

ROYAUME DE BELGIQUE

MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES

Administration des Mines - Service géologique de Belgique

13, Rue Jenner - 1040 Bruxelles

Le Sondage de Douvrain

par

V. LECLERCQ.

Professional Paper 1980|3

Nº 170

ROYAUME DE BELGIQUE

MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES

Administration des Mines - Service géologique de Belgique

13, Rue Jenner - 1040 Bruxelles

Le Sondage de Douvrain

par

V. LECLERQ.

Professional Paper 1980|3

No 170

LE SONDAGE DE DOUVRAIN

V. LECLERCQ

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I : le sondage de Douvrain

- I Fiche technique du forage
- II Description macroscopique de la coupe traversée par le forage
- III Description microscopique
 - lames minces de cuttings
 - lames minces de carottes
- IV Synthèse des observations et conclusions

CHAPITRE II : mesures

- I Mesure de température, pression et débit
- II Géochimie des eaux de Douvrain
- III Essais sur la nappe karstique du calcaire Carbonifère
- IV Problème de l'évaluation du débit d'eau d'origine profonde s'écoulant dans les Tunnels de Baudour.
- V Inventaire des diagraphies Schlumberger réalisées dans le sondage de Douvrain.

CHAPITRE III : corrélation avec Saint-Ghislain et les Tunnels de Baudour

- I Coupe synthétique entre St. Ghislain - Douvrain - les Tunnels
- II Corrélation Douvrain - St. Ghislain

- ANNEXES :
- 1 Coupe descriptive du sondage de Douvrain
 - 2 Les diagraphies Schlumberger exécutées à Douvrain.

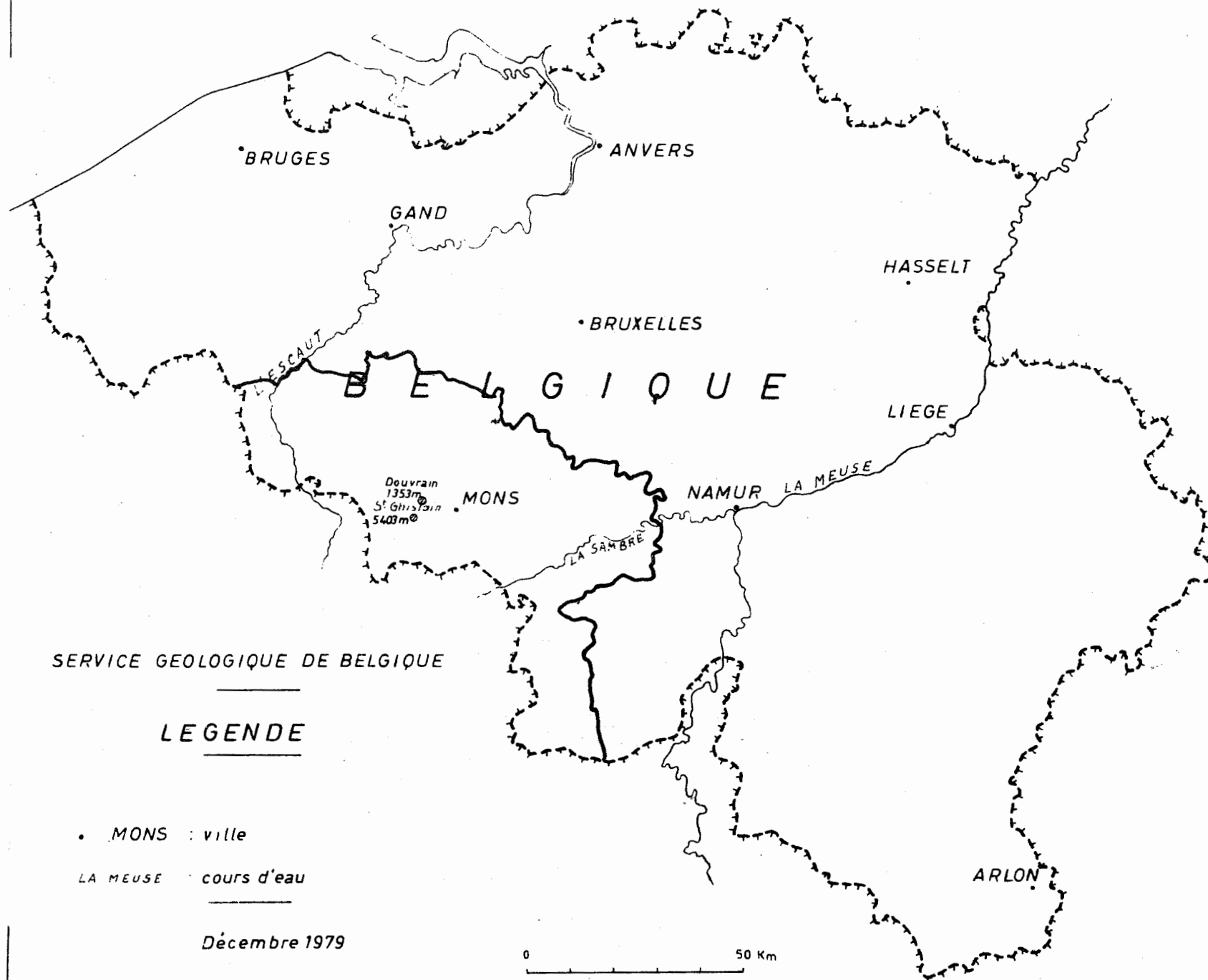
LISTE DES FIGURES, PLANCHES, TABLEAUX ET ANNEXES

Figure 1	Carte générale de localisation.
Figure 2	Localisation des sondages de St. Ghislain, de Douvrain et des Tunnels inclinés de Baudour; carte du socle paléozoïque et des puits naturels.
Figure 3	Emplacement exact du sondage de Douvrain.
Figure 4	Coupe technique du sondage de Douvrain.
Figure 5	Coupe entre St. Ghislain et Douvrain.
Figure 6	Coupe entre Douvrain et les Tunnels de Baudour.
Figure 7	Profil sismique aux environs de St. Ghislain et Douvrain.
Figure 8	Corrélation entre les sondages de Douvrain et de St. Ghislain au moyen des logs Schlumberger de gamma-ray et de densité.

Planches photographiques : numérotées de 1 à 7

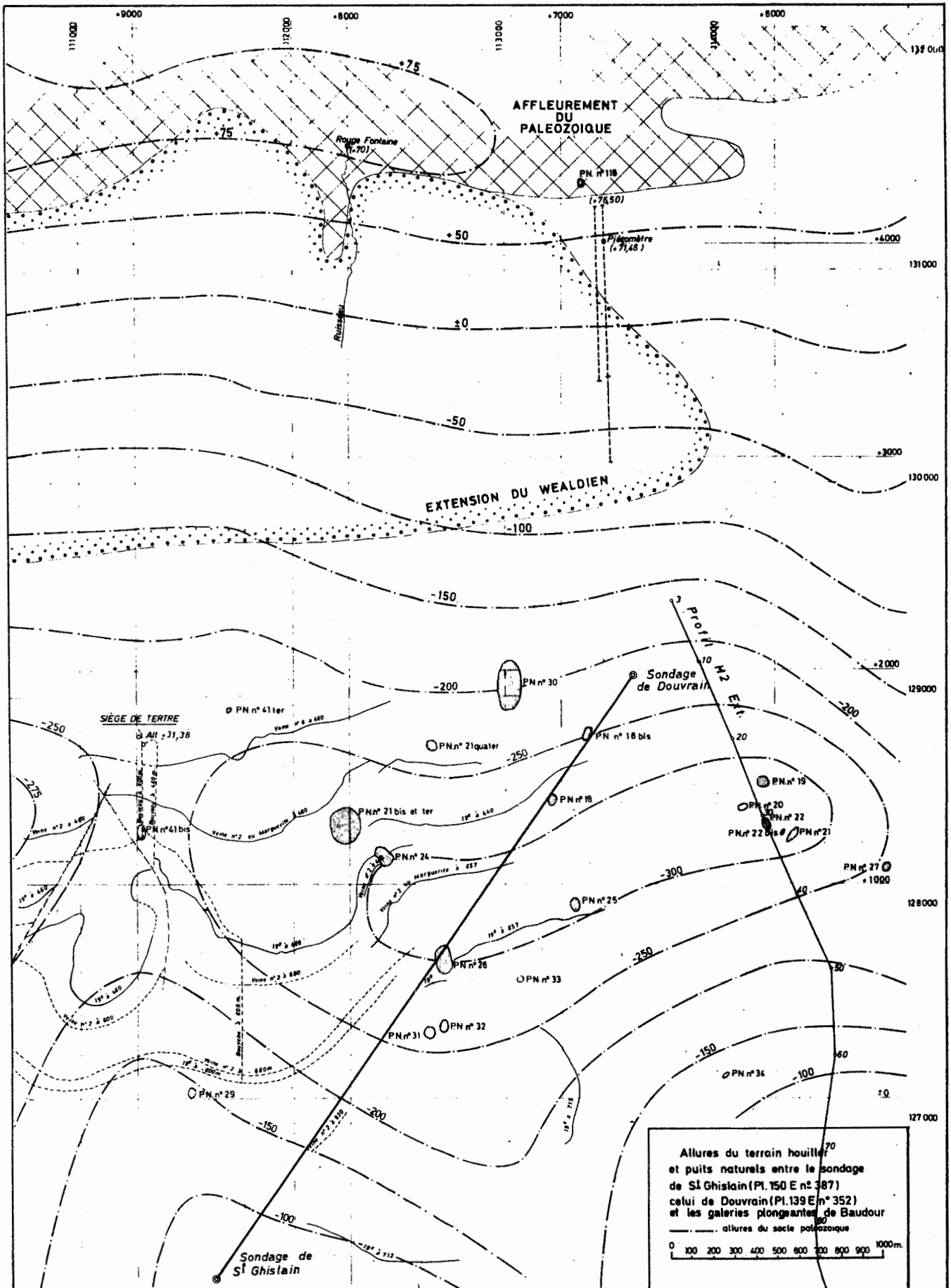
Tableau I	Analyse chimique des eaux du sondage de Douvrain.
Tableau II	Analyse chimique des eaux du sondage de St. Ghislain.
Tableau III	Analyse chimique des eaux des Tunnels de Baudour.
Tableau IV	Inventaire des diagraphies Schlumberger réalisées dans le sondage de Douvrain.

Annexe 1	Coupe géologique du sondage de Douvrain au 1/2000.
Annexe 2	Diagraphies Schlumberger exécutées à Douvrain.



- Figure 1 -

PP 1980/3 - n° 170



- Figure 2 -



PP 1980/3 - n° 170

- Figure 3 -

INTRODUCTION

C'est en 1974 qu'un sondage de recherche, exécuté à St. Ghislain (Delmer, A. 1968) à l'initiative du Service Géologique de Belgique, touchait, à 2400 m de profondeur, un karst développé dans les séries évaporitiques du Viséen supérieur, et le traversait, sur une épaisseur cumulée de 150 m. Cette nappe fournissait, en trou ouvert, un débit artésien proche de 100 m³/h à une température, stabilisée après 24 h, de 70°C. La pression en surface, à débit nul, est de 4 bars.

Rappelons également la célèbre venue d'eau chaude (53°C) qui contraignit les mineurs du début du siècle à abandonner le creusement des fameux Tunnels inclinés de Baudour (R. MARLIERE, 1976) par lesquels leurs promoteurs espéraient atteindre le gisement houiller sans devoir traverser les morts-terrains aquifères.

C'est sur la ligne joignant les Tunnels inclinés au sondage de St. Ghislain, et au nord de ce dernier (voir figure 2 : carte de localisation) qu'un nouveau sondage fut implanté, de façon à y rechercher le niveau karstique découvert à St. Ghislain, mais à moindre profondeur, étant donné le pendage sud des couches.

Le chantier s'installa en automne 1979 à Douvrain, à côté de la ferme du Capitaine Braine (voir figure 3).

Le 18 septembre 1979, le premier tour de sonde était donné; le 4 décembre (jour de la Sainte Barbe !) le karst était atteint à la cote de 1.334,5 mètres.

Signalons que le sondage de Douvrain prend place dans un programme européen de recherches sur la géothermie auquel la C.E.E. apporte son soutien financier.

Après avoir dressé la fiche technique du sondage, nous ferons une description macroscopique des cuttings et carottes, afin de reconstituer la coupe géologique des terrains traversés, coupe que le lecteur trouvera en annexe 1.

Nous examinerons ensuite quelques lames minces, soit de cuttings, soit de carottes. Des photos viendront illustrer les observations.

Une synthèse clôturera cette première partie.

Ensuite, nous parlerons des diverses mesures effectuées sur le puits (température, pression, débit), du chimisme de l'eau de Douvrain et de l'essai réalisé sur la nappe karstique du calcaire carbonifère.

Un tableau fera l'inventaire des diverses diagraphies Schlumberger réalisées sur le puits tandis qu'une figure (annexe 2) mettra en parallèle les différents logs.

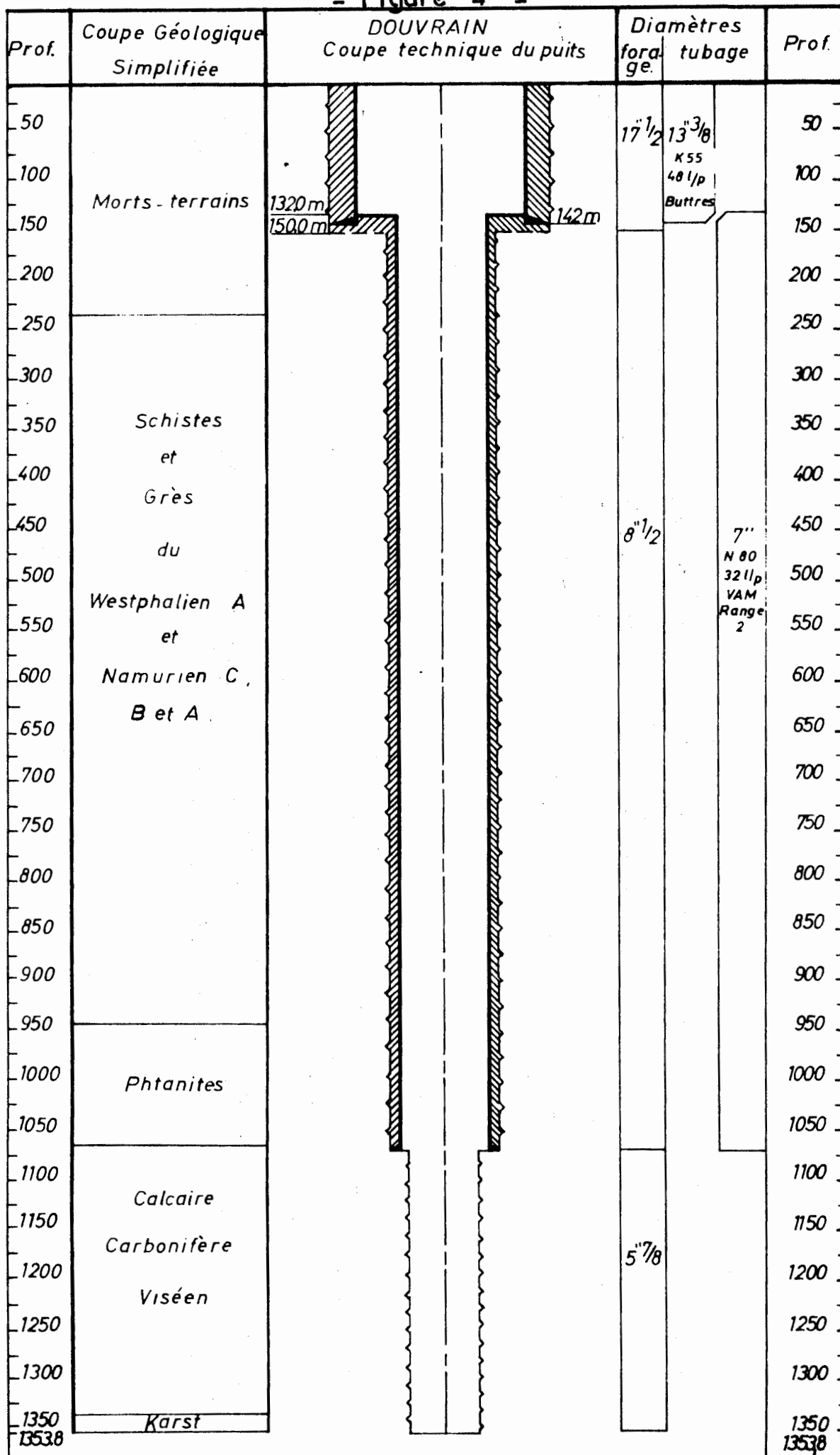
Finalement, deux figures donneront les coupes supposées entre St. Ghislain et Douvrain, d'une part, entre Douvrain et les Tunnels de Baudour, d'autre part.

Une dernière figure montrera alors, au moyen des diagraphies de gamma-ray et de densité-neutron, la très belle corrélation qui existe entre le sondage de Douvrain et celui de St. Ghislain.

Avant de passer à la première partie de ce travail, je tiens à remercier

- toutes les personnes du Service Géologique qui m'ont aidée à réaliser ce rapport;
- L'entreprise FORAKY et tout le personnel du chantier qui m'ont donné l'occasion de vivre l'expérience du "chantier de forage";
- Monsieur le Professeur R. CONIL (Louvain-la-Neuve) qui a eu la gentillesse de faire les datations paléontologiques dans le Viséen.

- Figure 4 -



CHAPITRE I : LE SONDAGE DE DOUVRAIN

I. FICHE TECHNIQUE DU FORAGE

Le sondage de Douvrain fut exécuté par l'entreprise FORAKY, S.A. (Bruxelles), entre le 18 septembre et le 8 décembre 1979; le creusement se fit presque entièrement au tricône.

