

Dans ces conditions il n'est guère question de présenter un véritable bilan de la nappe. Nous pouvons toutefois, au moyen d'approximations raisonnables, tenter d'en donner une esquisse.

Eu égard à la documentation dont nous disposons au moment de faire ce travail, (pluviométrie, pompages), nous avons choisi pour ce faire la période de Juillet 1970 à Juin 1971.

61 Eléments du bilan.

611 Entrées.

Les apports à la nappe peuvent provenir de trois sources :

- l'infiltration des eaux de pluie, directement ou par l'intermédiaire du ruissellement ;
- le retour d'eaux précédemment prélevées à la nappe ;
- l'infiltration d'eaux provenant des terrains encaissants sous l'effet de l'abaissement de la nappe.

De Juillet 1970 à Juin 1971 la pluviométrie à la station de Rennes-St-Jacques a été de 668 mm. La reprise évapotranspiratoire, calculée par la formule annuelle de Turc, a été dans le même temps de 478 mm. Le gain pour la nappe a par conséquent été d'environ 190 mm. Le volume infiltré directement, compte tenu de la superficie du bassin ($5,5 \text{ km}^2$), diminuée de la surface couverte par les bâtiments, routes,... ($0,5 \text{ km}^2$), est donc :

$$I = 0,190 \times 5 \cdot 10^6 = 950.000 \text{ m}^3$$

Nous ne disposons d'aucun moyen d'évaluer directement la fraction de l'eau tombée sur le bassin versant qui recharge la nappe grâce au ruissellement. Il est en effet vraisemblable qu'une partie de cette eau s'infiltra dans les terrains du bassin versant lui-même. Compte-tenu de la faible perméabilité de ces derniers terrains, nous estimerons forfaitairement la fraction qui profite à la nappe à 50 % de l'infiltration directe. La superficie utile du bassin versant étant de $4,5 \text{ km}^2$, l'apport à la nappe du ruissellement est donc de :

$$R = 0,190 \times 50\% \times 4,5 \cdot 10^6 = 427.500 \text{ m}^3$$

Le retour à la nappe d'eaux préalablement prélevées est très faible. Il est essentiellement représenté par la réinfiltration des eaux domestiques du secteur situé en Bruz qui n'a pas de réseau d'égouts (au contraire de Chartres). Cette quantité peut être estimée à quelques :

$$r = 15.000 \text{ m}^3$$

L'apport d'eau en provenance des terrains encaissants ne peut être évalué, fût-ce simplement comme un ordre de grandeur. Il ne s'agit d'ailleurs là a priori que d'une source d'alimentation hypothétique. Le substratum des calcaires et des faluns est en effet constitué d'argiles de très faible perméabilité. Nous ne pouvons cependant négliger la possibilité d'un tel phénomène, dont la réalité a été démontrée dans le cas d'autres bassins tertiaires. Le volume de cet apport étant inconnu, nous le noterons X.

Le total des entrées est donc :

$$I + R + r + X = 1.392.500 \text{ m}^3 + X$$

612 Sorties.

Les départs d'eau de la nappe se font par deux processus :

- les prélèvements par pompages,
- l'écoulement des exutoires naturels.

Les prélèvements par pompages ont fait l'objet d'une évaluation au chapitre 5. La valeur donnée pour les prélèvements du Syndicat Intercommunal du Sud-Ouest de Rennes est exacte, à la précision près des appareils de mesure. La valeur de ceux de la Société Citroën est déduite des

documents fournis par cette Société. Les autres prélèvements ont fait l'objet d'une estimation arbitraire.

Au total nous obtenons un volume de : $Q = 1.965.000 \text{ m}^3$

L'écoulement des exutoires naturels se réduit en fait à celui des sources des faluns (d'ailleurs nul en Juillet 1971). Fénicat étant exploité de manière à en annuler le trop-plein. La sortie d'eau à ces exutoires a été d'environ :

$$q = 55.000 \text{ m}^3$$

62 Calcul du bilan.

L'équation du bilan doit égaler entrées et sorties, à la variation près des réserves de la nappe. Elle s'écrit donc :

$$\text{Entrées} + \text{variations des réserves} = \text{sorties}$$

L'absence de mesures sur un cycle hydrogéologique complet nous empêche, nous l'avons vu, d'évaluer correctement la variation des réserves. Compte tenu des considérations que nous avons développées aux § 31 et 32, nous estimerons en première approximation, que la nappe a connu une baisse d'ensemble représentée par la variation des carrières des Grands Fours et des Vieux Fours. L'abaissement y a été d'environ 1,50 m.

Le coefficient d'emmagasinement moyen des calcaires sera estimé à 3 %, celui des faluns à 8 % (voir chapitre 4).

La variation des réserves est donc de :

$$V = 2,4 \cdot 10^6 \times 1,50 \times 3 \% + 3,1 \cdot 10^6 \times 1,50 \times 8 \% = 480.000 \text{ m}^3$$

L'équation du bilan s'écrit donc :

$$I + R + r + X + V = Q + q$$

$$1.872.500 \text{ m}^3 + X = 2.020.000 \text{ m}^3$$

$$\text{d'où} \quad X = 147.500 \text{ m}^3$$

63 Valeur et critique de ce bilan.

Le calcul que nous venons de faire semble établir l'existence, que nous avions posé comme hypothèse, d'une alimentation par les terrains encaissants dés calcaires et des faluns.

Il convient toutefois d'être très prudents en ce domaine. La valeur trouvée pour X est en effet trop faible, au regard de l'imprécision de certaines déterminations⁽¹⁾, pour nous permettre d'affirmer sans la moindre réserve cette existence.

Cette conclusion doit donc être reçue sous bénéfice d'inventaire. Il conviendra, pour trancher ce problème avec le minimum de rigueur souhaitable, que les mesures soient poursuivies, et que des bilans successifs, appuyés sur des calculs moins hypothétiques que celui que nous venons de présenter, soient faits dans l'avenir.

64 Réerves du bassin.

Dans notre esquisse de bilan est apparu un terme "variation des réserves". On peut se demander de quel ordre sont ces réserves, dont la variation est constatée.

Ce terme est difficile à apprécier, tant du fait des variations importantes de l'épaisseur des formations aquifères, que de celles du coefficient d'emmagasinement, surtout avec la profondeur.

Il est toutefois possible d'en calculer l'ordre de grandeur, en admettant que les coefficients d'emmagasinement moyens sont ceux que nous avons pris en considération au § 62, et que l'épaisseur mouillée moyenne est comprise entre 15 et 20 m. Le volume des réserves sera alors compris entre :

$$(2,4 \cdot 10^6 \times 3 \cdot 10^{-2} + 3,1 \cdot 10^6 \times 8 \cdot 10^{-2}) \times 15$$

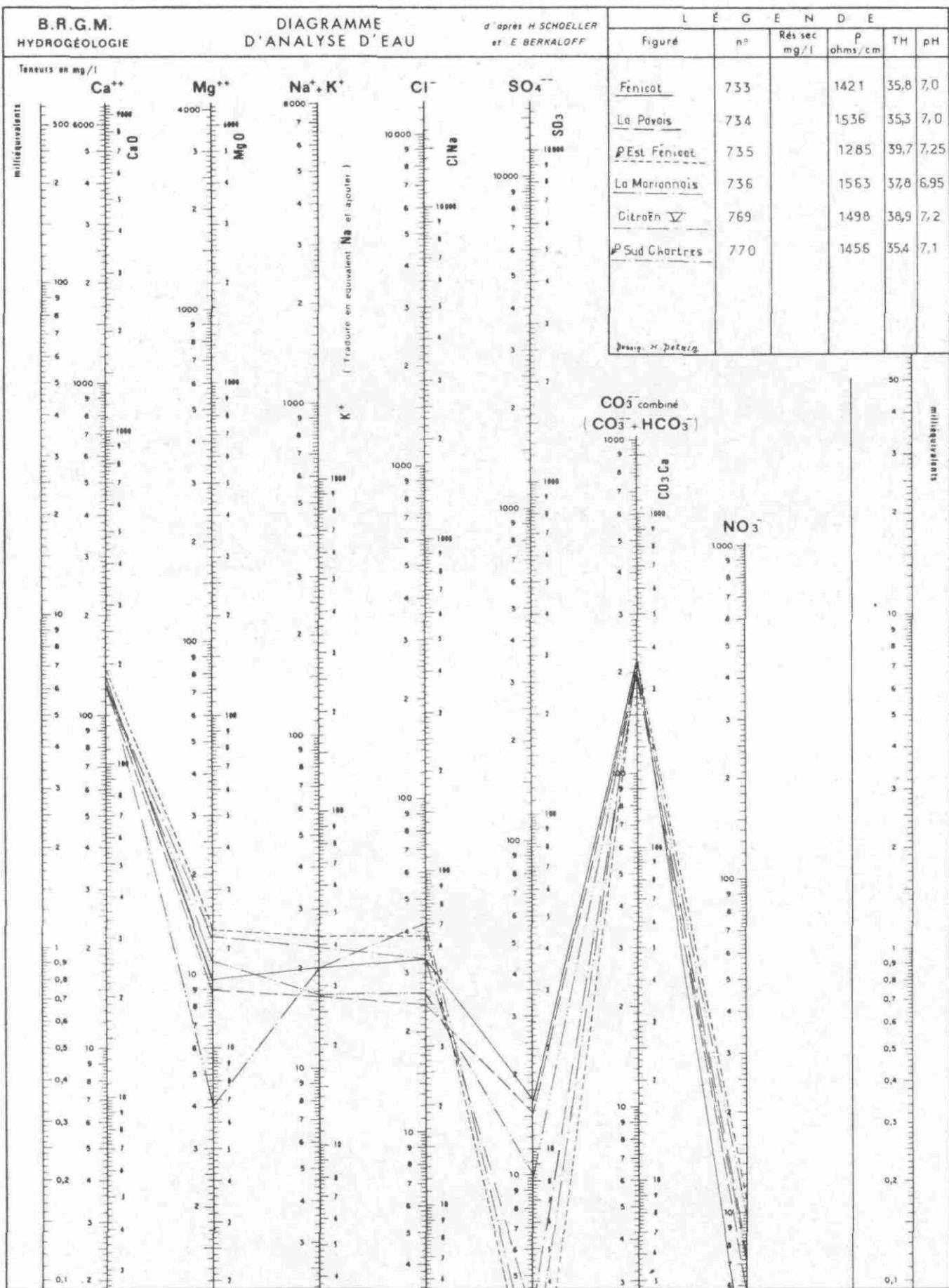
$$\text{et } (2,4 \cdot 10^6 \times 3 \cdot 10^{-2} + 3,1 \cdot 10^6 \times 8 \cdot 10^{-2}) \times 20$$

soit entre 4 800 000 et 6 400 000 m³. Disons en moyenne de l'ordre de cinq millions et demi de mètres cubes.

(1) et surtout de celle du ruissellement.

On voit que ce terme est très peu important. Il représente à peine 3 ans d'exploitation au rythme actuel. Il apparaît clairement que le facteur déterminant de l'exploitabilité du bassin est bien plutôt le taux de renouvellement de ses ressources, c'est-à-dire son alimentation. On voit également combien la surexploitation fait courir de danger à ces ressources, et combien il importe d'y apporter sans tarder les remèdes nécessaires.

Fig. 6



7 - PROTECTION ET PRESERVATION DES RESSOURCES DU BASSIN.

71 Qualité chimique et bactériologique de l'eau.

Six échantillons d'eau ont été prélevés et remis pour analyse au Laboratoire de Chimie Appliquée à la Santé Publique de Rennes. Trois représentent la nappe des calcaires (Fénicat, la Pavais, Citroën V), deux celle des faluns (la Marionnais, émergence Sud), le dernier enfin a été prélevé dans les sables au Sud de Chartres.

Les résultats d'analyses sont donnés en annexe.

Le report sur diagrammes logarithmiques Schoeller-Berkaloff montre la très proche parenté chimique des eaux des calcaires et des faluns. Il s'agit dans les deux cas d'eaux à dominante bicarbonatée calcaire. La proportion de l'ion chlore est nettement plus faible (10 à 15 % de celle de l'ion HCO_3^-).

La principale différence constatée entre les eaux des deux nappes intéresse la concentration de l'ion SO_4^{--} . Il est nettement plus abondant dans l'eau des calcaires (de l'ordre de 0,3 à 0,35 me/l) que dans celle des faluns (0,08 me/l à la Marionnais), ce qui est dû à l'existence de pyrite au toit et à la base de ceux-là. La concentration de cet ion dans l'eau de Fénicat est un argument supplémentaire, qui s'ajoute à nos observations de terrain, pour considérer cette source comme l'exutoire des calcaires.

Signalons en outre qu'à la Pavais et aux émergences Sud des faluns et des sables (Sud Chartres), des concentrations significatives en zinc ont été décelées à l'analyse. Elles sont évidemment en relation avec la minéralisation de la faille de Pontpéan. Ces concentrations restent bien en-dessous de la limite de potabilité (1/20 à la Pavais). Il est à remarquer que les analyses n'ont pas décelé de plomb.

Par contre, le fluor, qui n'a été recherché que sur deux analyses, atteint près de la moitié de la concentration limite admise (0,43 et 0,48 contre 1 mg/l).

Au total ces eaux sont d'une potabilité passable (2^e catégorie de la classification de G. Waterlot). La teneur en bicarbonate de chaux dépasse en effet quelque peu la limite de la 1^{ère} catégorie (130 mg/l en moyenne contre 80). Ce sont des eaux dures entartrantes (le degré hydrotimétrique est de 35 à 40°). Un traitement adoucissant serait nécessaire pour que la distribution réponde aux normes de la circulaire du 15 Mars 1962.

Des analyses bactériologiques sont faites périodiquement au Laboratoire de la Santé Publique ainsi que par la Compagnie Générale des Eaux. Les prélèvements se font aux captages et à la distribution. Aucun indice de pollution bactérienne n'a été jusqu'ici constatée aux captages.

72 Protection des nappes.

Les considérations développées ci-dessus montrent une situation favorable à l'exploitation des nappes pour l'alimentation humaine. Il importe de ne pas la laisser se dégrader mais au contraire de prendre toutes mesures nécessaires à sa perpétuation.

Les sources de pollution de la nappe sont certes assez limitées. Les anciennes décharges ne reçoivent en principe plus d'ordures. Toutefois il est possible de constater des dépôts clandestins évidemment très difficiles à réprimer. Il serait souhaitable que le secteur de Bruz situé sur le bassin soit équipé d'un réseau d'assainissement qui l'empêcherait d'"alimenter" la nappe avec ses effluents domestiques. Les tas de fumier et les fosses à purin de la dizaine d'exploitations agricoles qui subsistent sur le bassin devraient être aménagés (cimentation...)

Il serait souhaitable que toute la superficie des formations perméables soit efficacement protégée. Une réglementation stricte d'un certain nombre d'activités et de constructions (par exemple fosses à carburants, fosses septiques) devrait y être appliquée.

La proximité de Rennes et la desserte routière sont de nature à favoriser l'urbanisation et l'implantation de centres industriels et commerciaux sur le bassin. De ce fait, de nouveaux problèmes de pollution, bien plus graves que ceux que l'on connaît actuellement risquent de se poser dans l'avenir. Il est souhaitable que de telles implantations soient strictement interdites.

73 Préservation des ressources. Alimentation artificielle.

Les considérations que nous avons développées au § 31 à propos des fluctuations des nappes montrent que :

- l'alimentation naturelle est sous la stricte dépendance des pluies d'hiver et donc que, même en année excédentaire, elle reste limitée ;
- l'exploitation actuelle entraîne une baisse des niveaux telle que les pluies (déficitaires) de l'hiver 1970-71 n'ont pu les faire remonter.

Si nous reprenons les termes de l'esquisse de bilan présentée au chapitre 6, nous y voyons que :

- l'alimentation a été de $1\ 400\ 000\ m^3$ environ
- les prélèvements de $2\ 000\ 000\ m^3$ environ
- le déficit a donc été de $600\ 000\ m^3$ environ

L'alimentation a été calculée sur la base d'une pluie efficace de 190 mm. Pour qu'il n'y ait pas déficit, il aurait fallu que cette pluie efficace soit de :

$$190 \times \frac{2\ 000\ 000}{1\ 400\ 000} = 271 \text{ mm}$$

or la moyenne des pluies hivernales, calculée sur 25 ans (1947-71) n'est que de 230 mm environ.

Il apparaît donc que, même si des pluies excédentaires, telles que celles de l'hiver 1969-70, sont en mesure de ralentir le processus, l'exploitation actuelle épuise progressivement les réserves de la nappe.

La préservation de ces ressources implique donc que soit restituée à la nappe, en plus de l'alimentation naturelle, la quantité d'eau nécessaire pour en combler le déficit, et dans la mesure du possible pour reconstituer au moins une partie des réserves déjà épuisées. Une alimentation artificielle doit donc être envisagée.

731 Buts de l'alimentation artificielle.

Le problème de cette alimentation artificielle se pose en des termes très différents, selon les hypothèses que l'on est en droit de faire sur la façon dont le bassin sera exploité dans l'avenir.

731.1 Si le mode d'exploitation reste le même qu'actuellement, le volume à injecter sera naturellement au moins égal à celui du déficit constaté. Nous avons vu au chapitre 6 la difficulté qu'il y a à chiffrer avec précision cette quantité, qui au reste variera chaque année en fonction et de la pluviométrie et de l'accroissement des prélèvements. La poursuite des observations est indispensable pour éclairer ce point.

Par ailleurs il serait souhaitable que l'alimentation artificielle ne se contente pas de combler le déficit, mais qu'en outre elle tende à relever les niveaux de la nappe. Si nous admettons un coefficient d'emmagasinement moyen de 3 % pour les calcaires et de 8 % pour les faluns, la quantité d'eau existant (ou à fournir) dans une tranche de terrain d'un mètre d'épaisseur, est de :

$$2,4 \cdot 10^6 \times 3 \cdot 10^{-2} + 3,1 \cdot 10^6 \times 8 \cdot 10^{-2} = 320\ 000 \text{ m}^3$$

En se basant donc sur un déficit de l'ordre de 600 000 m^3 (v. ci-dessus), on voit qu'un volume d'alimentation artificielle d'un million de m^3 serait susceptible de relever les niveaux d'un peu plus d'un mètre.

Il convient toutefois de ne recevoir cette conclusion qu'avec prudence. Les valeurs des coefficients d'emmagasinement moyens peuvent en effet différer sensiblement de celles que nous avons prises en compte. Si par exemple nous estimons que le coefficient d'emmagasinement des calcaires est compris entre 1 et 4 %, et celui des faluns entre 5 et 10 %

(ce qui représente des "fourchettes" raisonnables), il apparaît qu'une tranche de terrain d'un mètre peut contenir un volume d'eau compris entre 180 et 400 000 m³ environ. En conséquence, en se basant toujours sur un déficit estimé à 600 000 m³, l'injection d'un million de m³ occasionnerait une remontée de 1 à 2,20 m. L'expérience seule serait de nature à justifier ou infirmer nos hypothèses.

En tout état de cause nous pensons raisonnable de baser nos estimations à venir sur un volume d'alimentation annuelle d'un million de m³, l'expérience montrant qu'il n'est jamais désavantageux de surestimer les besoins. Les débits journalier et horaire correspondants sont donnés dans le tableau ci-dessous :

<u>Durée de l'injection</u>	<u>Débit journalier</u>	<u>Débit horaire</u>	
		(24 h/j)	(20 h/j)
4 mois	8 333 m ³ /j	348 m ³ /h	417 m ³ /h
6 mois	5 555 m ³ /j	232 m ³ /h	278 m ³ /h

La situation différente où se trouvent les captages de la Société Citroën et ceux du Syndicat fait que dans ces conditions une alimentation artificielle ne peut se concevoir logiquement qu'au bénéfice de Citroën. Le Syndicat dispose en effet de marges de sécurité beaucoup plus importantes, et son implantation à l'aval de la nappe lui amènera obligatoirement le surplus d'eau non repris par Citroën. La localisation de l'ouvrage d'injection sera donc alors déterminée de façon à ce que l'alimentation artificielle profite en priorité aux captages de la Société Citroën.

731.2 La Société Citroën effectuant actuellement des recherches pour trouver une autre source d'approvisionnement de ses usines, on peut envisager une situation où le Syndicat serait seul à exploiter le bassin. Les choses seraient alors très différentes. Selon les termes du bilan évoqué plus haut, les prélèvements de Citroën ayant été d'environ 1 100 000 m³, il apparaît qu'au lieu d'un déficit de 600 000 m³, la nappe

aurait au contraire enregistré un gain de 500 000 m³. Nous traduirons ceci en disant que le Syndicat seul ne surexplorierait pas la nappe.

Il convient toutefois de tenir compte de ce que les prélèvements du Syndicat ne restent pas constants. La comparaison des pompages mensuels de 1969 à 1971 montre en effet qu'ils croissent régulièrement au rythme de 1 000 m³ supplémentaires par mois environ. Rien ne prouve que ce rythme ne s'accélérera pas dans l'avenir, surtout si les ressources du bassin, comme nous en faisons l'hypothèse, sont réservées à l'alimentation humaine.

On peut donc aisément concevoir que les besoins du Syndicat en viennent, à une époque qu'il ne nous est évidemment pas possible de prévoir, à excéder la capacité de la nappe. Une alimentation artificielle devra alors être réalisée, au bénéfice cette fois des captages du Syndicat. Les volumes à injecter et la localisation du ou des points d'injection seront naturellement différents de ce qu'ils seraient dans l'hypothèse précédente.

L'observation de l'évolution de la nappe dans les conditions envisagées ici serait déterminante pour établir à quel moment cette alimentation deviendrait nécessaire, et quels volumes devraient être injectés. Il est certain que l'arrêt des prélèvements de Citroën aurait comme premier effet une remontée des niveaux à la suite des pluies d'hiver. La poursuite des mesures piézométriques serait encore indispensable pour définir avec précision l'importance de cette variation.

731.3 Il est également possible d'envisager une hypothèse selon laquelle, le mode d'exploitation actuel ne subissant pas de modifications, de nouveaux captages seraient implantés dans le bassin. Il est bien évident alors que TOUTE l'eau prélevée par ces ouvrages devrait être fournie - en supplément - par alimentation artificielle. Pour fixer les idées, supposons un forage supplémentaire exploité à 1 500 m³/j en moyenne. Si l'alimentation artificielle ne peut se réaliser que pendant environ 4 mois chaque année, le volume à prévoir selon la première hypothèse devrait alors être majoré de 4 500 m³/j.

Il va de soi que nous estimerions préférable de ne pas avoir à prendre en considération une telle hypothèse. Il serait pour le moins illogique, au moment même où la Société Citroën s'est convaincue de la nécessité de réduire son exploitation du bassin et de rechercher d'autres sources d'alimentation, de permettre de nouvelles implantations qui n'auraient pour effet que de compromettre le redressement relatif de situation que nous sommes en droit d'escompter.

732 Prise d'eau pour l'alimentation artificielle.

Le bassin de Bruz-Chartres étant encadré par la Vilaine et la Seiche, il semble évident que la prise d'eau pour l'alimentation artificielle doit provenir de l'un ou l'autre de ces cours d'eau.

La prise en Vilaine en aval de Rennes est à notre avis à écarter a priori. L'eau du fleuve lui-même est trop polluée pour convenir, et quant aux alluvions, l'existence de nombreux foyers de pollution potentiels semble devoir les condamner également. Par ailleurs cette nappe, déjà sollicitée par les pompages des carrières et du captage de Lillion pourra encore être exploitée par Citroën. Il ne paraît pas judicieux d'y multiplier indéfiniment les centres de pompage.

La seule solution qui nous paraisse acceptable est donc de prendre l'eau dans la vallée de la Seiche.

Techniquement il est possible d'envisager soit une prise au fil de l'eau, soit un pompage dans les alluvions. La première solution présente un certain nombre d'avantages : installations relativement peu onéreuses, fort débit. En contrepartie elle peut entraîner la nécessité d'un traitement assez poussé de l'eau avant injection. En outre la période de prélèvement se limitera aux hautes eaux de la rivière, soit grosso modo aux quatre mois d'hiver (à cet égard l'étude hydrologique effectuée par le S.R.A.E. doit apporter de précieuses indications). Dans le cas d'un pompage dans les alluvions, avantages et inconvénients seront à peu près inverses de ce qu'ils sont dans le cas précédent : durée de prise plus grande, traitement moindre, mais également installations plus

onéreuses et débits moindres. L'hydrogéologie de ces alluvions étant très mal connue, une étude en sera en outre nécessaire pour déterminer le mode de captage.

Il y a enfin à considérer que ces alluvions fluviates représentent une réserve de granulats utilisables en construction. Il sera donc nécessaire de définir une zone de protection, qui réserve les intérêts du captage de l'eau, sans pour autant léser ceux des exploitants de carrières.

733 Modalités de l'alimentation artificielle.

Deux problèmes se posent à propos des modalités de mise en œuvre de l'alimentation artificielle : celui de la localisation du ou des ouvrages d'injection, et celui du type d'ouvrage à utiliser.

En ce qui concerne le premier, nous avons vu qu'il est difficile d'en préjuger, puisque sa solution dépendra des circonstances dans lesquelles cette alimentation sera réalisée, et de l'objectif qui sera poursuivi. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point.

Pour ce qui est du second, il est possible dès maintenant de développer un certain nombre de considérations, mais là encore les circonstances joueront un certain rôle dans le choix définitif.

A priori un ouvrage superficiel, tel qu'un bassin ou un canal d'injection, est préférable à un ouvrage profond (puits ou forage) en raison des plus grandes facilités de maintenance et d'entretien. En particulier la lutte contre le colmatage y est beaucoup plus facile. Il suffit de disposer dans le fond de cet ouvrage un filtre de sable et gravier, que l'on peut ôter et remplacer en cas de besoin. Ceci est plus aisé que de chercher à décolmater un forage, opération sans mystère certes, mais toujours aléatoire.

Il faut toutefois considérer que les dimensions d'un tel ouvrage peuvent être assez grandes, et qu'il n'est pas toujours aisé à réaliser. Il convient en premier lieu que des formations peu perméables

ne s'intercalent pas entre le fond de l'ouvrage et le terrain aquifère. Un bassin d'injection ne pourra donc être réalisé dans un site où l'épaisseur du recouvrement limono-argileux dépasse une certaine épaisseur. La profondeur maximale admissible se déterminera sur des critères économiques (coût des terrassements) dont il nous est impossible de préjuger.

En second lieu il faut tenir compte de la vitesse d'infiltration. La faible charge hydraulique admissible (quelques mètres au plus), le fait que le phénomène met en jeu la perméabilité verticale des terrains, généralement plus faible que leur perméabilité horizontale (et inconnue dans le cas qui nous occupe), l'existence d'une zone non saturée entre le fond de l'ouvrage et la nappe, concourent pour rendre cette vitesse assez faible. Les exemples donnés par la littérature laissent à penser qu'elle peut être comprise entre 1 et 5 m/jour. La superficie d'un bassin devant absorber un million de mètres cubes par an, compte tenu d'une durée d'alimentation de 4 mois par an, sera alors comprise entre quelques 1600 m^2 et 1 ha environ. On voit ainsi que les frais à engager pour la seule réalisation du bassin d'injection peuvent varier considérablement. On voit également combien il est important de déterminer l'ordre de grandeur de la vitesse d'infiltration dans les terrains du bassin de Bruz-Chartres.

Il peut paraître séduisant d'utiliser, si les circonstances l'autorisent, une des anciennes carrières comme ouvrage d'alimentation. Il ne s'agira pas là d'un ouvrage superficiel, mais, comme ces excavations montrent des affleurements de la nappe, d'un ouvrage profond d'un type particulier, il est évident que dans ce cas il n'y aura pas de frais de creusement de l'ouvrage. On peut cependant se demander si ces plans d'eau offrent toutes garanties de protection contre les pollutions, et si en particulier un nettoyage préalable n'en serait pas nécessaire.

Si l'on reprend la première hypothèse du § 731.1 (exploitation du bassin sans changement), il semble judicieux d'implanter l'ouvrage d'alimentation à proximité immédiate des captages de Citroën. Le problème de la dimension du bassin se posera, et il est nécessaire de déterminer, par un essai en vraie grandeur, la vitesse d'infiltration.

Si au contraire l'alimentation doit se faire pour le bénéfice prioritaire du Syndicat (seconde hypothèse), la carrière de Lormandière semble devoir retenir l'attention. Située en amont de la Pavais et de Fénicat, elle participera directement à l'alimentation de ces deux captages. Il est possible d'en escompter une diminution du débit de la Marionnaise, ce qui éviterait d'avoir à réaliser un second ouvrage dans les faluns.

734 Problèmes à résoudre.

Il reste, nous l'avons vu, un certain nombre de problèmes dont la solution sera nécessaire avant la réalisation définitive d'une alimentation artificielle. Ils sont relatifs à la prise d'eau dans la vallée de la Seiche d'une part, et aux modalités d'injection dans le bassin d'autre part.

