

Affleurement de St Aubin (coupe ST AUBIN-1).

L'ancien affleurement et exploitation de St Aubin, situé en face de l'hôtel Pattus, se trouve aujourd'hui dénaturé par de nombreuses constructions. L'étude du gisement dut ainsi être reportée sur un autre affleurement d'extension lithostratigraphique identique, situé 250m au nord-Est.

L'affleurement est constitué par la tranchée de la voie ferrée, sous le pont situé l'entrée est du village (coord. 549.540 / 193.960). Sommairement décrit par FREY (1922), il recoupe partiellement le passage de la formation de la Pierre jaune de Neuchâtel la formation des Calcaires urgoniens du Jura. Les calcaires micritiques madréporaires au dessus de la discontinuité (B), représentent les faciès calmes de transgression de la base des Calcaires urgoniens du Jura. La séquence précédant la discontinuité (B) est caractérisée par le passage de calcaires bio-pelclastiques fins (quartz), des calcaires oo-bioclásticos. Elle est caractéristique de la formation de Pierre jaune de Neuchâtel.

La partie supérieure du gisement d'asphalte affleure la base de la tranchée, avec une puissance inférieure 2m alors que FREY (1922) mentionne une puissance totale du gisement de 6m.

La coupe ST AUBIN-1 d'une puissance de 6.0m a été levé sur la partie nord-ouest de la tranchée, au nord-est du pont, 34 échantillons ont été prélevés.

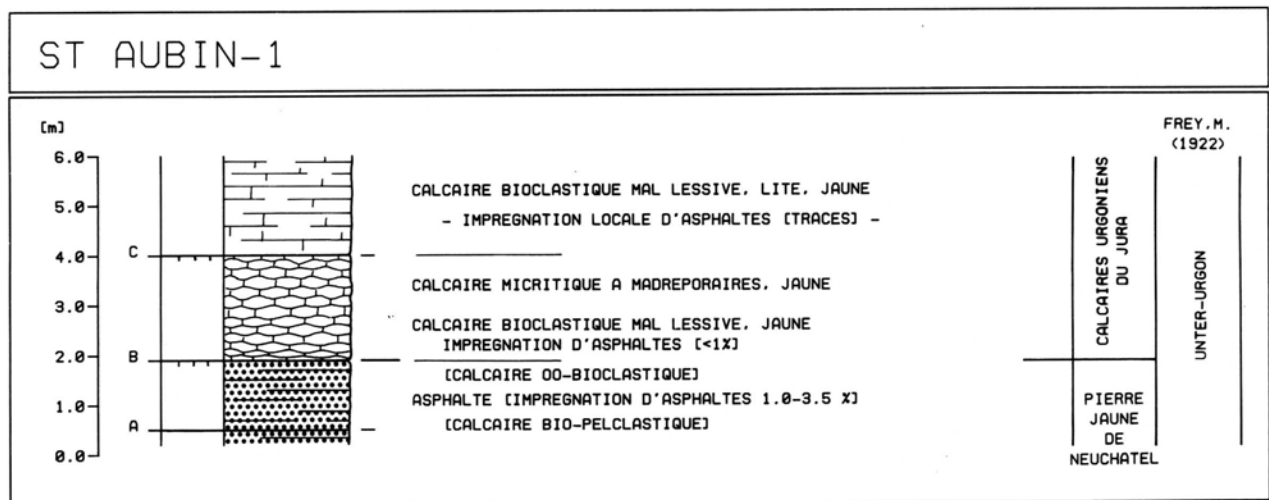


Fig. 25 Profil lithostratigraphique de la coupe ST AUBIN-1.

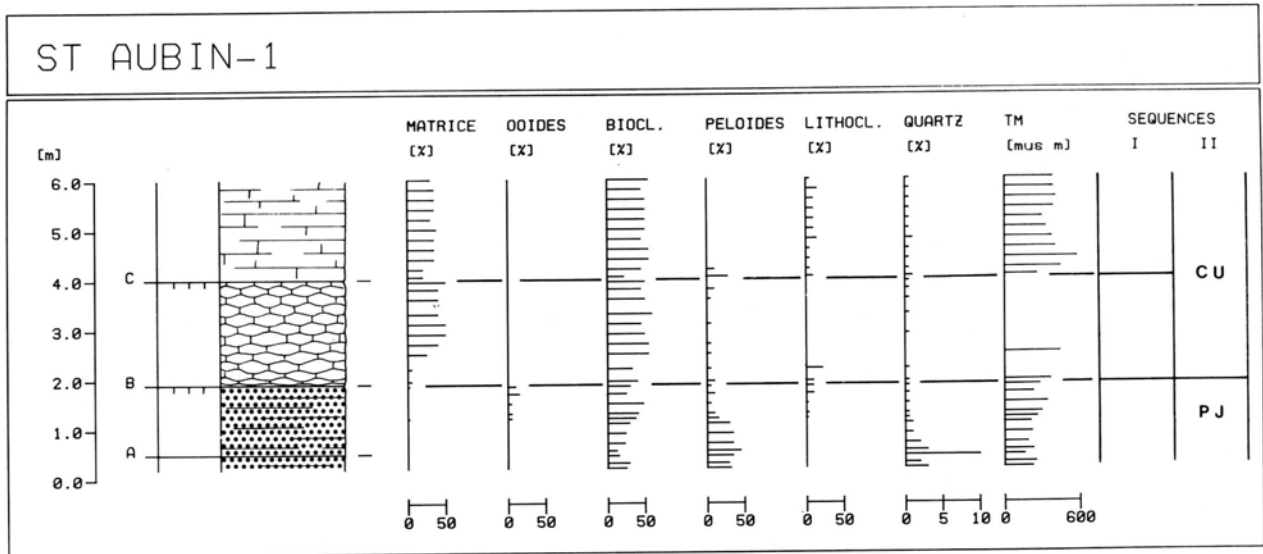


Fig. 26 Profil séquentiel de la coupe ST AUBIN-1.
 Séquences I : séquences élémentaires
 Séquences II : séquence de deuxième ordre (formations)

Affleurement de Chez-le-Bart (coupe ST AUBIN-2)

Situé au nord du village de Chez-le-Bart (1km au nord-est de St Aubin), l'affleurement est constitué par la tranchée CFF immédiatement au nord-est du sous-voies de la route secondaire Chez-le-Bart - Gorgier. La tranchée recoupe la partie supérieure de la Pierre jaune de Neuchâtel. La séquence (E-B) représente une séquence élémentaire correspondant la séquence virtuelle de la formation de la Pierre jaune de Neuchâtel. La discontinuité de La Russille n'est pas atteinte sur cet affleurement. La coupe ST AUBIN-2 d'une puissance de 9.0m été levée sur la partie Nord-Ouest de la tranchée. 52 échantillons ont été prélevés.