Coordonnées du sondage :

Coordonnées Lambert : X = 113.597,75
Y = 129.095,45

Carte des Mines : X = + 1.983,73
Y = + 6.662,95

Altitude de l'origine des profondeurs (dalle de béton) : + 30,966 m.

Référence dans les Archives du Service Géologique :

Planchette 139 E (Baudour), n° 352.

La figure 4 fournit la coupe technique du forage. On peut y lire les diamètres de forage, les diamètres des tubes et leurs caractéristiques.

Notons que le trou accuse une déviation progressive vers le Nord, à partir de 320 m (voir figure 6, p.40). Cette déviation atteint 20° vers 1.220 m, puis diminue légèrement pour atteindre 16° au fond (1.353,8 m). Cela signifie que le pied du sondage se situe à une distance horizontale de 222,5 m au Nord de la tête de puits, et à une profondeur réelle (verticale) d'environ 1.323 m.

II. DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

Remarques préliminaires

1. Le forage de Douvrain a été exécuté essentiellement (97 %) au tricône. Des échantillons de cuttings ont été prélevés systématiquement, nombreux dans les morts-terrains et le calcaire carbonifère, moins fréquents dans le Westphalien et dans le Namurien.
2. Les échantillons sont classés suivant une numérotation continue (1 → 558). La cote associée à chaque échantillon est, par convention, celle atteinte par l'outil au moment précis de l'échantillonnage. Etant donné la vitesse de remontée des cuttings dans les boues de forage, la profondeur réelle du terrain échantillonné est donc toujours un peu inférieure à cette cote.

3. Ce type d'échantillonnage ayant l'inconvénient de ne donner que des limites souvent floues, ce sont les cotes dues à l'interprétation des diagraphies Schlumberger que nous utiliserons.
4. Quelques carottes ont été prises à la base du Namurien et dans le calcaire carbonifère. Elles totalisent 42 mètres de forage, et se répartissent en 6 passes numérotées de I à VI. Je remercie R. Legrand (Service Géologique) qui m'a aidée à en faire la description.

II. DESCRIPTION MACROSCOPIQUE (SUITE)

	<u>Profondeur</u>		
<u>Sable de couverture</u> (Pleistocène)	0	-	1 m
<u>Craie de Nouvelles et d'Obourg :</u>	1	-	35.4 m
Craie blanche renfermant :			
- de rares silex clairs, jaunes et gris;			
- quelques fragments anguleux de roche calcaire.			
Pyrite et oxydes de fer			
Fossiles : radioles d'oursins, algues calcaires,			
fragment de brachiopode (rhynchonelle)			
<u>Craie de Trivières</u>	35.4	-	131.0 m
Craie grise, localement très fossilifère, renferme :			
- de rares silex gris-beige;			
- quelques fragments de roche calcaire brune ou noire.			
Pyrite abondante			
Fossiles : radioles d'oursins, algues calcaires,			
fragments d' <i>Inoceramus</i> sp., fragments d'huîtres.			
- de 44.6 - 63.0 : Craie grossière très fossilifère : Zone à <i>Neoflabellina Ceptodisca</i> caractérisée, entre autres, par :			
<i>Stensioïna pommerana</i>			
<i>Gavelinella clementiana</i> , e.a.			
Absence du genre <i>Bolivinoïdes decoratus</i>			
= Zone A de HOFKER (1966)			
(Identification due à J. Backaert, Service Géologique de Belgique).			
- de 69.0 - 74.0 : Craie grise très légèrement glauconifère avec silex gris-vert foncé.			

- de 85.0 - 131.0 : Craie grise piquée de petits points noirs, localement faiblement glauconifère (98.0 - 106.5 m) avec chert gris-noir et silex : blanc à l'extérieur, gris à l'intérieur.

Craie de Saint-Vaast

131.0 - 148.3

Craie blanche contenant quelques silex gris et noirs.
Pyrite.
Fossiles : radioles d'oursins.

Craie de Maisières

148.3 - 153.3

Craie verte, très glauconifère

Rabots

153.3 - 163.3

Craie marneuse à silex brun-noir abondants.
Pyrite; cristaux translucides de quartz formant de petites sphères autour d'un noyau.
Fossiles : radioles d'oursins.

Fortes-Toises

163.3 - 178.3

Roche siliceuse, gris-clair, mate, dure, très finement glauconifère, à concrétions siliceuses.
Pendage : 20° vers Sud.

Dièves

178.3 - 193.8

Argile verte, collante, très glauconifère, se présentant sous forme de grandes plaquettes.
Pendage : 16° vers Sud.
Fossile : Terebratulina rigida (éch. 137 : 187 m)

Les Meules

143.8 - 233.8

- Au sommet : marne arénacée, glauconifère, grossière et pulvérulente.
Fossiles : - dents de poisson identifiées par J. Herman (Service Géologique de Belgique) :
 - dent latérale de p. angustidens (éch. 142 : 201 m)
 - couronne de Scapanorhynchus (éch. 142 : 204 m)
 - fragment de dent antérieure de Paranomotodon angustidens (éch. 150 : 234 m)
- belemnites ; "ostréidés" ; radioles d'oursins ; fragment de moule interne de gastéropode ; Exogyra (éch. 145 - 211 m.).

- A la base (220 - 233.8 m) : conglomérat à galets roulés, abondants, de couleur brun (vert, blanc), de 2 à 6 mm de diamètre.
Niveau phosphaté probable à 229 m
Pendage : 10 - 20° vers le SSW.

Westphalien A supérieur (233.8 - 341.8)

- | | | | |
|--|-------|---|-------|
| - argile grise + schiste gris en plaquettes | 233.8 | - | 240.8 |
| - à 240.8 CHARBON
pendage 35°S | | | |
| - schiste gris foncé; grès grenu gris-brun;
pyrite | 240.8 | - | 265.3 |
| - à 265.3 CHARBON
pendage 35°S | | | |
| - schiste gris clair; grès gris-brun | 265.3 | - | 280.3 |
| - à 280.3 CHARBON
PENDAGE 45°S | | | |
| - grès grossier | 280.3 | - | 294.8 |
| - schiste gris foncé | 294.8 | - | 315.3 |
| - à 315.3 CHARBON
pendage 40°S | | | |
| - schiste et schiste gréseux gris foncé; grès
dur grossier brun et noir | 315.3 | - | 326.8 |
| - à 326.8 CHARBON (Veine St. Joseph)
pendage 45°S | | | |
| - grès dur grossier brun et noir | 326.8 | - | 332.8 |
| - schiste gréseux gris foncé | 332.8 | - | 341.8 |
| - à 341.8 CHARBON (Wasserfall.) | | | |

Westphalien A inférieur et Namurien C et B

ou Assise d'Andenne (341.8 - 665.0)

- | | | | |
|--|-------|---|-------|
| - grès finement grenu, argileux et pulvérulent
de couleur gris-brun alternant avec des
schistes gris foncé; pyrite | 341.8 | - | 378.3 |
| - schistes gris foncé | 378.3 | - | 416.3 |
| - grès brun clair, grenu, pulvérulent | 416.3 | - | 420.8 |
| - schiste gris foncé et grès gris grenu,
micacé, dur. | 420.8 | - | 429.8 |

- grès blanc, grenu, pulvérulent; pendage 35°	429.8	-	438.3
- schiste noir et grès micacé noir, dur et finement grenu; pyrite	438.3	-	475.3
- grès grenu gris-brun, légèrement micacé	475.3	-	482.3
- schistes beiges à gris-brun	482.3	-	489.3
- à 489.3 CHARBON			
- à 494.3 CHARBON			
- schistes beiges à gris-brun; grès gris-beige	494.3	-	506.3
- grès grenu noir pendage 35°	506.3	-	509.3
- alternance de schistes, schistes gréseux et grès micacés gris-brun	509.3	-	546.3
- grès micacé, gris, grossier	546.3	-	551.3
- schiste	551.3	-	557.3
- grès blanc, grossier, très pulvérulent interrompu par un banc de schiste gréseux (570.1 - 575.0)	557.3	-	589.3
- schistes gris foncé alternant avec des grès micacés gris grenus	589.3	-	647.3
- grès fin, gris	647.3	-	650.3
- schiste gris foncé à noir; vers 650 m : minces bancs de calcaire à crinoïdes	650.3	-	665.0

Namurien A ou Assise de Chokier

- CHARBON	666.3		
- schiste gréseux, noir	666.3	-	677.3
- grès fin, gris-brun	677.3	-	679.0
- schiste gréseux et schiste gris foncé	679.0	-	682.0
- grès fin, gris-brun	682.0	-	686.0
- schiste	686.0	-	703.3
- grès	703.3	-	705.0
- schiste et schiste gréseux	705.0	-	708.3
- grès	708.3	-	712.3
- schistes gris à gris foncé; grès grenu gris-brun; grès fin micacé brun avec présence de petits bancs de calcaire entre 731 et 765 m			

- grès micacé gris foncé, schiste gréseux
souvent straticulé; pendage 40°. 777.8 - 804.3
- schiste traversé de rares veines de
calcite; grès légèrement calcaire.
Fossile : calcaire à crinoïdes
(éch. 270 : 807 m). 804.3 - 818.3
- grès micacé, fin à grenu, gris foncé. 818.3 - 829.8
- schistes beiges; grès micacé très
pulvérulent, beige; pyrite. 829.8 - 842.3
- grès noir. 842.3 - 845.0
- schiste gris foncé; grès schisteux
gris foncé; grès fin brun 845.0 - 880.3
- grès micacé gris foncé; schiste beige
avec traces charbonneuses.
- schistes et grès noirs; durs.
- schiste beige; grès brun.
- présence de petits bancs de calcaire
(éch. 287 ; 876 m) parfois à crinoïdes
(éch. 284 : 866 m; éch. 287 : 876 m);
pyrite.
- grès noir, interrompu par un banc de
schiste noir gréseux; présence de
calcaire clair à crinoïdes (éch. 292 :
898 m). 880.3 - 903.3
- alternance de schistes calcaires, de
calcaire gris clair, de schistes
gréseux et de grès schisteux; pyrite.
A partir de 920 m, les schistes sont
opacifiés par de la matière organique. 903.3 - 942.5
- Phtanites. 942.5 - 1.065,0
 - Alternance de couches dures, de 30 à
40 cm d'épaisseur, et de couches tendres :
 - calcaire silicifié;
 - schiste noir siliceux et carbonaté,
très opacifié;
 - grès gris finement recristallisé et
opacifié; quelques veines de calcite;
 - calcaire clair, parfois opacifié, quelque-
fois traversé par des veines de calcite.

avec passee carottée I : 1013.8 - 1018.4 m (510 cm; L = 1.90 cm)

Phtanite noir : roche siliceuse noire, localement
schisteuse, irrégulièrement carbonatée.

Fossiles : section de Productidé et d'articles
de crinoïdes à 20 cm, silhouettes
d'aulacopteris.

= Nm1a.

VISEEN

- Schistes siliceux noirs, devenant de plus en plus calcaires (V3c) 1.065,0 - 1.077,3
- Calcaire massif clair, gris-beige, localement et faiblement dolomitisé, parfois opacifié, alternant avec des schistes noirs, opacifiés, encore siliceux, mais devenant de plus en plus calcaires.
- passee carottée II (900 cm; L = 900 cm) 1.101,0 - 1.110,0
 - 0 - 255 : schiste noir, phtaniteux, légèrement calcarifère, avec calcaire très fin, très siliceux gris clair de 20 à 70; pente : 20°; fossiles : section de Productus à 80.
 - 255 - 420 : calcaire très fin, plus souvent massif que straticulé à 20°, gris clair, entremêlé de schiste noir de 350 à 360.
 - 420 - 460 : calcschiste siliceux straticulé, noir; pente 20°; Fossiles : crinoïdes à 425.
 - 460 - 500 : schiste phtaniteux noir; pente 18°.
 - 500 - 850 : schiste silico-gréseux carbonaté, straticulé dans l'ensemble à environ 20°.
 - passées de schiste ampéliteux à 560-565, et 580-590;
 - altération argileuse à 590-600;
 - calcaire compact siliceux gris à 620-650; à 710-740 et à 820-830.
- = V3c
- 850 - 900 : calcaire très fin, compact, gris assez clair. = ?V3b Y
- Calcaire fin et massif, gris clair, localement à cherts. Schiste calcaire gris foncé. Calcschiste finement straticulé; veinettes de calcite blanche; quartz. 1.110,0 - 1.132,5
- Calcaire en gros banc, massif, très fin, gris-brun; opacifié par de la matière organique. 1.132,5 - 1.138,3
- Calcaire gris foncé. Quelques bancs de schiste calcaire noir. 1.138,3 - 1.142,3
- Calcaire fin massif, gris clair à gris-brun, localement à cherts, localement dolomitique; veines de calcite. 1.142,3 - 1.169,3

- Calcaire fin, gris clair à beige, en petits bancs; schiste calcaire noir. 1.169,4 - 1.177,3
- Calcaire massif à cherts; calcaire dolomitisé gris-beige; veines de calcite; quartz. : 1.177,3 - 1.195,3
- Calcaire fin, gris-beige, en petits bancs, partiellement dolomitisé, localement à cherts; quelques joints de schiste tendre gris-vert; veines de calcite. 1.195,3 - 1.204,8
- Calcaire dolomitique massif gris-beige; cherts. 1.204,8 - 1.210,3
- Calcaire gris foncé, en petits bancs; calcaire clair; joints de schiste tendre vert clair; dolomie; quartz; calcite. 1.210,3 - 1.217,3
- Calcaire massif à cherts. 1.217,3 - 1.219,8
- Calcschiste straticulé; dolomie fine à grenue; cherts; veines de calcite; quartz. 1.219,8 - 1.225,9
- Passe carottée n° III (910; L = 910 cm) 1.225,9 - 1.235,0
 - 0 - 345 : dolschiste très variable, tantôt stratoïde et schisteux foncé, tantôt massif et dolomitique clair.
 - rubané à 0-20, à 135-140 et à 265-275;
 - brèchique à 150-220 et à 280-345 avec sidérose dans les parties rubanées;
 - chert lité à la base.
 - 345 - 480 : Calcschiste-dolschiste localement à lits de sidérose, très finement straticulé (pente 15°-18°)
 - floconneux à 390-410 et 425-450
 - chert lité à 375.
 - 480 - 550 : Calcschiste - straticulé à 540-550
 - massif plus haut
 - devenant calcaire au sommet.
 - 550 - 790 : Calcaire siliceux ultrafin, gris moyen, avec rubans de sidérose à 660 - 670.
 - 790 - 910 : Calcschiste rubané de façon millimétrique; brèchique de 850 à 910; chert à 800.
- ≡ Viséen supérieur : couches de base du V3b.
- Calcaire et calcschiste localement brèchiques, recristallisés, à dolomitisation complexe; silicification; calcite abondante; pendages : 25° à 40°.

- Brèche calcaire recimentée, repristallisée par de la calcite et de la dolomite, localement silicifiée; calcaire beige très fin; calcaire clair; calcaire gris foncé; dolomitisation importante (rhomboèdres visibles à la loupe); cherts; quartz; veines et géodes de calcite. 1.266,0 - 1.290,0

- Calcaire bréchique, très fortement dolomitisé; nombreux petits rhomboèdres de dolomite visibles à la loupe; calcaire gris-beige finement grenu; dolomie fine à grenue; quartz; veines et géodes de calcite. 1.290,0 - 1.334,2

Fossiles : éch. 526 : 1298 m : Endothyra, Archaediscus, Earlandia; Pachysphaera pachysphaerica.
éch. 558 : 1333.5 m : Endothyra, Kamaena; Diplosphaerina inaequalis.

≡ V2b

- Conduit karstique 1.334,2 - 1.335,4

- Passe carottée n° IV (360 cm; L = 170 cm) 1.339,0 - 1.346,8

0 - 70 : Calcaire gris, décoloré en gris pâle par dissolution, avec altération alvéolaire ("bousin")

70 - 170 : Calcaire finement grenu, localement calcité et même géodique; linéaments de stratification à 40°; localement un peu siliceux; odeur très fétide (H₂S).

Fossiles : Endothyra, Archaediscus, Archaediscus stilus, Eostaffella grenue, Salebra; Pachysphaera pachysphaerica.

≡ V2b

- Passe carottée n° V (780 cm; L = 200 cm) 1.339,0 - 1.346,8

Calcaire gris, grenu, légèrement siliceux avec filonnets calcités, stratoïde à 40°.

Fossiles : - assez nombreux fossiles disséminés de Syringopora avec quelques articles de crinoïdes

- Kamaena

- Hétérocoralliaires : Heterophyllia ornata ; Dibunophyllide

≡ V2b β

- Passe carottée n° VI (700 cm; L = 250 cm) 1.346,8 - 1.353,8

calcaire gris, grenu, légèrement siliceux, avec filonnets calcités alternant avec du calcaire noir très fin.

Fossiles : Polypier à columelle centrale évoluée et Davisella à 70.

Quelques lits biodétritiques à 40° (Syringopora).

Foraminifères : *Eostaffella parastruvei*,
Endothyra sp., cf. *Quasiendothyra rubelis*,
Archaediscus sp., *Kamaena*, *Earlandia moderata* ;
Diplosphaera inaequalis,
Pachysphaera pachyspherica, *Cytosphaera*
bulia.

= V2b.

III. DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

1. Lames minces de cuttings

- LM 236 (548 m) : schistes; schistes gréseux, grès schisteux.
- LM 237 (558 m) : schistes; grès; opaques (pyrite).
- LM 270 (807 m) : schiste traversé de petites veines de calcite; schiste gréseux souvent straticulé; grès schisteux; quelques fragments de grès légèrement calcaire.
- LM 295 (904 m) : schiste abondant; schiste gréseux avec veinules de calcite.
- LM 300 (921 m) : schiste abondant; schiste gréseux; grès finement grenu; grès micacé; schiste opacifié; opaques (pyrite).
- LM 310 (959 m) : schistes siliceux noirs très opacifiés; quelques fragments de calcaire clair avec veinules de calcite.
- LM 312 (969 m) : schistes; schistes opacifiés, silicifiés; schiste calcaire opacifié; plusieurs fragments de calcaire opacifié; grès fin recristallisé, opacifié; veinules de calcite.
- LM 319A (1.024 m) : Schiste opacifié avec veines de calcite; calcaire opacifié avec veines de calcite blanche; rhomboèdres de calcite noyés dans une matrice opaque.
- LM 320 (1.034 m) : schiste opacifié; très fin; calcaire opacifié avec veine de calcite blanche; rhomboèdres de calcite dans matrice opaque; grès très fin, recristallisé, opacifié.
- LM 327 (1.051 m) : schistes opacifiés et silicifiés; rhomboèdres de calcite dans matière opaque; calcaire clair.
- LM 337 (1.060 m) : schistes opacifiés; grès micacé; calcaire; schiste opacifié, silicifié, avec présence de rhomboèdres de calcite.
- LM 355 (1.080 m) : quelques fragments de calcaire fin, clair; quartz fibreux (extinction oblique : 20° à 30° ; calcaire opacifié ; schistes silicifiés et opaques.

- LM 362 (1.087 m) : calcaire clair, fin, abondant; calcite cristalline blanche; schistes opacifiés.
- LM 373 (1.100 m) : calcaire fin, abondant; dolomie grenue; schiste calcaire fin; rhomboèdres de dolomite; pyrite.
- LM 378 (1.115 m) : calcaire très fin, abondant; rhomboèdres de calcite noyés dans masse opaque; calcite; quartz microcristallin.
- LM 386 (1.125 m) : calcaire très fin; schistes calcaires; quelques fragments anguleux de quartz microcristallin.
- LM 394 (1.135 m) : calcaire finement grenu; dolomie grenue; opaques brun foncé abondants, parfois veinés de calcite; quartz microcristallin.
- LM 405 (1.145 m) : calcaire fin parfois veiné de calcite; calcaire grenu; schiste calcaire; calcite; opaques.
- LM 412 (1.154 m) : calcaire très fin; schiste calcaire; parfois dolomitique; dolomie grenue rare.
- LM 420 (1.164 m) : calcaire fin; quelques fragments de schiste calcaire fin; veinules de calcite.
- LM 429 (1.175 m) : calcaire fin; nombreux opaques.
- LM 437 (1.185 m) : calcaire fin; nombreux fragments constitués de calcaire au centre et de dolomie sur les bords; calcaire et dolomie grenus; quartz microcristallin.
- LM 441bis (1.195 m) : calcaire très fin; fragments de calcaire avec bords en dolomie; quelques veines de calcite et dolomite.
- LM 452 (1.205 m) : calcaire fin; dolomie fine; calcaire fin partiellement dolomitisé par des rhomboèdres de dolomite; fragments de calcaire avec bords en dolomie; calcite; opaques.
- LM 463 (1.215 m) : calcaire gris fin; dolomie fine; dolomie grenue; quartz microgrenu; calcite; fragment calcaire avec liseré dolomitique.
- LM 471 (1.222 m) : calcaire fin; dolomie fine; dolomie plus grenue; quartz microgrenu; veines de calcite.
- LM 474 (1.248 m) : calcaire très fin; calcaire et dolomie clairs tachetés d'opaques; quartz microcristallin à grenu, parfois fibreux; renfermant parfois des rhomboèdres de calcite; calcaire silicifié.
- LM 485 (1.258 m) : calcaire fin; dolomie fine à grenue; calcaire fin partiellement dolomitisé (rhomboèdres de dolomite). Quartz microcristallin; quartz fibreux et mégaquartz à inclusions très réfringentes (Photo 1, Pl. 1).
- LM 495 (1.268 m) : Calcaire fin à grenu, veines de calcite; quartz microcristallin à extinction ondulante; calcaire avec rhomboèdres de dolomite et fantômes micritiques de formes cristallines subcarrées; mégaquartz à inclusions très réfringentes (Photos 2 et 3, Pl. 1); quartz fibreux (Photo 3, Pl. 1) avec extinction à 30° ; calcaire localement silicifié.

- LM 505 (1.278 m) : Calcaire fin; dolomie fine; calcite cristalline; quartz microcristallin (chert), mégaquartz à extinction roulante; calcaire silicifié par plages irrégulières.
- LM 516 (1.288 m) : Calcaire fin renfermant de nombreux fantômes micritiques de formes cristallines subcarrées (Photos 7, 8 et 9, Pl. 2); dolomie; calcite cristalline; quartz microcristallin (chert); fossile : *Endothyra*.
- LM 526 (1.298 m) : Calcaire fin avec formes cristallines micritiques subcarrées; calcaire localement silicifié avec grand cristal de dolomite zonaire lui-même silicifié (Photo 14, Pl. 3); quartz microcristallin; fossiles : *Endothyra*, *Archaeodiscus*, *Earlandia*, *Pachysphaera pachysphaerica*.
- LM 537 (1.309 m) : Calcaire fin avec formes cristallines micritiques subcarrées (Photos 10 à 13, Pl. 2). Calcite cristalline; quartz bourré d'inclusions de sulfates (Photo 4, Pl. 1); dolomie et calcaire grenus; fossiles : ostracodes.
- LM 546 (1.319 m) : Calcaire fin avec formes cristallines subcarrées; calcaire et dolomie plus grenus; mégaquartz à extinction onduleuse.
- LM 554 (1.329 m) : Calcaire fin abondant avec formes cristallines micritiques subcarrées et rhomboèdres de dolomite; calcaire grenu; cristaux de dolomite zonaire (Photos 15 et 16, Pl. 3).
- LM 558 (1.333 m) : Calcaire fin avec formes cristallines micritiques subcarrées et rhomboèdres de dolomite; calcaire grenu; cristaux de dolomite zonaire (Photo 17, Pl. 3). Fossiles : *Endothyra*, *Kamaena*, *Diplosphaerina inaequalis*.

2. Lames minces de carottes

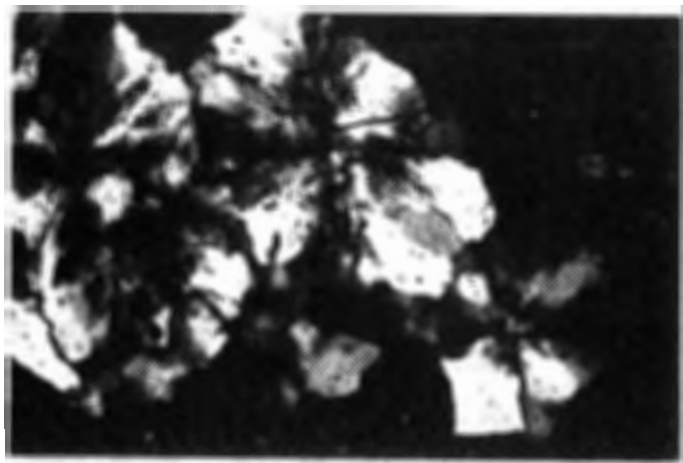
- LM II 0.50 (1.101,5 m) Calcaire micritique.
- LM II 3.20 (1.104,2 m) Dolomie fine avec petites lentilles millimétriques de silice microcristalline ; calcite conservée là où il y a des débris d'organismes.
- LM II 5.05 (1.106,05 m) Calcschiste dolschiste fins.
- LM II 6.40 (1.107,4 m) Calcaire micritique à fin traversé par une grosse veine : de dolomite sparitique au centre, et de calcite microsparitique sur les bords de la fissure.
- LM II 7.05 (1.108,05 m) Dolomie microsparitique très homogène ; rhomboèdres de dolomite aux contours bien marqués.
- LM II 8.50 (1.109,5 m) Calcaire micritique interstratifié à des calcschistes avec ; à la base du calcschiste, un grand cristal (2 mm) qui déforme la schistosité.
- LM III 0.90 (1.226,8 m) Dolomie fine à dolomicrite homogène straticulée.
- LM III 1.90 (1.227,8 m) (Photo 18, Pl. 4) : microbrèche à éléments de dolschiste (de quelques millimètres à 1 centimètre) et à ciment dolomitique.
- LM III 2.90 (1.228,8 m) (Photo 19, Pl. 4) : Brèche à éléments centimétriques de dolschiste et à ciment dolomitique. Les dolschistes présentent des microdéformations synsédimentaires (Photo 28, Pl. 5). Les laminations sont probablement dues à de la matière organique (tapis algaire ?). Les parties claires sont constituées de dolomite et de l'alignement de formes cristallines subcarrées accolées, maintenant essentiellement silicifiées, qui semblent être des pseudomorphoses d'anhydrite ou de sel gemme (Photos 28 à 33, Pl. 5).
- LM III 4.30 et 4.30 bis (1.230,2 m) : Calcschiste finement straticulé avec laminations foncées de matière organique (tapis algaire ?) et lentilles de calcite sparitique semblant déformer la schistosité. Dolomitisation locale sparitique. Peut-être s'agit-il de remplacement de lentilles d'évaporite initiales (gypse).
- LM III 4.80 (1.230,7 m) Calcaire fortement et uniformément dolomitisé (microsparite). Seuls les débris d'organismes (quelques coquilles d'ostracodes) subsistent en calcite.

- LM III 4.85 et 4.85 bis (1.230,75) (Photos 20-21, Pl. 4) : Calcaire straticulé; alternance de calcaire micritique avec altération en plages irrégulières, et de calcaire fin avec rhomboèdres de dolomite souvent associés à des niveaux foncés de matière organique.
Chert composé de silice microcristalline avec rhomboèdres de dolomite et silice fibreuse en sphérules avec angle d'extinction de $\pm 30^\circ$
- LM III 4.90 (1.230,8 m) (Photo 22, Pl. 4) : Calcaire microsparitique localement dolomitisé par de la dolomite sparitique en plages irrégulières; calcite fibreuse abondante formant de nombreuses sphérules (de quelques millimètres de diamètre) isolée dans un ciment microsparitique de rhomboèdres de dolomite (Photos 34 et 36 à 41, Pl. 6). Fossiles : quelques coquilles d'organismes.
- LM III 5.05 (1.230,95 m) Calcaire presque totalement dolomitisé avec quelques lambeaux de calcaire micritique noyés dans la masse dolomitique; quelques veinules de calcite et de dolomite sparitiques.
- LM III 5.50 (1.231,4 m) (Photo 23, Pl. 4) : Calcschiste foncé renfermant des plages claires subarrondies composées de calcite fibreuse formant des sphérules (Photo 36, Pl. 6); calcaire à pellets avec calcite sparitique, et rhomboèdres de dolomite souvent associés aux niveaux foncés organiques. Fossiles : quelques coquilles d'ostracodes.
- LM III 6.80 (1.232,7 m) Dolomicrite renfermant quelques rhomboèdres de dolomite.
- LM III 7.55 (1.233,45 m) Calcaire micritique massif localement sili-cifié en plages irrégulières; nombreux petits yeux de calcite partiellement dolomitisée.
- LM III 8.50 (1.234,4 m) (Photo 24, Pl. 4) : Calcschiste finement straticulé; les strates claires sont composées de calcaire microsparitique, localement entièrement remplacé par des rhomboèdres de dolomite; nombreuses petites lentilles de calcite dont les pourtours sont soulignés par de la matière organique. (tapis algair ?).
- LM III 8.50 bis (1.234 m) (Photo 25, Pl. 4) : Brèche calcaire fortement cimentée par de la calcite sparitique, plus rarement par de la dolomite sparitique. Aspect lenticulaire de cette calcite cristalline. (Photos 42 à 45, Pl. 7).

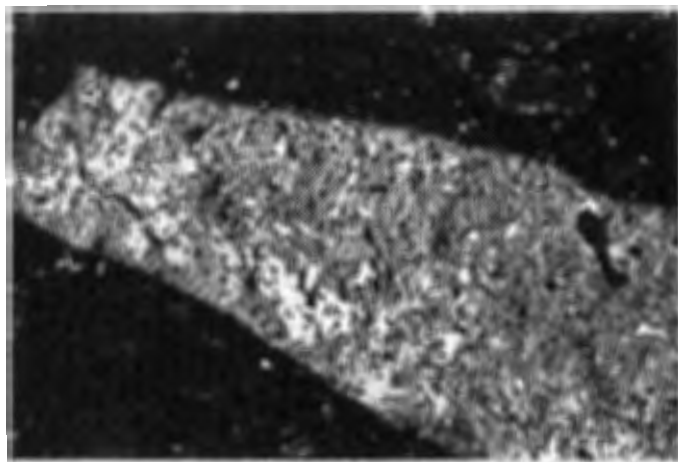
- LM III 8.55 (1.234,45 m) (Photo 26, Pl. 4) : Brèche composée de calcschiste straticulé et de calcaire, localement remplacé par de la dolomite microsparitique; ciment de calcite; nombreuses fissures remplies de calcite sparitique.
- LM III 8.90 (1.234,8 m) Calcite sparitique fortement maclée; dolomite sparitique plus rare; zones silicifiées avec quartz microcristallin.
- LM IV 1.30 Calcaire grenu, organodétritique, partiellement dolomitisé. Fossiles : Endothyra, Archaeodiscus, Archaeodiscus stilus, Pachysphaera pachysphaerica, Eostafella grenue, Salebra.
- LM V 0.40 - 0.60 dolomie grenue avec quelques géodes de calcite ou dolomite; lambeaux de calcite sparitique associés à des tests d'organismes; veines de calcite; mégaquartz avec de nombreuses inclusions.
- LM V 0.40 - 0.60 bis Dolomie grenue; calcite sparitique en veine, ou en remplissage des géodes de dolomites.
- LM V 1.40 et LM V 1.40 bis Calcaire organodétritique très brunâtre (matière organique) légèrement dolomitisé. Fossiles : Kamaena, Hétérocoralliaires (Hétérophyllia ornata) et Dibunophyllide.

PLANCHE 1

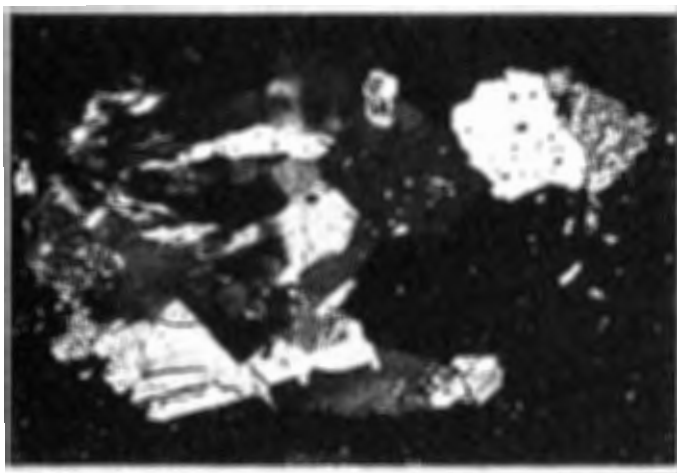
- Photo 1 LM 485 (1.258 m) $X = 14.3 - Y = 67.2$
Mégaquartz à inclusions de sulfates de calcium et quartz fibreux.
Lumière polarisée; échelle 1 : 100
- Photo 2 LM 495 (1.268 m) $X = 10.2 - Y = 71.8$
Mégaquartz bourré d'inclusions de sulfate de calcium.
Lumière polarisée; échelle 1 : 100
- Photo 3 LM 495 (1.268 m) $X = 20.1 - Y = 84.3$
Mégaquartz à inclusions de sulfate de calcium, et quartz fibreux.
Lumière polarisée; échelle 1 : 100
- Photo 4 LM 537 (1.309 m) $X = 12.0 - Y = 72.4$
Mégaquartz à inclusions de sulfate de calcium
Lumière polarisée; échelle 1 : 100
- Photos 5 et 6 Carotte III, 4.85 $X = 25.0 - Y = 78.8$
Plage de quartz fibro-radié associé à un chert.
Photo 5 : lumière naturelle; Photo 6 : lumière polarisée.
Echelle 1 : 100