734.1 Hydrogéologie des alluvions de la Seiche.

La prise d'eau dans les alluvions de la Seiche doit permettre a priori d'augmenter le temps de prélèvement par rapport à une prise en rivière. Les débits d'injections en seront diminués et donc aussi l'importance des ouvrages à réaliser. On a donc intérêt à étudier cette solution.

Par analogie avec ce qu'on connaît dans la vallée de la Vilaine, il est peu douteux que les alluvions de la Seiche aient une forte perméabilité. Les débits unitaires y seront donc forts, et peut-être même d'un ordre de grandeur comparable aux débits d'injection, ce qui ne nécessiterait donc qu'un ou au plus deux puits, (un volume d'un million de mètres cubes étalé sur 6 mois représente un débit de 230 m³/h environ).

Ces alluvions ne sont connues que d'une façon très ponctuelle et encore n'y a-t-il pas été fait d'étude hydrogéologique proprement dite. Cette étude nécessiterait un rapide survol géophysique pour déterminer la ou les zones les plus intéressantes, et l'exécution de pompages d'essai dans un puits réalisé à cet effet.

D'ores et déjà il est permis de penser que le secteur où porter l'attention est celui qui est situé entre Chatillon-sur-Seiche et l'ancienne mine de Pontpéan.

734.2 Vitesse d'infiltration.

Nous pensons que si l'alimentation artificielle doit se faire au bénéfice de la Société Citroën, le point d'alimentation à retenir sera vraisemblablement proche des captages I à IV.

Il conviendrait de réaliser une expérimentation pour déterminer à quelle vitesse l'eau s'infiltre à cet endroit. L'eau pourrait être fournie pour cette étude par un des captages voisins, et devra être poursuivie jusqu'à l'établissement d'un régime permanent.

Il pourra être nécessaire de déterminer avec précision les modalités de l'infiltration. Il a été constaté, au cours d'études réalisées aux U.S.A., qu'une bonne partie de l'eau s'infilttrait par les berges du bassin plutôt que par le fond. Les conditions sont certes différentes ici, mais une certaine attention devra être portée à ce phénomène.

735 Conclusions.

De ce qui précède on pourra retirer une certaine impression de "flou". C'est qu'en effet les problèmes posés par la lutte contre la surexploitation du bassin de Bruz-Chartres ne peuvent être considérés comme absolument "mûrs".

L'indétermination qui règne sur les termes du bilan de la nappe nous empêche de déterminer avec précision le volume nécessaire à l'alimentation. Il est certes évident qu'on a avantage à majorer ce volume pour tenter de relever les niveaux de la nappe, et c'est pourquoi nous avons raisonné plus haut avec 1 million de m^3 /an, mais encore est-il nécessaire de préciser si cette quantité représente bien 2/3 de plus que le déficit, et si nous n'avons pas sous-estimé ce dernier terme.

L'ignorance où nous sommes sur les résultats possibles des recherches lancées par la Société Citroën interdisent de fixer a priori tel ou tel point d'injection. Les travaux à réaliser (creusement et équipement du bassin, pose des canalisations) étant la conséquence nécessaire de ce choix, les investissements à prévoir pourront donc varier considérablement en fonction des circonstances.

Il convient en outre de ne pas négliger, dans le cas où Citroën trouverait une autre source d'approvisionnement, l'effet de pluies hivernales excédentaires, susceptibles éventuellement de regonfler les nappes. La poursuite des observations et de la collecte des données météorologiques est donc indispensable pour fonder tout projet d'alimentation artificielle sur des bases solides.

74 Travaux complémentaires.

Nous avons vu que subsistent un certain nombre de problèmes dont la solution conditionne la réalisation d'une alimentation artificielle du bassin de Brûz-Chartres. Ils nécessitent des études complémentaires dont nous donnerons ici le détail. Il est bien entendu que l'incertitude qui pèse sur le devenir de l'exploitation du bassin nous empêche de déterminer précisément lesquels de ces travaux seront effectivement nécessaires en temps utile.

741 Hydrogéologie des alluvions de la Seiche.

Au cas où une prise en rivière serait à écarter pour telle ou telle raison (durée de la période de prélèvement, traitement de l'eau, risques de pollution accidentelle,...), il est indispensable d'acquérir une bonne connaissance des possibilités des alluvions de la Seiche, appelées à alimenter le bassin.

Il conviendra de déterminer :

- la localisation optimale de la station de pompage, compte tenu de la géométrie des alluvions, des risques locaux de pollution...
- les débits extractibles, qui conditionneront le nombre de puits à réaliser,
- l'influence des pompages sur le débit de la rivière, et plus largement les rapports entre celle-ci et la nappe.

Une reconnaissance destinée à repérer les zones les plus favorables à une implantation paraît la première opération à mener. Les résultats obtenus en d'autres secteurs alluviaux (Langon, Acigné) par la prospection géophysique permettent d'envisager l'emploi de ces méthodes.

Un puits d'essai (ou le cas échéant plusieurs), accompagné de piézomètres devra être foncé, afin de tester la nappe et de déterminer les caractéristiques hydrauliques de l'aquifère.

Sur la base des données recueillies précédemment, et une fois choisi l'emplacement considéré comme optimal pour la station de pompage, il nous paraît que l'étude des relations nappe-rivière devrait s'effectuer au moyen d'un modèle mathématique, auquel pourrait également être demandé d'étudier les répercussions d'une éventuelle pollution accidentelle de la Seiche ou de la nappe.

742 Mesure de la vitesse d'infiltration de l'eau.

Le dimensionnement de l'ouvrage d'injection dépendant de la "vitesse d'infiltration" de l'eau, il peut être nécessaire de déterminer ce paramètre. A cet effet nous proposons qu'une expérimentation soit réalisée à proximité des captages I à IV de la Société Citroën. Ce choix se fonde sur les considérations suivantes :

- Si une réalimentation doit se faire au bénéfice de Citroën, nous pensons que ce sont ces captages qu'il convient de soutenir, et qu'il n'est pas judicieux de multiplier les ouvrages d'injection.
- La proximité de captages pouvant fournir l'eau nécessaire à l'opération réduira la longueur des canalisations à poser.

Le déroulement de l'opération devra être le suivant : après creusement d'une fosse de dimensions réduites (par exemple 10 m sur 10) l'eau y sera déversée de façon à y maintenir une lame d'eau d'épaisseur constante. Cette épaisseur pourrait être de l'ordre du mètre. Les auteurs sont en effet rarement d'accord sur ce point, mais Baumann (*Advances in hydro-science*, vol. II, 1965) pense que l'épaisseur optimale est de 4 pieds (1,20 m environ).

Pour obtenir ce résultat, le débit d'injection devra être déterminé par tâtonnements⁽¹⁾. Il y aura lieu de mettre en place un dispositif empêchant que le déversement ne cause une érosion du fond ou des parois de la fosse, et il conviendra en outre d'y répandre au préalable

(1) La surface du bassin étant de 100 m², il y faudra prévoir un débit compris entre 100 et 500 m³/j (4 à 20 m³/h en continu).

10 à 15 cm de gravillons pour former un filtre.

A l'obtention du régime permanent, il est bien évident que le débit injecté, rapporté à la superficie de la fosse, donnera directement le paramètre recherché.

Il est peu probable que des apports naturels par les pluies soient assez importants pour **devoir** être pris en compte. Encore faudra-t-il préciser ce point. Il sera en tout cas nécessaire d'empêcher les venues d'eau par ruissellement, qui pourraient en outre entraîner de l'argile susceptible de colmater le filtre. Enfin il faudra considérer les éventuelles pertes par évaporation.

N.B. L'opération que nous proposons intéressera les faluns de la partie orientale du bassin. Nous ne jugeons pas utile d'en effectuer une autre pour les calcaires. Ceux-ci, à notre avis, ne devraient être sollicités que dans l'hypothèse d'une alimentation destinée à soutenir les captages du Syndicat, et alors la carrière de Lormandière paraît en mesure d'absorber sans difficultés les débits nécessaires, bien moindres que dans l'hypothèse précédente.

743 Estimation des dépenses.

743.1 Hydrogéologie des alluvions de la Seiche.

- Pré-reconnaissance, recueil de documentation.....	5 000
- Reconnaissance géophysique	15 000
- Fonçage d'un puits et de quatre piézomètres.....	8 000
- Pompage d'essai	10 500
- Modèle mathématique	11 000
- Synthèse des résultats, rapport	12 000
<hr/>	
Total HT	61 500
TVA 23 %	14 145
<hr/>	
Total TTC	75 645
<hr/>	

743.2 Mesure de la vitesse d'infiltration dans les faluns.

- Creusement et aménagement d'une fosse d'essai, mise en place du dispositif d'injection et des moyens de mesure	6 000
- Surveillance de l'injection	25 000
- Synthèse des résultats, rapport	8 500
<hr/>	
Total HT	39 500
TVA 23 %	9 085
<hr/>	
Total TTC	48 585
<hr/>	

N.B. Cette estimation suppose que cette opération est réalisée avec la collaboration de la Société Citroën, et qu'en particulier celle-ci est en mesure de fournir l'eau nécessaire et de l'amener au point d'injection.

Total général : 124 230 F

8 - CONCLUSIONS GENERALES.

L'étude du bassin de Brûz-Chartres a permis de préciser considérablement les connaissances que nous en avions, tant sur le plan de la structure et de la nature de son remplissage, que sur le régime hydrogéologique des nappes qu'il contient.

81 Géométrie et structure du bassin.

Les travaux réalisés lors de la présente étude ont confirmé pleinement nos conclusions antérieures quant à l'importance des phénomènes tectoniques dans la structure du bassin. Ils ont en outre permis de préciser nos connaissances quant à l'extension, en surface comme en profondeur, des diverses formations. Les inconnues qui subsistent encore dans ce domaine sont d'une importance très secondaire au regard de ce qui a été acquis.

82 Nature et qualité des aquifères.

Un certain nombre de précisions importantes ont été obtenues quant à la nature des terrains aquifères. Citons par exemple la démonstration du fait que Fénicat est l'exutoire des calcaires, et non des faluns comme il était précédemment admis.

Les caractéristiques hydrauliques de ces terrains ont été déterminées avec une précision très satisfaisante. Toutefois les variations constatées, tant dans la lithologie que dans l'épaisseur de ces formations, ne nous permettent pas d'affirmer que les paramètres calculés sur la base des pompages d'essai de la Pavais et de la Marionnais sont parfaitement représentatifs de l'ensemble des nappes. Il est par exemple très probable qu'au captage Citroën V, la perméabilité est inférieure à celle trouvée à la Pavais. En sens inverse la zone des forages Citroën I à IV est très vraisemblablement plus perméable que celle de la Marionnais.

83 Economie de la nappe.

Les mesures effectuées au cours de l'étude ne permettent pas d'établir un bilan rigoureux. L'esquisse que nous en avons présentée dans ce texte semble montrer une légère alimentation par les terrains encaissants, mais, vu l'imprécision d'un certain nombre de déterminations, il n'est pas possible d'affirmer sans réserve l'existence de cette alimentation.

L'exploitation actuelle est nettement excédentaire par rapport aux possibilités d'alimentation naturelle des nappes. Dans la mesure où des sources d'approvisionnement différentes pourraient se substituer à une partie de cette exploitation, il est possible que les ressources du bassin suffisent, au moins pour un temps, aux besoins restants. Dans le cas contraire une alimentation artificielle, réalisable à partir de la vallée de la Seiche, est indispensable pour assurer la préservation de ces ressources.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL ET SCIENTIFIQUE

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 – 45 Orléans (02) – Tél.: (38) 66.06.60

A N N E X E S du Rapport

71 SGN 003 BPL



Service géologique régional BRETAGNE – PAYS-DE-LA-LOIRE

rue du Docteur-Haicault, 35 BAIN-DE-BRETAGNE

Tél.: (99) 47.91.11 puis demander le 10 à Bain-de-Bretagne

POMPAGE D'ESSAI DE LA PAVAIS. (353-1-7)

D E S C E N T E

du 29/3/71 (9h) au 1/4/71 (9h)

Date/heure	t minutes	Rabattement en m				
		Puits	P1	P2	P3	P4
29/3 - 9h00	0,5	0,700	-	-	-	0,185
	1	0,930	0,105	0,002	-	0,305
	2	1,105	0,169	0,010	0,005	0,450
	3	1,210	0,212	-	0,010	0,530
	4	1,245	0,253	0,030	0,015	0,585
	5	1,295	0,278	-	0,017	0,625
	6	1,335	0,306	0,040	0,018	0,665
	7	1,370	0,322	-	0,020	0,685
	8	1,390	0,345	0,050	-	0,710
	9	1,410	0,360	-	0,043	0,730
	10	1,440	0,372	0,055	0,045	0,750
	11	1,460	-	-	0,050	0,770
	12	1,462	-	0,060	0,052	0,785
	13	1,475	0,395	-	0,068	0,800
	14	1,488	0,399	0,070	0,069	0,815
	15	1,500	0,409	-	0,073	0,830
	16	1,512	0,418	0,082	0,078	0,840
	18	1,550	0,436	0,090	0,086	0,870
	20	1,572	0,457	0,100	0,095	0,890
	22	1,590	0,473	0,110	0,105	0,910
9h30	24	1,611	0,494	0,105	0,110	0,935
	26	1,640	0,511	0,112	0,120	0,950
	28	1,655	0,524	0,120	0,131	0,970
	30	1,670	0,540	0,125	0,138	0,985
	35	1,710	0,595	0,142	0,160	1,030
	40	1,742	0,625	0,153	0,181	1,070
	45	1,780	0,657	0,165	0,197	1,105
	50	1,811	0,686	0,176	0,216	1,135
	55	1,854	0,712	0,186	0,237	1,170
	60	1,880	0,737	0,196	0,251	1,195
10h00	70	1,940	0,785	0,219	0,291	1,245
	80	1,990	0,829	0,244	0,325	1,300
	90	2,030	0,871	0,263	0,358	1,345
	100	2,080	0,911	0,286	0,392	1,390
	110	2,120	0,950	0,303	0,430	1,430
	120	2,155	0,982	0,320	0,495	1,465
	130	2,190	1,021	0,340	-	-
	135	-	-	-	0,510	1,525
	140	2,230	1,046	0,357	-	-
	150	2,265	1,076	0,375	0,553	1,580
11h00	165	2,315	-	0,401	0,598	1,620
	170	-	1,138	-	-	-
	180	2,360	-	0,428	0,641	1,675
	190	-	1,189	-	-	-
	195	2,400	-	0,447	0,685	1,720
	210	-	-	0,467	-	-
	215	-	1,260	-	0,725	-
	220	-	-	-	-	1,790
	225	2,481	-	-	-	-
						.../..

Date/heure	t minute	Rabattement en m				
		Puits	P1	P2	P3	P4
13h00	240	-	-	0,515	-	-
	245	-	1,335	-	0,805	-
	255	2,560	-	-	-	1,865
	275	-	1,395	0,554	0,870	1,935
	285	2,630	-	-	-	-
14h05	305	-	1,465	0,586	0,937	1,995
	320	2,680	1,487	0,621	-	-
	330	2,708	1,512	-	1,005	2,040
15h00	360	2,765	1,569	0,661	1,067	2,095
	390	2,824	1,626	0,705	1,104	2,156
	420	2,881	1,672	0,736	1,157	2,207
	450	2,930	1,714	0,766	1,210	2,254
17h00	480	2,980	1,766	0,797	1,264	2,305
	540	3,065	1,850	0,860	1,362	2,400
19h00	600	3,155	1,937	0,925	1,471	2,492
21h00	720	3,300	2,085	1,055	1,661	2,645
22h00	780	3,389	2,156	1,105	1,729	2,715
23h00	840	3,447	2,220	1,160	1,817	2,785
30/3 -	0h00	3,500	2,276	1,202	1,879	2,845
	900	3,555	2,322	1,245	1,935	2,898
	1h00	3,612	2,385	1,285	-	2,955
	1035	-	-	-	2,025	-
	4h00	3,704	2,477	1,367	-	3,050
	1153	-	-	-	2,125	-
	6h00	3,790	2,570	1,445	2,223	3,135
	8h00	3,875	2,650	1,520	2,316	3,220
	10h00	3,950	2,725	1,595	2,410	3,305
	12h00	4,030	2,785	1,650	2,490	3,375
31/3 -	14h00	4,090	2,870	1,710	2,565	3,447
	16h00	4,160	2,930	1,773	2,635	3,510
	18h00	4,232	3,003	1,845	2,713	3,614
	23h00	4,372	3,150	1,970	2,874	3,735
	8h00	4,575	3,350	2,175	3,135	3,947
	14h00	4,680	3,444	2,275	3,265	4,040
	18h00	4,760	3,530	2,335	3,350	4,127
1/4 -	2h00	4,895	3,645	2,447	3,505	4,255
	8h00	4,960	3,725	2,530	3,607	4,335
	9h00	4,965	3,735	2,538	3,632	4,345

POMPAGE D'ESSAI DE LA PAVAIS. (Commune de Chartres-de-Bretagne)

R E M O N T E E - 9/3/71 (9h)

(t' depuis l'arrêt du pompage)

Date/heure	t (minute)	t' (minute)	t/t'	Rabattement résiduel (en m)				
				Puits	P1	P2	P3	P4
9/3 - 9h00	4320	0	4320	4,960	3,735	2,538	3,632	4,345
	4320,5	0,5	8640	4,140	-	-	-	-
	4321	1	4321	3,970	3,672	2,542	3,633	4,025
	4322	2	2161	3,855	3,612	2,541	3,628	3,895
	4323	3	1441	3,795	3,567	2,536	3,621	3,830
	4324	4	1081	3,752	3,534	2,535	3,612	3,785
	4325	5	865	3,714	3,511	2,531	-	-
	4326	6	721	3,708	3,487	2,528	-	-
	4327	7	618	3,660	3,467	2,537	-	-
	4328	8	541	3,650	3,450	?	-	-
	4329	9	481	3,620	3,433	2,537	-	-
	4330	10	433	3,600	3,416	-	-	-
	4331	11	393,7	3,583	3,402	-	-	-
	4332	12	361	3,564	3,388	-	-	-
	4333	13	333,3	3,546	3,374	-	-	-
	4334	14	309,4	3,532	3,362	-	-	-
	4335	15	289	3,515	3,349	2,506	-	-
	4336	16	271	3,510	3,336	2,505	3,529	3,535
	4338	18	241	3,472	3,314	2,497	3,520	3,510
	4339	19	228	-	-	2,496	-	-
	4340	20	217	3,446	3,295	2,492	3,512	3,485
	4342	22	197,3	3,422	3,274	-	3,504	3,460
	4344	24	181	3,403	3,255	-	3,495	3,435
	4345	25	173,8	-	-	2,481	-	-
9h30	4346	26	167,1	3,381	3,239	-	3,488	3,415
	4348	28	155,2	3,364	3,221	-	3,477	3,400
	4350	30	145	3,350	3,205	2,473	3,469	3,380
	4355	35	124,4	3,300	3,167	2,398	3,452	3,335
	4360	40	109	3,260	3,095	2,452	3,432	3,290
10h00	4365	45	97	3,222	3,095	2,444	3,416	3,255
	4370	50	87,4	3,185	3,065	2,433	3,400	3,220
	4375	55	79,5	3,155	3,037	2,423	3,382	3,185
	4380	60	73	3,122	3,009	2,417	3,369	3,155
	4390	70	62,7	3,063	2,954	2,398	3,339	3,095
10h30	4400	80	55	3,005	2,905	2,378	3,306	3,040
	4410	90	49	2,962	2,864	2,361	3,282	2,990
	4420	100	44,2	2,917	2,822	2,346	3,257	2,945
11h00	4430	110	40,2	2,872	2,782	2,331	3,231	2,905
	4440	120	37	2,832	2,746	2,315	3,209	2,865
	4450	130	34,2	-	2,711	-	-	-
	4455	135	33	2,775	-	2,293	3,171	2,805
11h30	4460	140	31,8	-	2,675	-	-	-
	4470	150	29,8	2,721	2,644	2,267	3,139	2,755
	4485	165	27,1	2,673	-	2,245	3,107	2,700
	4490	170	26,76	-	2,581	-	-	-

Date/heure	t (minute)	t' (minute)	t/t'	Rabattement résiduel (en m)					
				Puits	P1	P2	P3	P4	
	12h00	4500	180	25	2,629	2,554	2,224	3,079	2,655
		4530	210	21,57	2,545	2,474	2,180	3,021	2,570
	14h00	4620	300	15,4	2,325	2,266	2,071	2,855	2,345
	15h00	4680	360	13	2,200	2,148	1,985	2,763	2,222
	16h00	4740	420	11,2	2,095	2,043	1,920	2,686	2,115
	17h00	4800	480	10	2,005	1,963	1,860	2,605	2,030
	18h00	4860	540	9	1,927	1,876	1,801	2,524	1,948
	19h00	4920	600	8,2	1,856	1,814	1,750	2,440	1,874
	20h00	4980	660	7,5	1,786	1,735	1,690	2,367	1,804
	21h00	5040	720	7	1,725	1,680	1,655	2,307	1,742
	22h00	5100	780	6,5	1,650	1,620	1,615	2,224	1,674
	23h00	5160	840	6,14	1,593	1,556	1,563	2,155	1,607
	24h00	5220	900	5,8	1,542	1,500	1,513	2,100	1,560
2/4 -	1h00	5280	960	5,5	1,493	1,454	1,480	2,031	1,510
	2h10	5350	1030	5,19	1,432	-	-	-	-
	2h15	5355	1035	5,17	-	1,390	-	-	1,447
	2h28	5368	1048	5,1	-	-	1,417	-	-
	2h37	5377	1057	5,08	-	-	-	1,925	-
	3h05	5405	1085	4,97	-	-	-	1,940	-
	4h00	5460	1140	4,78	1,358	1,316	-	-	1,375
	4h10	5470	1150	4,75	-	-	1,357	-	-
	4h15	5475	1155	4,74	-	-	-	1,857	-
	6h00	5580	1260	4,4	1,280	1,240	-	-	1,290
	6h10	5590	1270	4,4	-	-	1,285	1,765	-
	8h00	5700	1380	4,1	1,205	1,172	-	1,665	1,220
	8h15	5715	1395	4,1	-	-	1,235	-	-
	10h00	5820	1500	3,86	1,145	1,110	-	-	1,170
	10h10	5830	1510	3,8	-	-	1,181	1,570	-
	12h00	5940	1620	3,65	1,090	1,045	-	-	1,095
	12h10	5950	1630	3,65	-	-	1,122	1,485	-
	14h00	6060	1740	3,47	1,025	-	-	-	1,039
	14h10	6070	1750	3,47	-	0,995	1,067	1,406	-
	18h15	6315	1995	3,16	0,925	0,890	-	1,256	0,935
	18h25	6325	2005	3,16	-	-	0,980	-	-
3/4 -	0h20	6680	2360	2,82	0,793	0,760	-	-	0,805
	0h30	6690	2370	2,82	-	-	0,850	1,057	-
	9h10	7210	2890	2,49	0,635	0,605	0,690	0,810	0,647
	15h30	7590	3270	2,32	0,525	0,495	0,575	0,650	0,535
4/4 -	1h00	8160	3840	2,12	0,405	0,375	0,440	0,485	0,410
	9h00	8640	4320	2,00	0,315	0,285	0,348	0,375	0,325
	18h15	9195	4875	1,88	0,227	0,200	0,250	0,268	0,237
5/4 -	8h20	10040	5720	1,77	0,125	0,090	0,130	0,147	0,130
	17h50	10610	6290	1,68	0,052	0,030	0,052	0,065	0,059
6/4 -	8h55	11515	7195	1,60	0,045	+0,065	+0,055	+0,043	+0,035
	19h00	12120	7800	1,55	+0,105	+0,130	+0,115	+0,125	+0,105
7/4 -	9h00	12960	8640	1,50	+0,175	+0,205	+0,238	+0,200	+0,170
	19h00	13560	9240	1,46	+0,224	+0,245	+0,250	+0,250	+0,220
8/4 -	8h00	14340	10020	1,43	+0,275	+0,295	+0,340	+0,300	+0,270
	19h30	15030	10710	1,40	+0,305	-	-	-	-
9/4 -	8h00	15780	11460	1,37	+0,350	-	-	-	-
	19h00	-	-	-	+0,380	-	-	-	-
10/4 -	8h30	-	-	-	+0,403	-	-	-	-

POMPAGE D'ESSAI DE LA MARIONNAIS (Commune de BRUZ)

D E S C E N T E

du 26/4/71 (9h) au 29/4/71 (9h)

Date/heure	t minutes	Rabattement en m				
		Puits	M1	M2	M3	M4
26/4 - 9h00	0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	1	1,210	-	-	-	-
	2	2,140	0,008	-	0,073	0,000
	3	3,330	-	-	0,135	0,004
	4	4,125	0,027	-	0,185	0,017
	5	4,660	0,048	0,005	0,223	0,027
	6	5,045	0,065	0,010	0,252	0,037
	7	5,320	0,077	0,010	0,275	0,040
	8	5,505	0,090	0,015	0,298	0,054
	9	5,642	0,103	0,020	0,314	0,062
	10	5,760	-	0,020	0,325	0,073
	11	5,840	0,117	0,030	0,336	0,075
	12	5,910	0,125	0,030	-	0,081
	13	5,960	0,130	0,030	0,354	0,086
	14	5,993	0,137	-	-	0,091
	15	6,017	0,143	0,030	0,367	0,093
	16	6,037	0,148	0,035	-	0,096
	17	6,058	-	0,035	0,378	0,097
	18	-	0,156	-	-	-
	19	6,082	-	0,035	0,385	0,102
	20	-	0,159	-	-	-
	22	6,102	-	0,040	0,391	0,106
	24	6,120	-	0,040	-	0,110
	25	6,130	-	0,040	-	0,114
	26	-	0,163	-	0,405	-
	28	6,143	-	0,045	-	0,118
	30	6,147	-	0,045	-	0,120
	35	6,156	0,184	0,045	0,414	0,122
	40	6,170	0,191	0,050	0,420	0,125
	45	6,176	0,198	0,050	0,427	0,133
	50	6,183	0,203	0,055	0,433	0,135
	55	-	0,208	-	0,439	0,139
10h00	60	6,185	0,215	0,055	0,445	0,144
	70	6,194	0,218	0,060	0,449	0,145
	80	6,212	0,227	0,060	0,458	0,150
	90	6,227	0,237	-	0,467	0,157
	100	6,225	0,243	0,065	0,475	0,165
	110	6,230	0,250	0,070	0,485	0,168
11h00	120	6,232	0,257	-	0,491	0,176
	130	-	-	-	-	0,183
	135	6,240	0,263	0,075	0,495	0,178
	140	-	-	-	-	0,188
	150	6,237	0,276	-	0,505	-
	160	-	-	0,080	-	0,193
	165	6,248	0,289	-	0,515	-
	170	6,250	0,293	0,085	-	0,525
		-	-	-	-	0,196

Date/heure	t minutes	Rabattement en m				
		Puits	M1	M2	M3	M4
26/4 - 12h00	180	6,257	0,301	0,085	0,534	-
	190	-	-	-	-	0,203
	195	6,258	0,313	-	0,540	-
	210	6,263	0,320	0,095	0,548	0,210
	240	6,281	-	-	0,567	-
	244	-	-	-	-	0,227
	247	-	0,335	-	-	-
	250	-	-	0,105	-	-
	270	6,282	-	-	0,580	-
	275	-	-	-	-	0,239
	280	-	0,349	0,109	-	-
	289	-	-	-	-	-
	300	6,290	-	-	-	-
27/4 - 14h00	310	-	0,360	-	0,591	0,247
	316	-	-	0,116	-	-
	330	6,297	0,378	0,120	0,605	0,248
	360	6,308	0,365	0,123	0,612	0,258
	420	6,334	0,385	0,136	0,632	0,271
	480	6,336	0,403	0,143	0,655	0,292
	540	6,345	0,418	0,152	0,675	0,308
	600	6,370	0,438	0,160	0,694	0,317
	720	6,403	0,471	0,175	0,726	0,351
	840	6,425	0,505	0,190	0,755	0,372
	960	6,450	0,530	0,203	0,780	0,398
	1040	6,467	0,549	0,213	0,798	0,414
	1140	6,466	0,565	0,223	0,811	0,429
28/4 -	1275	6,494	0,590	0,237	0,837	0,451
	1410	6,500	0,615	0,247	0,856	0,472
	1530	6,495	0,638	0,260	0,871	0,491
	1650	6,510	0,654	0,279	0,896	0,505
	1780	6,532	0,666	0,280	0,905	0,515
	1965	6,548	0,689	0,290	0,934	0,540
	2265	6,582	0,727	0,310	0,963	0,571
	2565	6,612	0,763	0,330	0,995	0,600
	2850	6,624	0,791	0,353	1,020	0,629
	3075	6,638	0,805	0,359	1,037	0,652
	3360	6,654	0,830	0,375	1,056	0,666
	3660	6,682	0,854	0,390	1,080	0,682
29/4 -	4130	6,700	0,890	0,415	1,107	0,713
	4320	6,712	0,905	0,420	1,117	0,727

POMPAGE D'ESSAI DE LA MARIONNAIS (Commune de BRUZ)

R E M O N T E E - 29/4/71 (9h)

(t' depuis l'arrêt du pompage)

Date/heure	t (minute)	t' (minute)	t/t'	Rabattement résiduel (en m)				
				Puits	M1	M2	M3	M4
29/4 - 9h00	4320	0	4320	6,712	0,902	0,420	1,117	0,727
	4320,30"	0,30"	8641	5,505	-	-	1,117	-
	4321	1	4321	4,555	0,896	0,420	1,089	0,722
	4322	2	2161	3,193	0,884	0,415	1,033	0,713
	4323	3	1441	2,327	0,871	0,415	0,980	0,703
	4324	4	1081	1,770	0,853	0,415	0,938	0,689
	4325	5	865	1,415	0,838	0,410	0,901	0,681
	4326	6	721	1,178	0,825	0,405	0,890	0,674
	4327	7	618	1,025	0,813	0,400	0,854	0,663
	4328	8	541	0,922	0,803	0,395	0,835	0,655
	4329	9	481	0,853	0,795	0,395	0,820	0,648
	4330	10	433	0,807	0,789	0,390	0,808	0,642
	4331	11	393,7	0,770	0,783	-	-	0,639
	4332	12	361	0,743	-	0,385	0,792	0,633
	4333	13	333,3	0,722	0,774	-	-	0,630
	4334	14	309,4	0,705	0,768	0,385	0,779	0,629
	4335	15	289	0,690	0,766	-	-	0,624
	4336	16	271	0,678	0,764	0,380	0,769	0,621
	4338	18	241	0,656	0,758	0,380	0,760	0,617
	4340	20	217	0,643	0,753	0,380	0,756	0,613
	4342	22	197,3	0,632	0,750	-	0,749	0,610
	4344	24	181	0,624	0,746	-	0,745	0,608
	4345	25	173,8	-	-	0,375	-	-
	4346	26	167,1	0,616	0,743	-	0,740	0,604
	4348	28	155,2	0,611	0,740	-	0,737	0,602
	4350	30	145	0,606	0,738	0,375	0,734	0,599
	4355	35	124,4	0,596	0,732	0,370	0,723	0,595
	4360	40	109	0,591	0,727	0,365	0,718	0,592
	4365	45	97	0,580	0,723	0,365	-	0,588
	4366	46	94,9	-	-	-	0,708	-
	4370	50	87,4	-	0,717	0,360	0,702	0,586
	4371	51	85,7	0,570	-	-	-	-
10h00	4375	55	79,5	0,570	0,713	-	0,695	0,584
	4380	60	73	0,565	0,710	0,360	0,690	0,580
	4390	70	62,7	0,556	0,701	-	0,678	0,573
	4395	75	58,6	-	-	0,355	-	-
	4400	80	55	0,552	0,690	-	0,666	0,567
	4410	90	49	0,539	0,684	0,350	0,658	0,562
	4420	100	44,2	-	-	-	-	0,555
	4425	105	42,1	0,536	0,671	0,345	0,644	-
	4430	110	40,2	-	-	-	-	0,551
	4440	120	37	0,521	0,665	0,345	0,632	0,547
11h00	4455	135	33	-	0,654	-	0,619	0,541
	4456	136	32,7	0,512	-	-	-	-
	4460	140	31,8	-	-	0,340	-	-
	4470	150	29,8	0,509	0,645	-	0,610	0,534
	4480	160	28	-	-	0,335	-	-
	4485	165	27,1	0,502	0,636	-	0,600	0,526

..../..