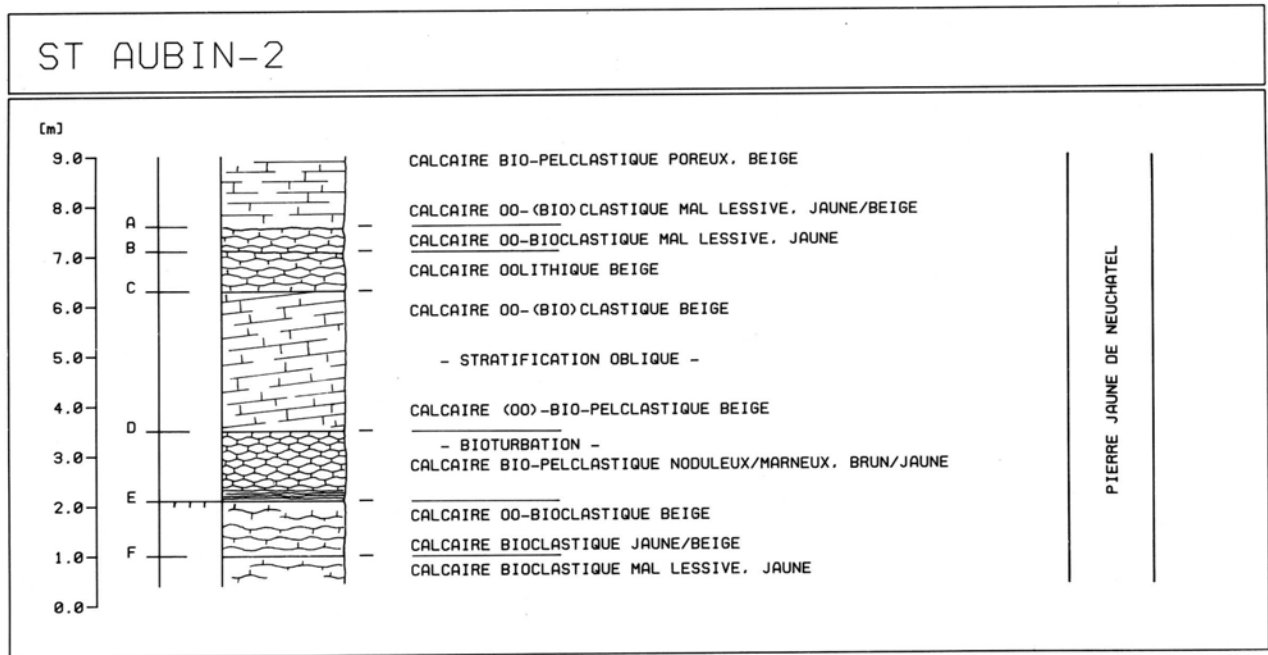


Fig. 27 Profil lithostratigraphique de la coupe ST AUBIN-2.

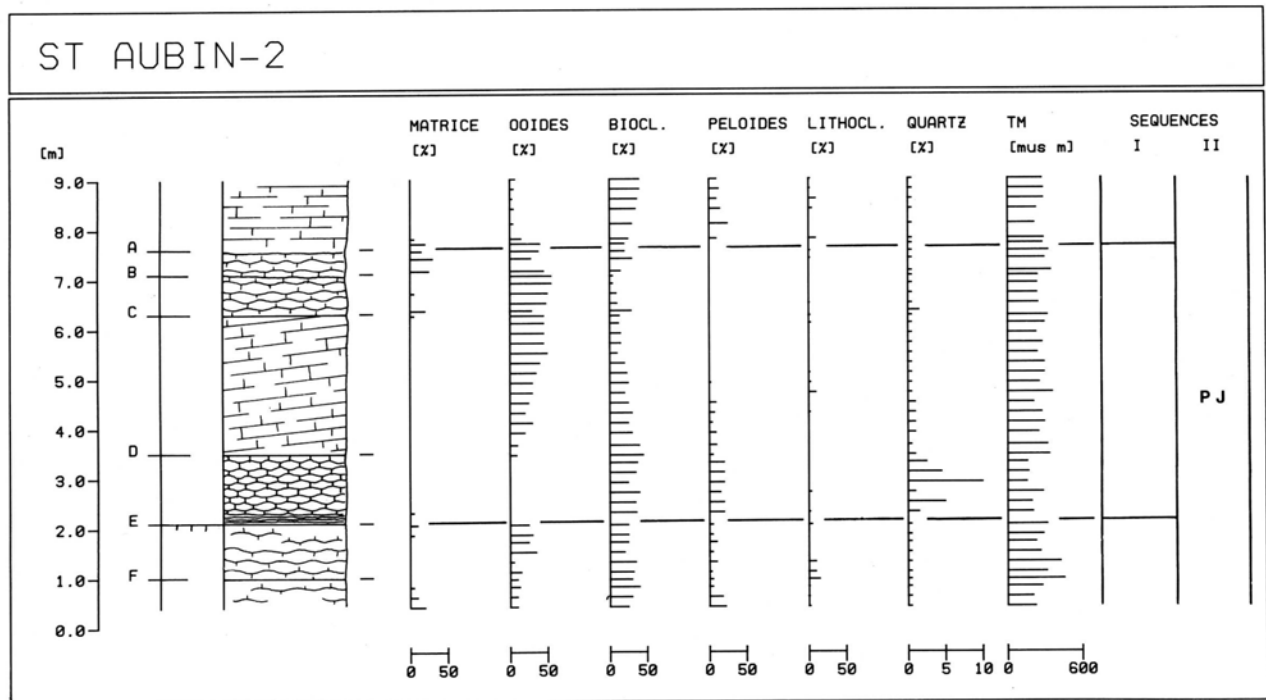


Fig. 28 Profil séquentiel de la coupe ST AUBIN-2.
Séquences I : séquences élémentaires
Séquences II : séquence de deuxième ordre (formations)

Affleurement de Sauges (coupe SAUGES-1)

L'affleurement de Sauges est situé dans l'ancienne carrière des entrepôts Commina SA, l'entrée nord-est du village de Sauges, sur la droite de la route secondaire St Aubin - Sauges.