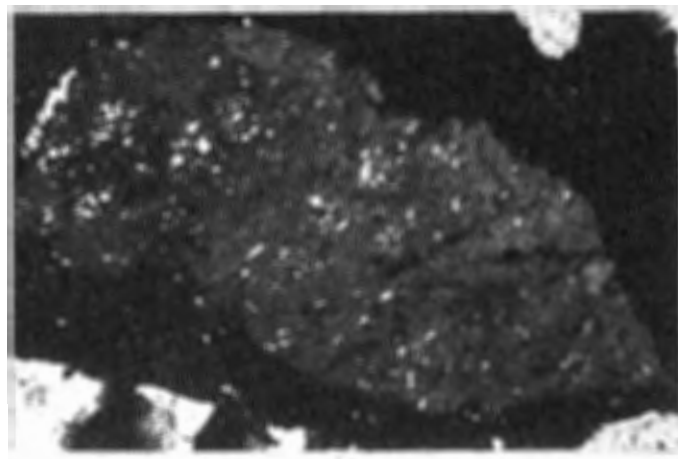
①



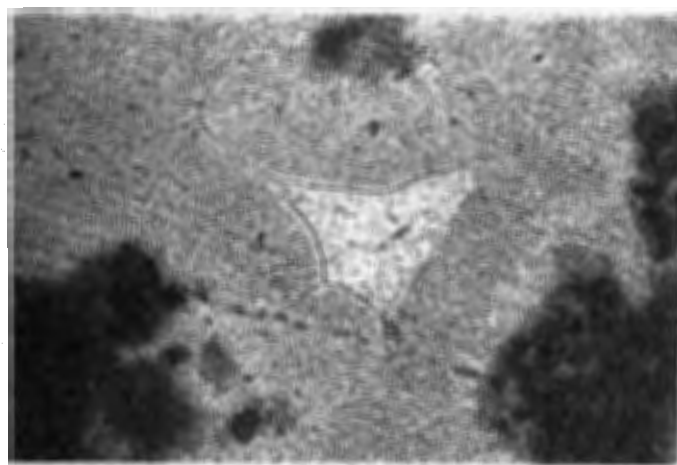
②



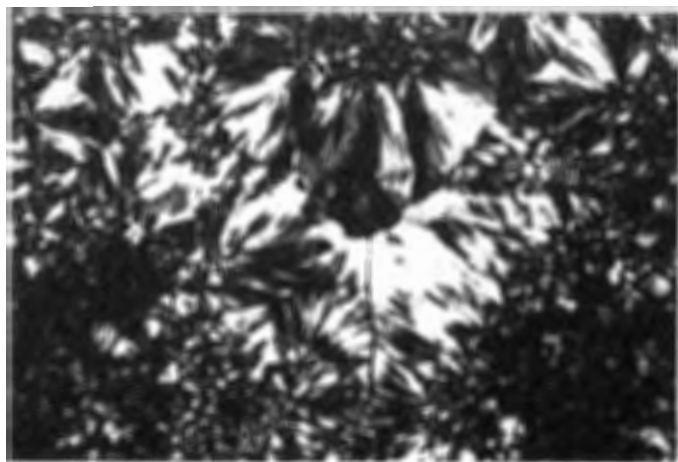
③



④



⑤

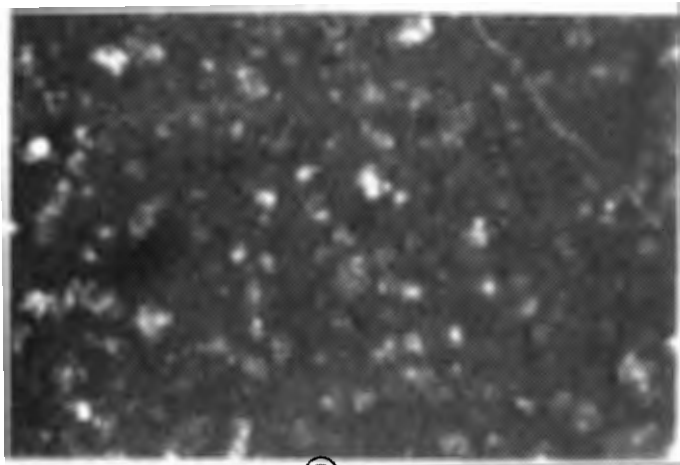


⑥

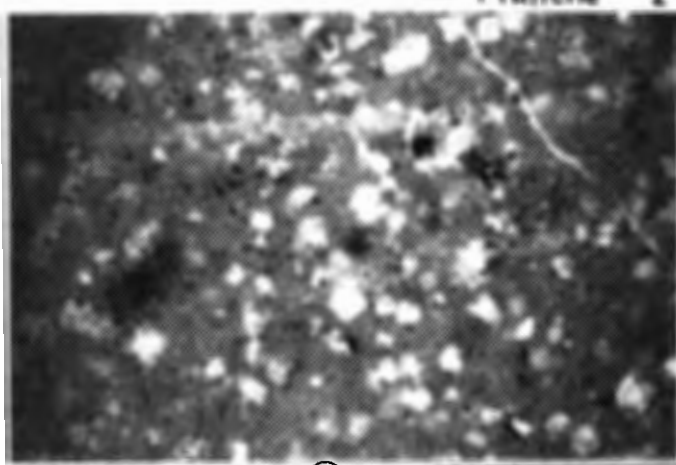
PLANCHE 2

Sections subcarrées de cristaux d'évaporites (sel ou anhydrite) pseudomorphosés en calcite et/ou dolomite micritique, parfois difficilement distinguables des sections losangiques dues aux rhomboèdres de dolomite.

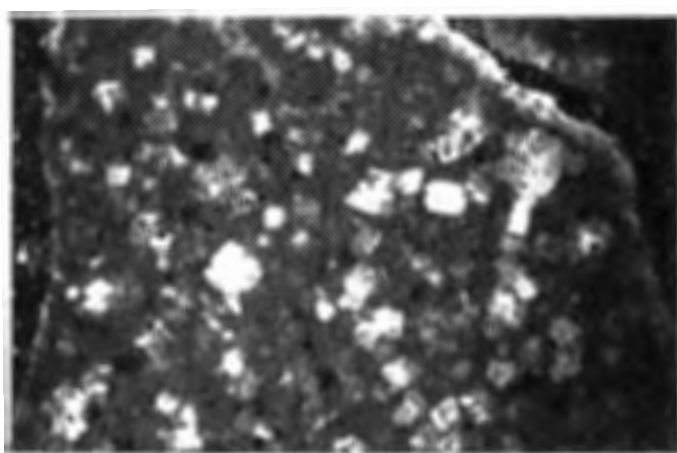
- Photos 7 et 8 : LM 516 (1.288 m) $X = 22.4 - Y = 63.7$
Lumière naturelle parallèle pour la photo 7
Lumière naturelle convergente pour la photo 8
Echelle 1 : 100
- Photo 9 : LM 516 (1.288 m) $X = 20.0 - Y = 82.0$
Lumière polarisée convergente
Echelle 1 : 100
- Photos 10 et 11 : LM 537 (1.309 m) $X = 18.4 - Y = 78.9$
Lumière polarisée parallèle pour la photo 10
Lumière polarisée convergente pour la photo 11
Echelle 1 : 100
- Photo 12 et 13 : LM 537 (1.309 m) $X = 15.2 - Y = 80.8$
Lumière polarisée parallèle pour la photo 12
Lumière polarisée convergente pour la photo 13
Echelle 1 : 100



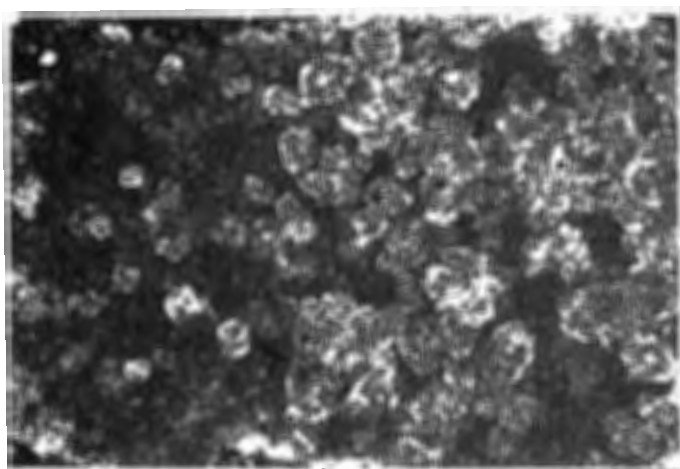
⑦



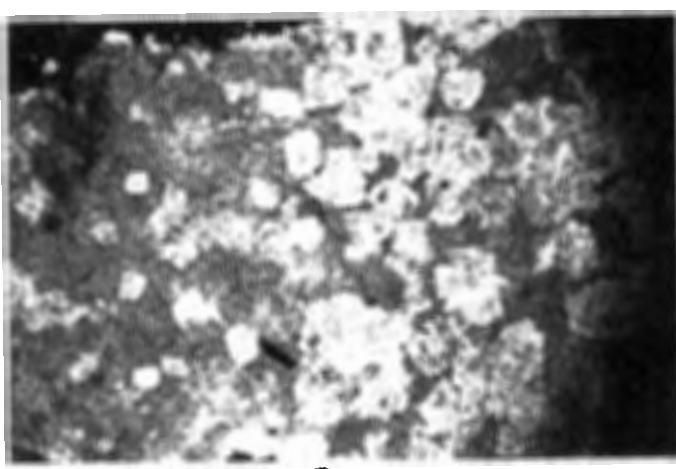
⑧



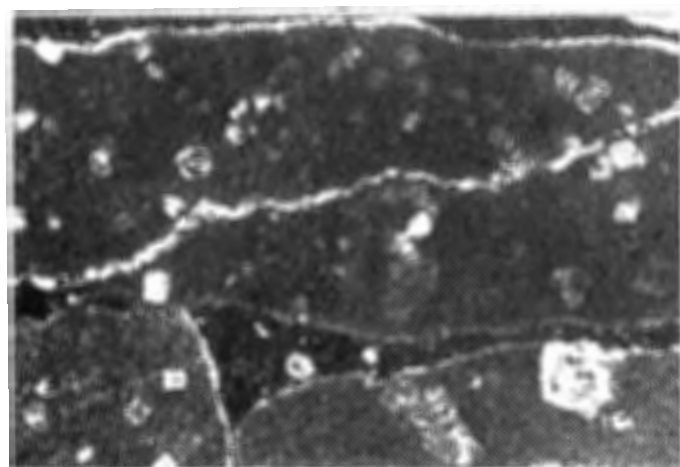
⑨



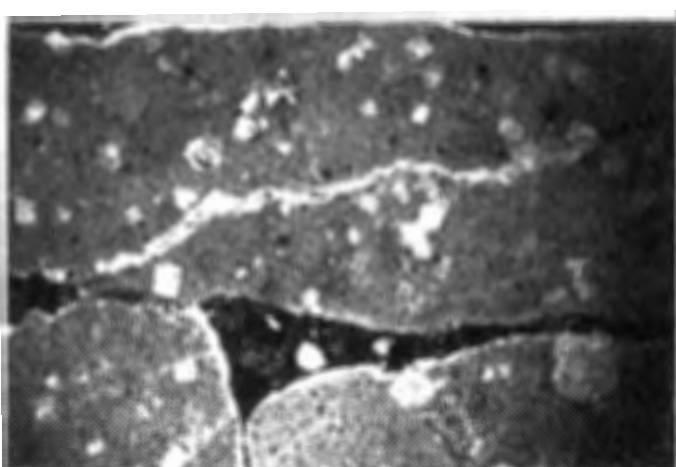
⑩



⑪



⑫

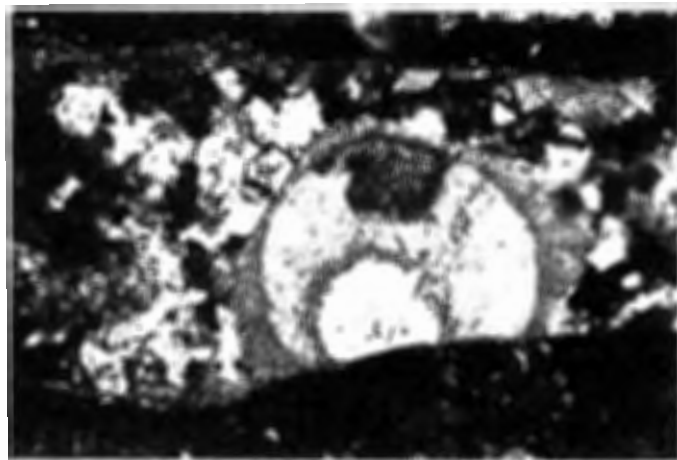


⑬

PLANCHE 3

- Photo 14 LM 526 X = 20.5 - Y = 64.5
Fragment de calcaire silicifié avec rhomboèdre de
dolomite pléochroïque rongé sur ses bords et en son centre,
par de la silice micritique.
Lumière polarisée. Echelle 1 : 100
- Photo 15 LM 554 X = 6.7 - Y = 73.1
- Photo 16 LM 554 X = 10.3 - Y = 63.0
- Photo 17 LM 558 X = 4.0 - Y = 79.7

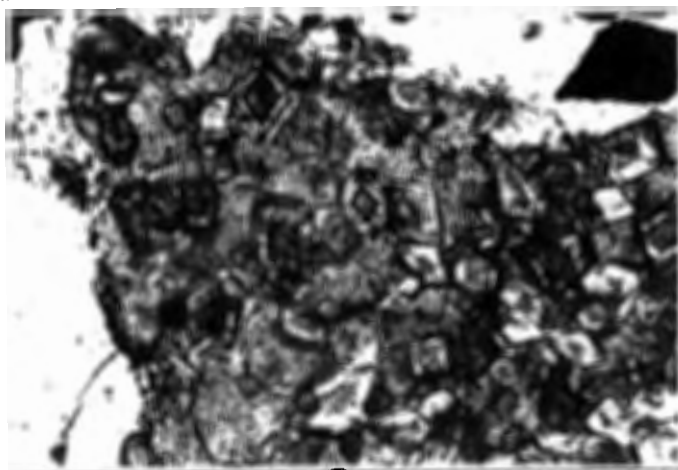
Rhomboèdres de dolomite pléochroïque en lumière naturelle,
et zonaire en lumière polarisée, dans une matrice de quartz
presque aphanitique.
Lumière naturelle. Echelle 1 : 100



⑭



⑮



⑯



⑰

PLANCHE 4

Lames minces taillées dans la carotte III (1.125.9 - 1.135.0 m), agrandies ici 4 fois. Cette représentation donne une vision générale de la succession et de la variété des faciès que montre cette carotte, sûrement la plus intéressante de toutes.

Le lecteur pourra ainsi resituer les détails microscopiques, exposés dans les planches suivantes, dans une vision d'ensemble macroscopique.

Voir chapitre I; III : Description microscopique des lames minces.

139E

352

139E

III 2,90

352

139E

352

III 1,90

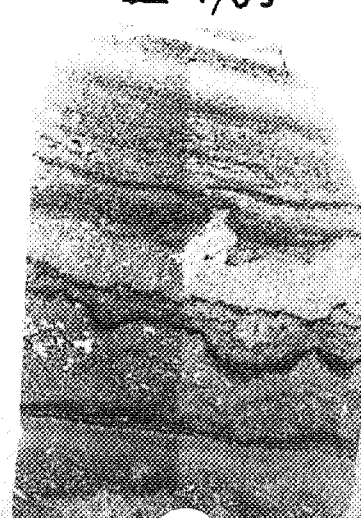
III 4,85



18



19



20

139E.

352

III 4m85 bis

139E.

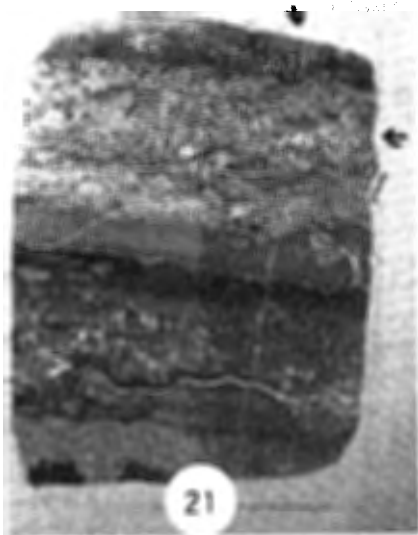
III 4m90

352

139E.

352

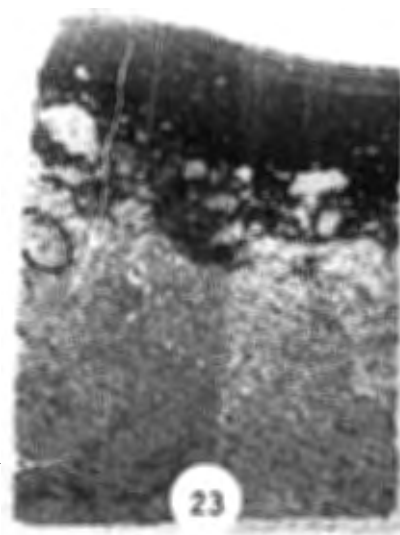
III 5m50



21



22



23

139E.