Date/heure	t (minute)	t' (minute)	t/t'	Rabattement résiduel (en m)				
				Puits	M1	M2	M3	M4
29/4 - 12h00	4500	180	25	0,492	0,628	0,325	0,590	0,519
	4515	195	23,1	-	-	-	0,579	0,514
	4530	210	21,57	0,476	0,611	0,320	0,570	0,507
	4650	330	14,1	0,433	0,558	0,300	0,512	0,470
	4680	360	13	0,425	0,540	0,300	0,499	0,459
	4740	420	11,2	0,405	0,517	0,291	0,480	0,445
	4800	480	10	0,395	0,496	0,282	0,460	0,427
	4920	600	8,2	0,371	0,463	0,264	0,427	0,406
	5040	720	7	0,350	0,434	0,230	0,403	0,381
	5160	840	6,14	0,328	0,409	0,216	0,382	0,360
	5280	960	5,5	0,311	0,380	0,204	0,358	0,340
	5580	1260	4,4	0,270	0,331	0,210	0,307	0,296
30/4 - 01h00	5790	1470	3,9	0,247	0,307	0,190	0,280	0,270
	6000	1680	3,57	0,227	0,303	0,175	0,260	0,246
	6440	2120	3	0,187	0,230	0,150	0,215	0,209
	6720	2400	2,8	0,169	0,208	0,137	0,195	0,184
	7180	2860	2,5	0,144	0,170	0,118	0,162	0,154
1/5 - 01h00	7570	3250	2,3	0,119	0,146	0,100	0,138	0,129
	8040	3720	2,16	0,100	0,126	0,085	0,119	0,107
	8640	4320	2	0,076	0,095	0,065	0,090	0,082
3/5 - 8h00	10020	5700	1,75	0,025	0,037	0,022	0,039	0,023
4/5 - 8h00	11460	7140	1,60	+0,020	+0,011	+0,017	+0,012	+0,060

ECOLE NATIONALE
de la SANTE PUBLIQUE
35 - RENNES

353-1-7

Laboratoire de chimie
Appliquée
à la Santé Publique

Echantillon d'eau provenant
du captage de la Pavais
prélevé le 24 Juin 1971

N° C 734

EXAMEN PHYSIQUE

Turbidité	:	10	gouttes de mastic
Résistivité (en Ω/cm à 20°)	:	1563	
pH	:	7,0	
Couleur	:	5,0	mg/l de Pt

ANALYSE CHIMIQUE

Oxygène cédé par KMnO ₄ en milieu alcalin	:	0,10	mg/litre
Dureté totale (degrés français)	:	35,3	degrés français
Titre alcalimétrique (TA)	:	0	" "
Titre alcalimétrique complet (TAC)	:	30,0	" "
Silice	:	11,0	mg/litre

Etude de l'agressivité (essai sur marbre)

	Avant	Après		
			pH	
	7,0	7,40		
Titre alcalimétrique complet (TAC)	30°0 F	31° F		
Titre hydrotimétrique	35°3 F	35°9 F		

1 ^o CATIONS	mg/l	me/l	2 ^o ANIONS	mg/l	me/l
Calcium, en Ca ⁺⁺	127,8	6,39	Carbonique, en CO ₃ ⁻⁻	néant	-
Magnésium, en Mg ⁺⁺	9,0	0,75	Bicarbonique, en HCO ₃ ⁻	366,0	6,0
Ammonium, en NH ₄ ⁺	néant	-	Chlore, en Cl ⁻	24,0	0,67
Sodium, en Na ⁺	15,10	0,65	Sulfurique, en SO ₄ ⁻⁻	15,35	0,32
Potassium, en K ⁺	1,75	0,04	Nitreux, en NO ₂ ⁻	néant	-
Fer, en Fe ⁺⁺	néant	-	Nitrique, en NO ₃ ⁻	5,0	0,08
Manganèse, en Mn ⁺⁺	néant	-	Phosphorique, en PO ₄ ⁻⁻⁻	néant	-
Aluminium, en Al ⁺⁺⁺	0,25	0,02		néant	

Recherches spéciales :

Métaux lourds : présence de zinc : 0,25 mg/l

Phénols : néant

Le chef du service de Chimie
M. NEVEU

ECOLE NATIONALE
de la SANTE PUBLIQUE

35 - RENNES

353-1-13

Laboratoire de chimie
Appliquée
à la Santé Publique

Echantillon d'eau provenant
du captage de Fénicat
prélevé le 24 Juin 1971

N° C 733

EXAMEN PHYSIQUE

Turbidité	:	10	gouttes de mastic
Résistivité (en Ω/cm à 20°)	:	1421	
pH	:	7	
Couleur	:	5	mg/l de Pt

ANALYSE CHIMIQUE

Oxygène cédé par $KMnO_4$ en milieu alcalin	:	0,10 mg/litre
Dureté totale (degrés français)	:	35,8 degrés français
Titre alcalimétrique (TA)	:	0 " "
Titre alcalimétrique complet (TAC)	:	33,0 " "
Silice	:	8,0 mg/litre

Etude de l'agressivité (essai sur marbre)

	Avant	Après
pH	7,0	7,4
Titre alcalimétrique complet (TAC)	33° F	33°5 F
Titre hydrotométrique	35°8 F	38°4 F

1 ^o CATIONS	mg/l	me/l	2 ^o ANIONS	mg/l	me/l
Calcium, en Ca^{++}	127,8	6,39	Carbonique, en CO_3^{--}	néant	
Magnésium, en Mg^{++}	9,6	0,80	Bicarbonique, en HCO_3^-	399,6	6,6
Ammonium, en NH_4^+	néant	-	Chlore, en Cl^-	32,5	0,91
Sodium, en Na^+	20,0	0,86	Sulfurique, en SO_4^{--}	17,3	0,36
Potassium, en K^+	2,50	0,06	Nitreux, en NO_2^-	néant	-
Fer, en Fe^{++}	≤ 0,05	-	Nitrique, en NO_3^-	4,0	0,06
Manganèse, en Mn^{++}	néant	-	Phosphorique, en PO_4^{--}	néant	-
Aluminium, en Al^{+++}	0,25	0,02		néant	

Recherches spéciales :

Métaux lourds : néant

Phénols : néant

Le Chef du service de Chimie

M. NEVEU

ECOLE NATIONALE
de la SANTE PUBLIQUE
35 - RENNES

353-1-33

Laboratoire de Chimie
Appliquée
à la Santé Publique

N° C 769

Echantillon d'eau provenant des Usines CITROEN (puits V)
déposé le 8 Juillet 1971
par B.R.G.M.

EXAMEN PHYSIQUE

Turbidité	:	
Résistivité (en Ω/cm à 20°)	:	1498
pH	:	7,2
Couleur	:	0

ANALYSE CHIMIQUE

Oxygène cédé par KMnO ₄ en milieu alcalin	:	0,35 mg/litre
Dureté totale (degrés français)	:	38°9 degrés français
Titre alcalimétrique (TA)	:	0 " "
Titre alcalimétrique complet (TAC)	:	34 " "
Silice	:	mg/litre

Etude de l'agressivité (essai sur marbre)

	Avant	Après
pH	7,2	7,25
Titre alcalimétrique complet (TAC)	34	32,5
Titre hydrotimétrique	38°9	36°9

1 ^o CATIONS	mg/l	me/l	2 ^o ANIONS	mg/l	me/l
Calcium, en Ca ⁺⁺	122,8	6,14	Carbonique, en CO ₃ ⁻	0	0
Magnésium, en Mg ⁺⁺	10,6	0,88	Bicarbonique, en HCO ₃ ⁻	414,8	6,8
Ammonium, en NH ₄ ⁺	0	0	Chlore, en Cl ⁻	26,5	0,74
Sodium, en Na ⁺	16,1	0,7	Sulfurique, en SO ₄ ²⁻	10,5	0,21
Potassium, en K ⁺	1	0,02	Nitreux, en NO ₂ ⁻	0	0
Fer, en Fe ⁺⁺	0,1	-	Nitrique, en NO ₃ ⁻	10,5	0,16
Manganèse, en Mn ⁺⁺	0	-	Phosphorique, en PO ₄ ³⁻	-	0
Aluminium, en Al ⁺⁺⁺	-		Fluor F	0,48	

Recherches spéciales :

Phénols : néant

Recherche des métaux lourds : traces de zinc.

Le Chef du service de Chimie

M. NEVEU

ECOLE NATIONALE
de la SANTE PUBLIQUE
35 - RENNES
Laboratoire de chimie
Appliquée
à la Santé Publique
N° C 736

353-2-5

Echantillon d'eau provenant
du captage de la Marionnais
prélévé le 24 Juin 1971

EXAMEN PHYSIQUE

Turbidité	:	10	gouttes de mastic
Résistivité (en Ω/cm à 20°)	:	1563	
pH	:	6,95	
Couleur	:	5,0	mg/l de Pt

ANALYSE CHIMIQUE

Oxygène cédé par $KMnO_4$ en milieu alcalin	:	0,10	mg/litre
Durée totale (degrés français)	:	37,8	degrés français
Titre alcalimétrique (TA)	:	0	" "
Titre alcalimétrique complet (TAC)	:	33,5	" "
Silice	:	7,75	mg/litre

Etude de l'agressivité (essai sur marbre)

	Avant	Après
pH	6,95	7,40
Titre alcalimétrique complet (TAC)	33°5 F	35°0 F
Titre hydrotométrique	37°8 F	38°4 F

1 ^o CATIONS	mg/l	me/l	2 ^o ANIONS	mg/l	me/l
Calcium, en Ca^{++}	127,8	6,39	Carbonique, en CO_3^{--}	néant	
Magnésium, en Mg^{++}	13,4	1,10	Bicarbonique, en HCO_3^-	408,7	6,70
Ammonium, en NH_4^+	néant	-	Chlore, en Cl^-	34,5	0,90
Sodium, en Na^+	21,8	0,94	Sulfurique, en SO_4^{--}	3,85	0,08
Potassium, en K^+	2,2	0,05	Nitreux, en NO_2^-	néant	-
Fer, en Fe^{++}	néant	-	Nitrique, en NO_3^-	8,0	0,12
Manganèse, en Mn^{++}	néant	-	Phosphorique, en PO_4^{--}	néant	-
Aluminium, en Al^{+++}	0,15	0,01		néant	

Recherches spéciales :

Métaux lourds : néant

Phénols : néant

Le Chef du service de Chimie
M. NEVEU

ECOLE NATIONALE
de la SANTE PUBLIQUE

35 - RENNES

Laboratoire de Chimie
Appliquée
à la Santé Publique

N° C 770

Echantillon d'eau provenant de l'Emergence Sud de Chartres
déposé le 8 Juillet 1971
par B.R.G.M.

EXAMEN PHYSIQUE

Turbidité

Résistivité (en Ω/cm à 20°) : 1456

pH : 7,1

Couleur : 0

ANALYSE CHIMIQUE

Oxygène cédé par KMnO_4 en milieu alcalin : 2,10 mg/litre

Dureté totale (degrés français) : 35°4 degrés français

Titre alcalimétrique (TA) : 0 " "

Titre alcalimétrique complet (TAC) : 34,5 " "

Silice : 10,7 mg/litre

Etude de l'agressivité (essai sur marbre).

	Avant	Après
pH	7,1	7,15
Titre alcalimétrique complet (TAC)	34,5	33,5
Titre hydrotimétrique	35,4	36,6

1° CATIONS	mg/l	me/l	2° ANIONS	mg/l	me/l
Calcium, en Ca^{++}	134,9	6,74	Carbonique, en CO_3^-	0	0
Magnésium, en Mg^{++}	4,2	0,35	Bicarbonique, en HCO_3^-	420,9	6,90
Ammonium, en NH_4^+	néant	0	Chlore, en Cl^-	41,5	1,17
Sodium, en Na^+	19,1	0,82	Sulfurique, en SO_4^{--}	2,40	0,05
Potassium, en K^+	3,4	0,08	Nitreux, en NO_2^-	0,3	-
Fer en Fe^{++}	0,06	-	Nitrique, en NO_3^-	4,5	0,1
Manganèse, en Mn^{++}	0	-	Phosphorique, en PO_4^{--}	0	-
Aluminium; en Al^{+++}			Fluor	0,43	-

Recherches spéciales :

Phénols : néant

Recherche des Métaux lourds : (traces de zinc)

Le Chef du service de Chimie

M. NEVEU

ECOLE NATIONALE
de la SANTE PUBLIQUE
35 - RENNES

Laboratoire de chimie
Appliquée
à la Santé Publique

Echantillon d'eau provenant
de l'Emergence Sud (Est Fénicat)
prélevé le 24 Juin 1971

N° C 735

EXAMEN PHYSIQUE

Turbidité	:	20	gouttes de mastic
Résistivité (en Ω/cm à 20°)	:	1285	
pH	:	7,25	
Couleur	:	20	mg/l de Pt

ANALYSE CHIMIQUE

Oxygène cédé par KmO_4 en milieu alcalin	:	0,15 mg/litre
Dureté totale (degrés français)	:	39,7 degrés français
Titre alcalimétrique (TA)	:	0 " "
Titre alcalimétrique complet (TAC)	:	35,5 " "
Silice	:	11,50 mg/litre

Etude de l'agressivité (essai sur marbre)

	Avant	Après
pH	7,25	7,50
Titre alcalimétrique complet (TAC)	35°5 F	34° F
Titre hydrotimétrique	39°7 F	39°5 F

1 ^o CATIONS	mg/l	me/l	2 ^o ANIONS	mg/l	me/l
Calcium en Ca^{++}	136,3	6,86	Carbonique, en CO_3^{--}	néant	-
Magnésium, en Mg^{++}	13,5	1,12	Bicarbonique, en HCO_3^-	433,10	7,10
Ammonium, en NH_4^+	néant	-	Chlore, en Cl^-	39,0	1,09
Sodium, en Na^+	23,10	1,0	Sulfurique, en SO_4^{--}	0,96	0,02
Potassium, en K^+	2,50	0,06	Nitreux, en NO_2^-	0,05	-
Fer, en Fe^{++}	<0,05	-	Nitrique, en NO_3^-	12,0	0,19
Manganèse, en Mn^{++}	néant	-	Phosphorique, en PO_4^{--}	néant	-
Aluminium, en Al^{+++}	0,25	0,02		néant	

Recherches spéciales :

Métaux lourds : présence de zinc : 0,03 mg/l

phénols : néant

Le Chef du service de chimie

M. NEVEU

- SONDAGE - N° 353-1-23

tarière (Est Fénicat) N° 1

<i>Coupe</i>		<i>Description géologique</i>
	Ht 1/100	
	0m sol	
	0.40	Terre végétale tourbeuse Argile gris-verdâtre, très riche en "poussière" de quartz.
	2.00	
Oligocène	3.50	idem - avec quelques petits graviers à 2,20 m gros graviers à 3,50 m.
	5.80	Argile grisâtre devenant plus sombre à partir de 5 m.
	6.00	
Eocène ?	7.50	Argile brun foncé à noire, sapropélique avec quelques graviers anguleux de grès vert et de quartzite. Argile compacte brun-violacée
	9.00	Argile compacte brun-marron à petits grains pyriteux. (Fin de sondage = 9 m)

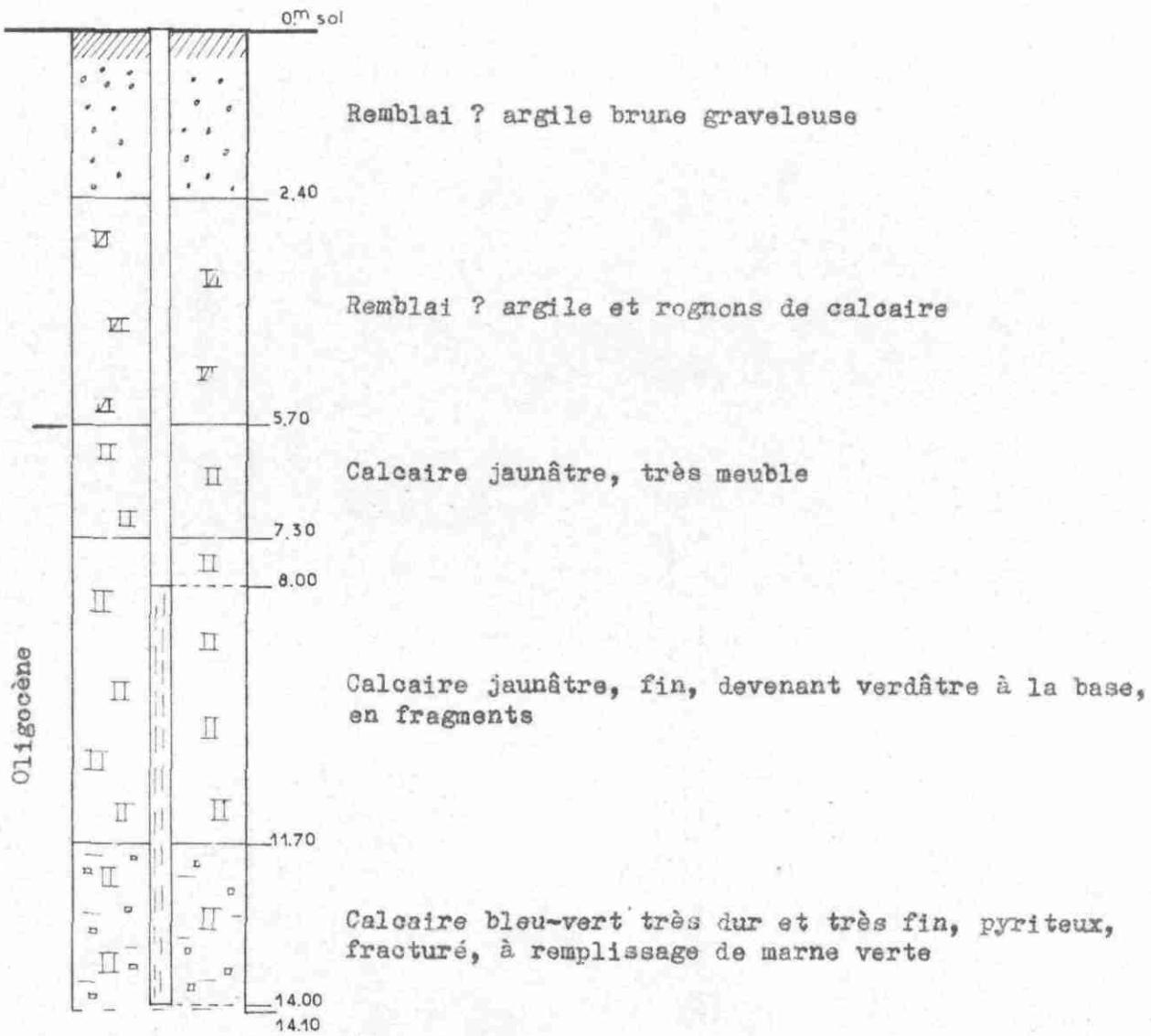
- SONDEAGE - N° 353-1-20

tarière (la Mare de la Salle) N° 2

- Coupe

H^t 1/100

Description géologique



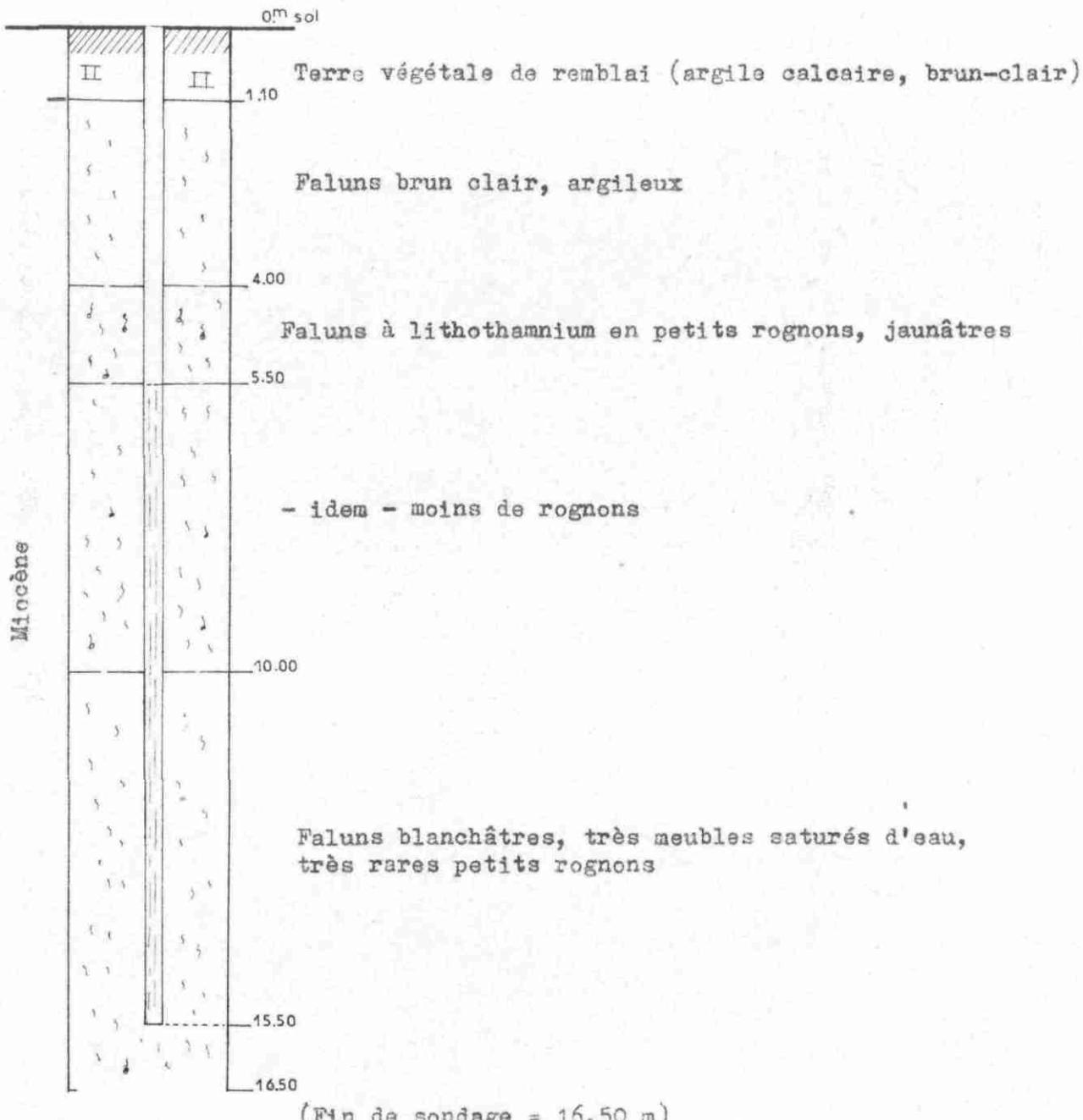
(équipé en piézo ; profondeur : 14,00 m du sol
tube PVC de 45/50mm crêpiné de -8 à -14 m)

- SONDAGE - N° 353-2-34

tarière (W des quatre Vents) N° 3

- Coupe
E^t 1/100

Description géologique



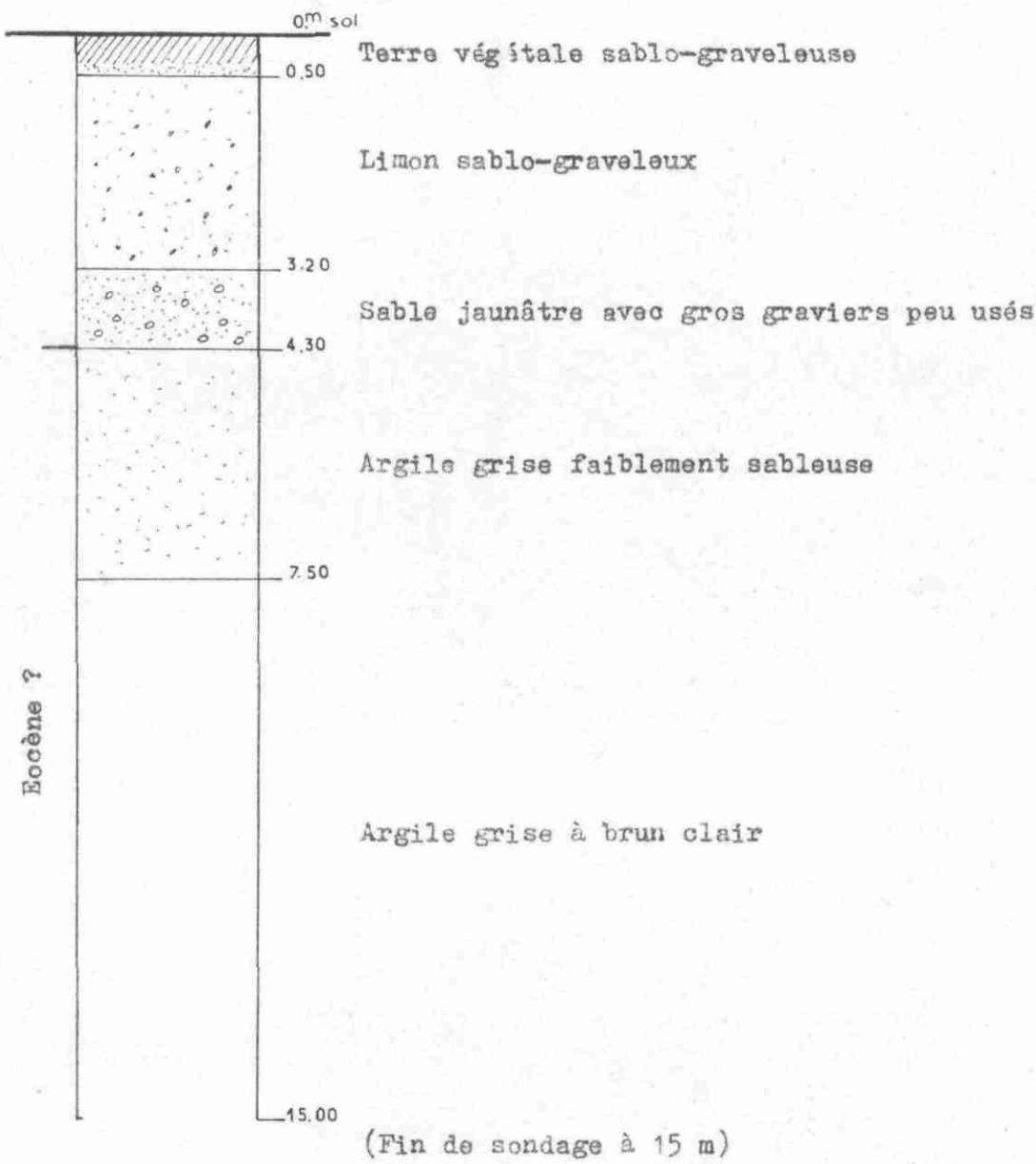
(équipé en piézo ; profondeur : 15,50 m du sol
tube PVC de 45/50mm, crépiné de -5,50 à -15,50 m)