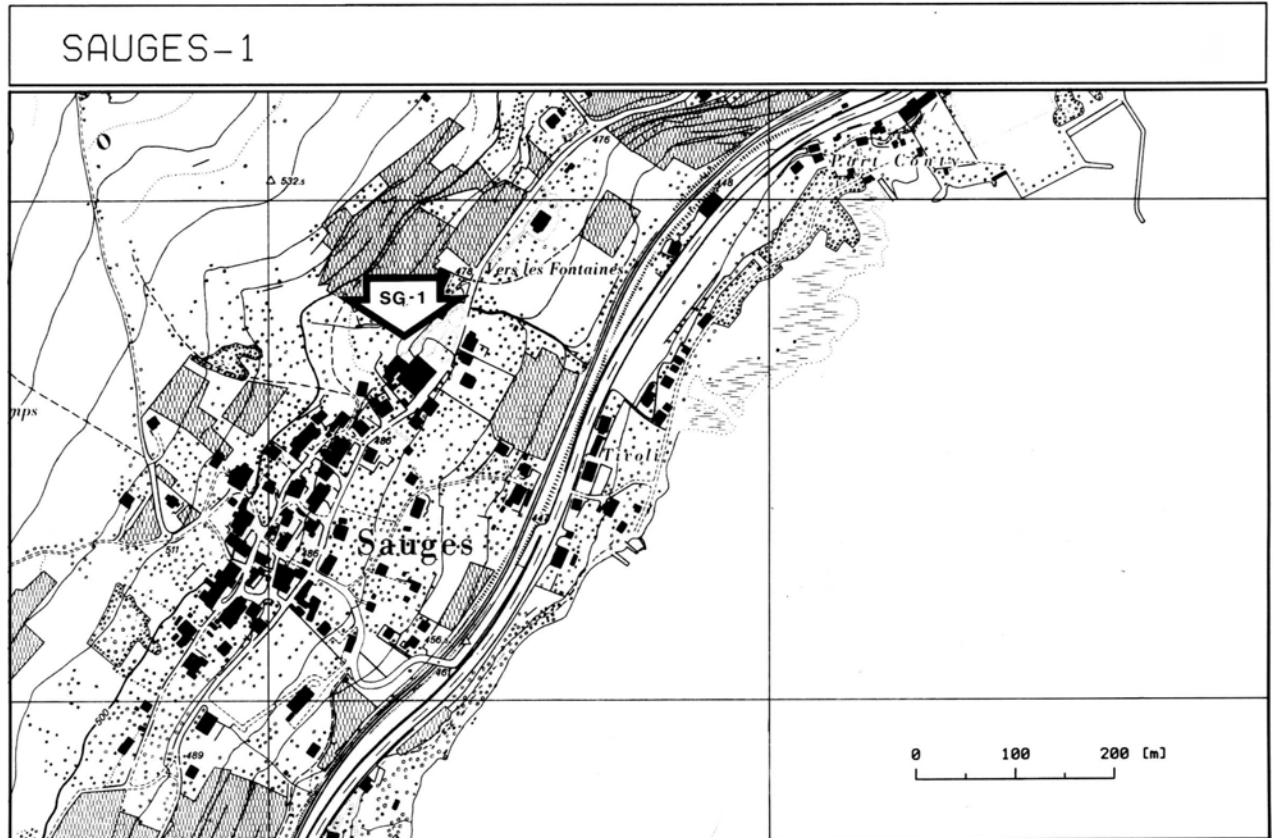


Fig. 29 Localisation de l'affleurement de Sauges.

L'affleurement recoupe la base de la formation des Calcaires urgoniens du Jura, reconnaissable aux faciès calmes de transgression, marqué dans la série par trois séquences de calcaires micritiques madréporaires, fortement marneux la base. L'affleurement n'atteint cependant pas la discontinuité de La Russille au toit de la Pierre jaune de Neuchâtel. La coupe SAUGES-1 d'une puissance de 9.35m été levée entre la base et le sommet de la falaise nord-ouest derrière les entrepôts. 34 échantillons ont été prélevés.

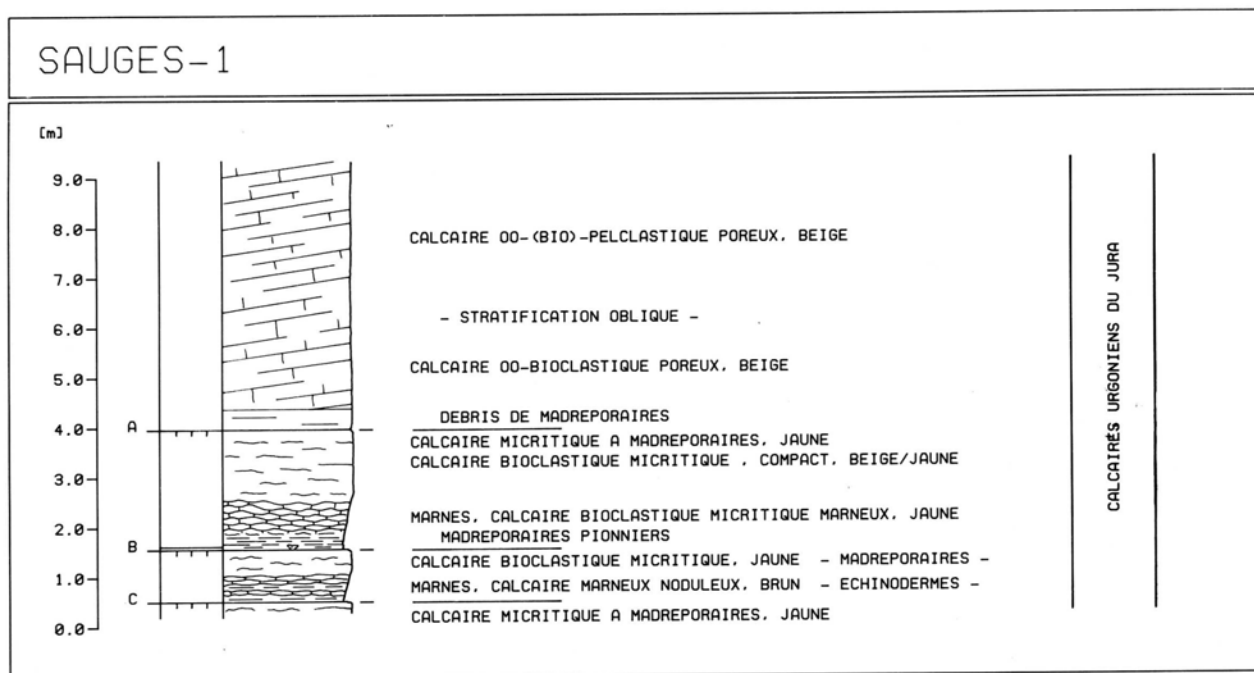


Fig. 30 Profil lithostratigraphique de la coupe SAUGES-1.