352

III 8m50

139E

III 8,50 bis

352

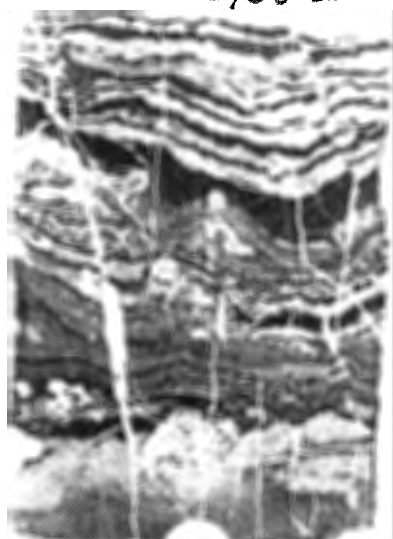
139E

352

III 8,55



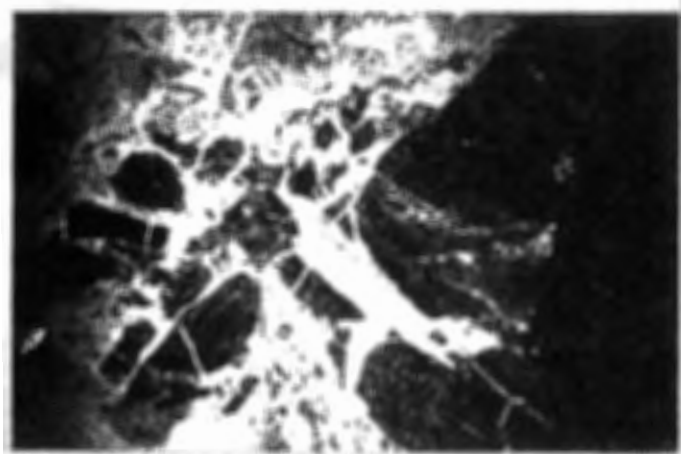
24



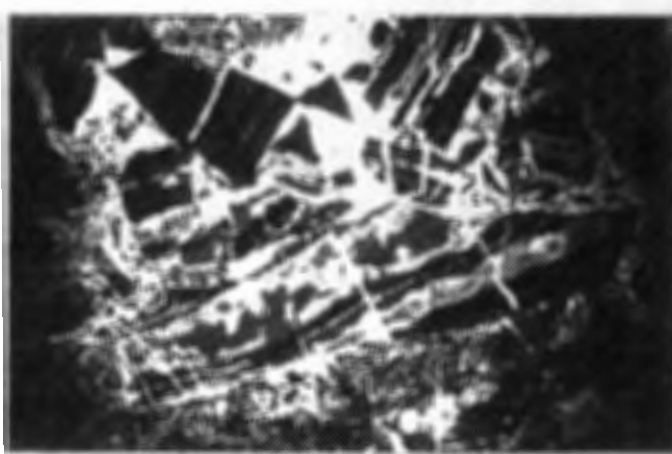
25



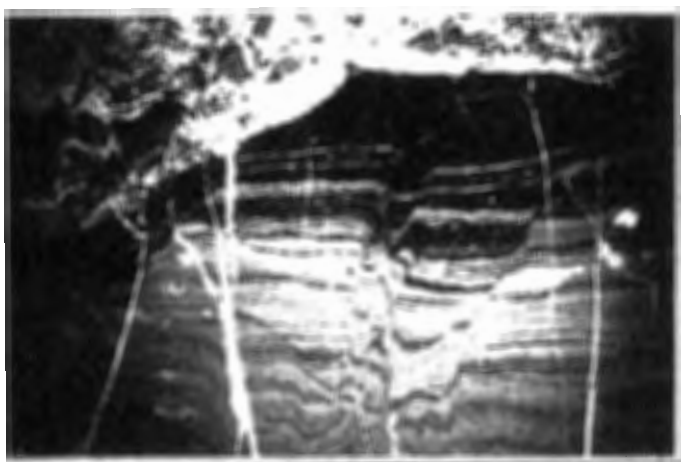
26



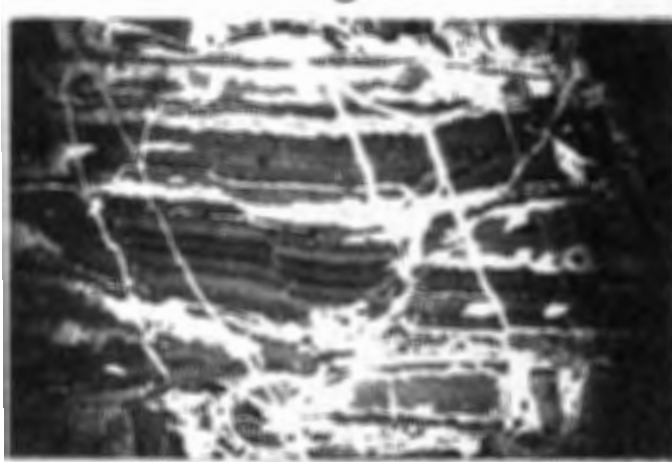
27



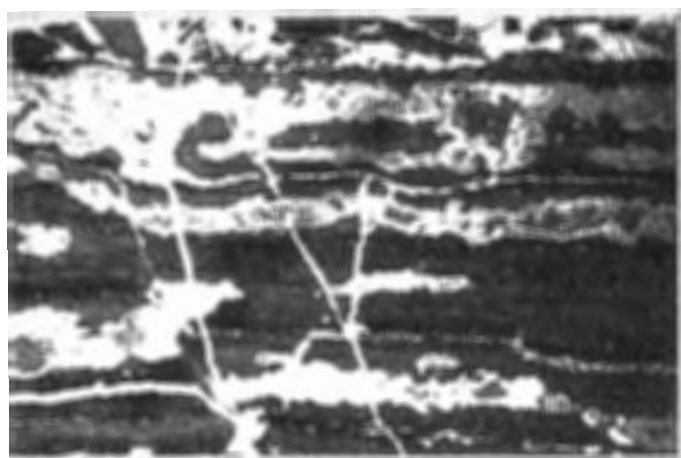
28



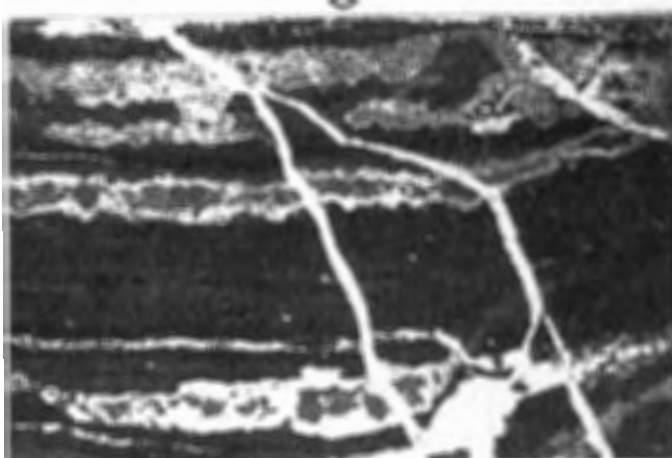
29



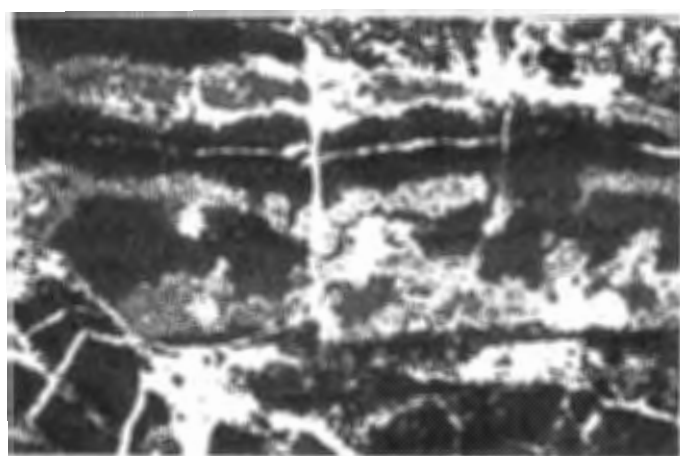
30



31



32



33

PLANCHE 6

Calcite nodulaire fibroradiée, avec noyau souvent micritique et de forme suborthogonale, noyée dans une masse de calcite ou de dolomite microsparitique.

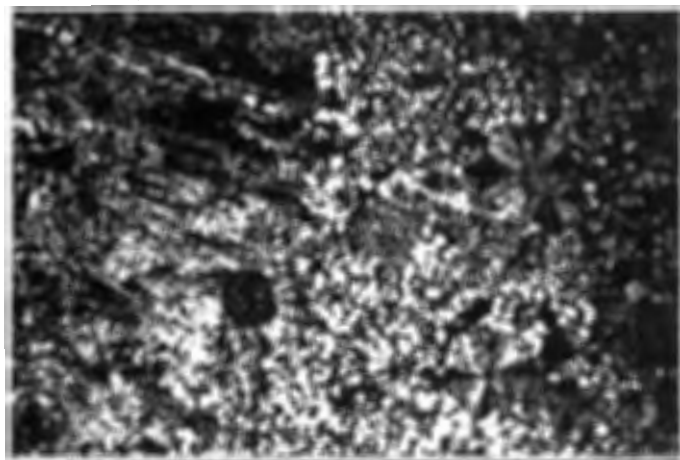
Photo 34 LM carotte III - 4.90 m $X = 24.7$ - $Y = 69.2$
Lumière polarisée. Echelle 1 : 25

Photo 35 LM carotte III - 5.50 m $X = 23.8$ - $Y = 63.0$
Lumière polarisée. Echelle 1 : 25

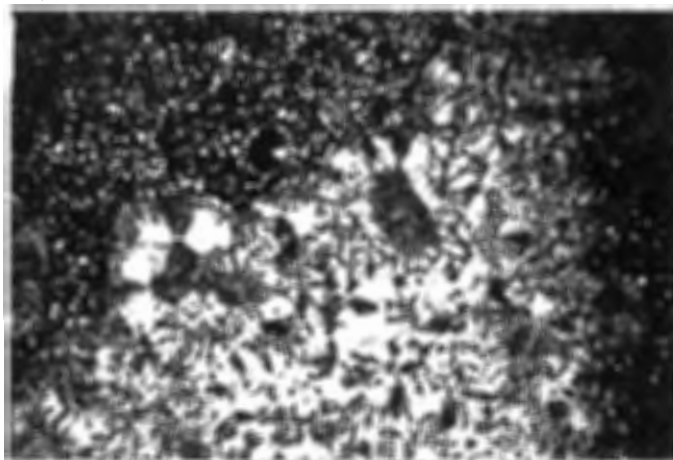
Photos 36 et 37 : LM carotte III - 4.90 $X = 28.5$ - $Y = 57.8$ (lame inversée)
Photo 36 : Lumière naturelle
Photo 37 : Lumière polarisée
Echelle 1 : 25

Photos 38 et 39 : LM carotte III - 4.90 $X = 26.4$ - $Y = 62.3$
Photo 38 - Lumière naturelle
Photo 39 - Lumière polarisée
Echelle 1 : 25

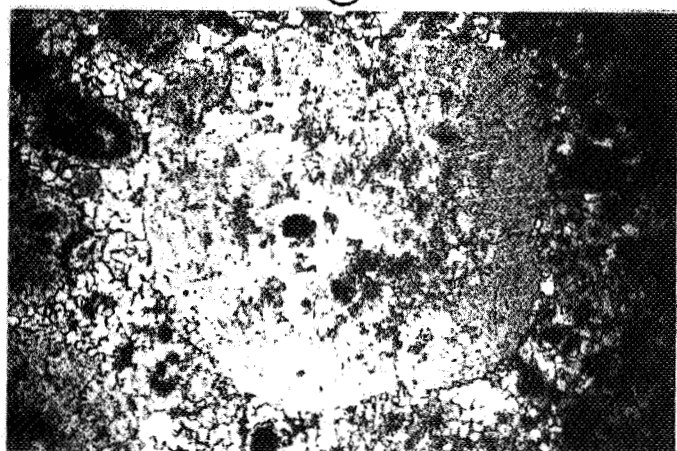
Photos 40 - 41 LM carotte III - 4.90 $X = 31.0$ - $Y = 63.6$
Photo 40 - Lumière naturelle
Photo 41 - Lumière polarisée
Echelle 1 : 25



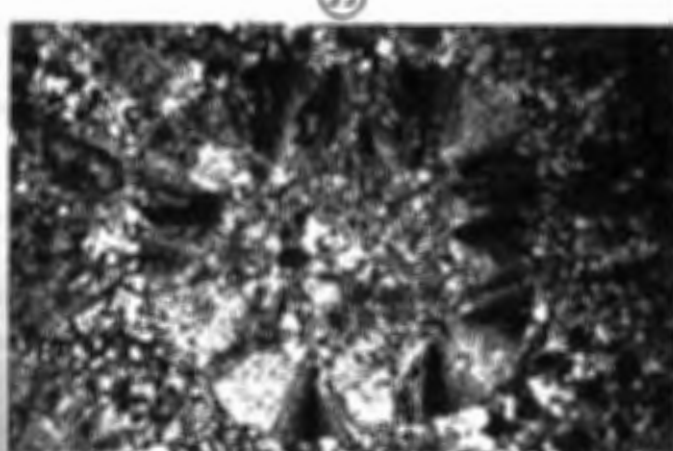
34



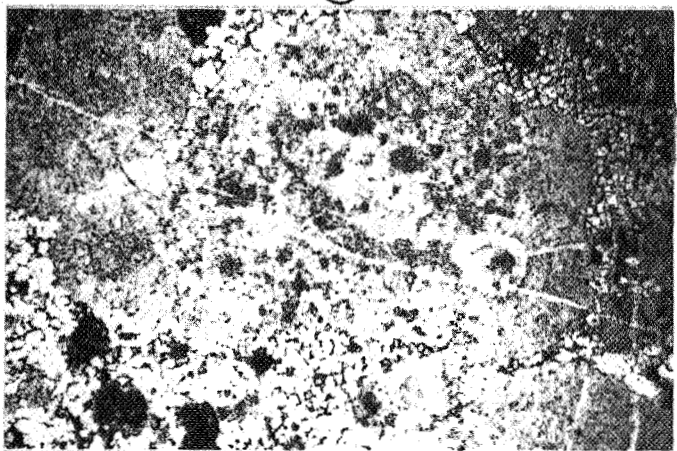
35



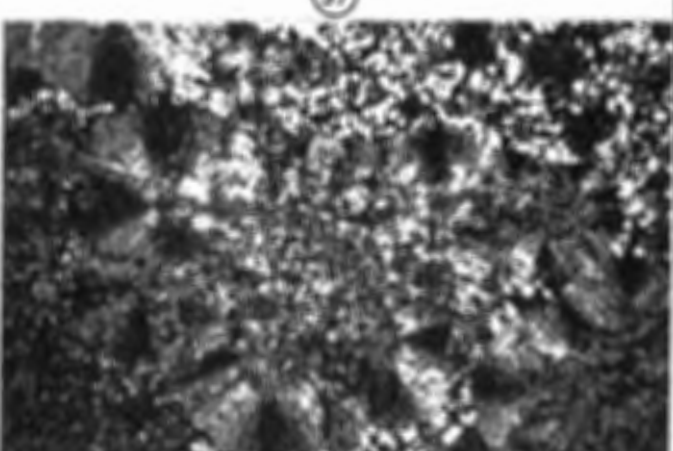
36



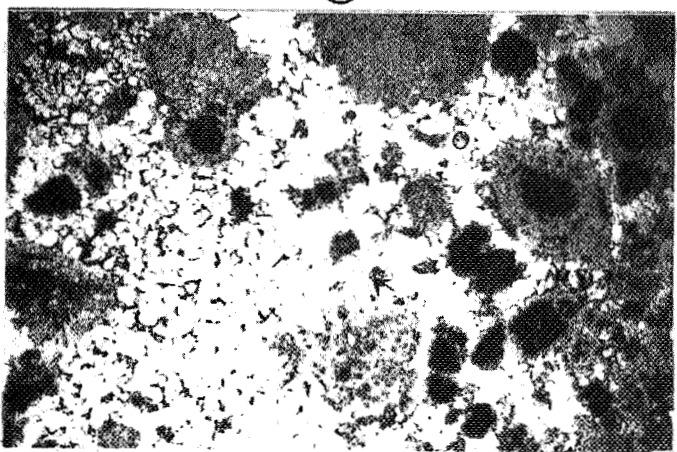
37



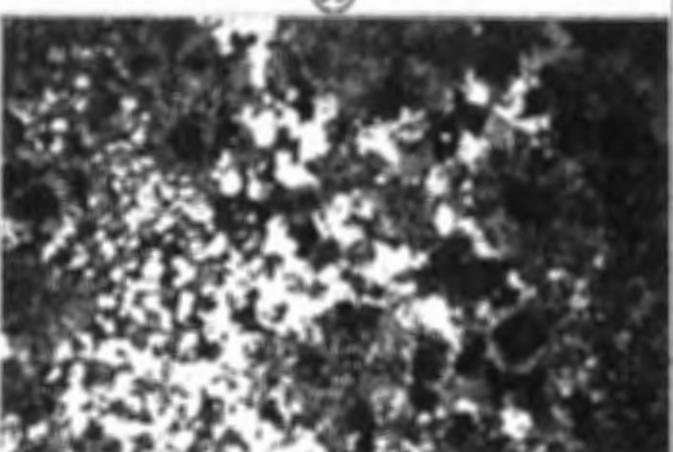
38



39



40



41

PLANCHE 7

Carotte III - 8.50 m .

Détail du calcaire finement straticulé, avec superposition de petites et grandes lentilles de calcite ou de dolomite sparitique que contournent des niveaux riches en matière organique (tapis algaires ?)