SONDAGE - N° 353-1-22

tarière (Sud Seiche) N° 4

Coupe
Ht 1/100

Description géologique



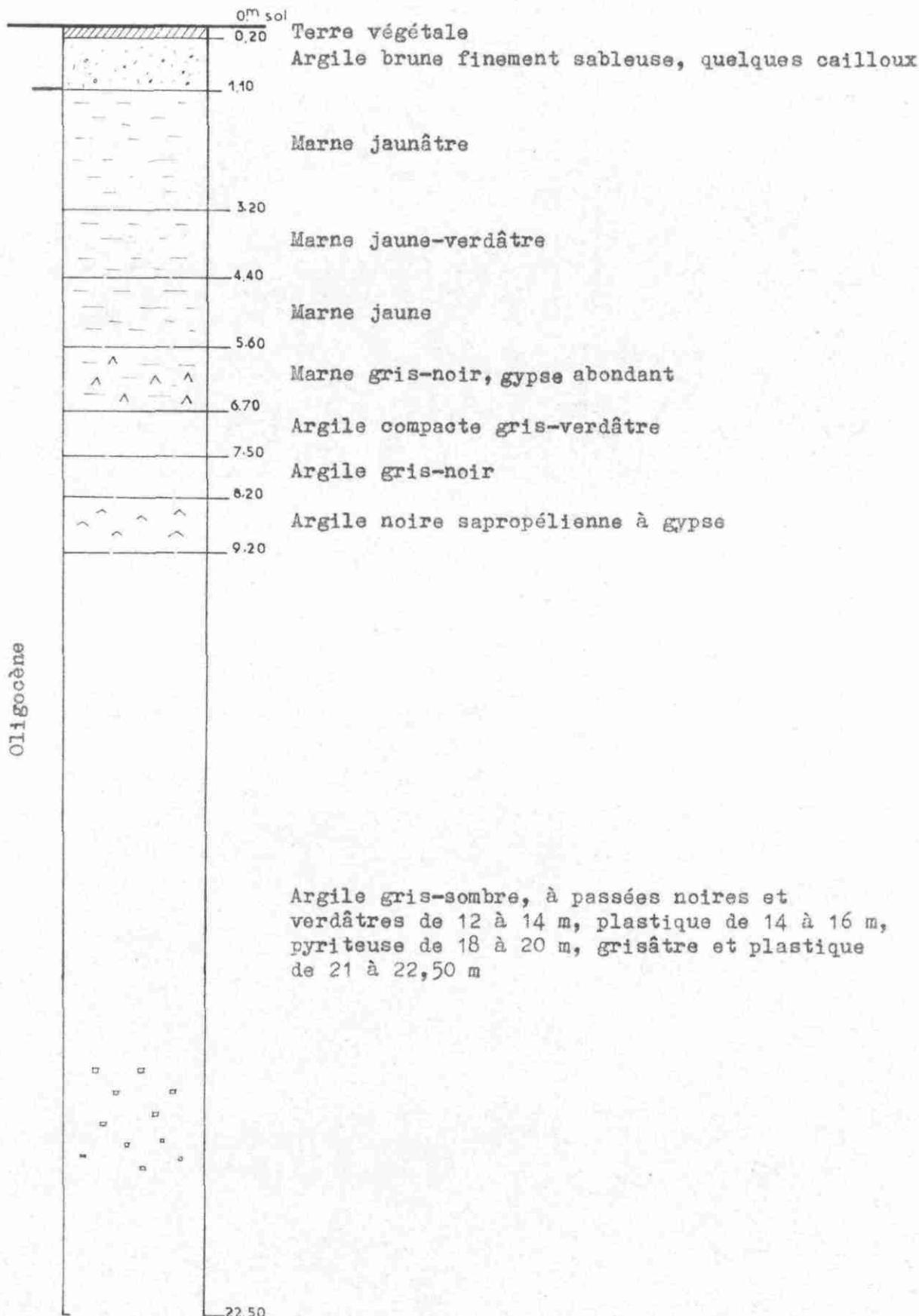
SONDAGE - N° 353-1-17

tarière (la Pavais Sud) N° 5 bis

- Coupe

H^t 1/100

- Description géologique

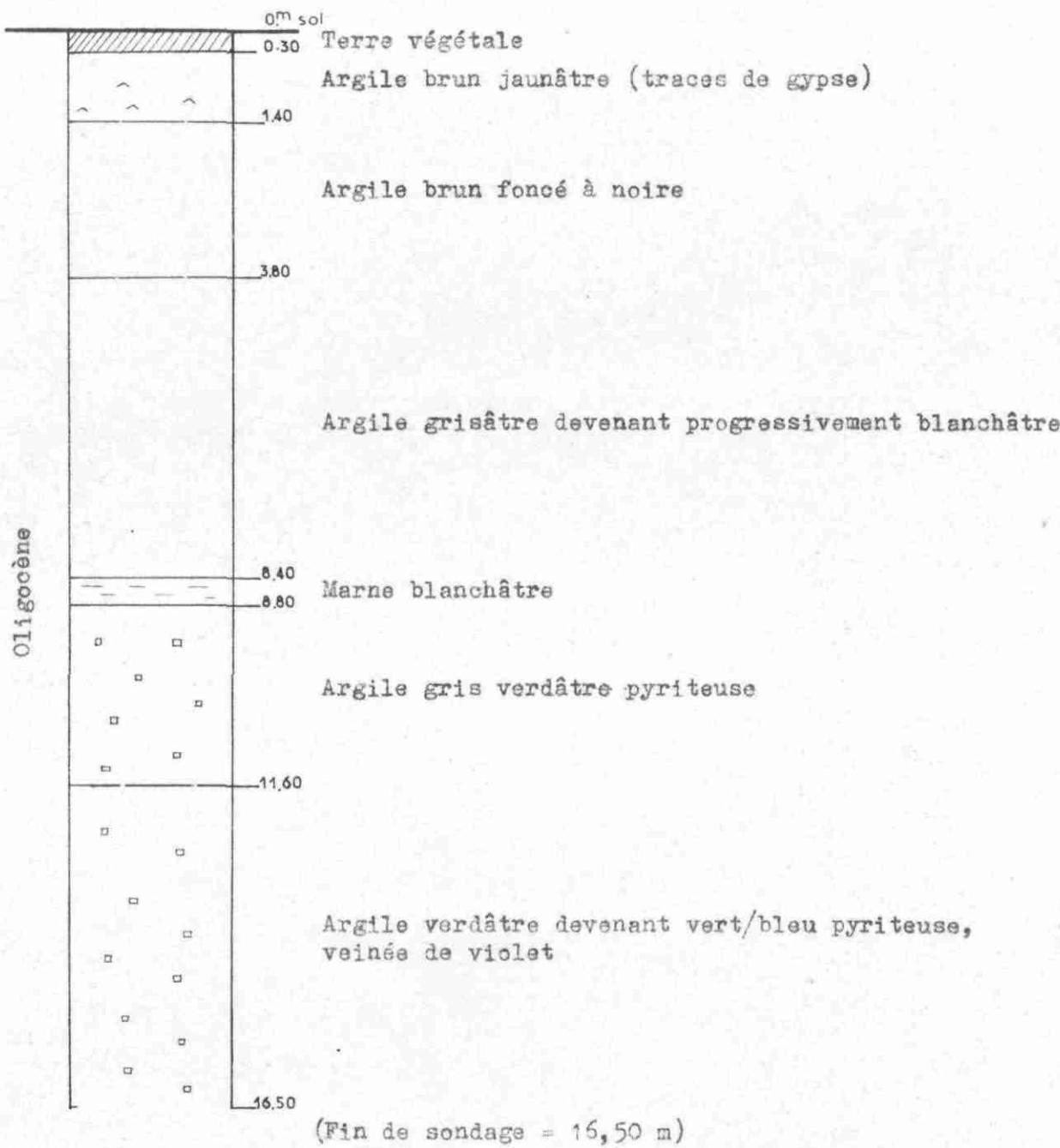


- SONDAGE - N° 353-1-18

tarière (Doublé). N° 6

Coupe
Ht 1/100

Description géologique



SONDAGE - N° 353-1-21

tarière (Sud Fénicat) N° 7

- Coupe
Ht 1/100

Description géologique

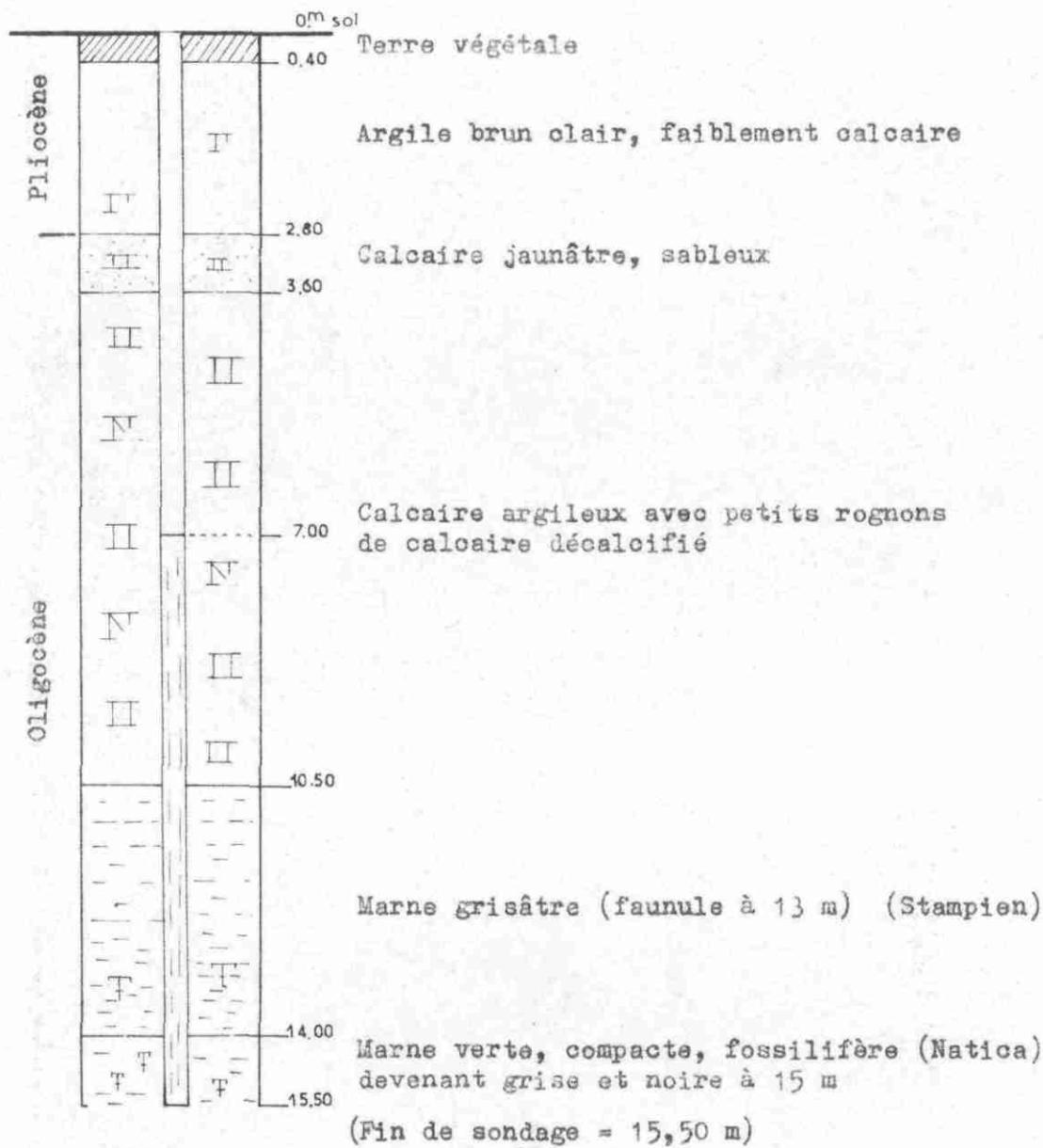
	0m sol
	Remblai et terre végétale finement sableuse
	1.00
	Marne gris-verdâtre
	2.40
	Marne et argile noire avec quelques fines passées jaunâtres
	3.90 Argile noire avec graviers, cailloux de quartz et quelques
	4.40 petits rognons de calcaire jaunâtre
	Marne gris-verdâtre avec graviers
	6.70
Oligocène	Marne grise avec passées vertes
	11.00
	Argile noire sapropélique
	13.50
T T T	Argile gris-verdâtre compacte à petits fossiles (Stampien)
□ □ □	14.50 Argile brun clair à violacée, très compacte
	15.00 avec grosses mouches de pyrite
	(Fin de sondage = 15 m)

SONDAGE - N° 353-1-19

tarière (la Garenne de Pan) N° 8

- Coupe
Ht 1/100

Description géologique



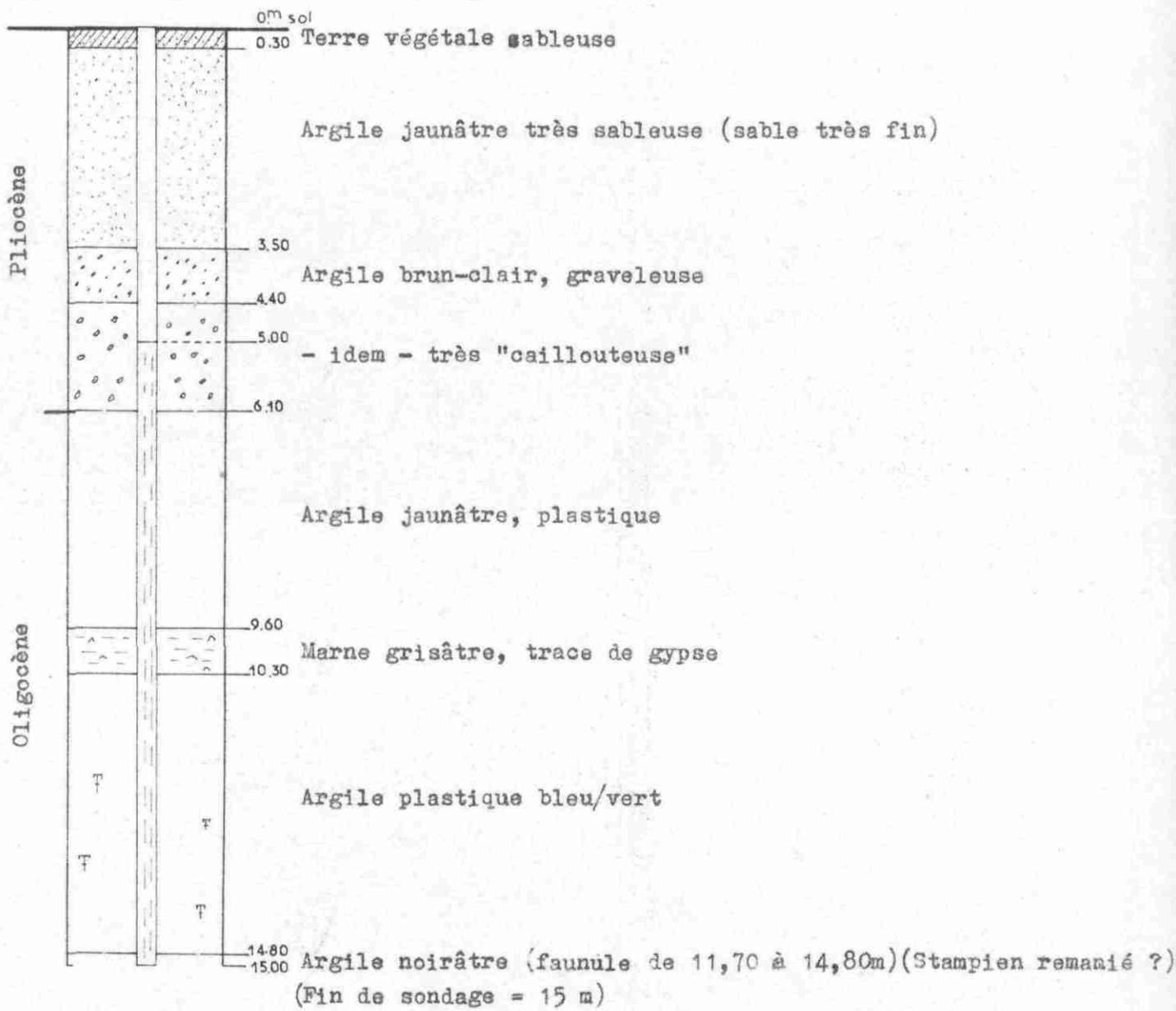
(équipé en piézo ; profondeur : 15 m du sol
tube PVC de 45/50mm, crépiné de -7 à -15m)

- SONDAGE - N° 353-1-16

tarière (W des Vieux Fours) N° 9

Coupe
H^t 1/100

Description géologique



(équipé en piézo ; profondeur : 15 m du sol
tube PVC 45/50 mm, crépiné de -5 à -15 m)

- SONDAGE - N° 353-2-33

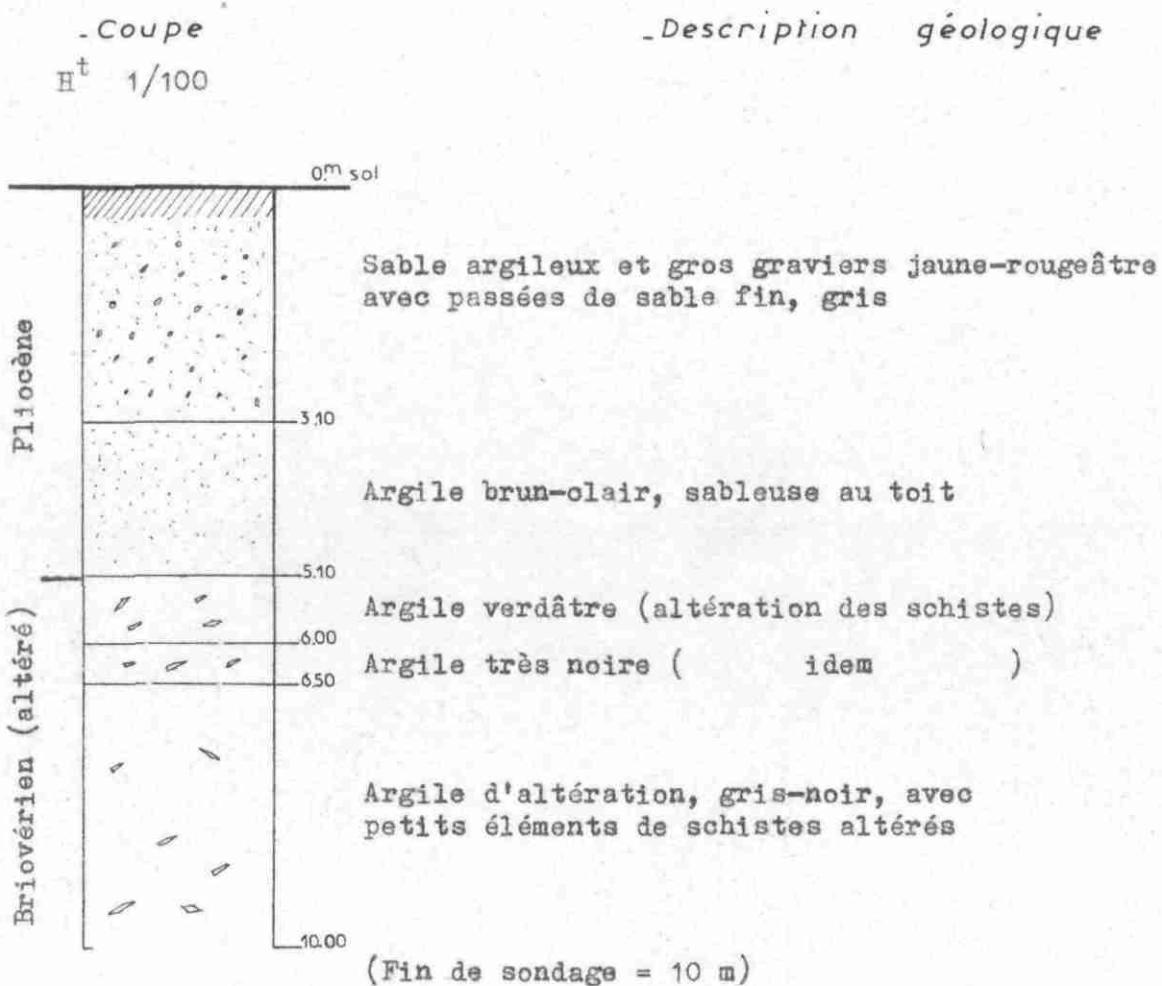
tarière (SE Grands Fours RN) N° 10

- Coupe Description géologique
Ht 1/100

	0m sol	
Pliocène		Argile jaunâtre sableuse
	1.60	Argile brune
	2.70	
		Marne jaune, plastique
Oligocène		
	6.50	Marne verdâtre
	9.40	Marne gris-vert à bleuâtre
	10.10	
		Marne verte
	12.00	
	T	
	T	Marne verte, compacte, très fossilifère (Stampien)
	T	
	T	
	14.50	
	15.00	Argile sapropélique, noire, fossilifère (Fin de sondage = 15 m)

SONDAGE - N° 353-2-31

tarière (Citroën Est RN) N° 11



SONDAGE - N° 353-1-15

tarière (W Citroën) N° 12

Coupe
H 1/100

Description géologique

0m sol	
	Terre végétale et limon sablo-graveleux
0.50	
I I	Marne verdâtre à petits rognons de calcaire blanc
I I	
2.50	
T T	Marne jaune-gris à faunule
3.50	
^ ^ ^	Argile noire sapropélique
3.70	
^ ^ ^	Argile vert-bleu, traces de gypse
4.50	
T T T	Argile grise à vert foncé, riche en fossiles (Stampien) (natica)
5.10	
6.20	Argile noire
Oligocène	
T T T	
□ □ □	
□ □	
□ □	
^ ^ ^	Argile grise avec alternances plus sombres, faunule abondante de 7,50 à 8,00 m et grosses mouches de pyrite à 8,50 m et 10 m. Trace de gypse à 11 m.
15.00	

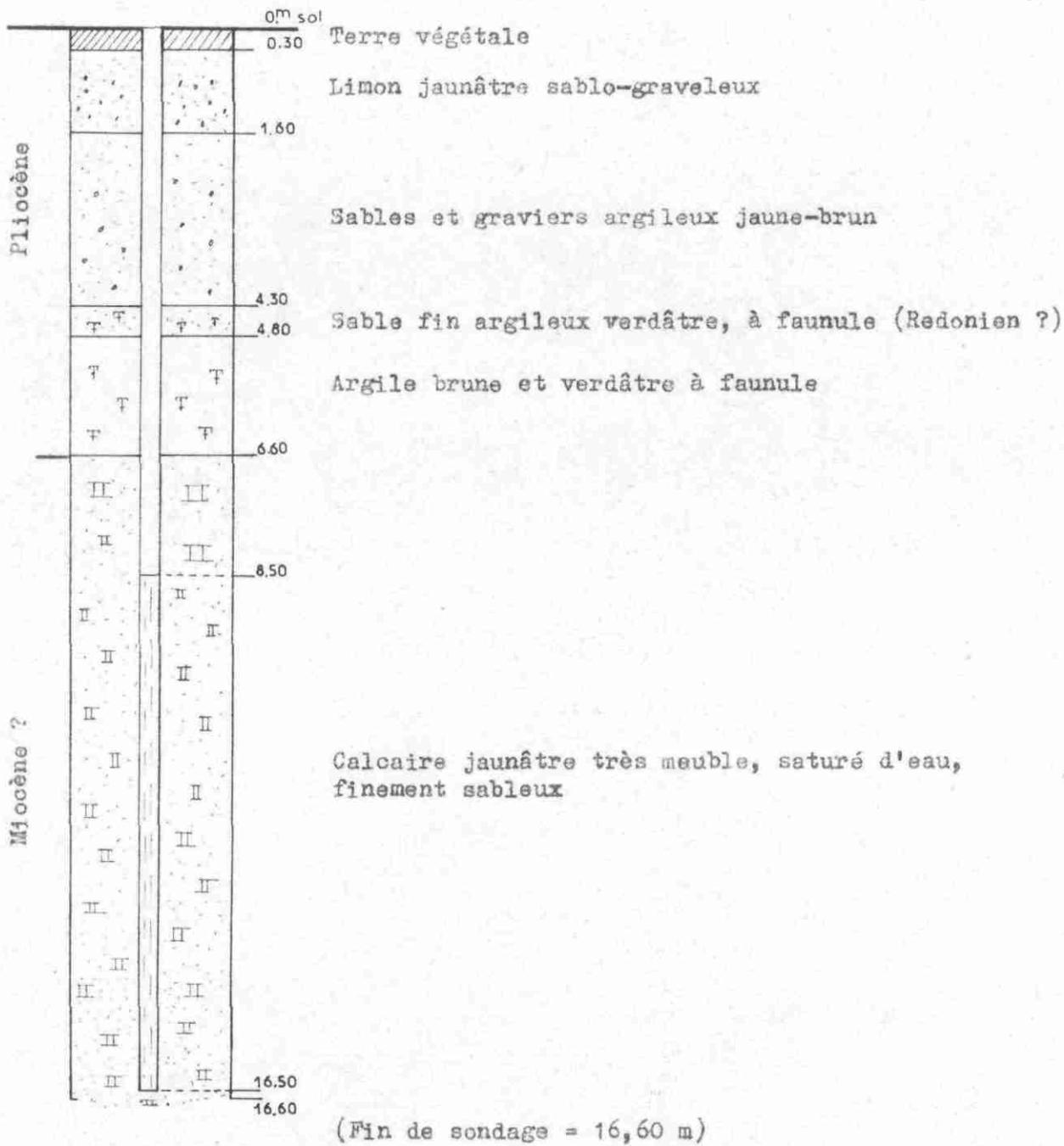
(Fin de sondage = 15,00 m)