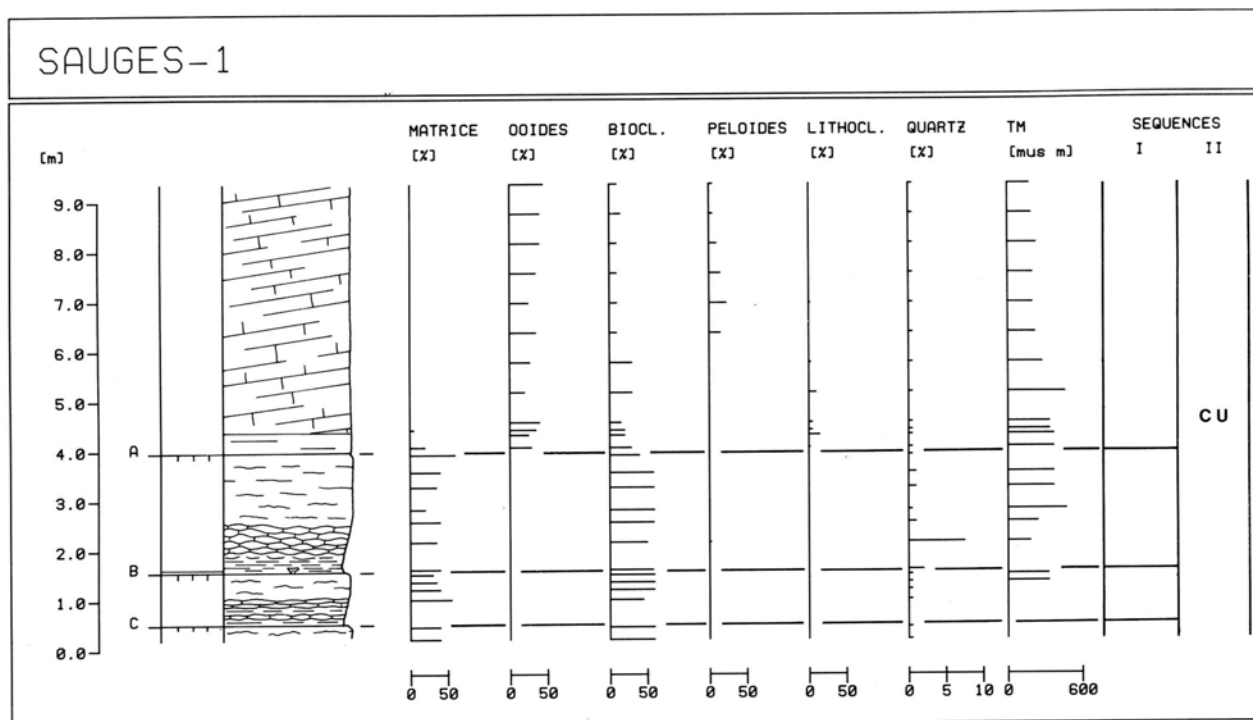


Fig. 31 Profil séquentiel de la coupe SAUGES-1.
Séquences I : séquences élémentaires
Séquences II : séquence de deuxième ordre (formations)

2.1.6. Affleurements des environs de Vaumarcus (NE)

La région immédiatement au Sud-Ouest de Vaumarcus est riche en affleurements naturels ou créés par la RN5, la ligne CFF Neuchâtel-Yverdon ou encore la route secondaire Vaumarcus-La Raisse.

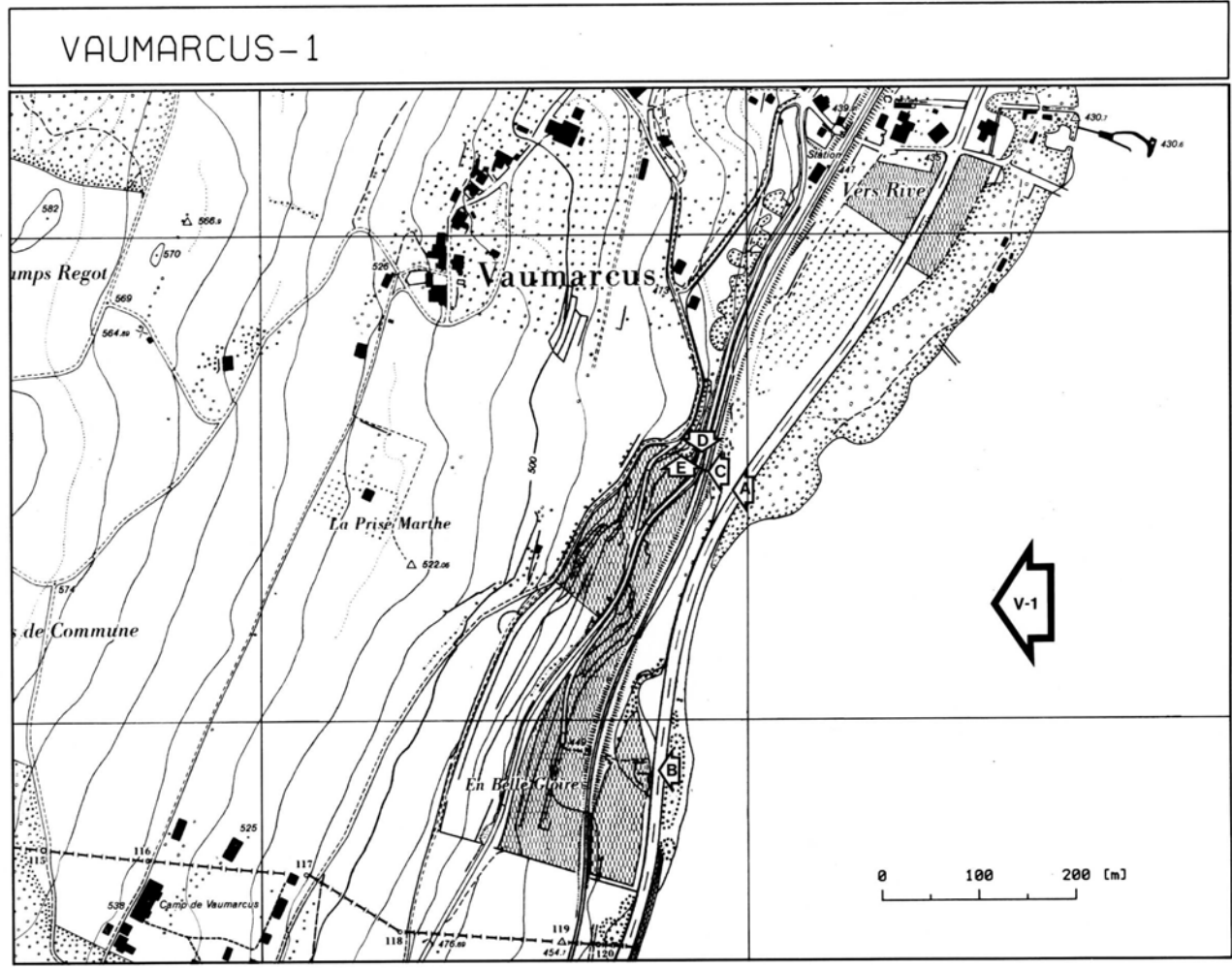


Fig. 32 Localisation des affleurements des environs de Vaumarcus.
V-1A Affleurement en bordure de la RN5.
V-1B Idem 300 m en direction Yverdon.
V-1C Affleurement dans la tranchée de la ligne CFF.
V-1D Affleurement en bordure de la RS Vaumarcus - La Raisse.
V-1E Continuation de l'affleurement V-1D dans les vignes.