Carotte III - 8.50 m

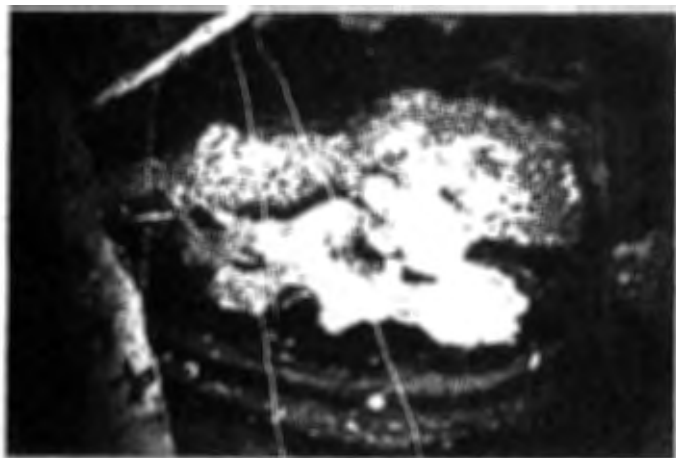
Photo 42 X = 7.6 - Y = 64.7

Photo 43 X = 16.4 - Y = 75.4

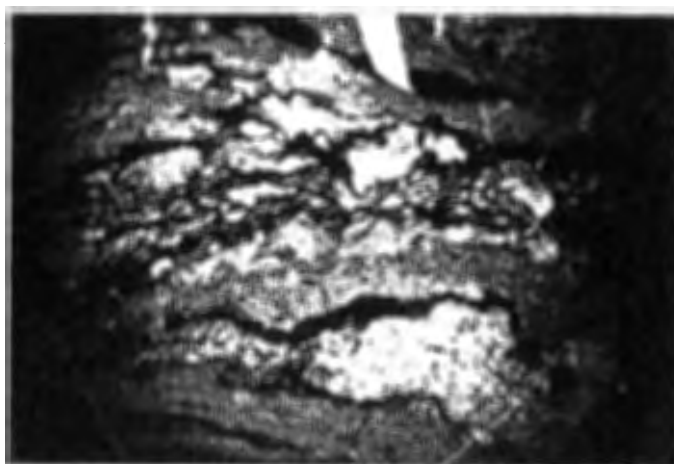
Photo 44 X = 30.8 - Y = 61.9

Photo 45 X = 30.6 - Y = 75.7

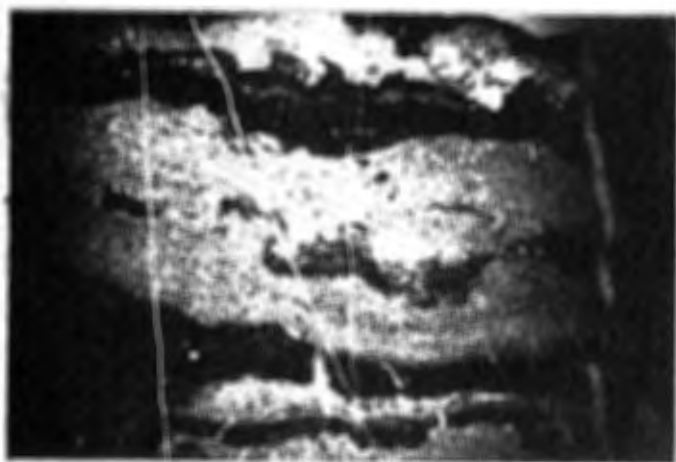
Lumière polarisée - Echelle 1 : 10



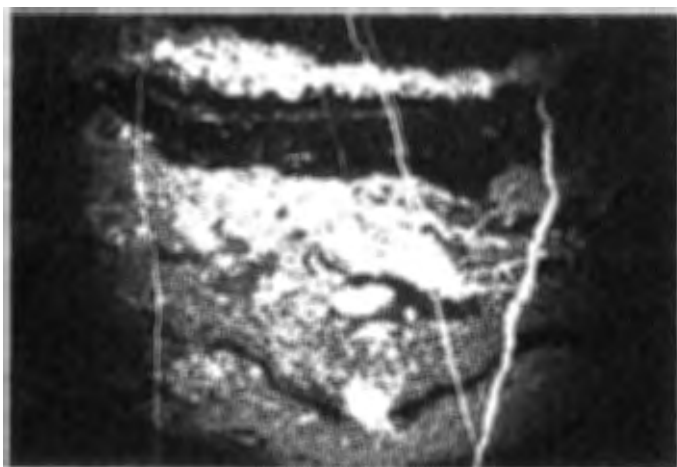
42



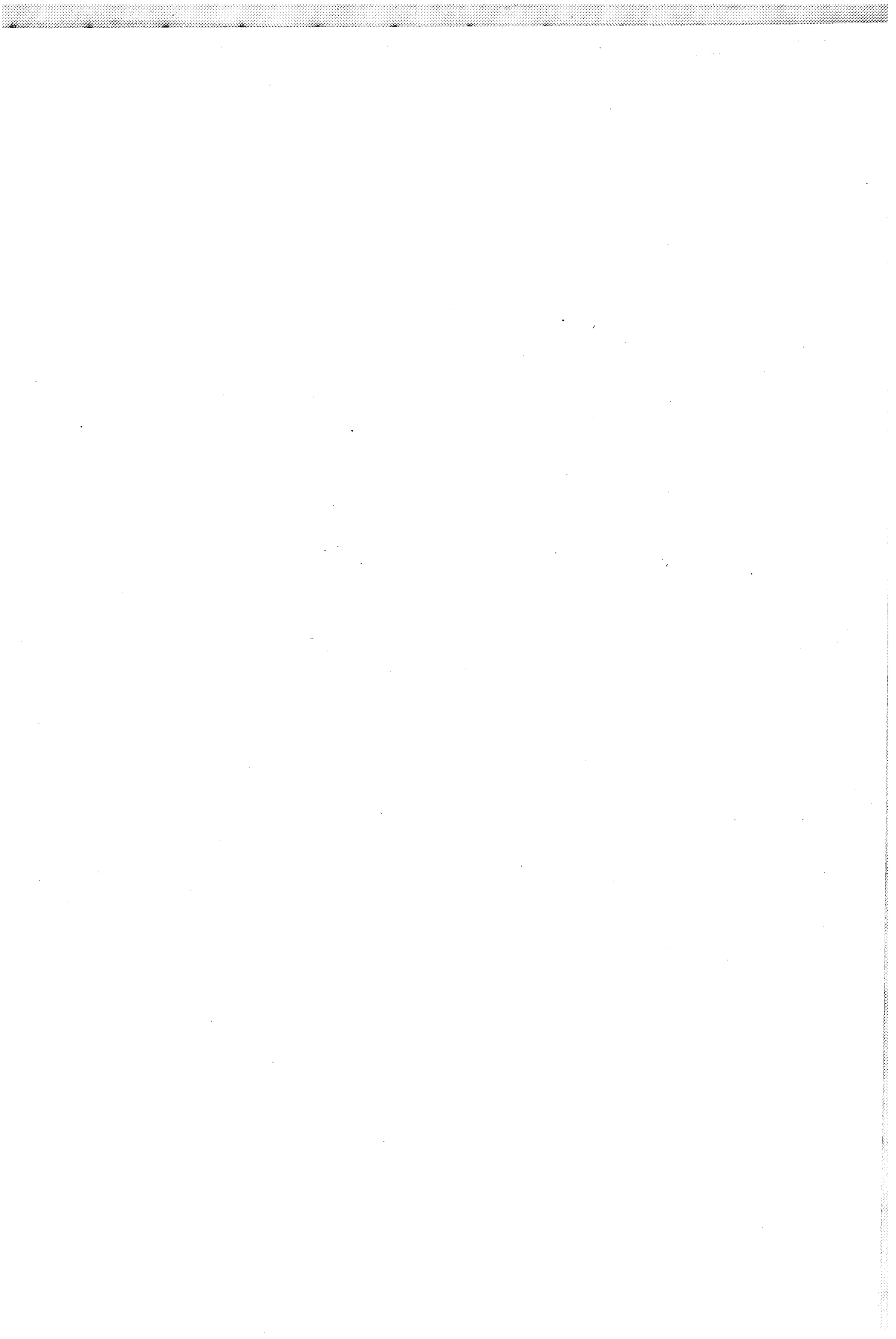
43



44



45



IV. SYNTHESE DES OBSERVATIONS ET DISCUSSION

Nous invitons le lecteur à feuilleter à nouveau les planches photographiques, classées par thème, pour suivre avec nous la synthèse des observations.

La planche I nous montre deux types de quartz :

- des cristaux de mégaquartz bourrés d'inclusions d'un minéral très réfringent en forme de petits bâtonnets : du gypse ou de l'anhydrite (Photos 2 et 4).
- des sphérules de quartz fibreux dont l'axe c est incliné à environ 30° par rapport à l'axe des fibres (Photo 1).

Cette variété de silice fibreuse, appelée "lutécite", est typique du remplacement de l'anhydrite (FOLK & PITTMAN, 1971).

Sur la photo 3, on peut voir le passage progressif de la lutécite à du mégaquartz à inclusions d'évaporites.

La planche 2 présente des fragments de calcaire, parfois dolomitisé (rhomboédres), où l'on distingue un grand nombre de sections sub-carrées d'un minéral disparu, actuellement micritisé. Il s'agit très probablement de pseudomorphoses de sel gemme (Professeur I. de Magnée, ULB).

La planche 4 donne une vision macroscopique de la carotte n° III si riche en informations :

- les photos 18 et 19 : brèches à éléments de calcschiste.
- les photos 20 et 21 : calcaire fin massif, à chert.
- les photos 22 et 23 avec leurs étonnantes sphérules de calcite fibreuse dont la position et l'allure donnent l'impression d'un remplacement.
- les photos 24 à 26 : calcschistes-dolcschistes finement strati-culés et microfracturés, avec nombreuses lentilles soulignées par des niveaux riches en matière organique.

La planche 5 présente divers détails de la brèche à éléments de calcschiste (photo 19, Pl. 4). Ce sont les microdéformations synsédimentaires (Photo 29); les rubans ou "choux fleurs" d'anhydrite ou de sel gemme de remplacement, actuellement presque totalement silicifiés, qui s'allongent parallèlement à la schistosité (Photos 30 à 33).

La planche 6 montre le détail des sphérules de calcite fibreuse des photos 22 et 23 (Pl. 4). Remarquons le noyau micritique dont la forme suborthogonale pourrait indiquer le remplacement d'un minéral de la série évaporitique (sel gemme ou anhydrite).

Finalement, la planche 7 nous permet d'examiner de plus près les petites et grandes lentilles, aujourd'hui constituées entièrement de dolomite et de calcite microsparitique, dont l'allure fait penser aux lentilles de sulfate. Notons également la fréquence de niveaux riches en matière organique (tapis algaires ?) qui indiqueraient un milieu intertidal.

Toutes ces observations (quartz à inclusions, lutécite, pseudomorphoses diverses) nous permettent de croire qu'il y a eu, dans les terrains traversés, présence d'évaporites. Que ces évaporites sont, aujourd'hui, entièrement dissoutes, ce qui explique la formation de la brèche calcaire. Ajoutons à cela la pauvreté de la faune, l'absence de foraminifères. Seuls quelques ostracodes (LM III, 4.80, 4.90) survivent dans ce milieu azoïque typique des zones évaporitiques.

CHAPITRE II : MESURES

I. MESURES EFFECTUEES SUR LE PUIT DE DOUVRAIN

1. Mesure de t°

a) au droit du karst, à 1.335 m :
une mesure faite à l'aide de 2 thermomètres à maxima (l'un tête en bas, l'autre tête en l'air, descendus dans une cloche au bout des tiges) donne à deux reprises : 79°C .

b) en surface :

la t° se stabilise vers 67°C .

Discussion : une telle différence de température entre le fond et la surface ($DT = 12^{\circ}\text{C}$) pose un problème.

N'y aurait-il pas mélange des eaux chaudes profondes avec des eaux de surface plus froides ? Mais à quel niveau se produirait ce mélange ?

C'est à ces questions que devraient répondre les mesures de flux et de température projetées dans un avenir proche sur le puits de Douvrain.

c) Log de température Schlumberger (voir annexe 2)

Remarque : L'enregistrement continu des températures a été fait en deux fois. Tout d'abord, avant la mise en place du tubage 7" (jusqu'à 1070 m); et puis, en fin de trou (1.353.8 m). Ces mesures en deux étapes expliquent le saut de température observé à 1.070 m.

La température passe par un maximum (69°C) vers 1.175 m, puis diminue pour atteindre 66.5°C au droit du karst.

Un transfert de calories par convection perturbe la stratification horizontale des températures induites par la seule conduction. Dans certains cas, on peut obtenir des régions à gradient géothermique négatif et cela en régime permanent (voir R. Legrand, 1975, pp. 36 et 37, fig. 1 et fig. 2).

Est-ce le cas du sondage de Douvrain ou, au contraire, se trouve-t-on ici en régime non stationnaire ? Il est difficile de se prononcer jusqu'à présent car on sait combien est long le temps nécessaire au rétablissement de l'équilibre des températures dans un sondage où la circulation des boues les a perturbées (voir. E.C. Bullard, 1946).

2. Mesure de débit

Le débit artésien naturel fut mesuré à 2 reprises par empotement, à l'aide de bacs à boue de 33 m^3 ; ceux-ci se remplirent en 14 min 30 sec et 16 min 10 sec ce qui donne un débit moyen de $129 \text{ m}^3/\text{h}$.

3. Mesure de pression

Lorsque la vanne est fermée, on mesure une pression de 4 bars en tête de puits.

II. GEOCHIMIE DES EAUX DE DOUVRAIN

Tableau I : Analyses des eaux de Douvrain

	I	II	III
Ca ⁺⁺	10.72	11.24	13.0
Mg ⁺⁺	4.47	4.68	4.4
Na ⁺	2.78	2.52	2.12
K ⁺	0.17	0.16	0.13
Sr ⁺	-	0.08	-
Σc^+	18.14	18.68	19.65
HCO ₃ ⁻	4.30	3.44	3.35
Cl ⁻	2.03	2.17	2.14
SO ₄ ⁻⁻	11.83	12.91	13.75
Σa^-	18.16	18.52	19.24

- I. Prélèvement du 24.12.1979. Laboratoire Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie.
- II. Prélèvement du 11.01.1980. Laboratoire du Prof. Elskens (VUB)
Mesurés sur place : ph 6,6; température : 66°C,
dureté totale 25.0 DF ($7.939 \cdot 10^{-3}$ M pour total Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺)
Réserve alcaline : 213 mg/l (3,5 még/l)
M = Mole par litre
DF = degré français
- III. Prélèvement du 23.01.1980 - Laboratoire Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie.

A titre de comparaison, les tableaux II et III donnent les analyses des eaux de St. Ghislain et celles des Tunnels de Baudour.

Tableau II : Analyses des eaux du sondage de St. Ghislain

	1	2	3
Cl ⁻	2.65	2.73	2.18
SO ₄ ⁻⁻	23.82	23.45	26.02
HCO ₃ ⁻	2.95	2.50	3.16
Σ a ⁻	29.42	28.68	31.36
Ca ⁺⁺	20.52	21.37	21.31
Mg ⁺⁺	4.18	3.91	6.45
Na ⁺	4.00	3.33	4.03
K ⁺	0.56	0.26	0.23
Sr ⁺⁺	-	0.16	0.16
Σ c ⁺	29.26	29.03	32.18

1. Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie de Bruxelles; prélèvement du 20/4/76.
2. Laboratoire Prof. Elskens VUB Bruxelles); prélèvement du 5/4/79.
3. Laboratoire Prof. Elskens; prélèvement du 11/1/80.

Tableau III : Analyse des eaux des Tunnels de Baudour

	1	2	3	4	5
HC03 ⁻	3.13	3.90	3.36	3.59	3.45
SO4 ⁼	17.00	15.45	15.68	16.448	14.80
Cl ⁻	2.14	2.04	1.92	2.199	3.73
Ca ⁺⁺	15.78	15.20	14.96	14.57	15.16
Mg ⁺⁺	4.26	3.80	3.50	4.358	3.46
Na ⁺	2.23	0.64	2.43	0.782	2.40
K ⁺		1.48	0.17	0.281	0.26
Σ a ⁻	22.27	21.39	20.96	21.237	21.98
Σ c ⁻	22.27	21.12	21.06	20.000	21.28

1. Institut Meurice de Bruxelles, Février 1906. Venue du Tunnel I à 929 m de l'origine (publié par J. DELECOURT, 1936)
2. Camerman 1949
3. I.R.A.M. 1968 (Institut Reine Astrid - Arts et Métiers - St. Luc - Mons)
4. Aachen Lab. Prof. Langguth. Prélèvement du 28.06.1978
5. Lab. Prof. Elskens (VUB Bruxelles) 5 avril 1979

Prélèvements
"en
surface"

Commentaire :

Il apparaît, de la comparaison de ces trois séries d'analyses, que l'eau de Douvrain est beaucoup moins minéralisée que celle de St. Ghislain, mais aussi moins chargée que les eaux des Tunnels de Baudour. Cette observation viendrait confirmer l'hypothèse d'un mélange des eaux profondes avec des eaux de surface non sulfatées et plus froides.

III. ESSAI DE MISE EN PRODUCTION DU PUIT DE LONGUE DUREE (1 MOIS)

On laissa le puits de Douvrain débiter (débit naturel artésien) pendant 29 jours : du 7 janvier au 4 février 1980.

Simultanément, on enregistra le comportement de la nappe du calcaire carbonifère aux deux points d'observations suivants : le sondage de St. Ghislain et les Tunnels de Baudour situés respectivement à 3,4 km et à 2,2 km du sondage de Douvrain (voir fig. 2, p. 4).

Le puits de St. Ghislain est équipé d'un circuit de mesure avec enregistrement, en continu, des température, pression, débit, conductivité. Aucune variation de pression ne se fit sentir au cours de la période d'essai.

Quant au piézomètre des Tunnels, il accuse des variations de niveau de la nappe phréatique que l'on peut mettre en relation avec les variations de la pression atmosphérique et de la pluviométrie (montée du niveau piézométrique !).

Ces résultats sont encourageants car ils semblent indiquer que la nappe intéressée par l'essai a un volume énorme.

IV. PROBLEME D'EVALUATION DU DEBIT D'EAU CHAUDE D'ORIGINE PROFONDE SE MELANGEANT NATURELLEMENT AUX EAUX FROIDES DE LA NAPPE PHREATIQUE DANS LES TUNNELS DE BAUDOUR.

L'eau s'équilibre au sondage de Douvrain à la cote + 71 m (altitude (Z = 31 m) + (P = 4 bars)) tandis que le niveau de l'eau dans les galeries plongeantes de Baudour est de 35,4 m (altitude 72.4 m - niveau piézom. : 37 m) Cette différence de (71 - 35.4) 35,6 m représente, pour l'essentiel, la perte de charge subie par l'eau dans son mouvement ascensionnel par la faille aquifère jusqu'à son exutoire vers la nappe des craies. Cette perte de charge est proportionnelle à une puissance "nième" du débit, "n" étant au minimum égal à 2.

On observe également une chute de température puisque, aux galeries plongeantes, on a mesuré jadis 53°C à 350 mètres de profondeur, tandis que l'on mesure 79°C à Douvrain. Cette différence de température de 26°C (DT : 79° - 53°) est liée à l'inverse du débit.