- SONDAGE - N° 317-5-20

tarière (le Manoir) N° 13

- Coupe
H^t 1/100

Description géologique



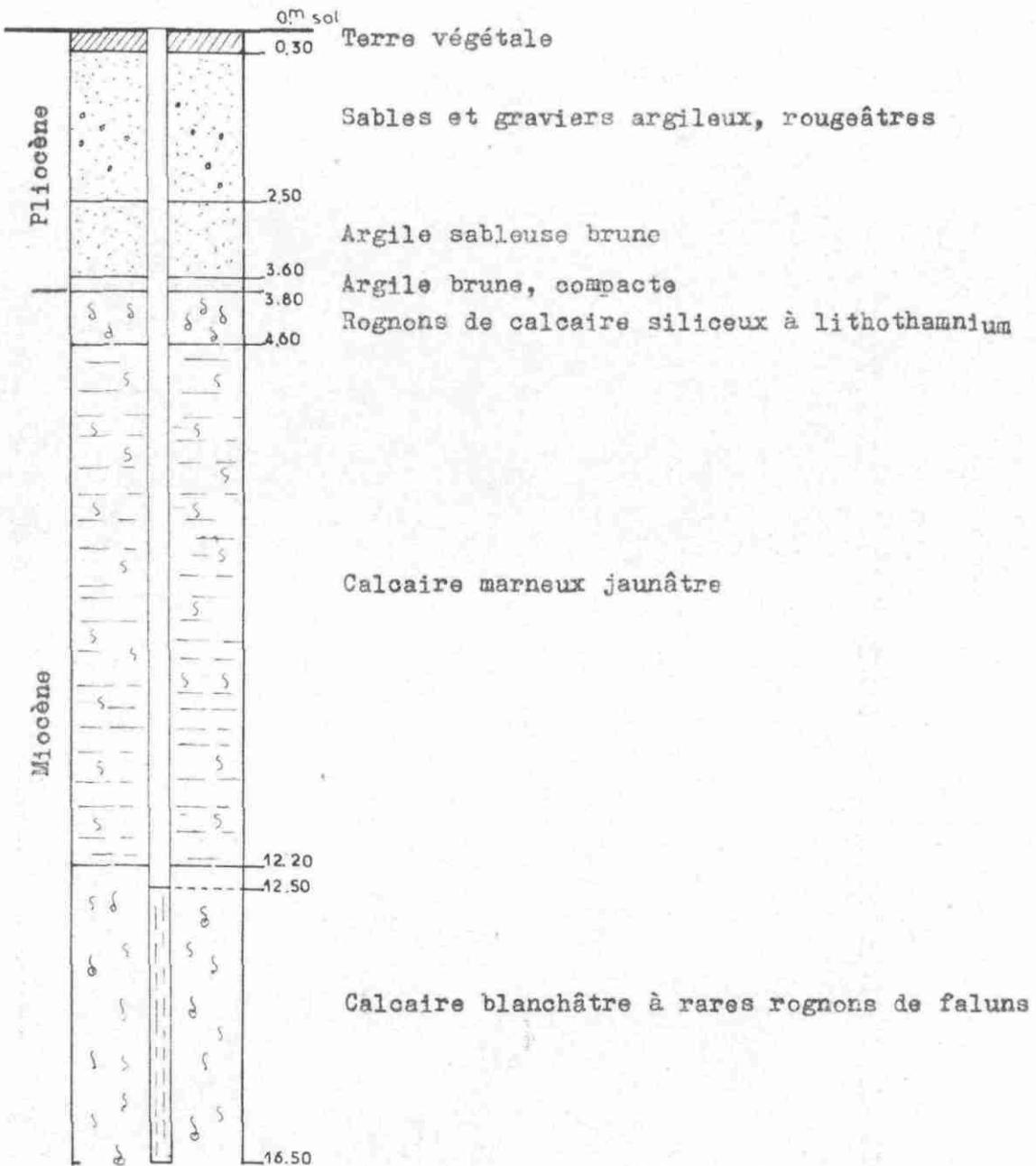
(équipé en piézo ; profondeur : 16,50 m du sol
tube PVC de 45/50mm, crépiné de -8,50 à -16,50 m)

- SONDAGE - N° 353-2-30

tarière (NE Grands Fours) N° 14

Coupe
Ht 1/100

Description géologique



(Fin de sondage = 16,50 m)

(équipé en piézo ; profondeur : 16,50 m du sol
tube PVC de 45/50mm crêpiné de -12,50 à -16,50m)

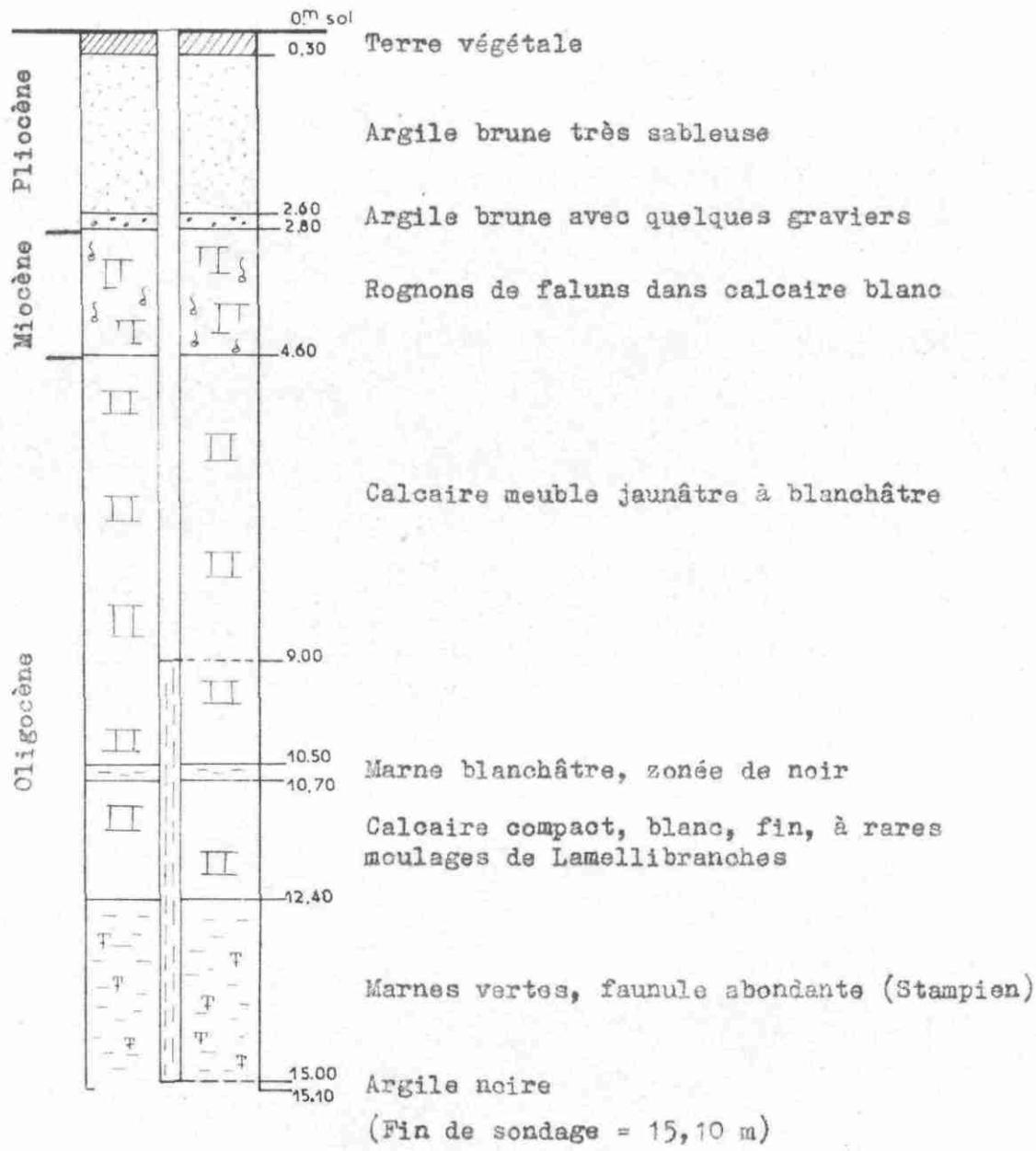
- SONDAGE - N° 353-2-41

tarière (Taillebois) N° 15

- Coupe

Ht 1/100

- Description géologique



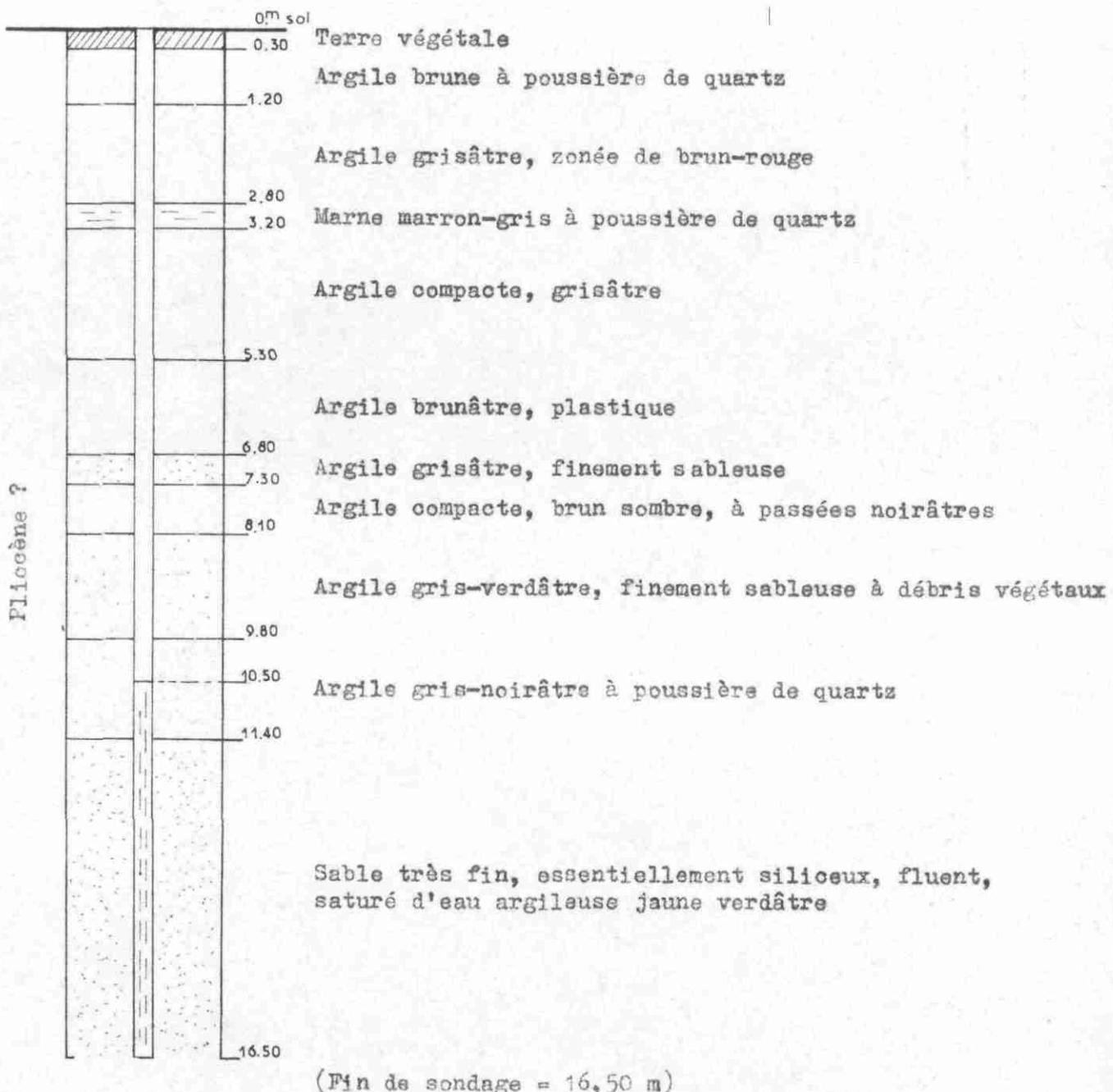
(équipé en piézo ; profondeur : 15,00 m du sol
tube PVC de 45/50mm, crépiné de -9 à -15,00 m)

- SONDAGE - N° 353-2-35

tarière (la Marionnais Est) N° 16

Coupe
Ht 1/100

Description géologique



(équipé en piézo ; profondeur : 16,50 m du sol
tube PVC de 45/50mm crépiné de -10,50 à -16,50m)

- SONDAGE - N° 353-1-24

tarière (W Lormandièrē) N° 17

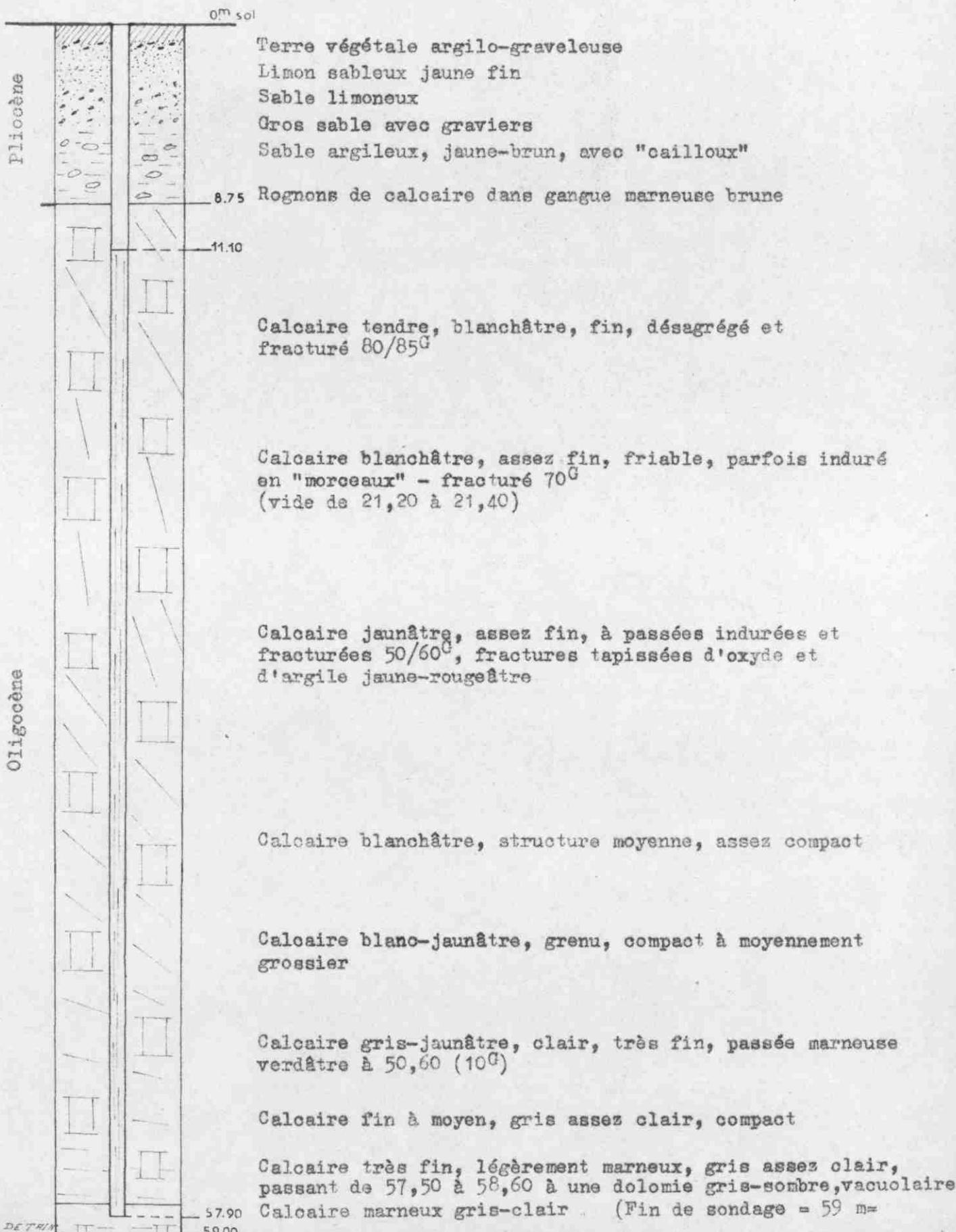
<i>Coupe</i>	<i>Description géologique</i>
H ^t 1/100	
	0m sol
	0.30 Terre végétale
	Argile jaunâtre à passées grises de sable très fin + quelques graviers
	1.20
	Argile compacte blanchâtre, à passées jaunâtres et présence de poussière de quartz jusqu'à 3,60 m
	4.20
Oligocène	
	Argile compacte grisâtre avec rares grains de pyrite
	10.60
	Argile gris-verdâtre avec quelques rares petites traces de végétaux
	15.00
	(Fin de sondage = 15,00 m)

- SONDAGE - N° 353-1-7⁽¹⁾

La Pavais N° 1 (Montavon N° 1)
 (équipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 mm sur 57,90 m
 crépiné de -11,10 du sol à -57,90 m)

Coupe
Ht 1/250

Description géologique



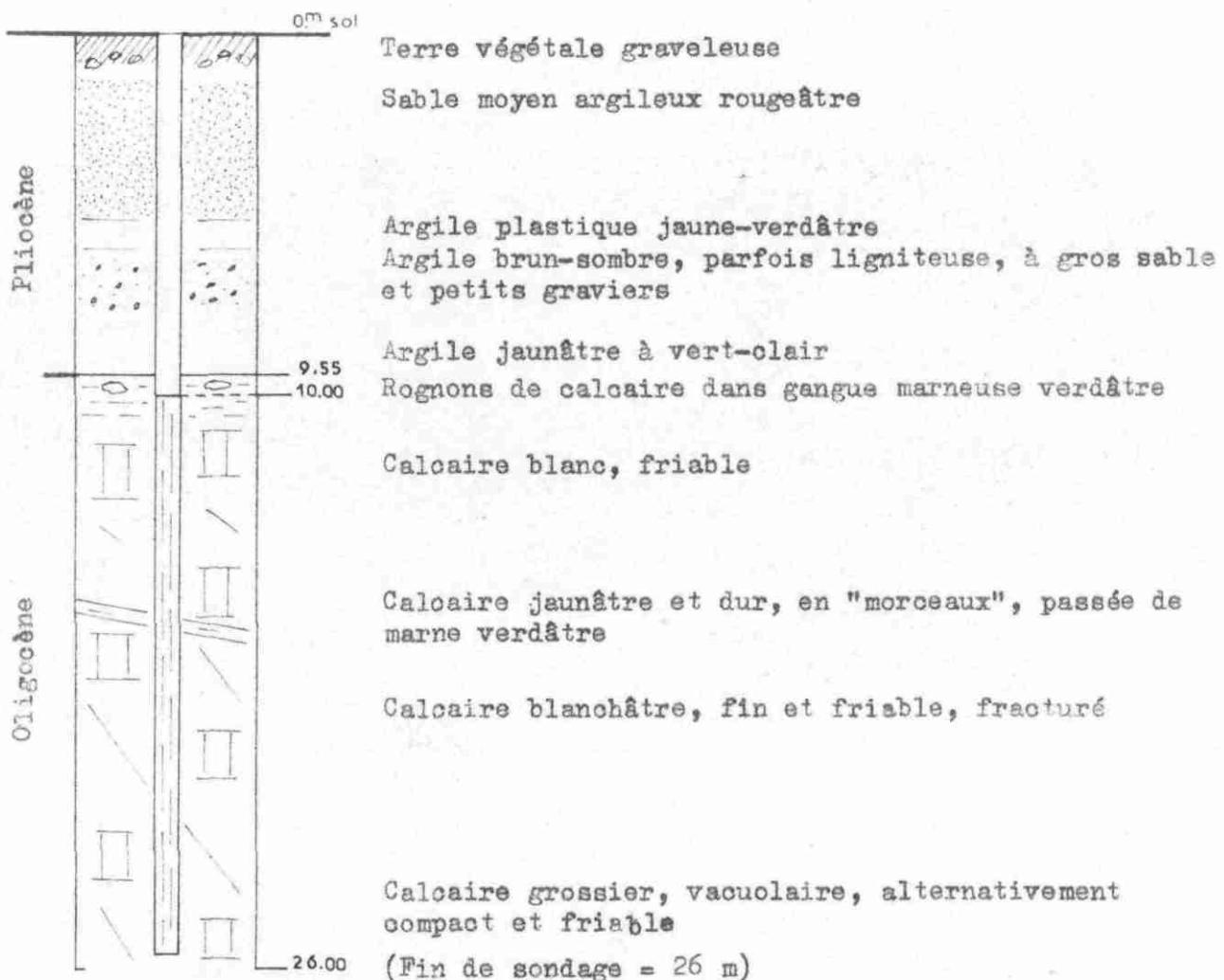
- SONDAGE - N° 353-1-7⁽²⁾

La Pavais P2 (Montavon N° 2)

- Coupe

H^t 1/200

- Description géologique



(équipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 mm sur 25,60 m
crépiné de -9,55 m du sol à -25,60 m)

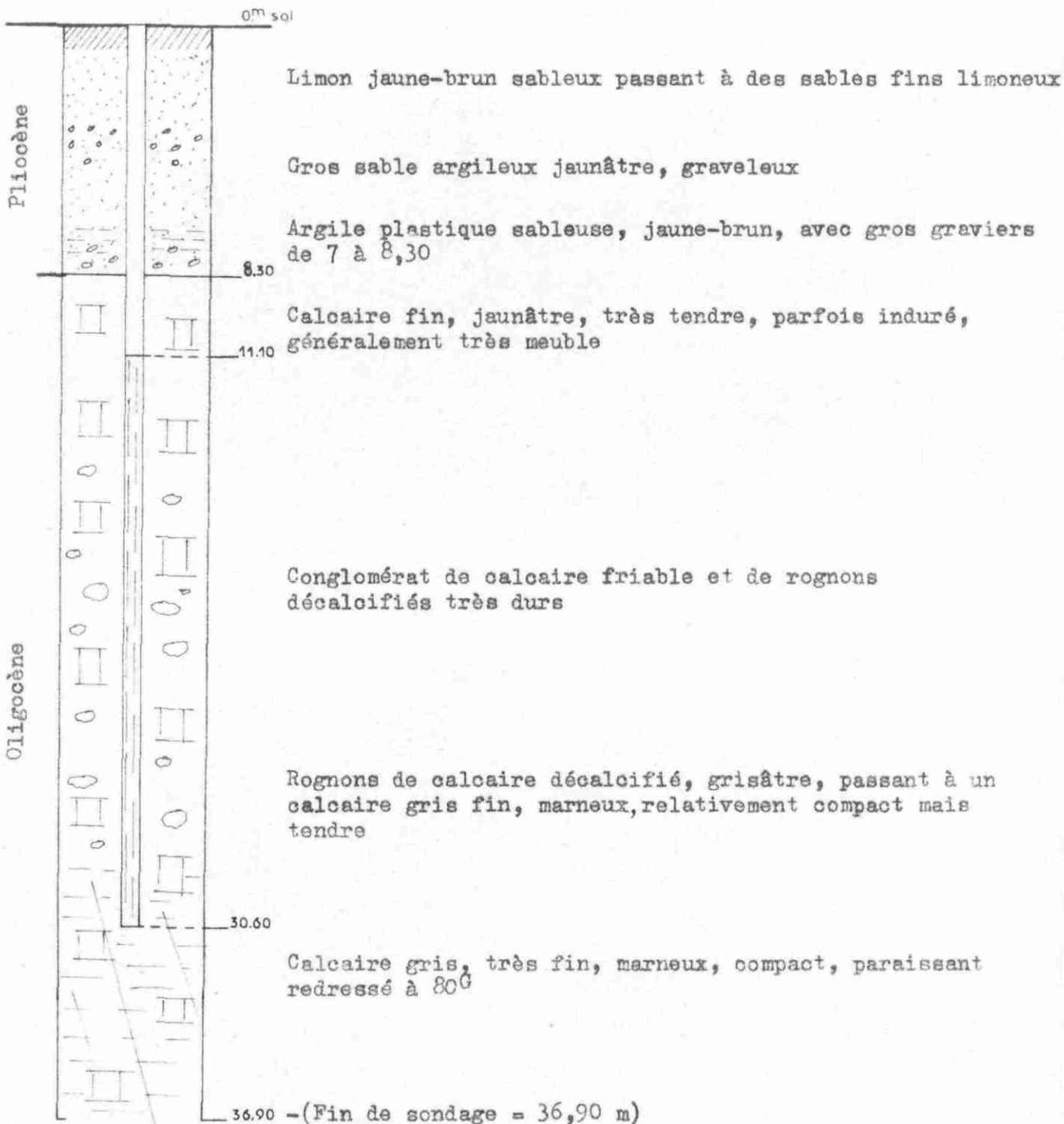
- SONDAGE - N° 353-1-7⁽³⁾

La Pavais P3 (Montavon N° 3)

- Coupe

H^t 1/200

- Description géologique



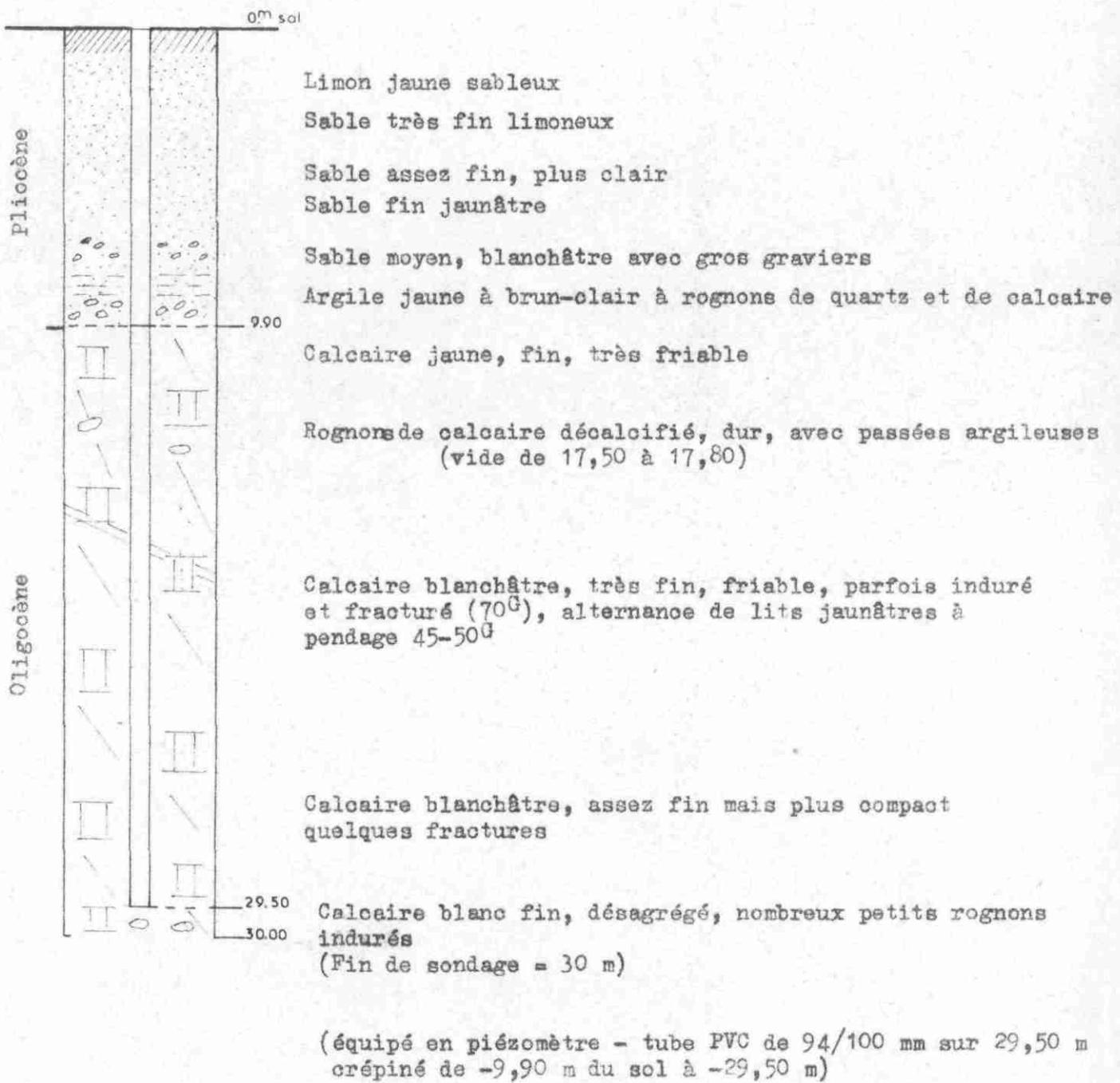
(équipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 mm sur 30,60 m
crépiné de -11,10 m du sol à -30,60 m)

- SONDAGE - N° 353-1-7 (4)

La Pavais P4 (Montavon N° 4)

Coupe
Ht 1/200

Description géologique



SONDAGE - N° 353-2-5⁽¹⁾

La Marionnais M1 (Montavon N° 5)

- Coupe Description géologique
 Ht 1/200

		0m sol	
		3.50	Terre végétale graveleuse
		6.00	Sable très fin, jaunâtre
		13.20	Faluns jaunâtres, légèrement argileux (faciès à lithothamnium)
		40.40	Faluns jaune-blanchâtre, nombreux rognons
		41.00	Faluns blancs, rognons plus rares (aspect d'un calcaire meuble, assez fin)
			Faluns blanchâtres (plus sableux) (peu de lithothamnium)
			Faluns blancs (sableux moyen)
			(Fin de sondage = 41 m)