Extension lithostratigraphique levée sur les affleurements:

- V-1A de (I)-2.00 (F)+2.50
- V-1B de (G)-2.00 (G)+2.00
- V-1C de (F)-2.00 (E)+1.00
- V-1D de (E)-0.20 (C)+1.80
- V-1E de (B)-1.00 (A)+1.00

La coupe composite VAUMARCUS-1 d'une puissance totale de 34.50m a été levée sur l'ensemble des affleurements, ceux-ci se recoupant tous stratigraphiquement dans une large mesure. 184 échantillons ont été prélevés.

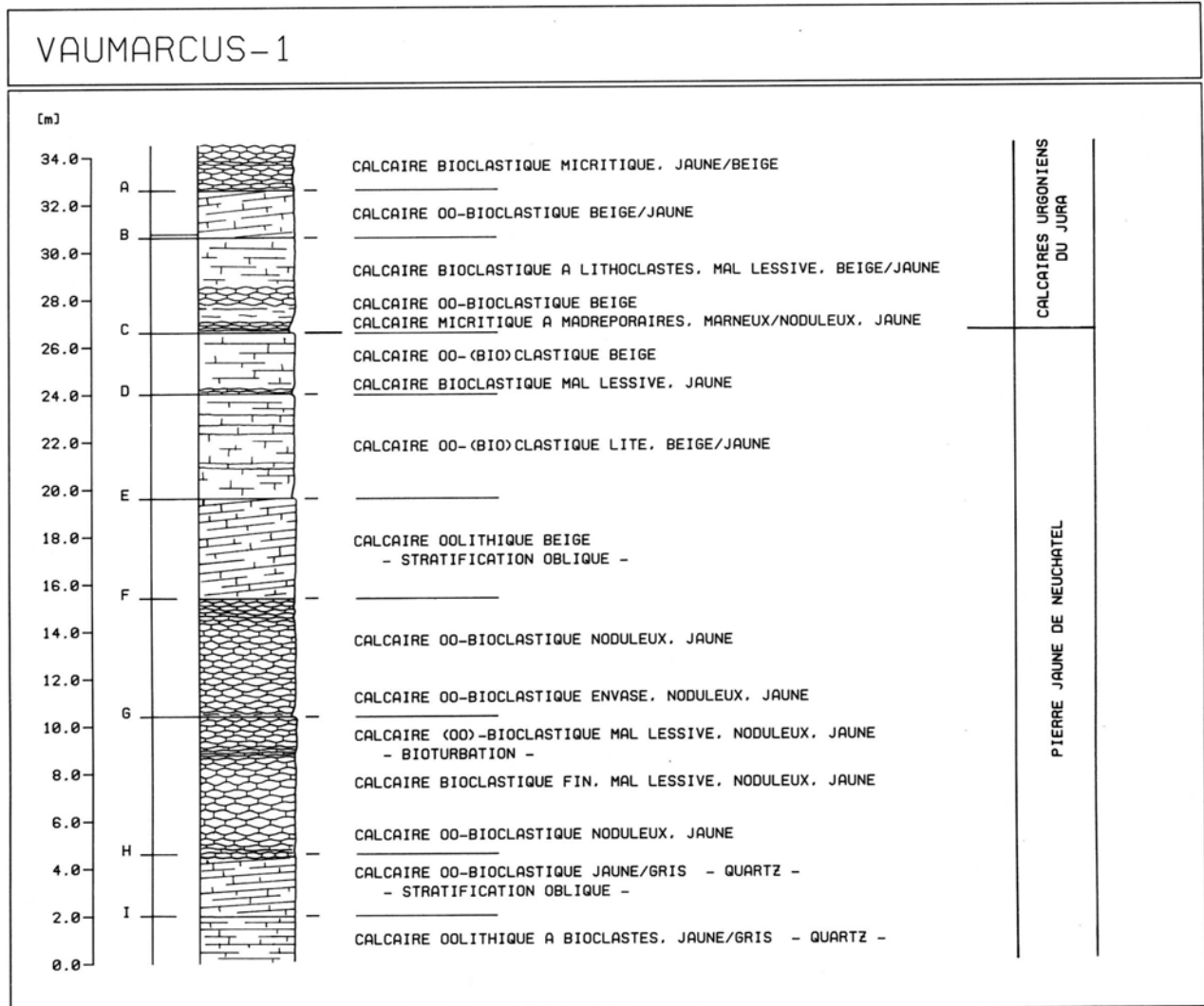


Fig. 33 Profil lithostratigraphique composite de la coupe VAUMARCUS-1, partir des affleurements V-1A V-1E.

L'ensemble des affleurements recoupe la formation de la Pierre jaune de Neuchâtel, et la base de la formation des Calcaires urgoniens du Jura. Les calcaires micritiques madréporaires caractéristiques de la base des Calcaires urgoniens du Jura affleurent au sommet de la falaise bordant la route cantonale Vaumarcus - La Raisse (V-1D). La discontinuité de La Russille est marquée par la discontinuité (C).