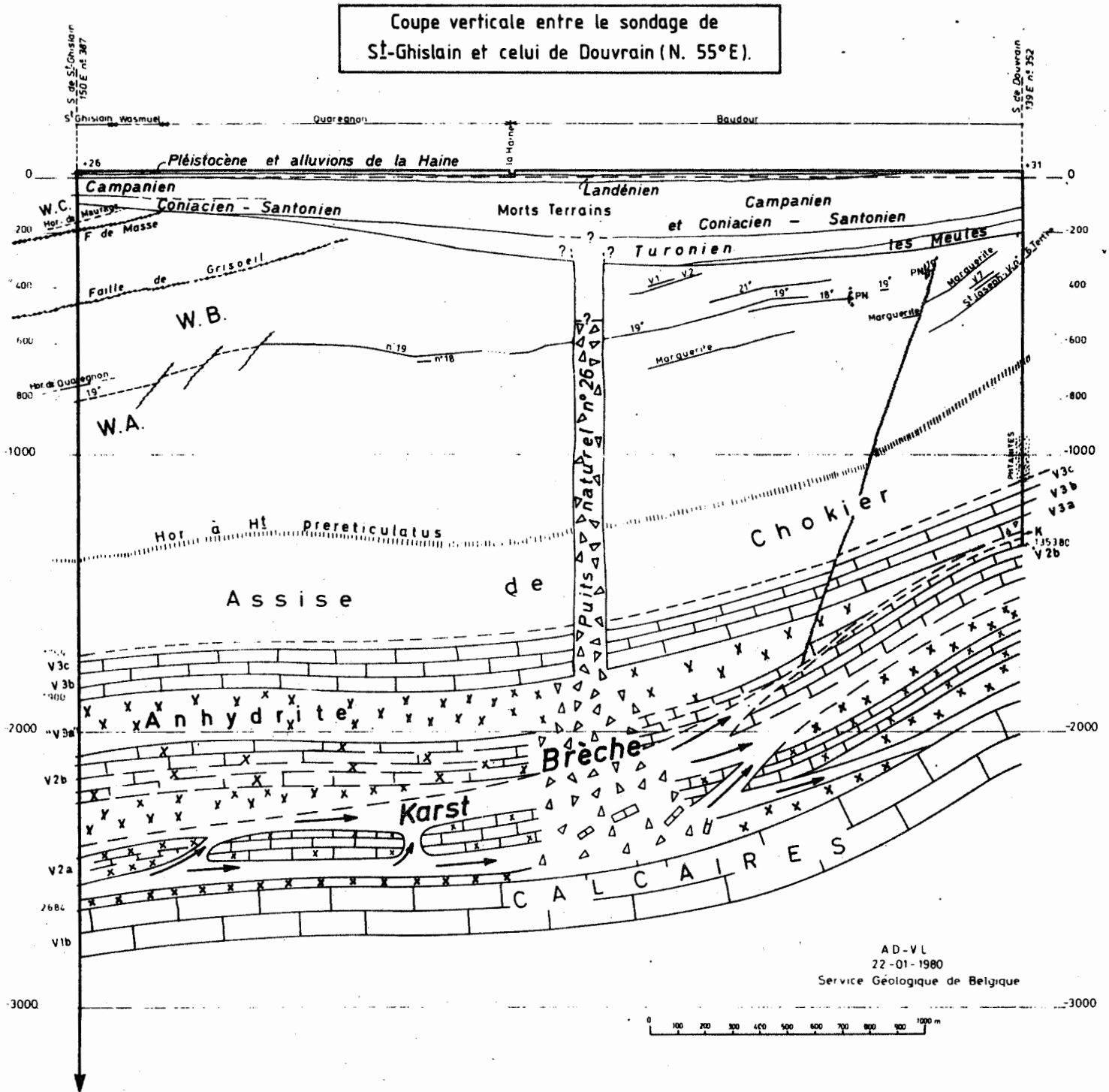
Ces deux données (perte de charge = 35,6 m; DT = 26°C) ne sont cependant pas encore suffisantes pour chiffrer le problème.

Il apparaît toutefois que le débit naturel qui, spontanément, s'échappe de la nappe profonde des calcaires viséens, pour se déverser dans la nappe phréatique, est loin d'être négligeable.

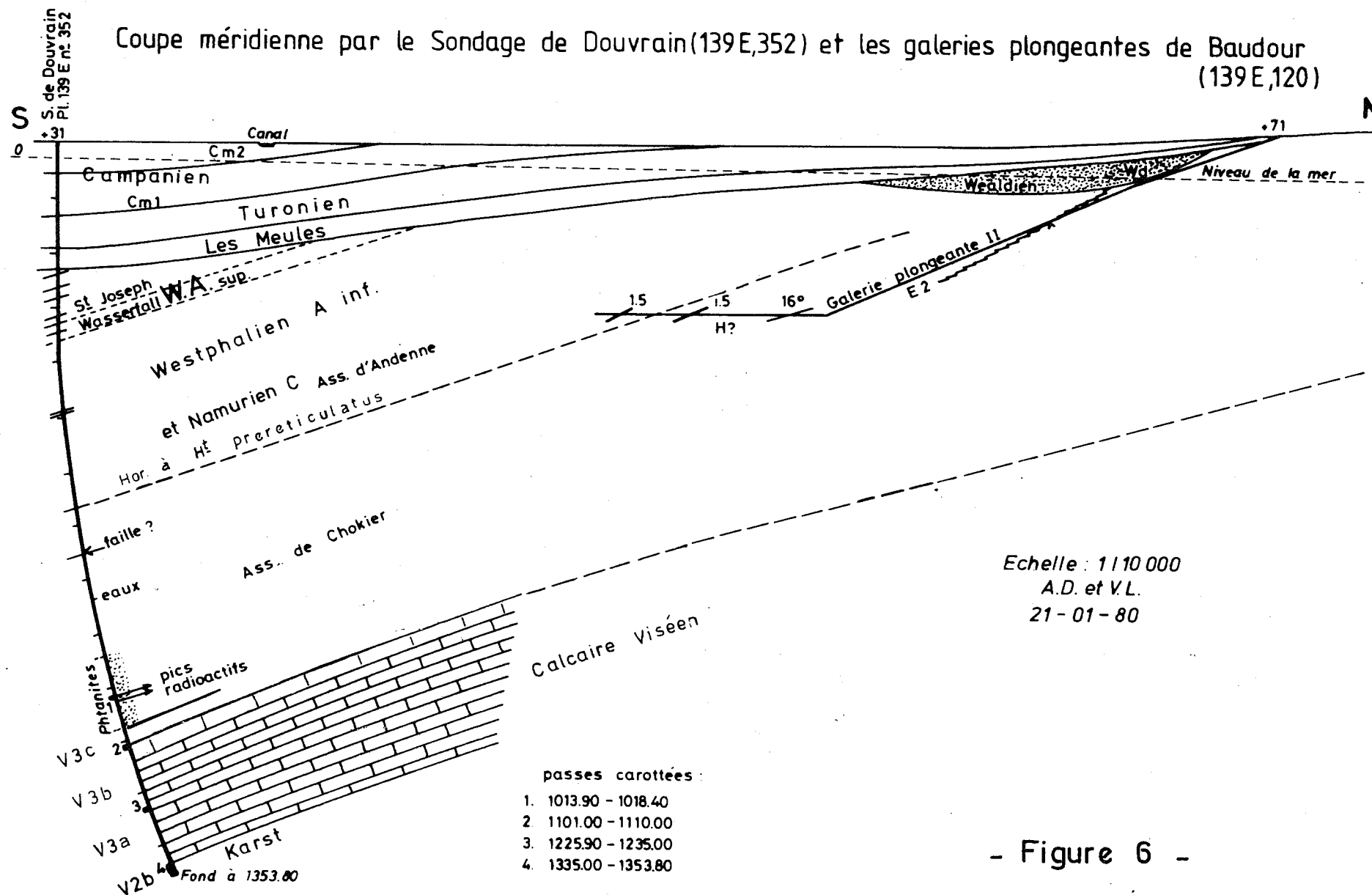
V. INVENTAIRE DES DIAGRAPHIES SCHLUMBERGER REALISEES DANS LE
SONDAGE DE DOUVRAIN.

TABLEAU IV

	145.5 → 1070.3 m	1070.3 → 1353.8 m
Four - arm High resolution Continuous Dipmeter + CYBER DIP V 14.4 Mode 4/2 Algo2	1/200 et 1/1000 1/200 et 1/1000	1/200 well site processing CYBERDIP 1/200
Four arm high resolution Continuous dipmeter (Computed results)	1/200 et 1/1000	1/200 - 1/1000
Four arm high resolution Continuous dipmeter : - Play back for coal seams delineation - Fracture identification Log presentation	1/40 300-500 m 1/40 600-800 m	1/40 1300-1350
Simultaneous Dual Laterolog micro-spherically focused log	1/1000 et 1/200	
Simultaneous compensated neutron formation density (+ Gamma Ray)	1/200 - 1/1000	non compensated formation density + Gamma Ray 1/1000 - 1/200
Borehole compensated Sonic Log (+ Gamma Ray) + sonic wave form 5 + openhole variable density log	1/200 - 1/1000 1/200 1/200	
Temperature Log	1/200 - 1/1000	1/200 - 1/1000

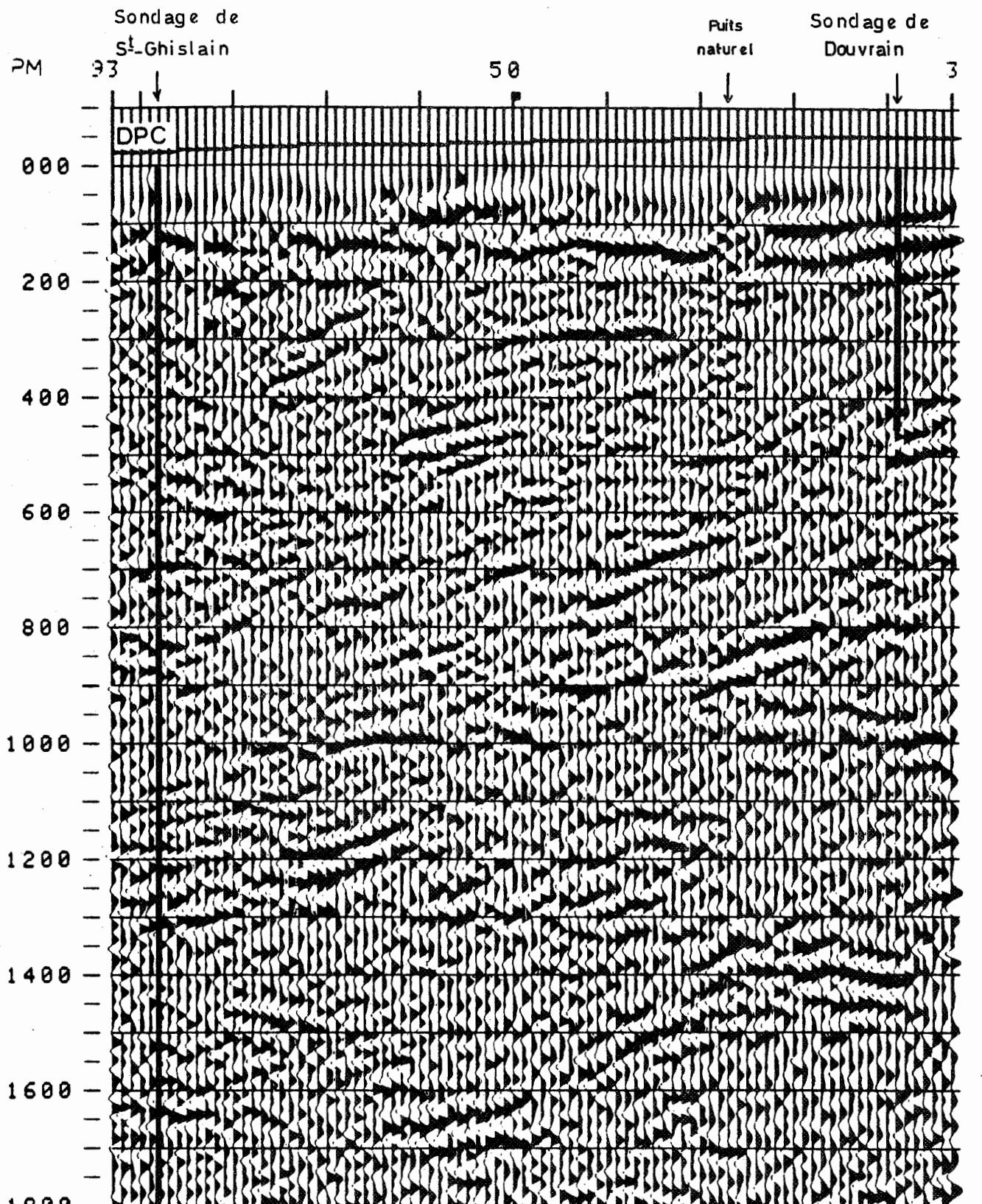


- Figure 5 -



Profil H2 EXT.

Echelle des abscisses : 25 000^{ème}



- Figure 7 -

CHAPITRE III : CORRELATION AVEC ST.GHISLAIN ET
LES TUNNELS INCLINES DE BAUDOUR

I. COUPES SYNTHETIQUES ENTRE ST. GHISLAIN-DOUVRAIN-LES TUNNELS DE BAUDOUR

A. Coupe St.Ghislain - Douvrain (Figure 5)

Cette coupe montre que le premier paquet d'anhydrite rencontré à St. Ghislain ne se retrouve pas au sondage de Douvrain où l'on passe directement du calcaire V3b et de la brèche V3a au calcaire V2b. La brèche V3a étant le témoin de la présence antérieure d'évaporites et de leur dissolution.

Notons ensuite que le karst a été traversé, à Douvrain, à un niveau stratigraphique supérieur à celui où il a été traversé à St.Ghislain.

Le sondage ayant été arrêté au droit de ce premier karst, les questions suivantes restent en suspens. Y aurait-il, plus bas, des évaporites non encore totalement dissoutes ? Existe-t-il d'autres niveaux karstiques à plus grande profondeur ? La circulation karstique complexe représentée sous le sondage de Douvrain illustre ces questions, mais appartient, bien sûr, au domaine des hypothèses.

La coupe St. Ghislain - Douvrain passe au travers d'un des nombreux puits naturels rencontrés dans la région (voir figure 2, p. 4). La numérotation de ce puits (n° 26) est celle utilisée dans un article en cours de publication (A. Delmer et P. Van Wichelen).

Le redressement des couches vers le Nord est confirmé par le profil sismique H2 ext (Figure 7) (campagne sismique Hainaut 1979, en cours de publication) où l'on peut voir les niveaux réflecteurs assimilés au calcaire carbonifère et au Dévonien moyen se redresser assez brusquement à la latitude du sondage de St. Ghislain.

Sur ce même profil sismique, l'on devine un accident vertical aux environs de la ligne 27. Il s'agit, très probablement, d'un des puits naturels parmi le groupe de puits rencontré à cet endroit (voir trace du profil sismique, figure 2).

B. Coupe Douvrain - les Tunnels inclinés de Baudour (Figure 6)

Cette coupe présente le sondage de Douvrain, dévié vers le Nord, et les galeries de Baudour plongeant sous les morts-terrains en suivant le terrain houiller. A. Delmer a prouvé stratigraphiquement que l'eau chaude sourdait aux deux "Tunnels de Baudour" à la traversée d'une faille normale, fortement pentée et dont on peut mesurer le rejet (A. Delmer, 1979, Figure 5). Si on assimile cette faille à celle que les travaux souterrains du Siège de Tertre ont révélée, et que nous avons représentée à l'extrémité nord-est de la coupe St.Ghislain-Douvrain (Figure 5), il faut admettre que dans les "galeries plongeantes" de Baudour, la faille est inclinée vers l'ouest et non vers l'est. Cette idée est parfaitement possible et même vraisemblable; elle s'accommode du sens du rejet si la pente des strates est inférieure à celle des galeries, soit inférieure à 25°.

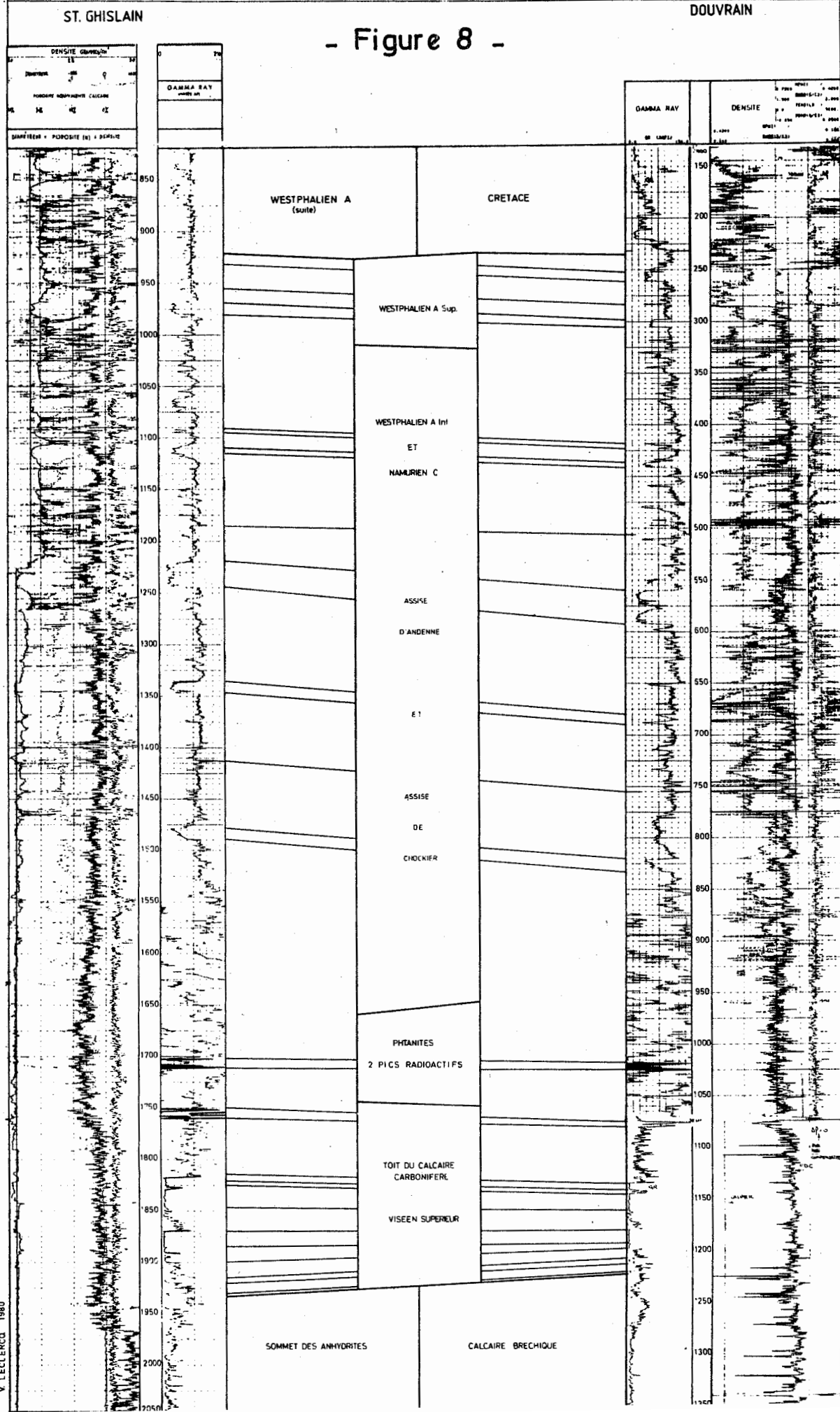
II. CORRELATION DOUVRAIN-ST. GHISLAIN

Cette corrélation a été réalisée au moyen des logs Schlumberger de gamma-ray et de densité (voir figure 8). Les pics de radioactivité maximale, rencontrés dans les phanites, ont été pris comme horizontale.