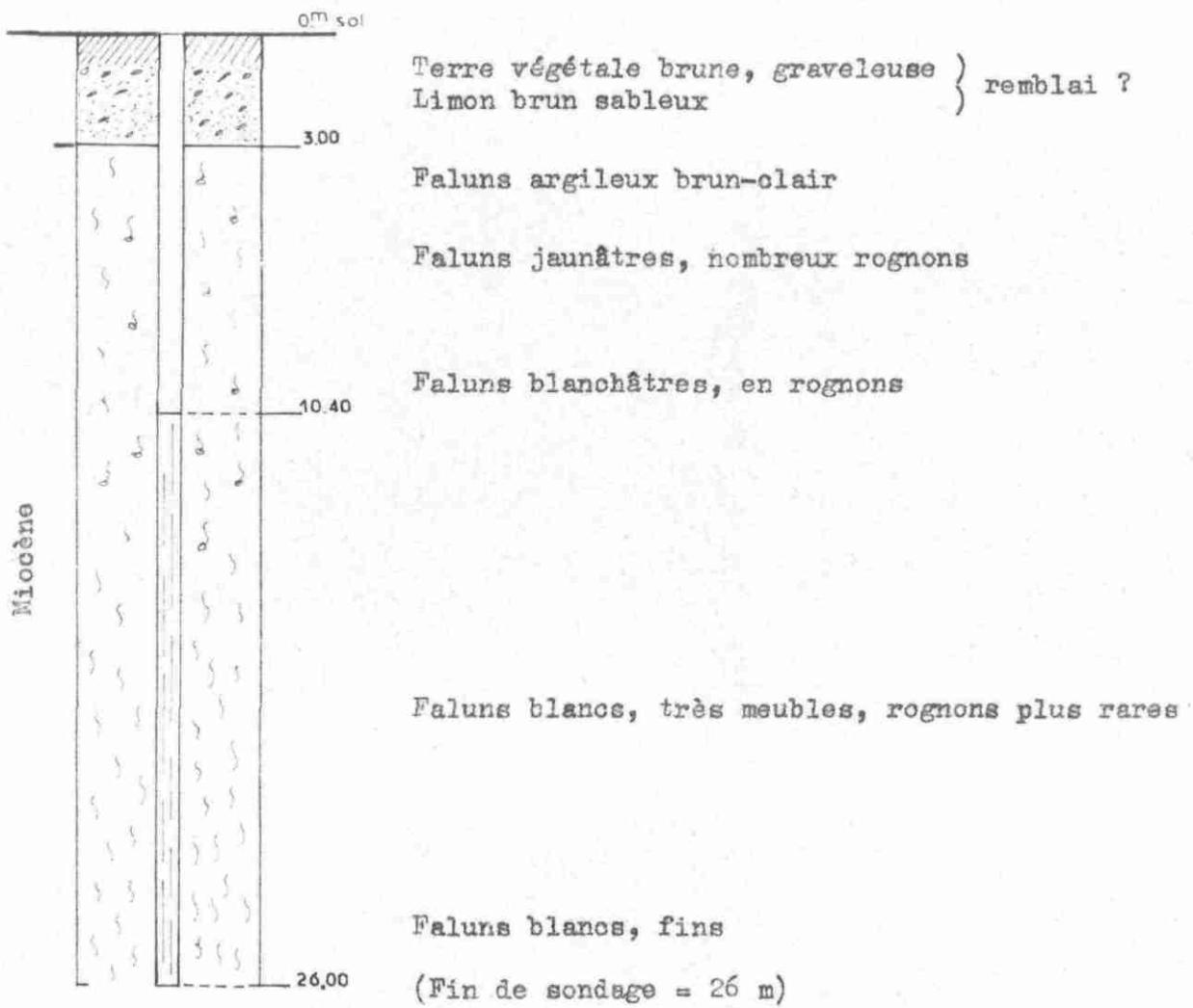
(équipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 mm sur 40,40 m
orépiné de -13,20 m du sol à -40,40 m)

- SONDAGE - N° 353-2-5⁽²⁾

La Marionnais M2 (Montavon N° 6)

Coupe
Ht 1/200

Description géologique



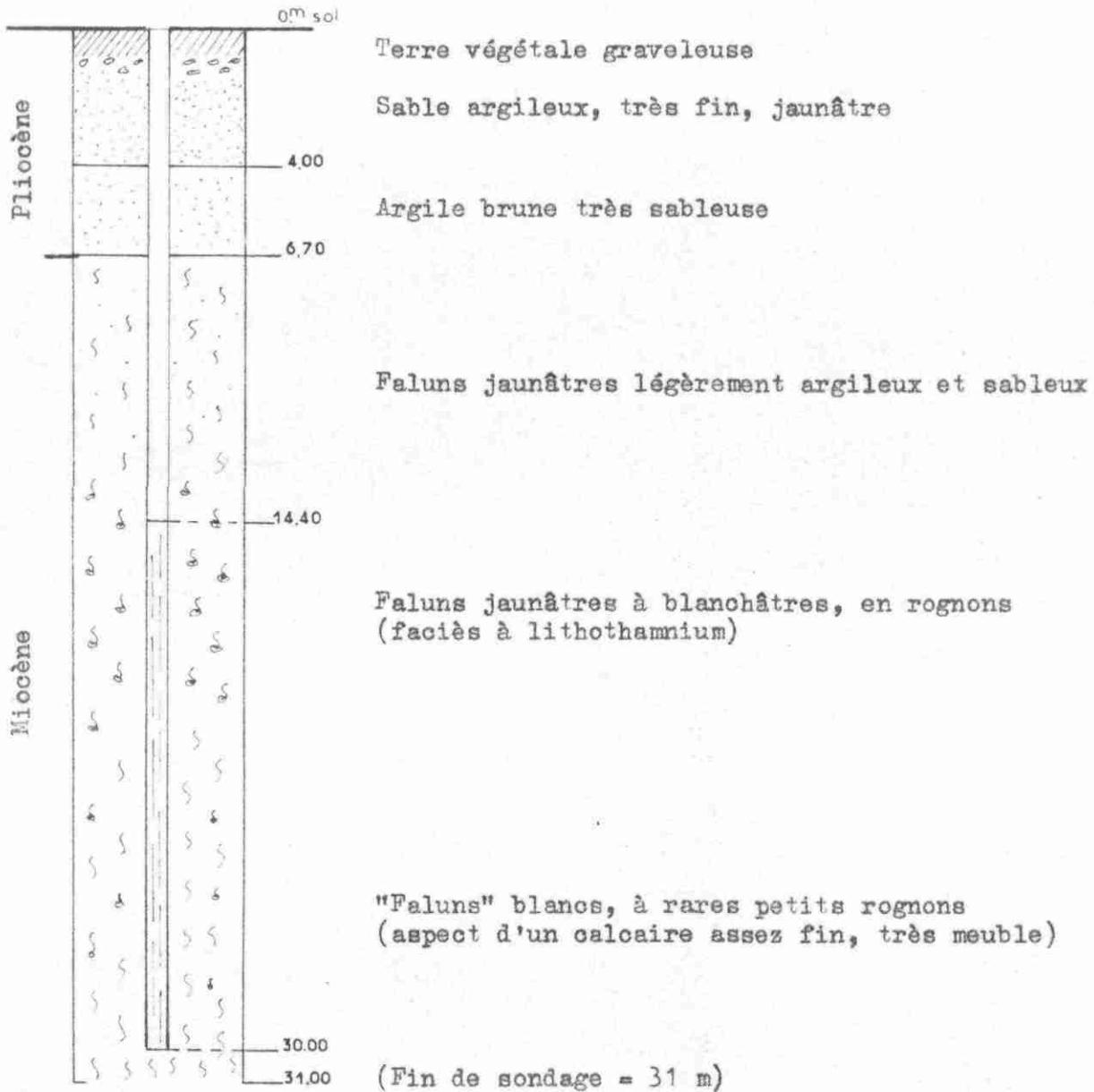
(Equipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 mm sur 26 m
crépiné de -10,40 m du sol à -26 m)

- SONDAGE - N° 353-2-5⁽³⁾

La Marionnais M3 (Montavon N° 7)

Coupe
Ht 1/200

Description géologique



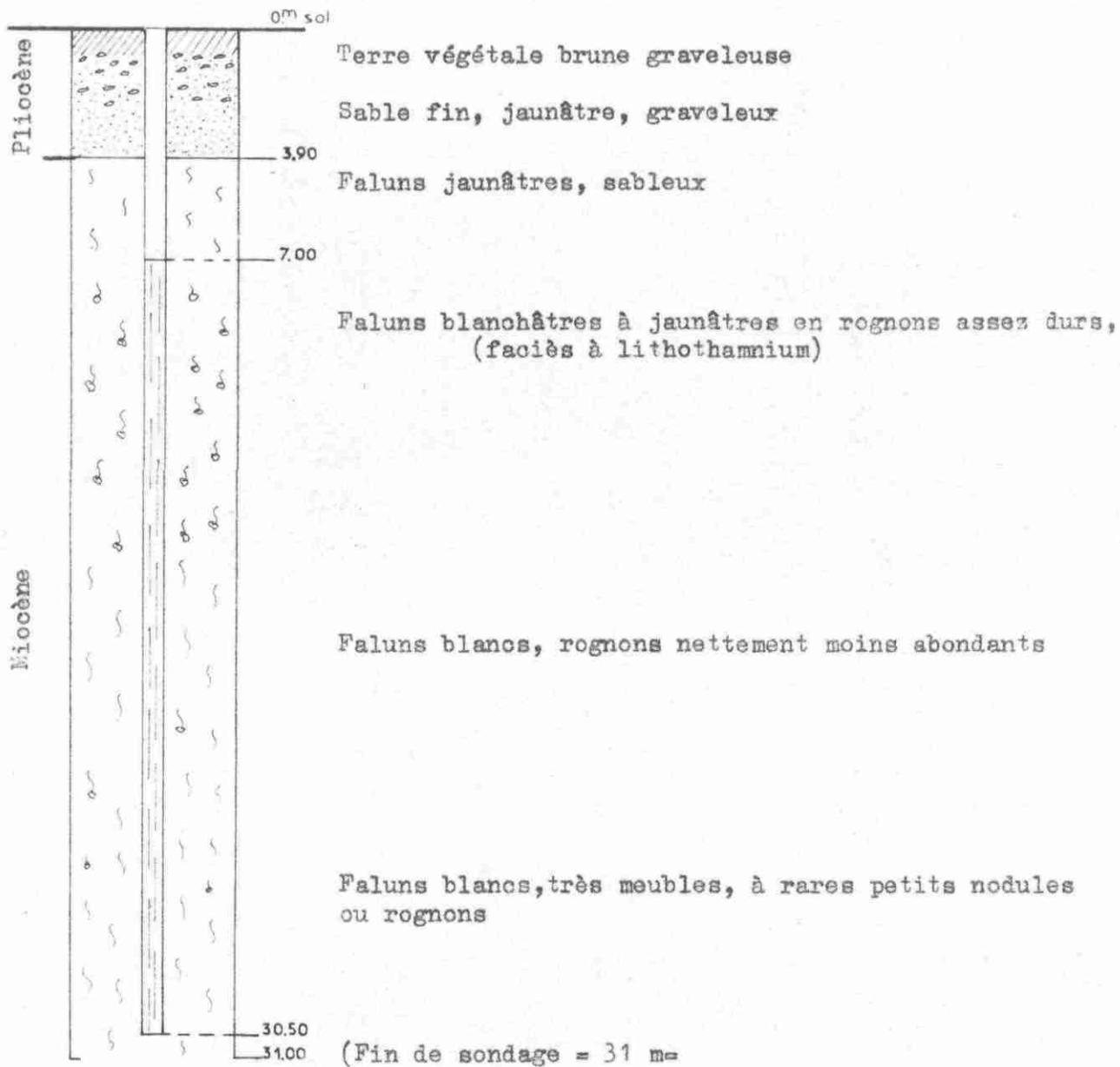
(équipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 mm sur 30 m
crépiné de -14,40 m du sol à -30 m)

- SONDAGE - N° 353-2-5⁽⁴⁾

La Marionnais M4 (Montavon N° 8)

- Coupe
Ht 1/200

- Description géologique



(équipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 mm sur 30,50 m
crépiné de -7 m du sol à -30,50 m)

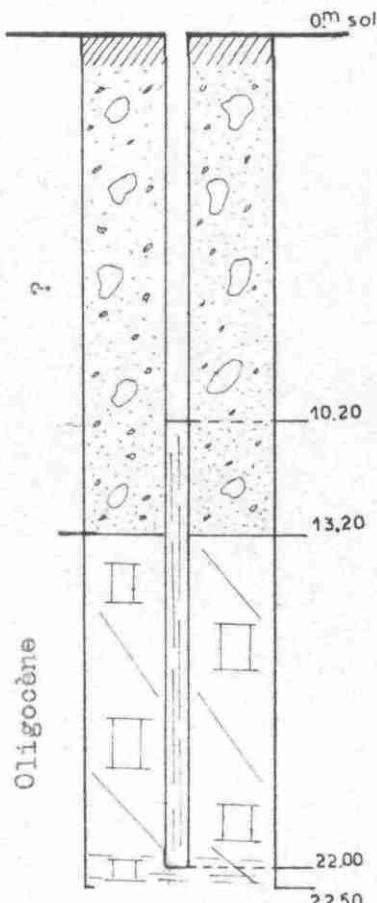
- SONDAGE - N° 353-1-28

"Les Jeutisses" (Montavon N° 9)

Coupe

Ht 1/200

Description géologique



Limon sableux, sables, graviers et "morceaux" de calcaire jusqu'à 13,20 m
(Il est probable qu'il s'agisse là de remblai dans une ancienne "perrière")

N.B.-ces "perrières" étaient d'anciens puits creusés jusqu'au niveau de la nappe et d'où partaient des excavations ou galeries d'extraction artisanale du calcaire

Calcaire blanchâtre, fracturé, assez friable

Calcaire jaunâtre fin, compact, fracturé 70°, devenant gris-verdâtre, à passées gris-sombre inclinées 45/50°

(Fin de sondage = 22,50 m)

(équipé en piézomètre tube PVC de 94/100 mm, crépiné de -10,20 du sol à -22 m)

SONDAGE - N° 353-1-30

"Le Bouteire"
("Fénicat" de Montavon N° 10)

- Coupe
Ht 1/100

Description géologique

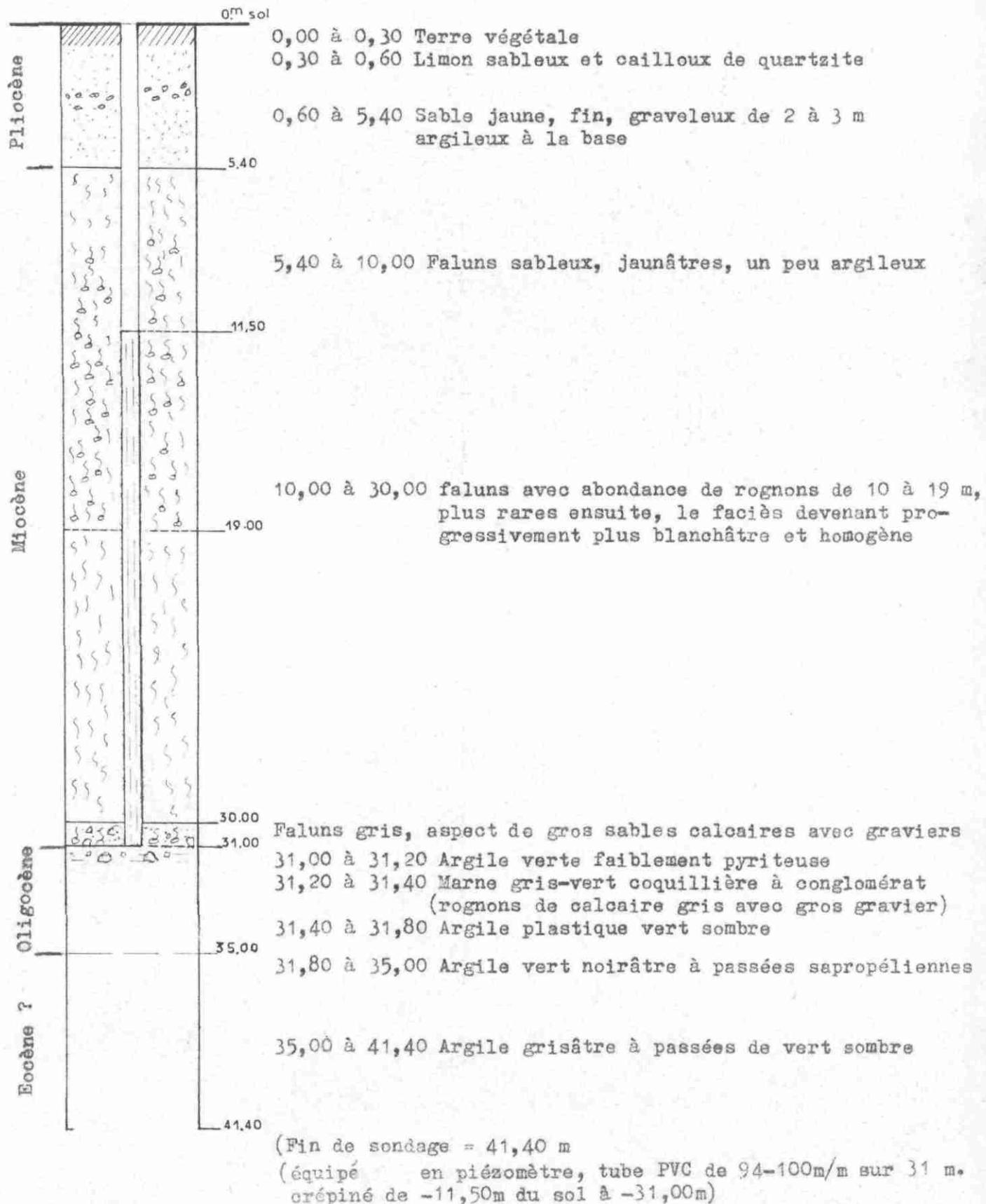
Oligocène	0m sol	
	0,40	Terre végétale argileuse à rares graviers
	3,80	Argile brun-jaunâtre, sableuse au toit avec quelques petits graviers, légèrement marneuse de 3,00 à 3,80 m.
	5,00	Argile vert sombre à passées très noires
T T T T T	6,60 à 6,70 et de 7,00 à 8,20.	Argile vert sombre à noire, très riche en faunule du Stampien (<i>petite Natica</i>), passées sapropéliennes de 6,60 à 6,70 et de 7,00 à 8,20. A 10 m, horizon de petits nodules de calcaire fin verdâtre, faunule très petite de 10,80 à 11,20 m.
II II II T T T	11,20	
T T T T T T	19,00	Argile verte très sombre, avec quelques passées noires, faunule plus éparses.
T T	21,00	Argile verte, plastique, fossilifère, (grandes et petites "Natica"), quelques inclusions ligniteuses brun-sombre (Fin de sondage = 21,00 m)

SONDAGE N° 353-1-26

(Stade) (Montavon N° 11)

- Coupe
Ht 1/200

Description géologique

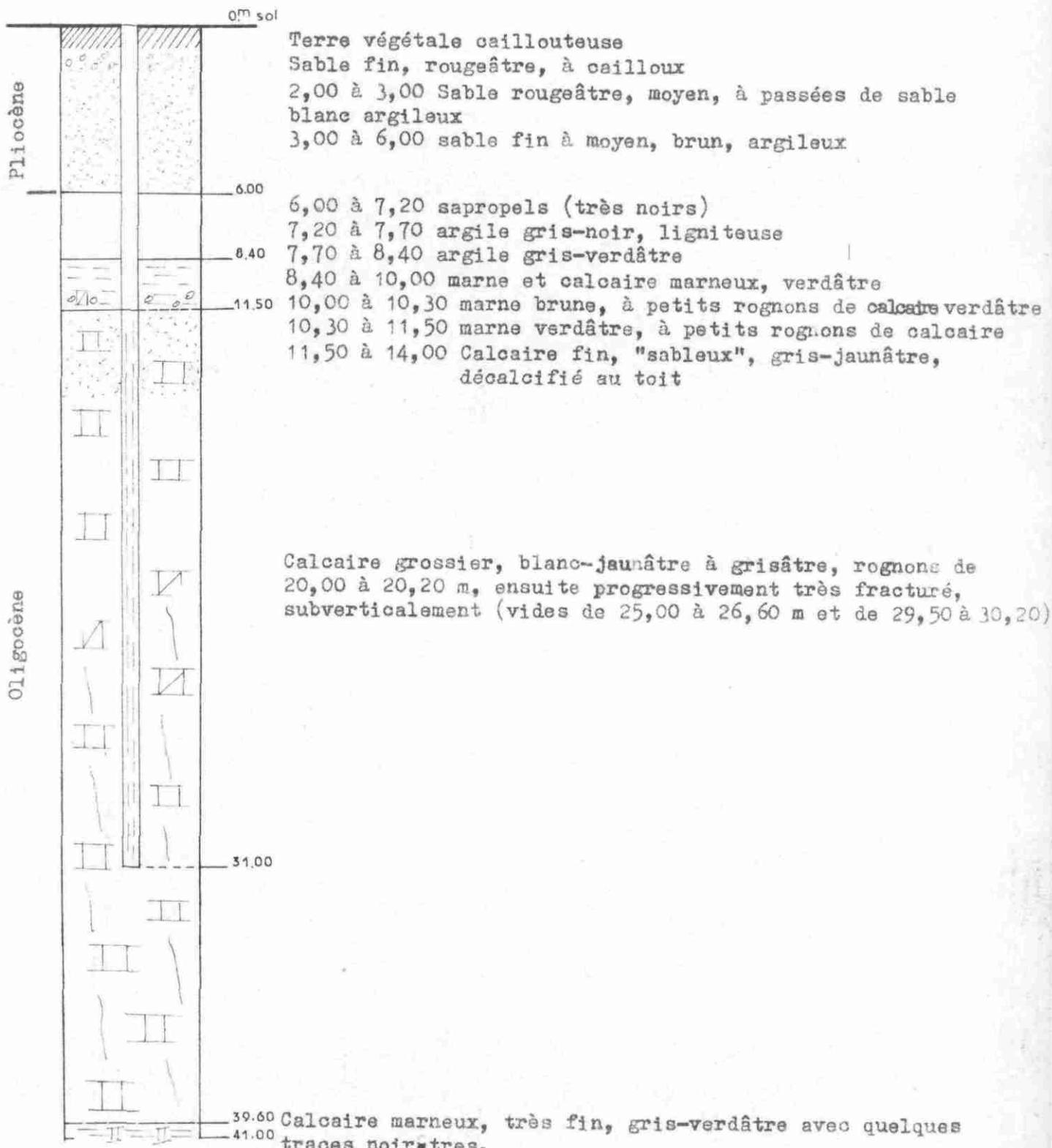


SONDAGE - N°353-1-25

"La Motte" (Montavon N° 12)

Coupe
Ht 1/200

Description géologique



(Fin de sondage = 41 m)

(équipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 m/m sur 31 m,
crépiné de -11,40 du sol à -31 m)

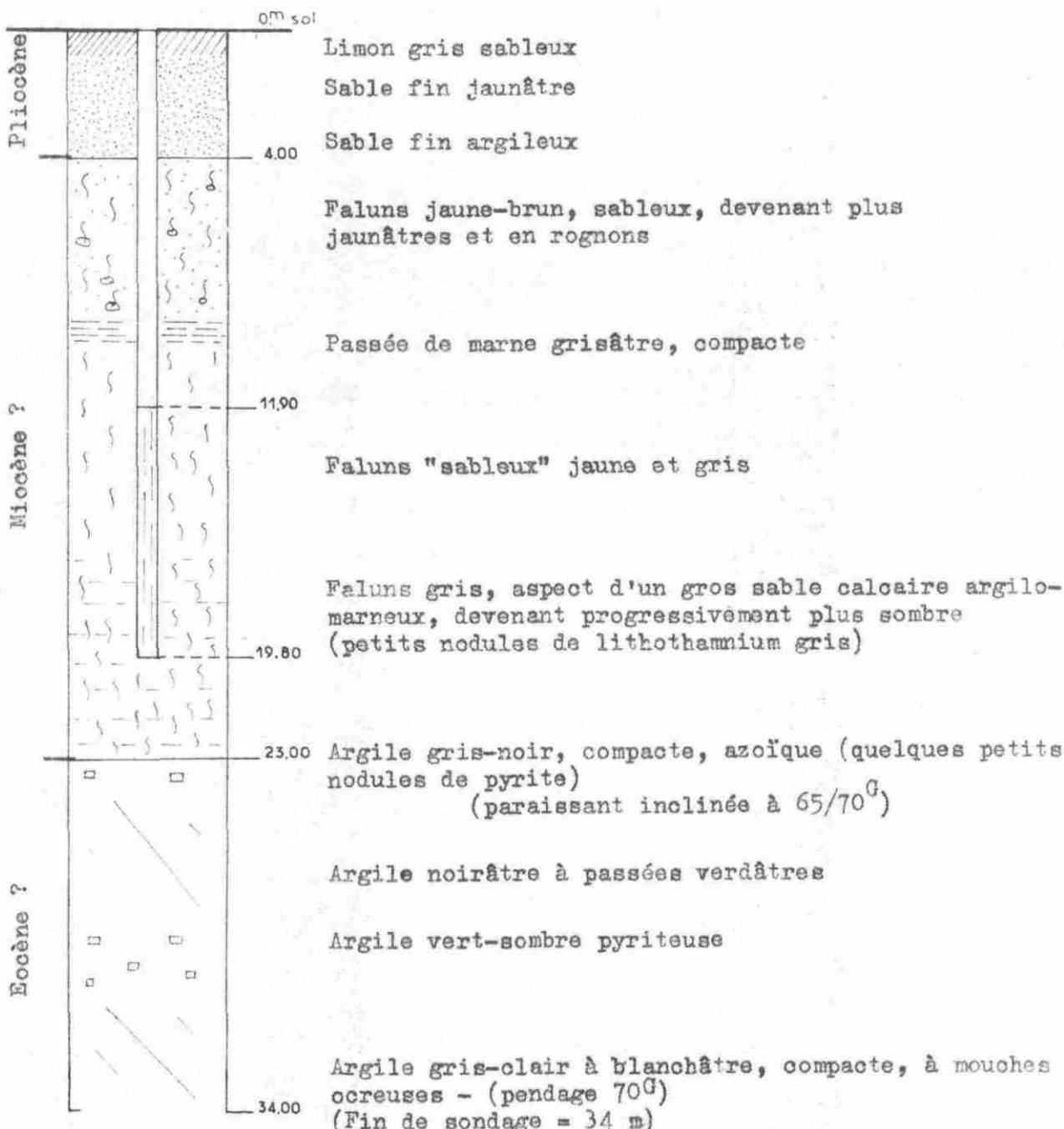
SONDAGE - N° 353-2-36

Citroën N° 1 (Montavon N° 13)

- Coupe

H^t 1/200

Description géologique



(équipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 mm sur 19,80 m
crepiné de -11,90 m du sol à -19,80 m)

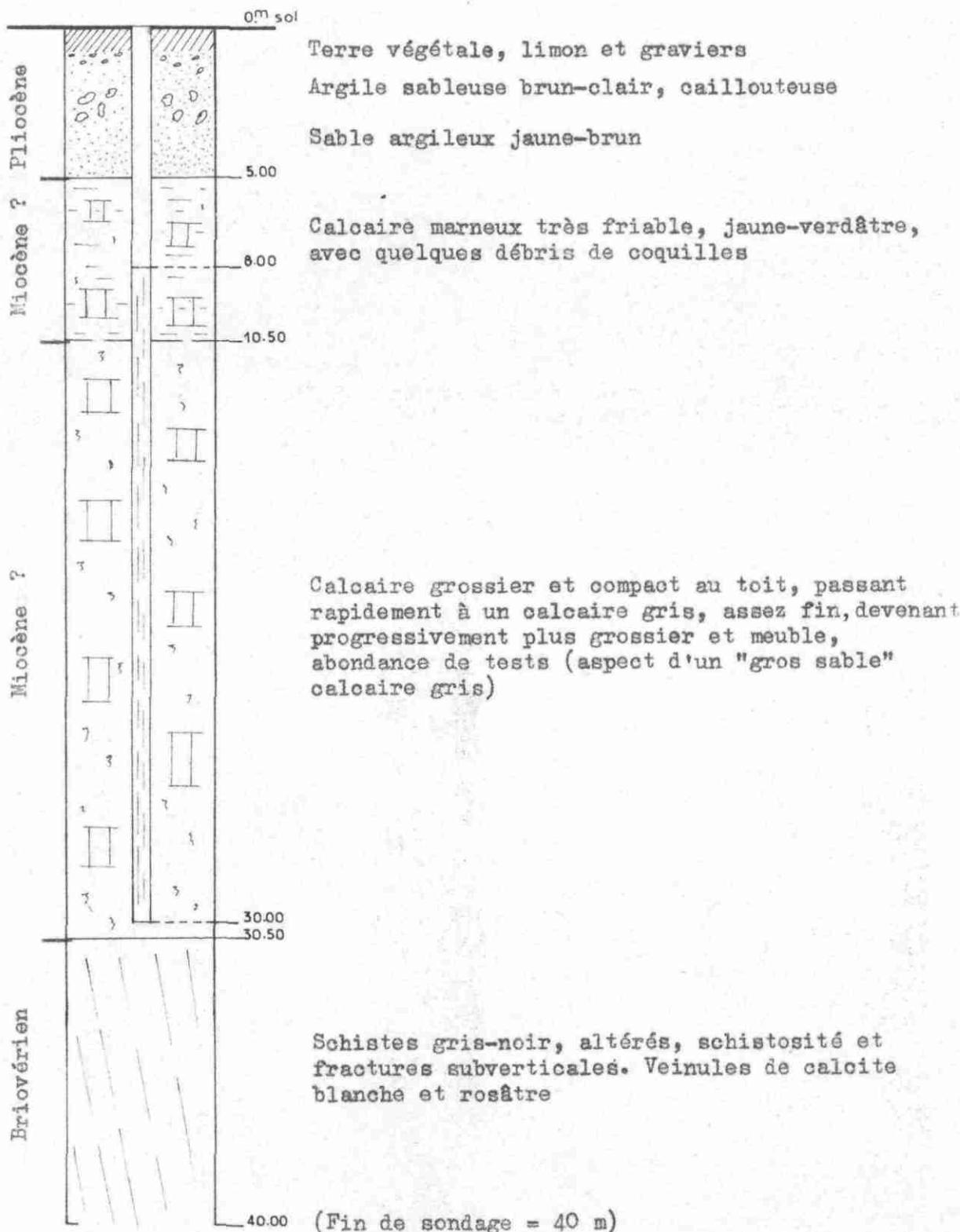
SONDAGE - N° 317-5-21

Citroën (2) (Montavon N° 14)