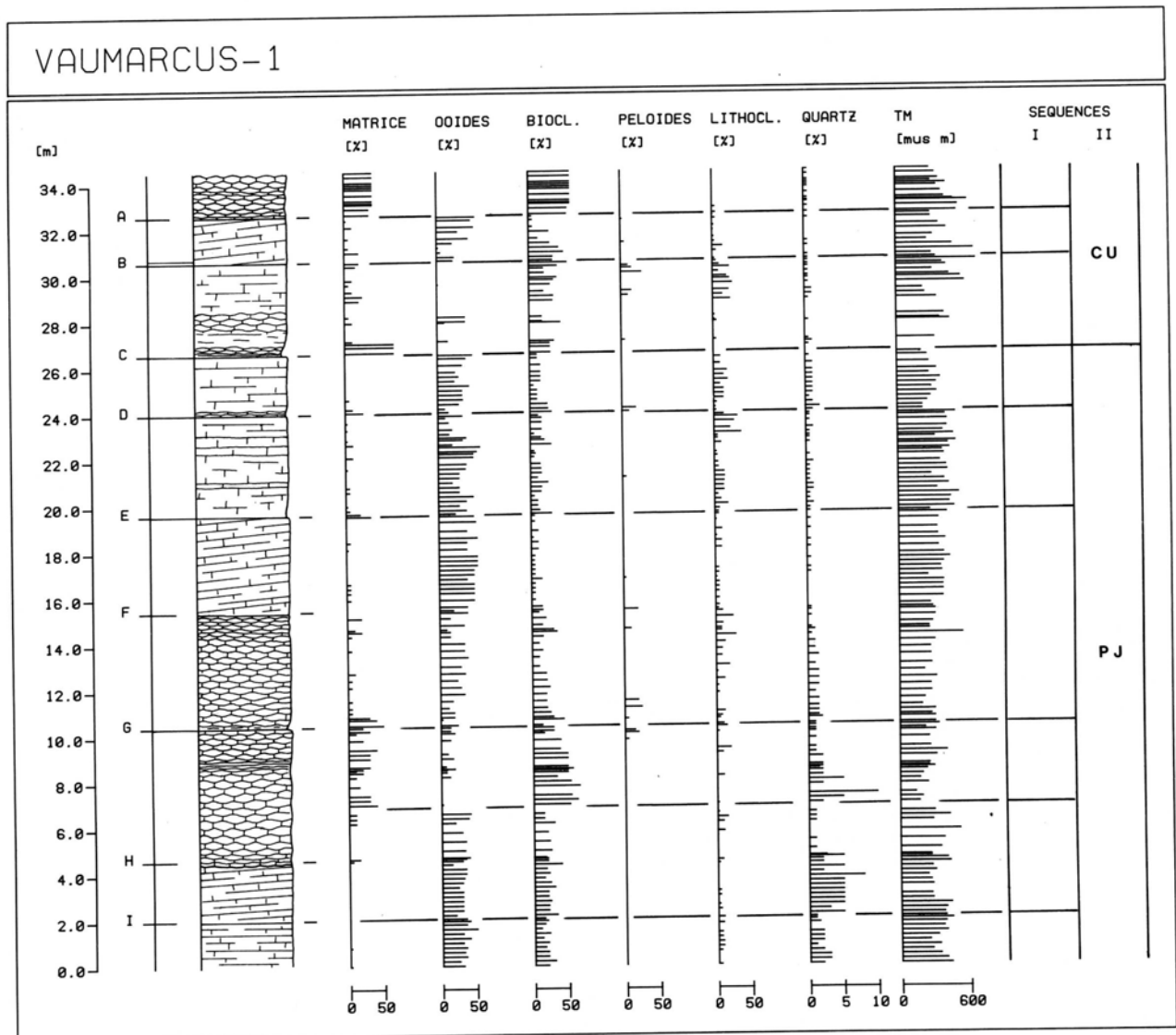


Fig. 34 Profil séquentiel composite de la coupe VAUMARCUS-1,
 partir des affleurements V-1A V-1E.
 Séquences I : séquences élémentaires
 Séquences II : séquence de deuxième ordre (formations)

2.1.7. Affleurements de La Lance (VD)

La région située la frontière sud-ouest du canton de Neuchâtel, au bord du lac de Neuchâtel, entre La Lance et La Raisse présente un ensemble important d'affleurements de calcaires rudistes de la formation des Calcaires urgoniens du Jura.

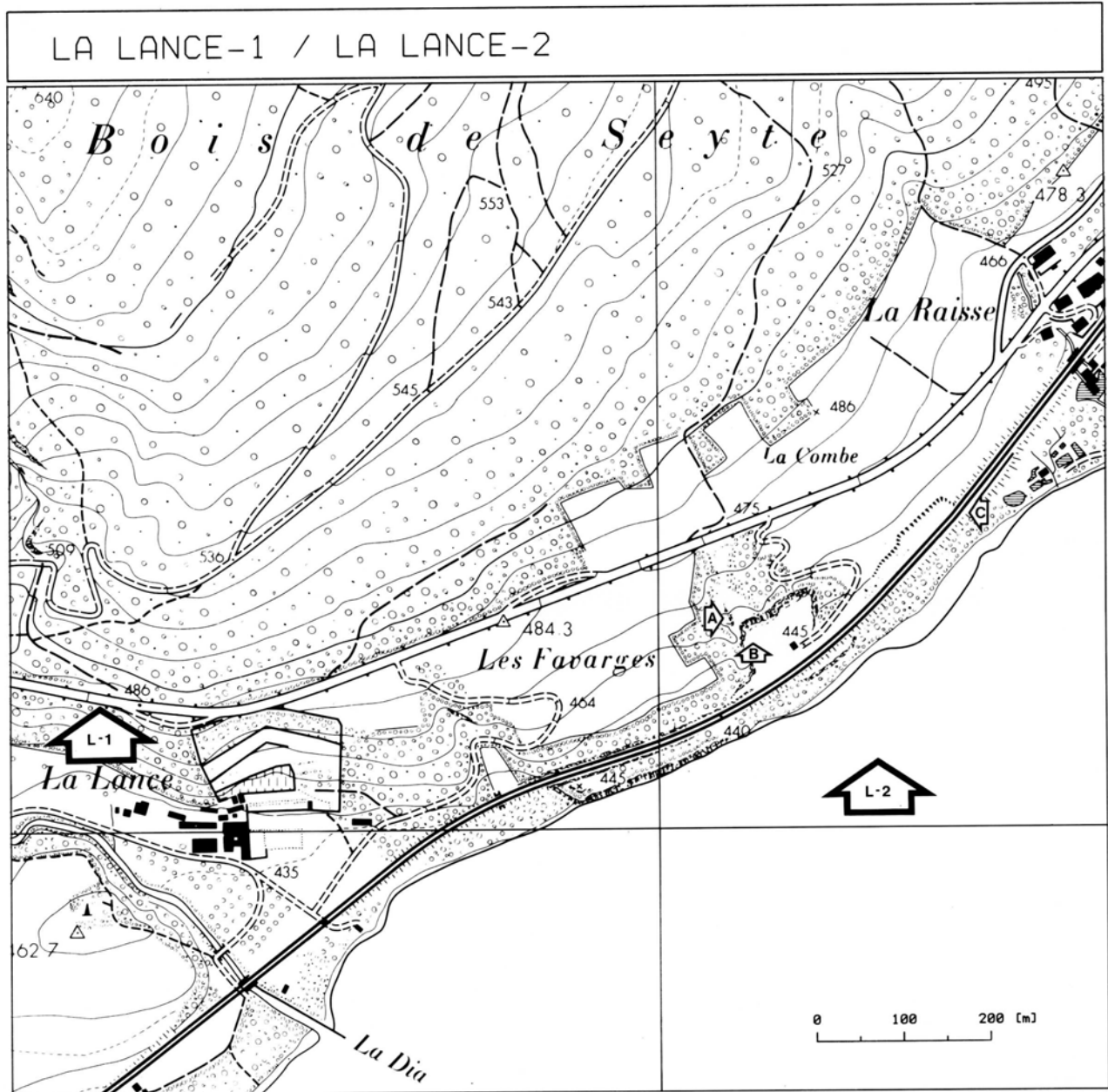


Fig. 35 Localisation des affleurements des environs de La Lance.
L-1 Affleurement en bordure de la RN5
L-2A Carrière romaine
L-2B Carrière
L-2C Affleurement de la tranchée de la ligne CFF

Affleurement en bordure de la route N5 (LA LANCE-1)

Le premier affleurement étudié est situé en bordure de la route N5, en face de l'arrêt pour automobiles aménagé au sommet de la côte pour la chaussée venant de Concise, ou 200m après celui aménagé pour la chaussée venant de Vaumarcus, 2km après la sortie de cette localité (coord. 546.375 / 190.160). L'affleurement recoupe la base de la formation des Calcaires urgoniens du Jura. La coupe de LA LANCE-1 d'une puissance de 12.10m été levée sur cet affleurement. 61 échantillons ont été prélevés.