Notons que le parallélisme est très bon dans le Westphalien, le Namurien, et particulièrement remarquable dans le calcaire carbonifère. Cette corrélation disparaît quand, à St. Ghislain, le sondage pénètre dans les séries évaporitiques. Tandis qu'à Douvrain nous avons alors une brèche calcaire, que nous avons interprétée comme étant le résultat de la dissolution de niveaux évaporitiques. Le log de densité montre, au droit de cette zone bréchique, des pics de densité plus faible que nous interprétons comme une série de fractures dont la plus importante est le karst traversé vers 1335 m. Il est très probable que ces fractures, non remarquées en cours de forage, débitent elles aussi. Nous espérons que la mesure de flux projetée apportera ces précieux renseignements.

Remarquons que la réduction d'épaisseur des séries traversées à Douvrain, par rapport à St. Ghislain, s'explique par le fait que le sondage, dévié vers le nord, tend à attaquer les couches perpendiculairement à la stratification.

CORRELATION ENTRE LES SONDAGES DE DOUVRAIN ET ST. GHISLAIN
AU MOYEN DES LOGS SCHLUMBERGER DE
GAMMA-RAY ET DENSITE DE FORMATION.



BIBLIOGRAPHIE

- BULLARD, E.C. - 1946 : "The time necessary for a bore hole to attain temperature equilibrium".
Monthly notice of the R. Astron. Soc. London
1946, 5., pp.127-130.
- DELECOURT, J. - 1936 - 1937 : "Sur la composition chimique des eaux souterraines du couchant de Mons et des régions limitrophes".
Annales Société Géolog. de Belgique
t.LX(60) - 1936-1937, pp.B107-123.
- DELMER, A. - 1977 : "Le Bassin du Hainaut et le sondage de St Ghislain".
Professional Paper 1977/6 - n°143.
- DELMER, A. - 1979 : "Hydrodynamique de la nappe aquifère du calcaire carbonifère en Hainaut".
Ann. Soc. Géologique, Liège - T.102, pp.259-264.
- FOLK, R.L. & PITTMAN, J.S. - 1971 : "Length-show Chalcedony : a new testament for vanished evaporites".
Journ.Sed.Petrol., vol.41, n°4, f.1045-1058.
- HOFKER, Jan - 1966 : "Maestrichtian, Danian and Paleocene Foraminifera".
Palaeontographica Suppl. 10/I-II, 1 - 376
Stuttgart, september 1966.
- LEGRAND, R. - 1975 : "Jalons géothermiques".
Mémoire pour servir à l'explication des cartes géologiques et minières de la Belgique, n°16, Bruxelles.
- MARLIERE, R. - 1976 : "Les Eaux chaudes de Baudour (Hainaut, Belgique) et les Tunnels inclinés."
Mém. et Public. Soc. Sc. Arts et Lettres - Hainaut
Mons, 1976, vol.87, pp.35-131, 10 fig., 1 pl.

ANNEXES

- Annexe 1 -

SERVICE GEOLOGIQUE DE BELGIQUE

SONDAGE DE DOUVRAIN

PL. 139 E (BAUDOUR) N° 352

Coordonnées { Lambert { x = 113.597,75
y = 129.095,45
Mines { y = + 6.662,95
x = + 1983,73

Altitude de l'origine des profondeurs: + 30,966

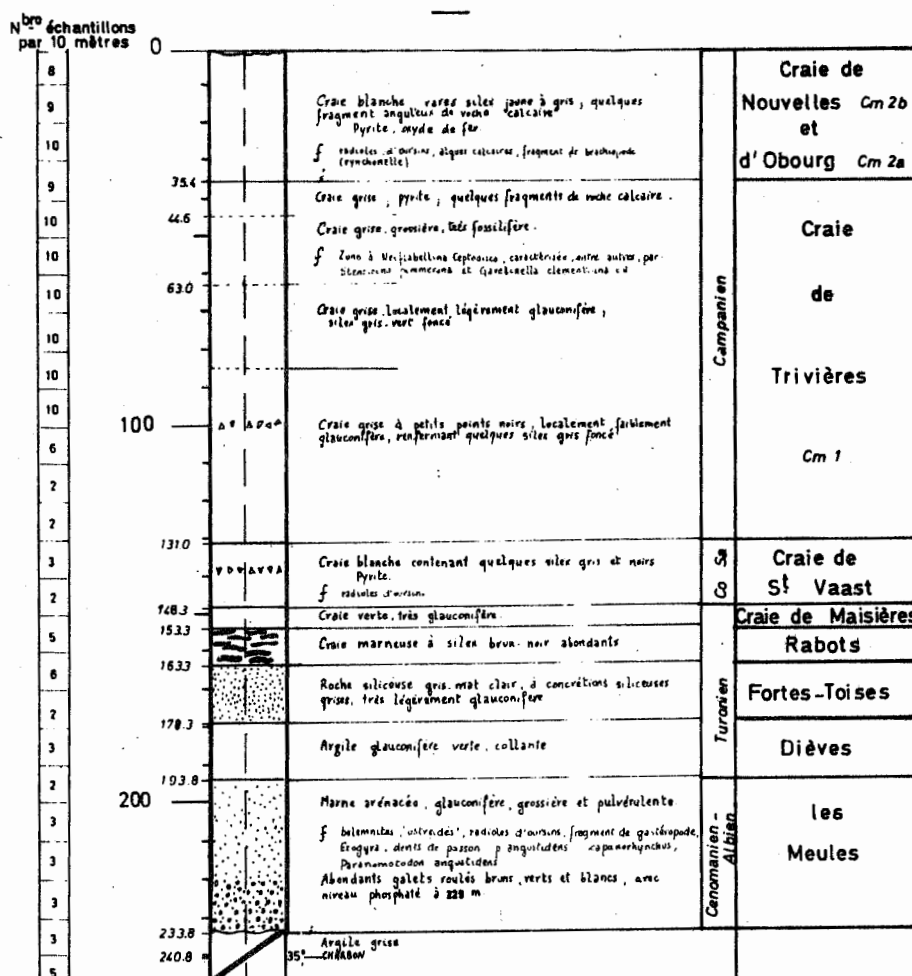
Commettant : Service Géologique

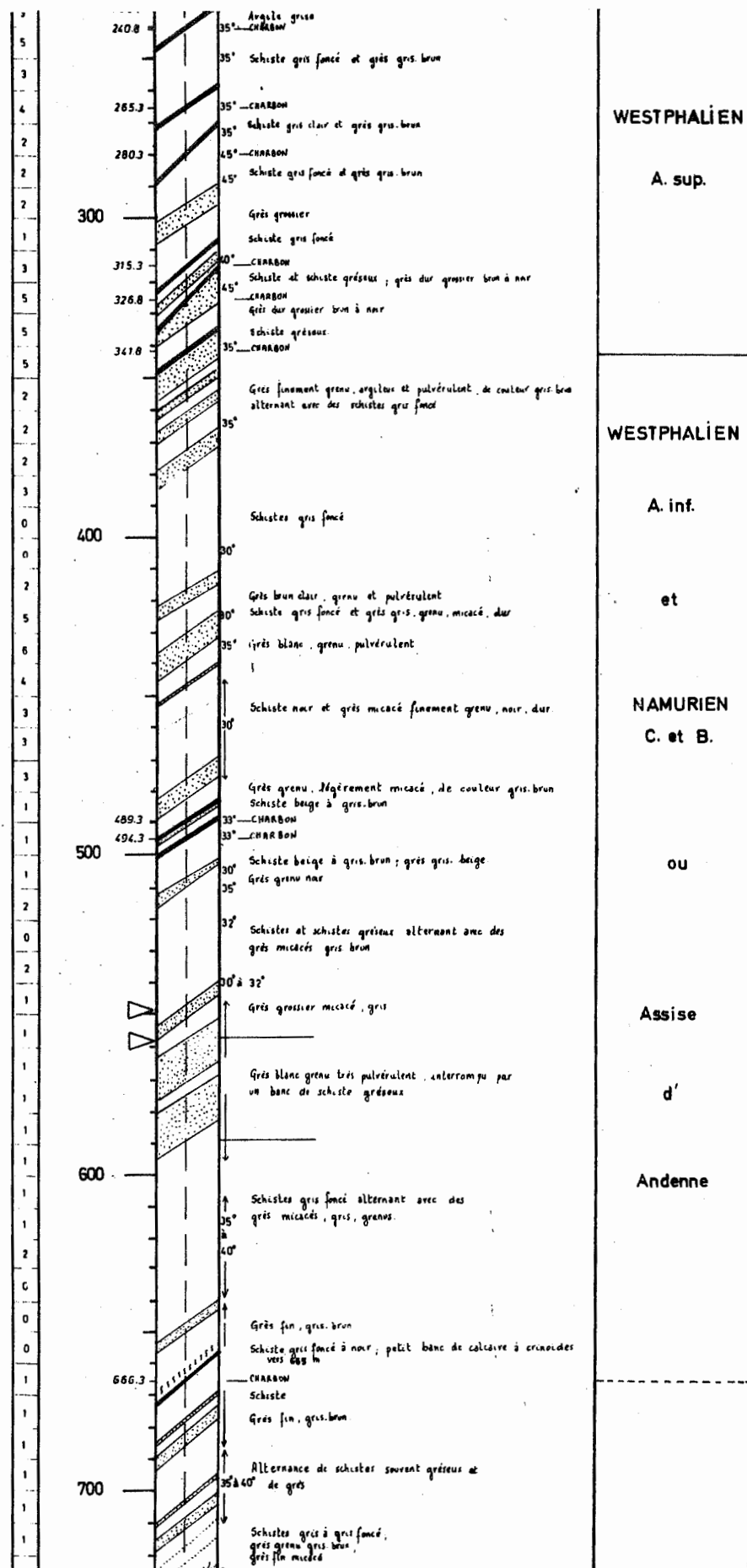
Entrepreneur : S.A. Foraky de Bruxelles

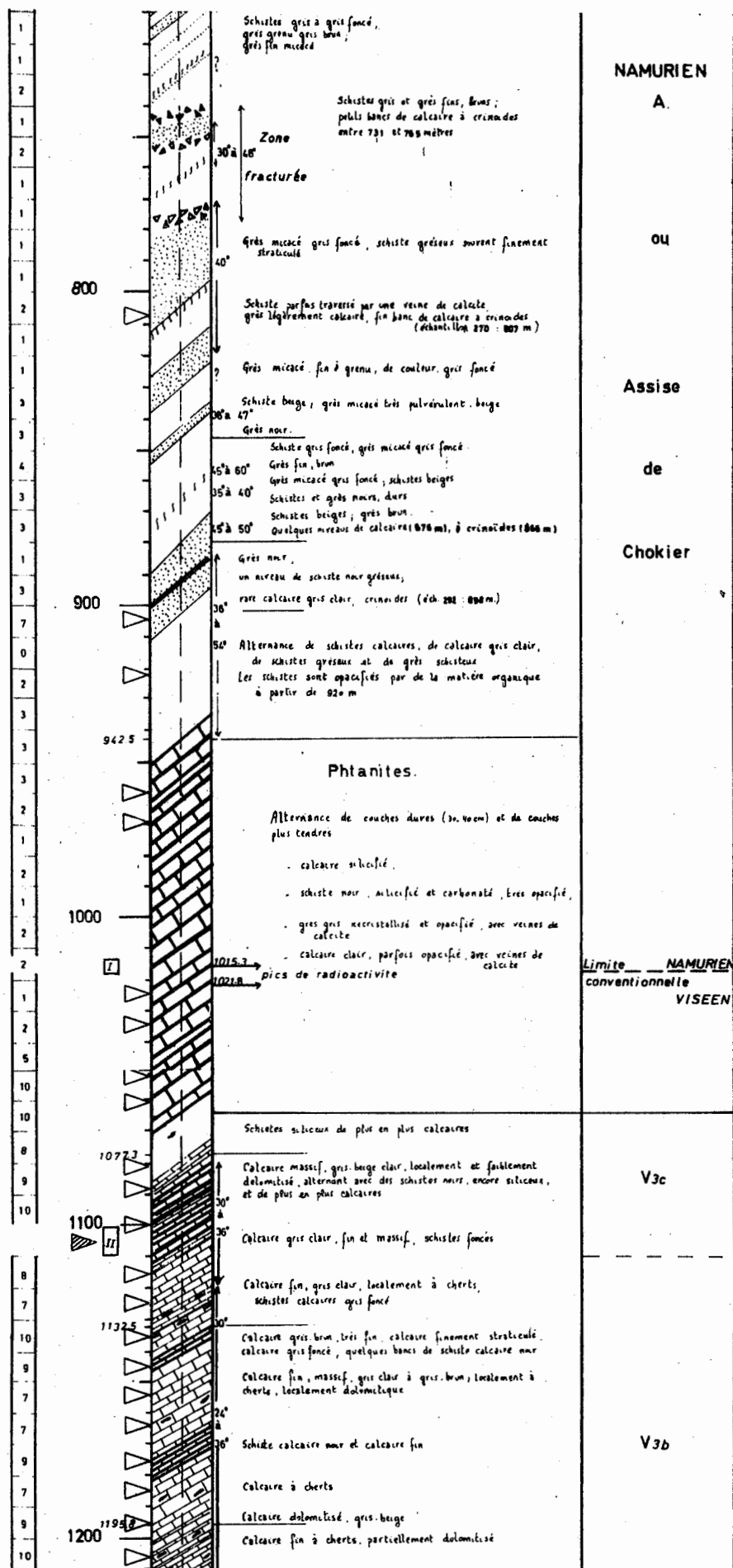
Geologues : A. Delmer et V. Leclercq

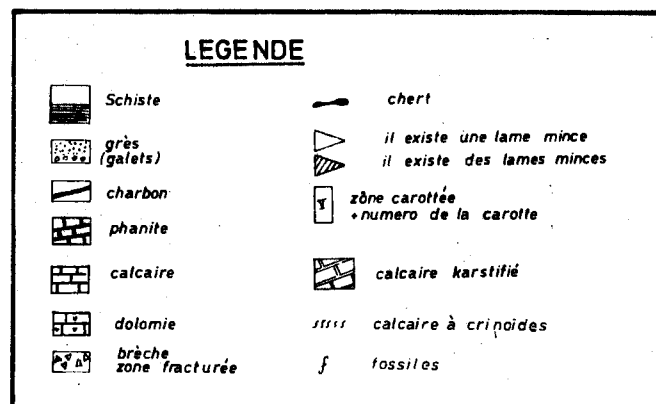
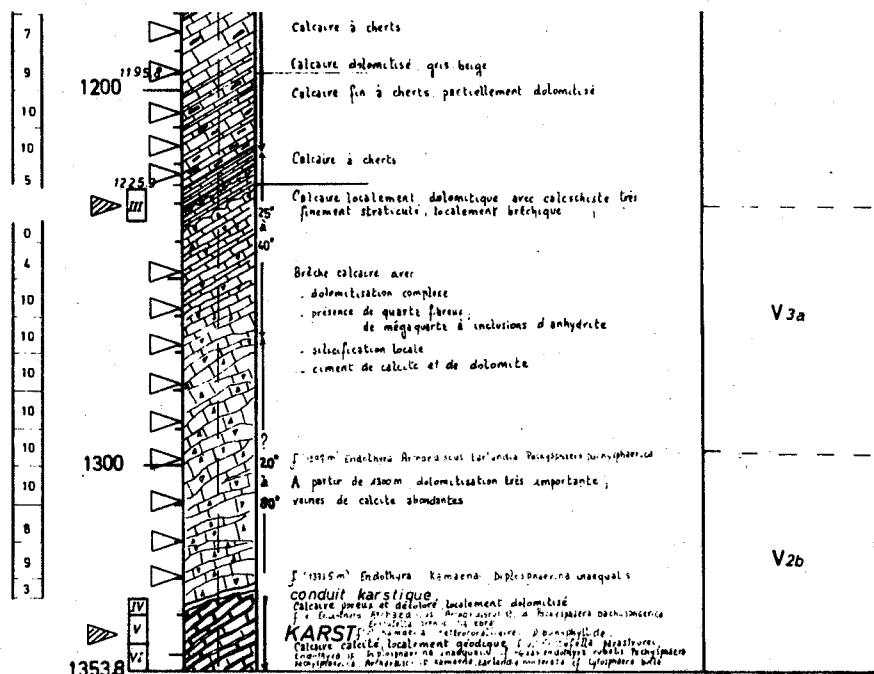
18 septembre au 15 décembre 1979

Echelle des profondeurs: 1 à 2000









V. Leclercq
1980

DIAGRAMMES SCHLUMBERGER EXECUTES DANS LE SONDAGE DE DOUVRAIN

(Pl. 139 E N° 352)