Coupe

Ht 1/200

Description géologique



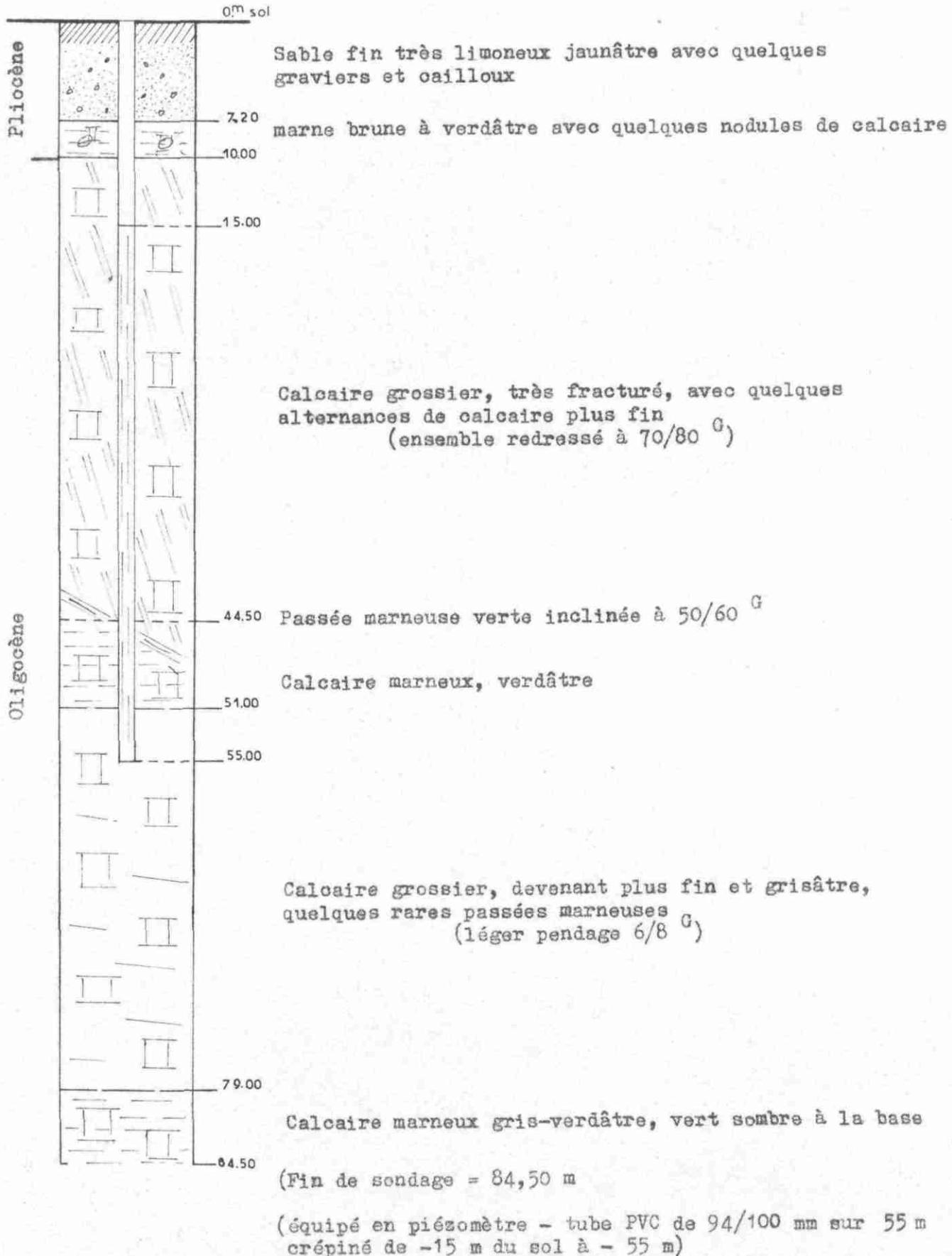
(équipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 mm sur 30 m
crépiné de -8 m du sol à -30 m)

SONDAGE N° 353-1-27

"Double" (Montavon N° 15)

- Coupe
Ht 1/400

Description géologique



SONDAGE N° 353-1-29

"La Garenne" (Montavon N° 16)

- Coupe
Ht 1/200

- Description géologique



(équipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 mm sur 28 m
crepiné de -12 du sol à -28 m)

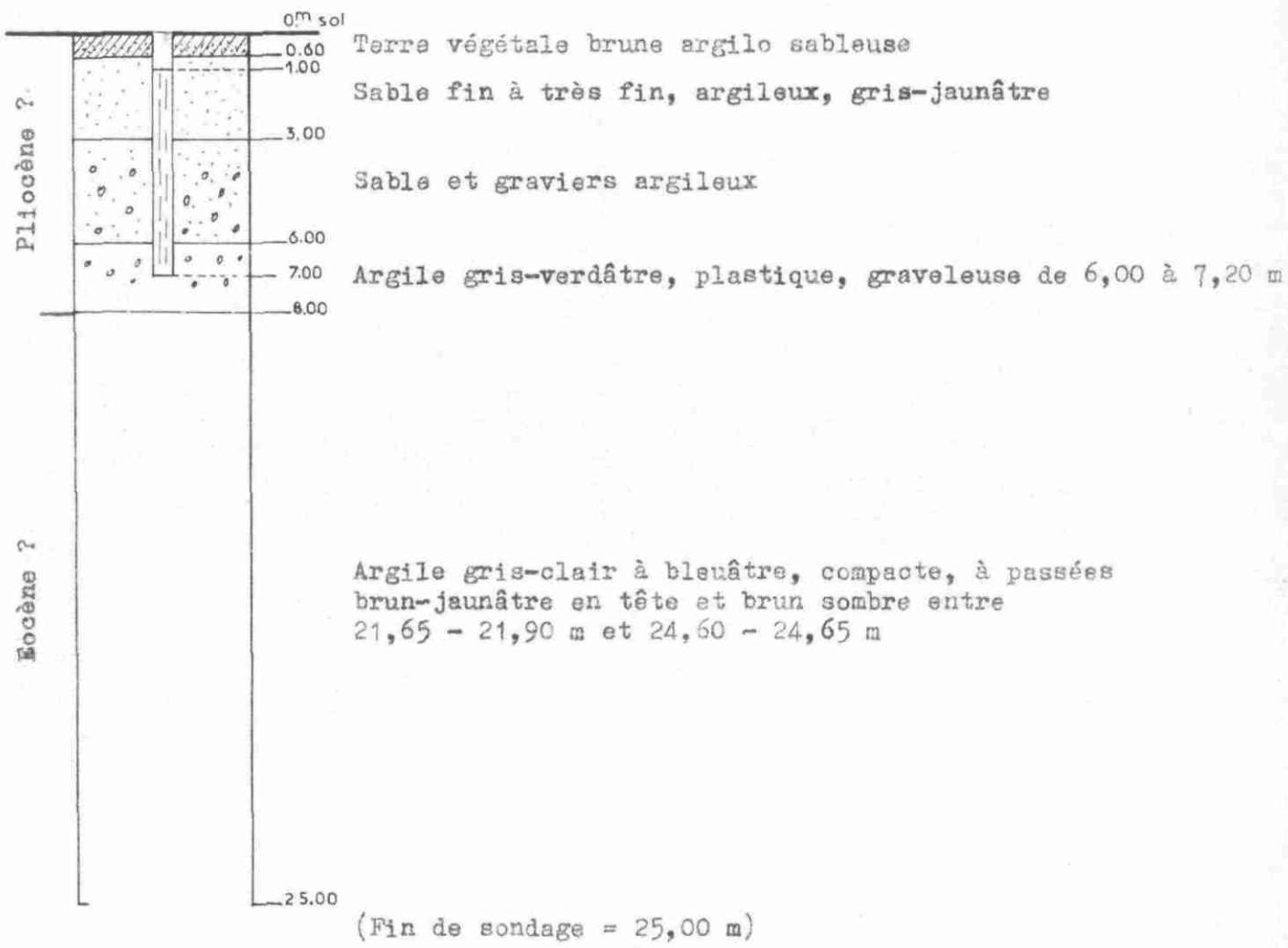
SONDAGE N° 353-2-32

"La Belle épine" (Montavon N° 17)

- Coupe

Ht 1/200

- Description géologique



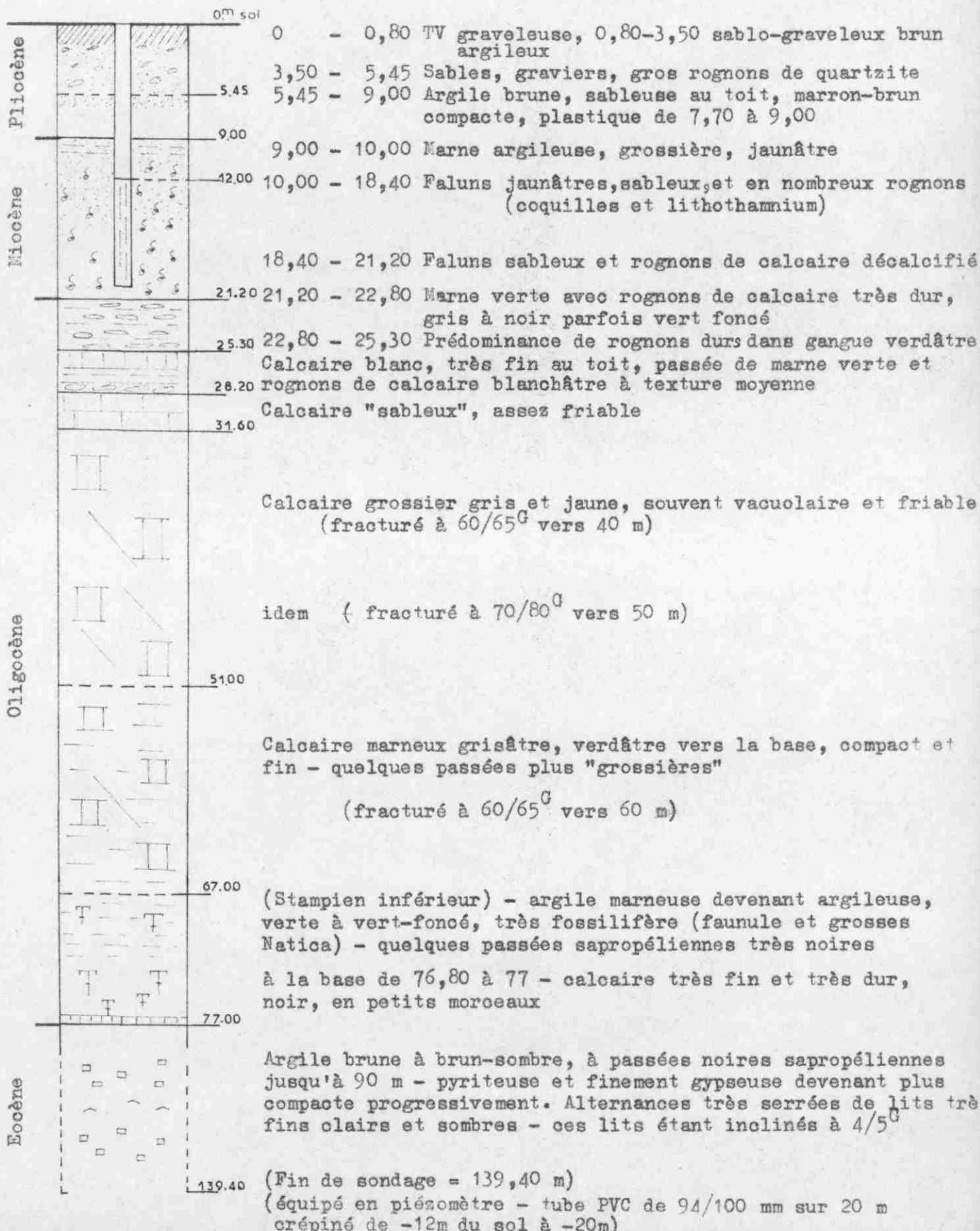
(équipé en piézomètre - tube PVC de 94/100 m/m
crépiné de -1 m du sol à -7 m)

SONDAGE - N° 353-1-31

BEARNAISE S1

Coupe
Ht 1/400

Description géologique

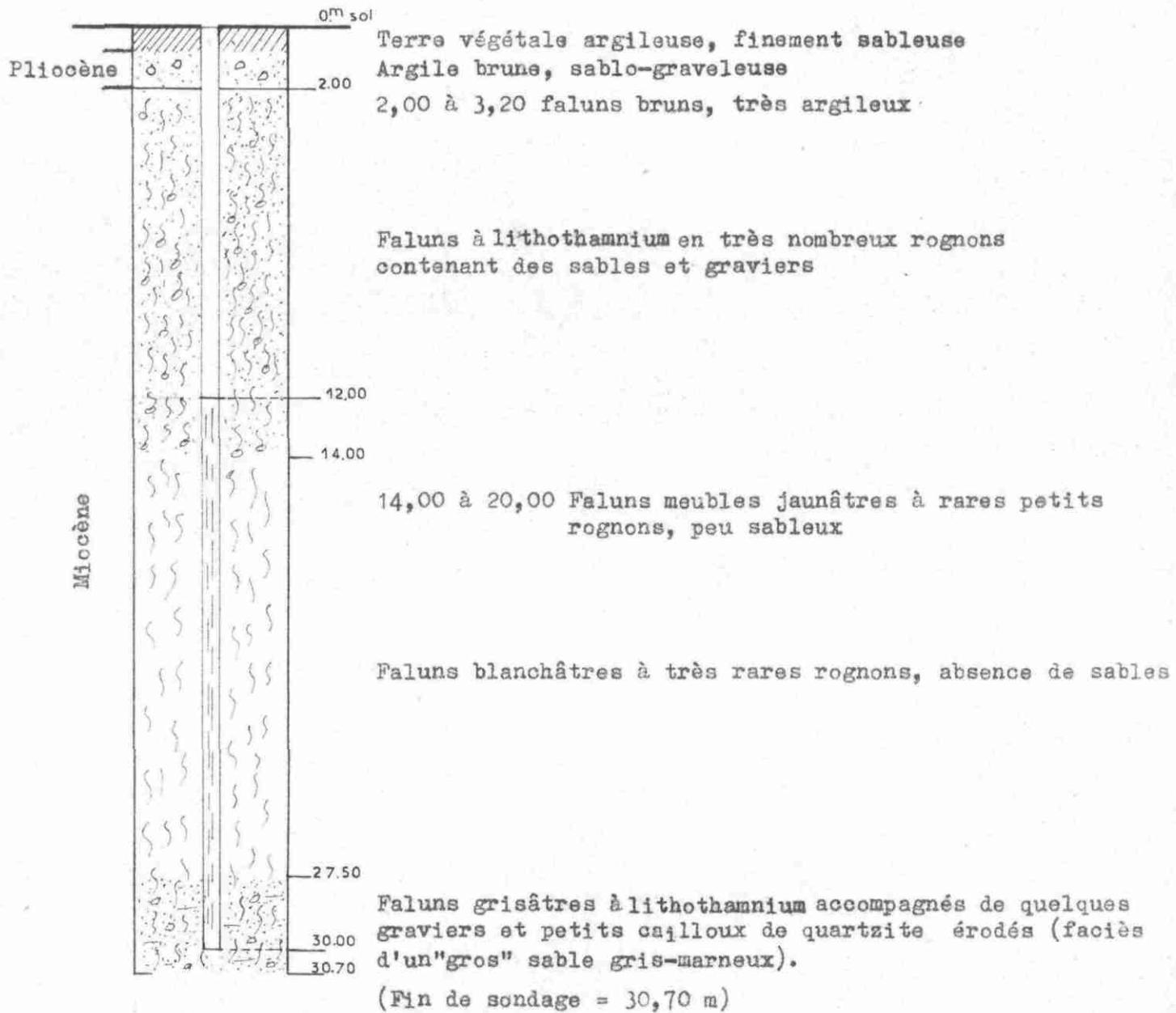


- SONDAGE - N° 353-2-26

soupape (Béarnaise S2)

Coupe
Ht 1/200

Description géologique



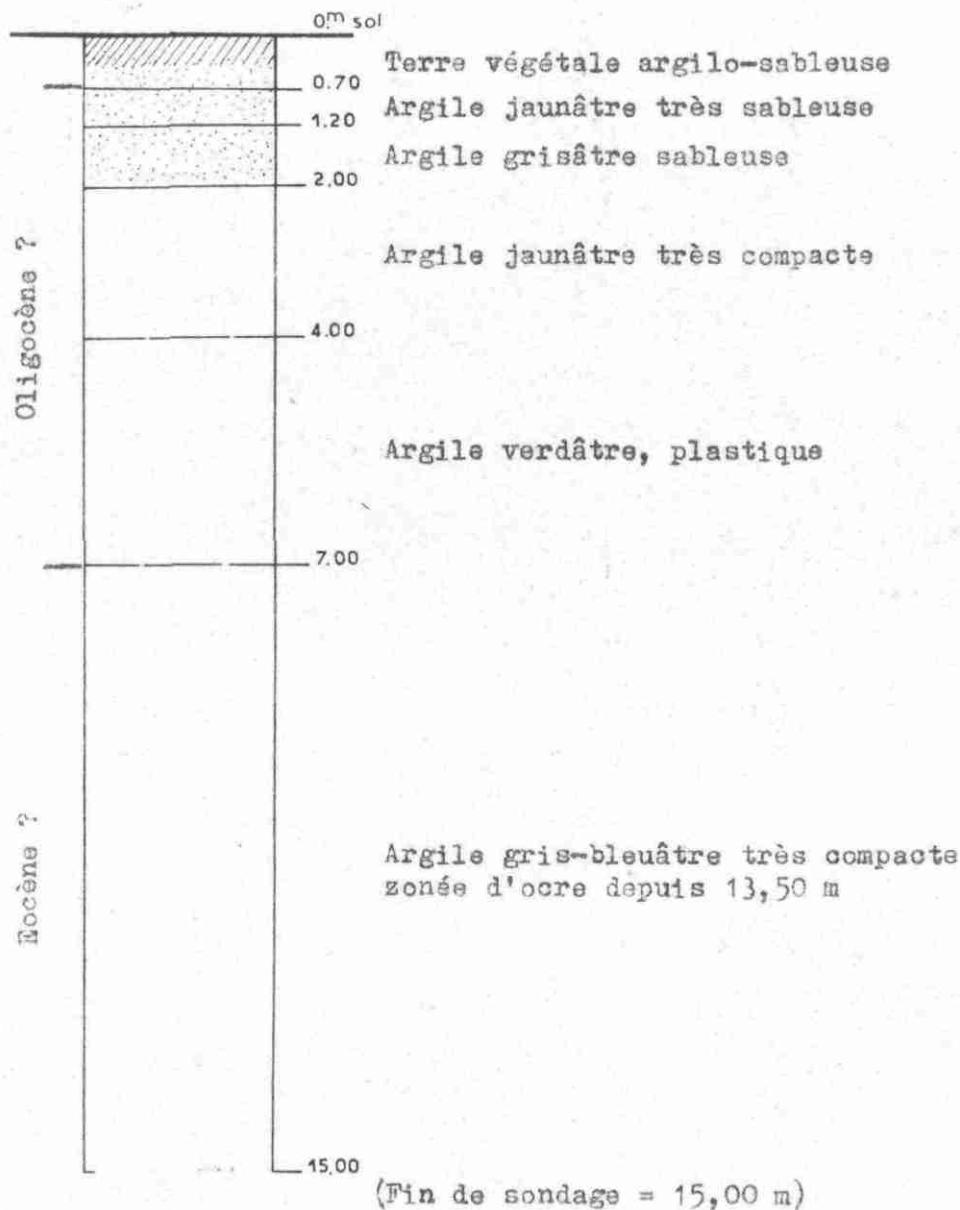
(équipé en piézomètre du sol à -30 m
tube PVC 94/100 m/m, crépiné de -12 à -30 m)

- SONDAGE - N° 353-2-27

soupape (Béarnaise S3)

Coupe
Ht 1/100

Description géologique

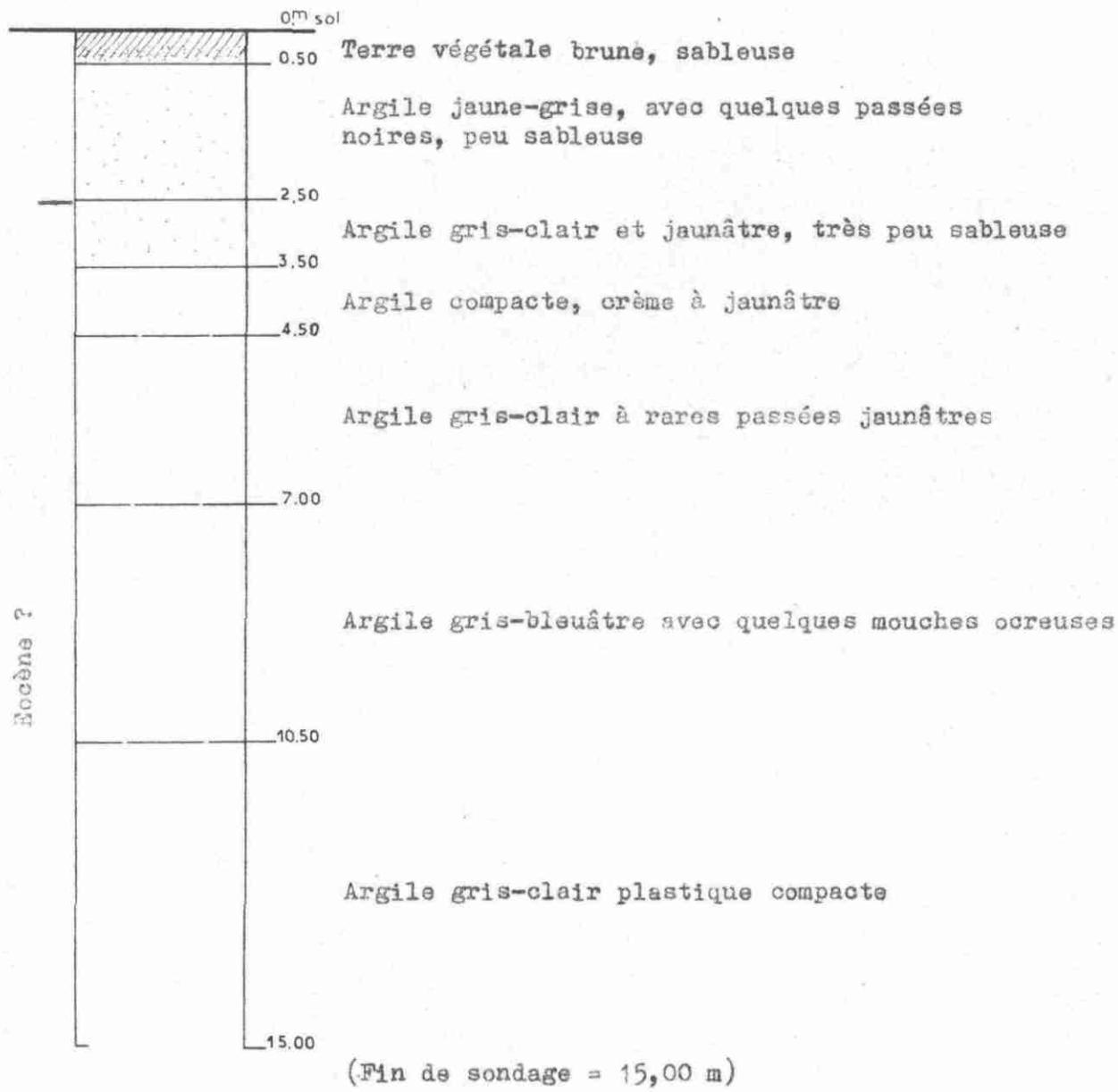


- SONDAGE - N° 353-2-28

soupape (Béarnaise S4)

Coupe
Ht 1/100

Description géologique

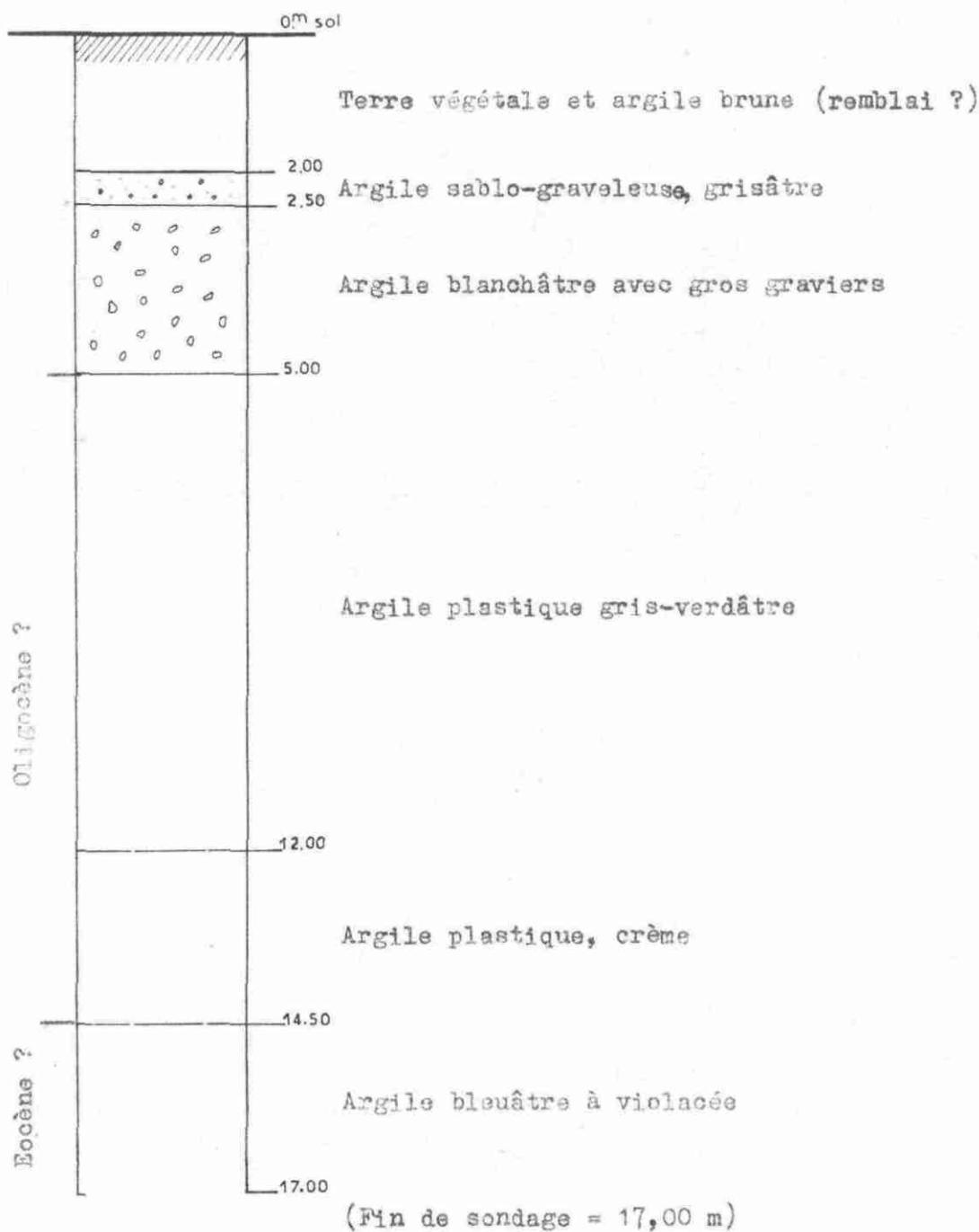


SONDAGE - N°353-2-29

soupape (Béarnaise S5)

- Coupe
Ht 1/100

- Description géologique



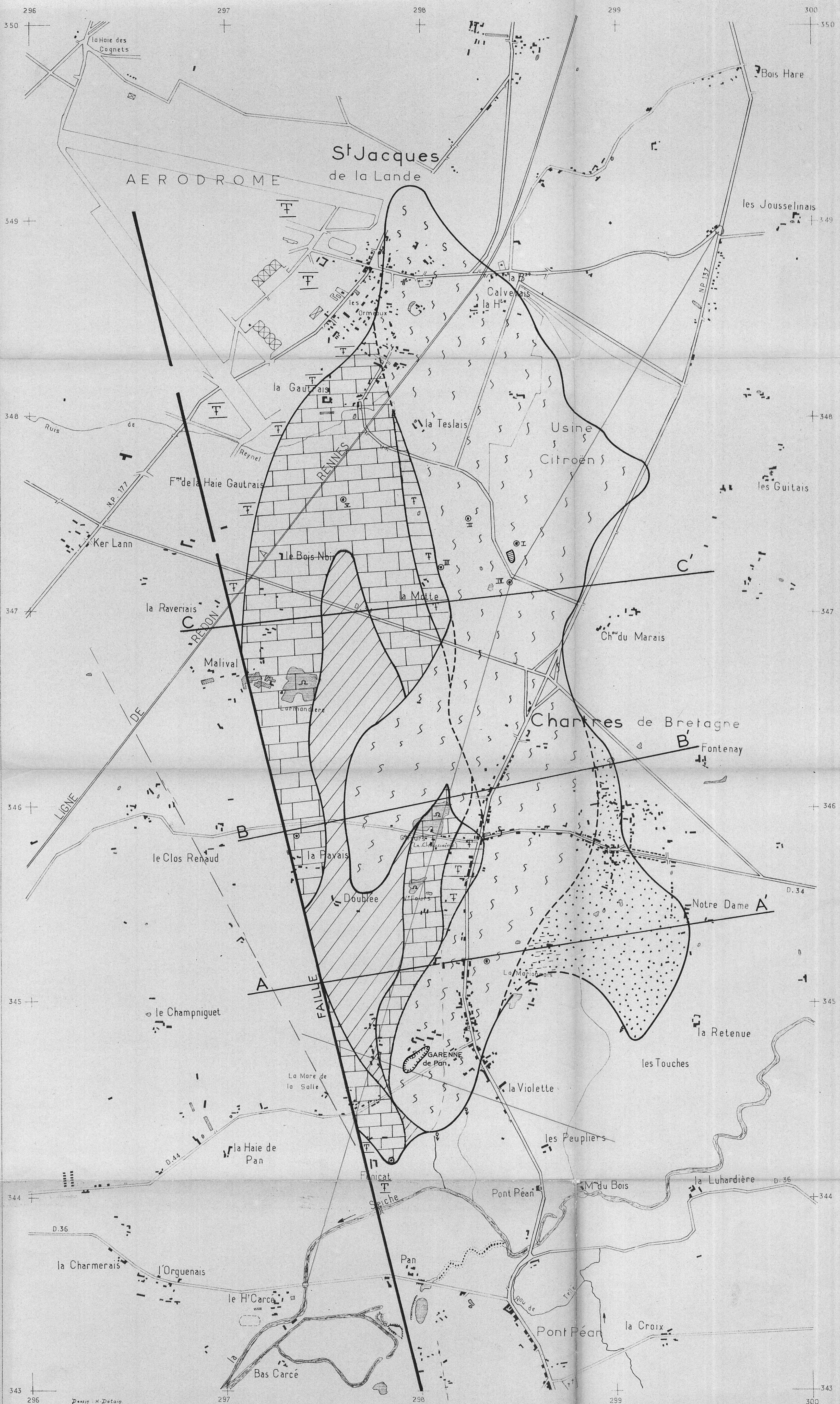


Planche : I

ESQUISSE GEOLOGIQUE
(sous la couverture de limons sablo-graveleux.)