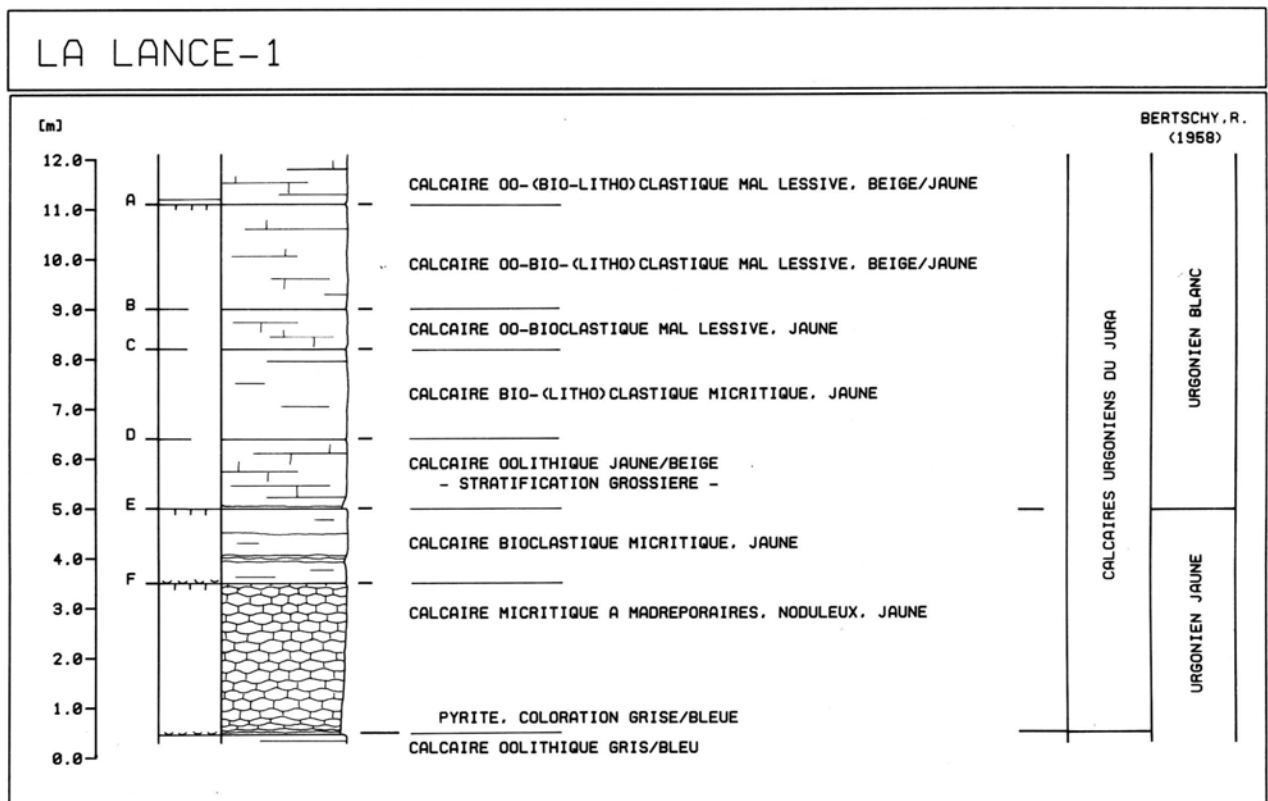


Fig. 36 Profil lithostratigraphique de la coupe LA LANCE-1.

Les calcaires micritiques madréporaires sous la discontinuité (F) sont caractéristiques des faciès calmes de transgression liés la discontinuité de La Russille. Celle-ci affleure la base de la série, (F)-3.0m.

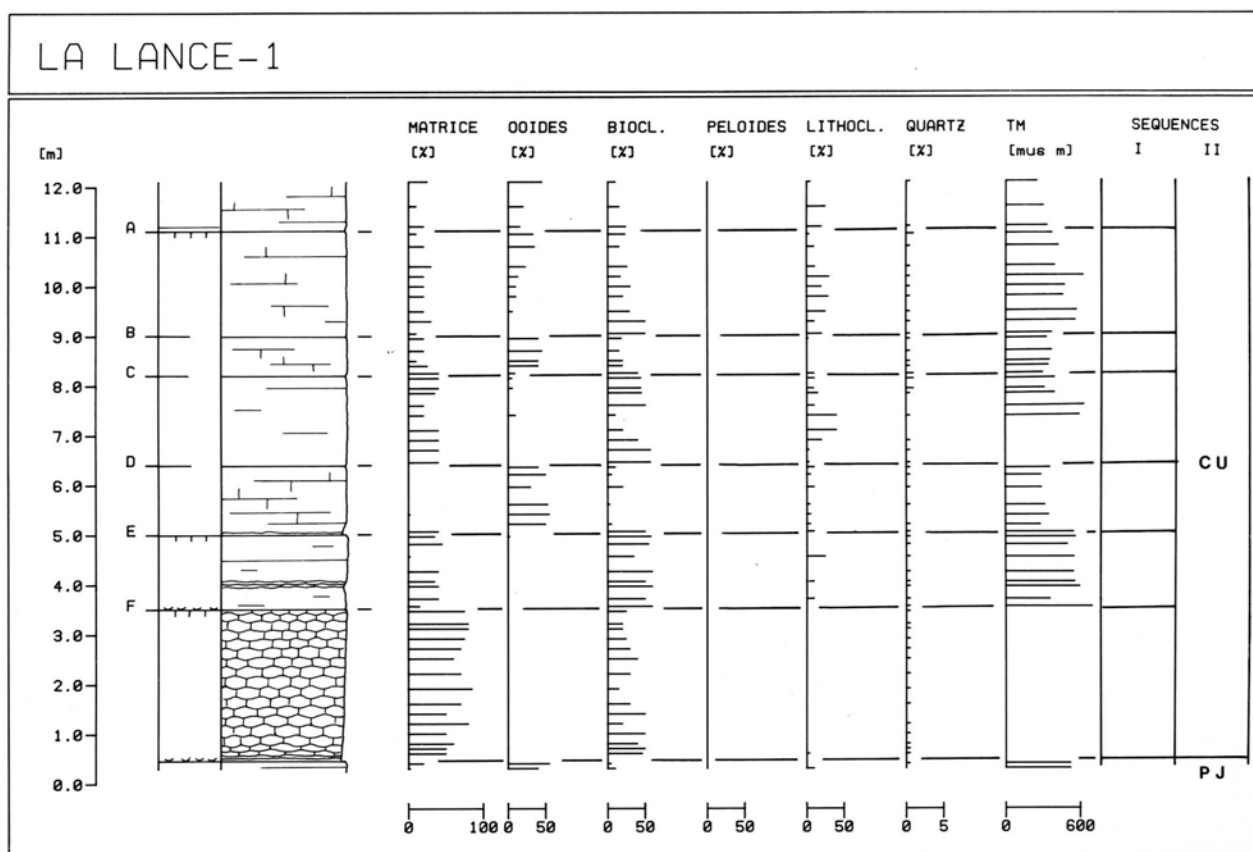


Fig. 37 Profil séquentiel de la coupe LA LANCE-1.
 Séquences I : séquences élémentaires
 Séquences II : séquence de deuxième ordre (formations)