— Limite des formations perméables du bassin.

— Limite probable, à profondeur variable, entre les diverses formations.

OLIGOCENE



Argiles inférieures.
(fossilières)



Calcaires grossiers.



Argiles supérieures.



Faluns.



MIOCENE



PLIOCENE

Anciennes carrières, noyées.

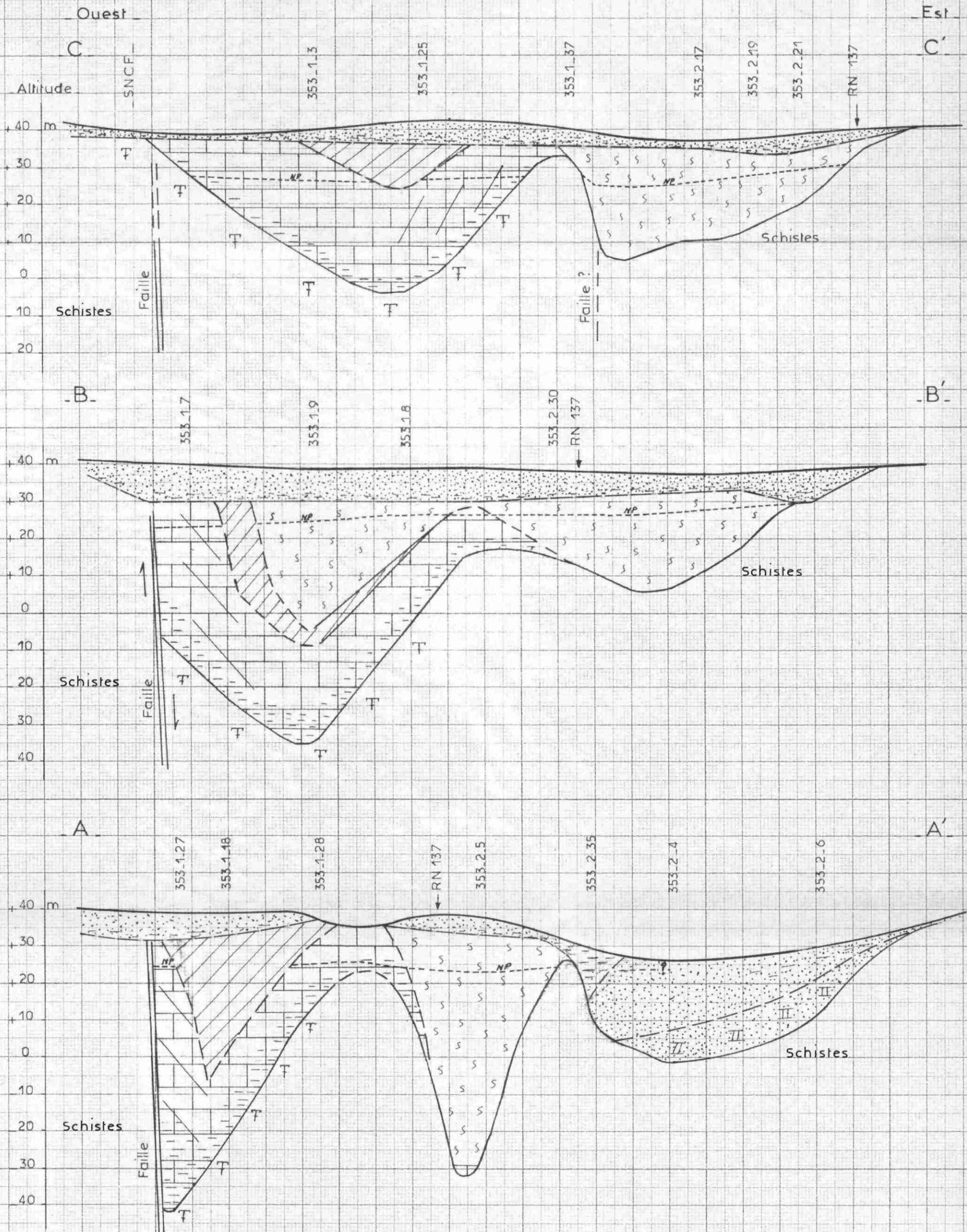
○ Puits de captage.

— Profil transverse voir fig. 1 —

Sables. (AA' = Profil transverse voir fig. 1)

PROFILS SCHEMATIQUES

Planche: II



LEGENDE

Pliocène Sables et argiles
Sables calcaires.

Miocène Faluns.

Oligocène Argiles supérieures.
Calcaires.
Argiles inférieures.

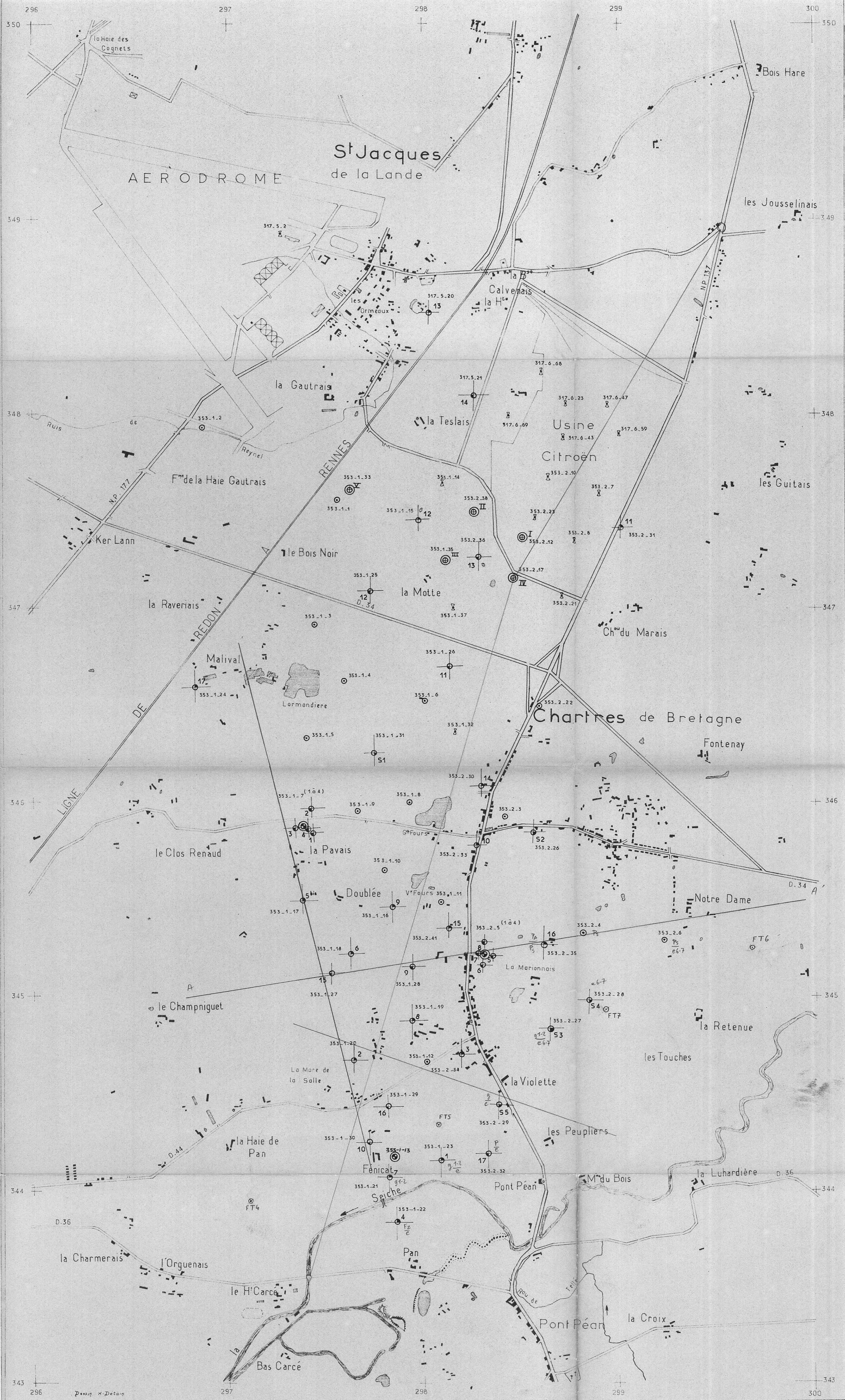
ECHELLES

Longueur: 1/10 000
Hauteur : 1/1000

----- profil piézométrique (NP)
au 21/4/71.

depth x depth

Bassin tertiaire de Bruz-Chartres

— ETUDE Hydro géologique —
Plan de situation des sondages (campagne 1970)

- 1 Sondages rotation (Montavon 1 à 17)
- 1 Sondages tarière (Béarnaise 1 à 17)
- S1 Sondages soupape et rotation (Béarnaise 1 à 5)

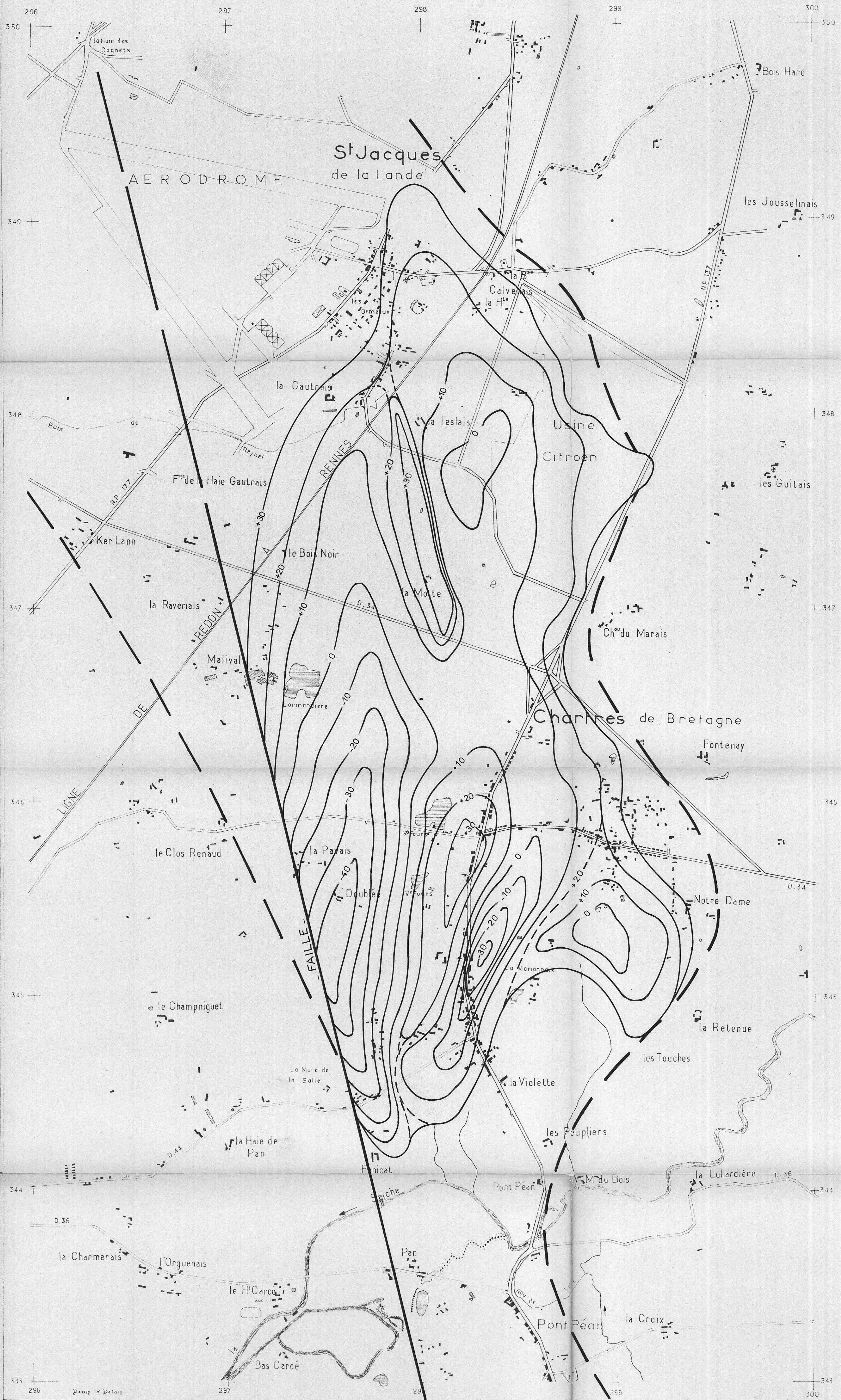
— Travaux Anciens —

① Captages Usines Citroën

② Captages Syndicat Rennes-Sud

③ Sondages Campagne 1958/59

④ Autres sondages



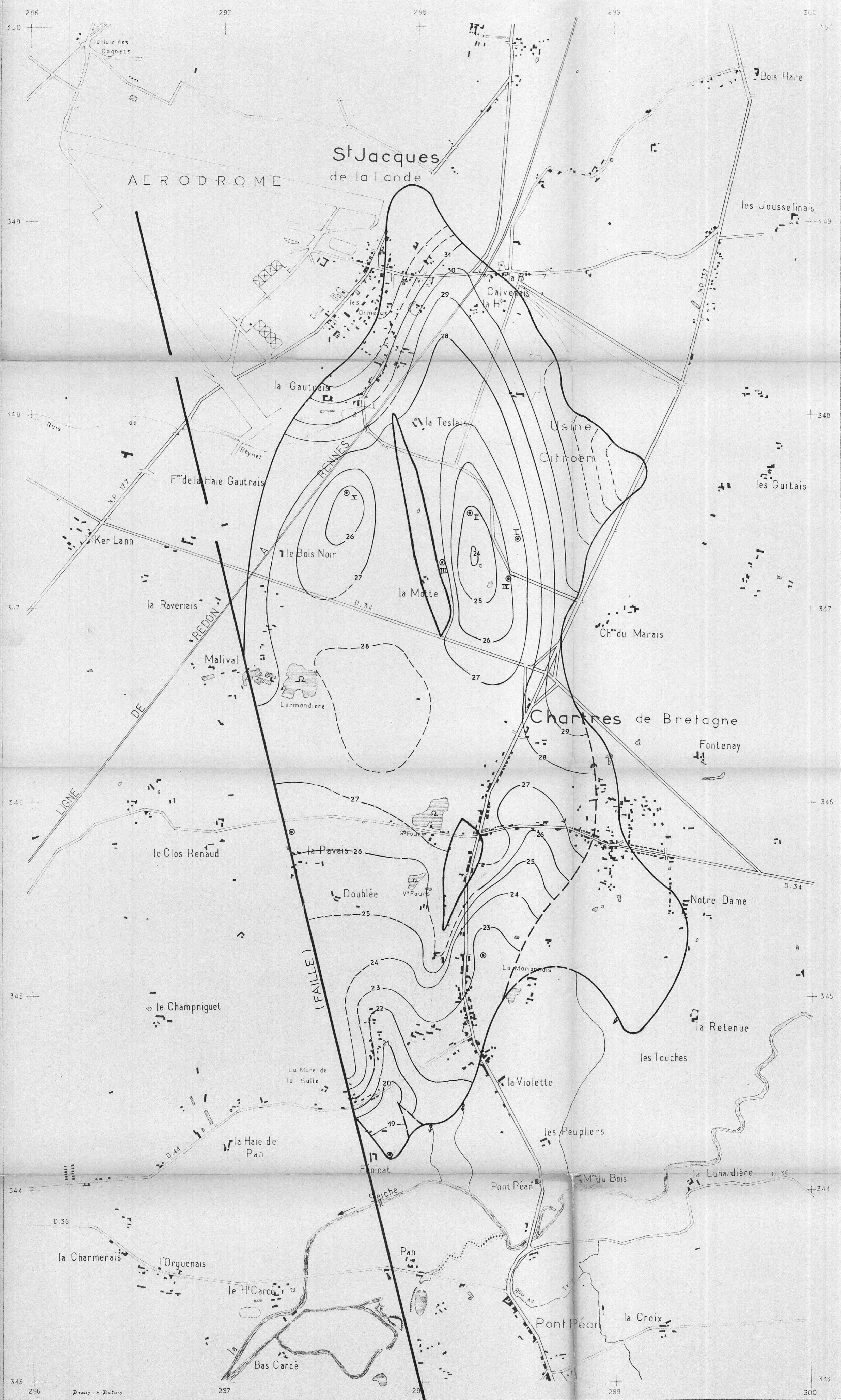


Planche: V

— Carte de la surface piézométrique — 6-7 janvier 1971 —

— Limite des formations aquifères.

— Courbe izopieze normale et cote de la surface piézométrique.

— Courbe izopieze hypothétique.

— Anciennes carrières noyées. ○ Puits de captage.

(équidistance : 1m)

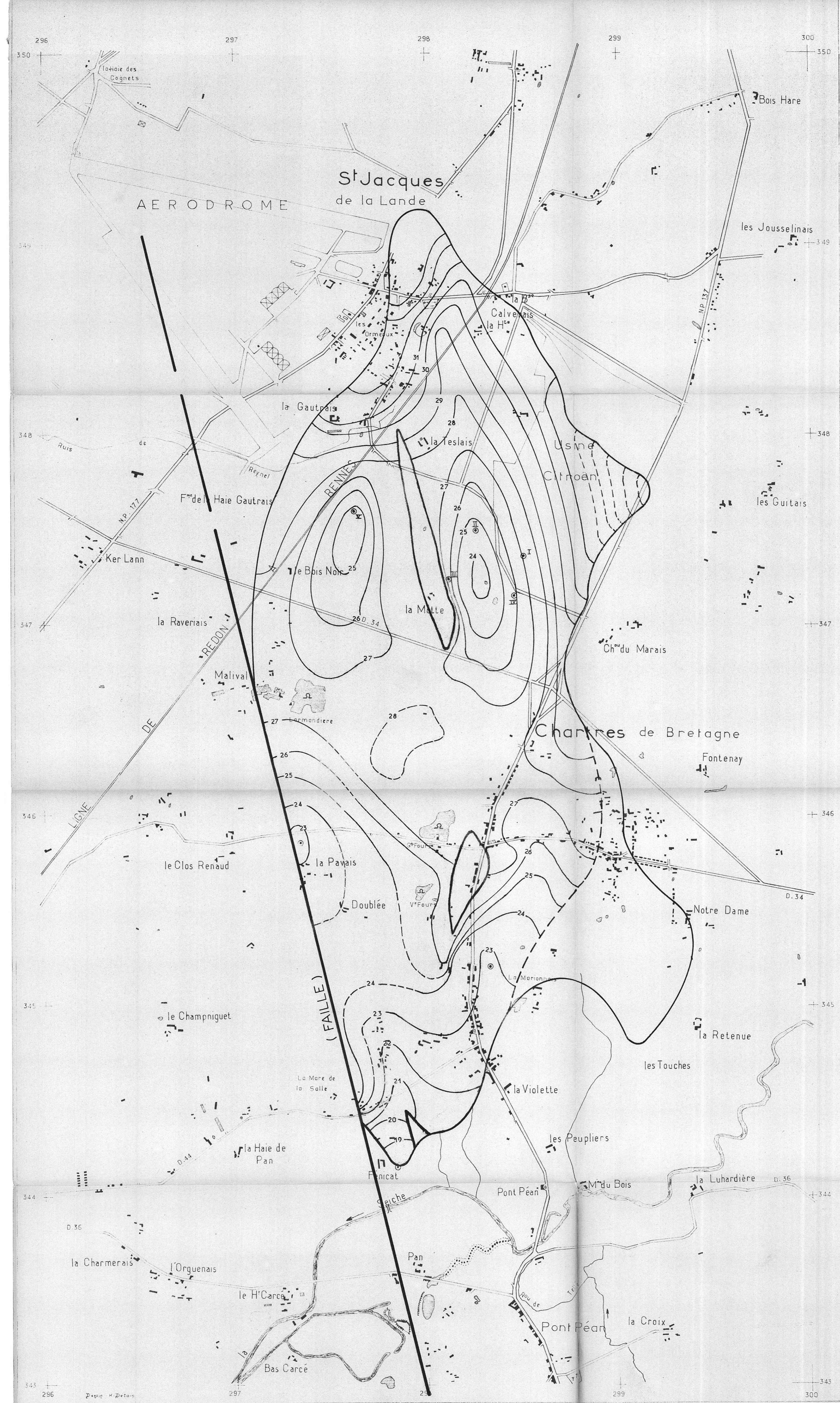


Planche: VI

Carte de la surface piézométrique — 21-22 avril 1971 —

— Limite des formations aquifères.

— 25 — Courbe izopieze normale et cote de la surface piézométrique.

— Courbe izopieze hypothétique.

— Anciennes carrières noyées: ● Puits de captage

(équidistance : 1m)

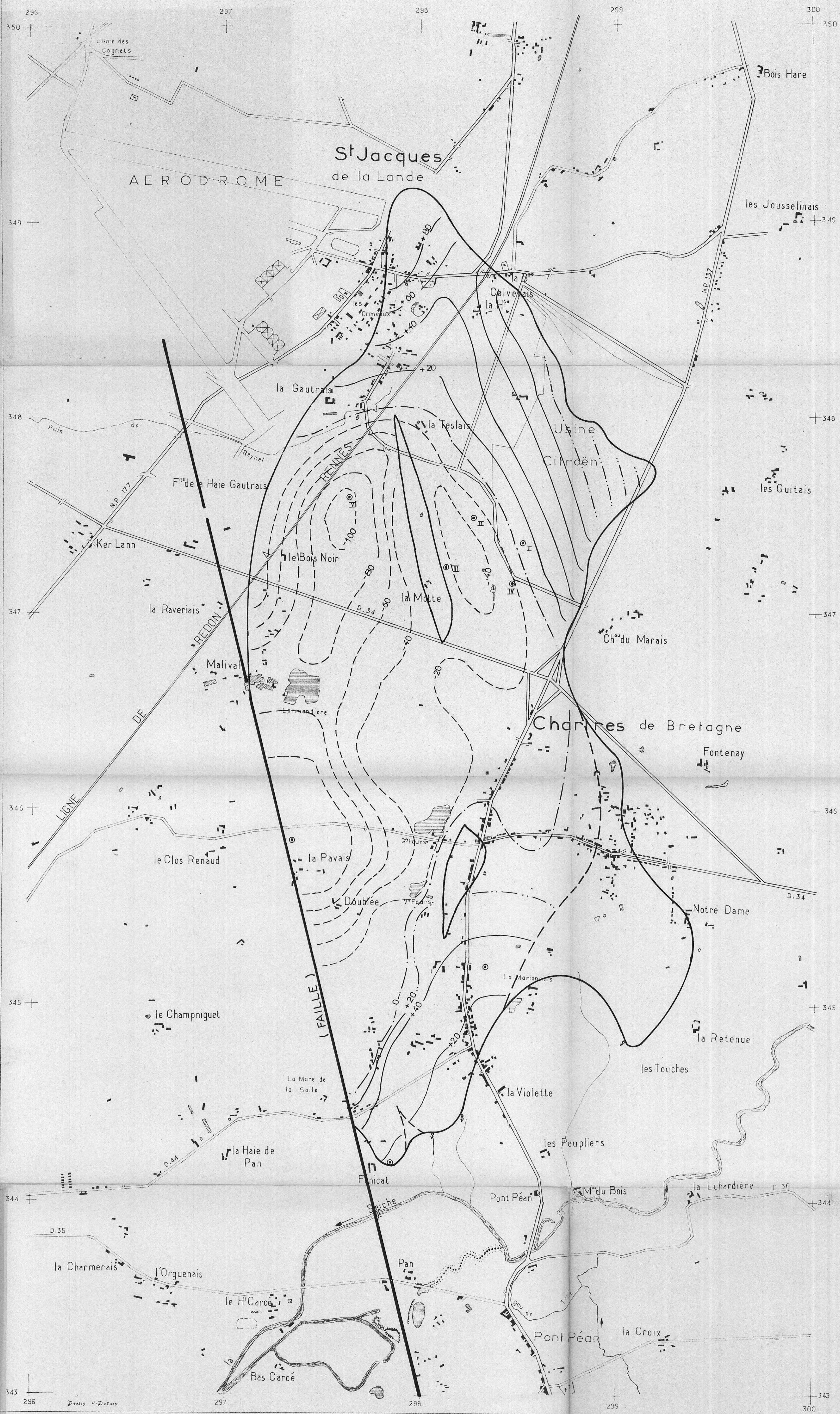


Planche : VII

— Variation de la Surface piézométrique —
(entre le 6 Janvier et le 21 Avril 1971.)

— Limite des formations aquifères.

— -20— Courbe variation négative.

— 0 — Courbe = nulle.

— +20 — Courbe = positive.

— - - - Courbe = positive hypothétique.

(équidistance: 20 cm.)