Affleurements des carrières (LA LANCE-2).

300m l'Est dans une zone comprise entre la Route N5 et le lac de Neuchâtel, il a été étudié trois affleurements distincts, se recoupant stratigraphiquement dans une large mesure, et très facilement corrélables. Le premier affleurement (L-2A) est constitué par l'ancienne carrière romaine décrite par SCHARDT, H. (1911), située 50m en aval de la route N5 (accès par le chemin pédestre au départ du point coté 475 de la N5). Il s'agit du plus important affleurement de calcaires Requienia de toute la région étudiée. Son intérêt archéologique n'est pas négligeable.

Le deuxième affleurement (L-2B), lithostratigraphiquement immédiatement inférieur au premier, est situé dans l'ancienne carrière d'exploitation de ballast, en contrebas de la carrière romaine. Il recoupe la base des Calcaires urgoniens du Jura. La corrélation avec la coupe LA LANCE-1 s'établit par la discontinuité (A) de (L-1) qui correspond la discontinuité (C) de (L-2B). La partie inférieure, d'une puissance de 9.75m, de la coupe LA LANCE-2 été levée sur cet affleurement.

Le troisième affleurement (L-2C) est situé le long de la voie ferrée, immédiatement au nord-est de la carrière du deuxième affleurement. Dans la petite carrière au début de l'affleurement, on retrouve, au dessus de la dalle d'exploitation, les calcaires Requienia de la carrière romaine. La fin de la coupe LA LANCE-2 été levée sur cet affleurement, le sommet de la coupe étant situé au haut de la tranchée de la voie ferrée au Sud-ouest du ruisseau de la Raisse, 100m avant le pont de la N5 sur la voie ferrée.

Sur l'ensemble de la coupe LA LANCE-2 138 échantillons ont été prélevés pour une puissance totale de 24.35m.

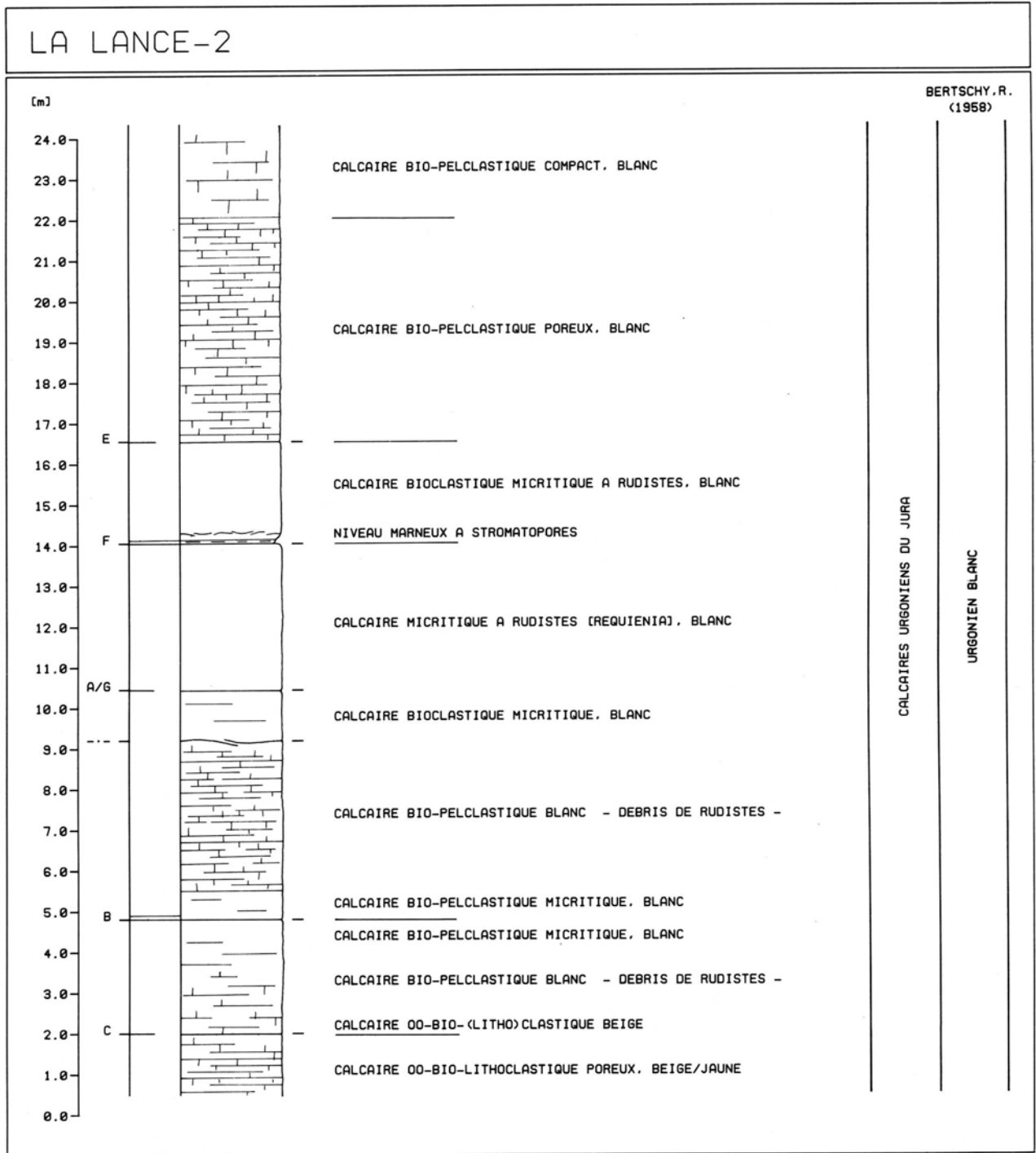


Fig. 38 Profil lithostratigraphique composite de la coupe LA LANCE-2 partir des affleurements L-2A L-2C.

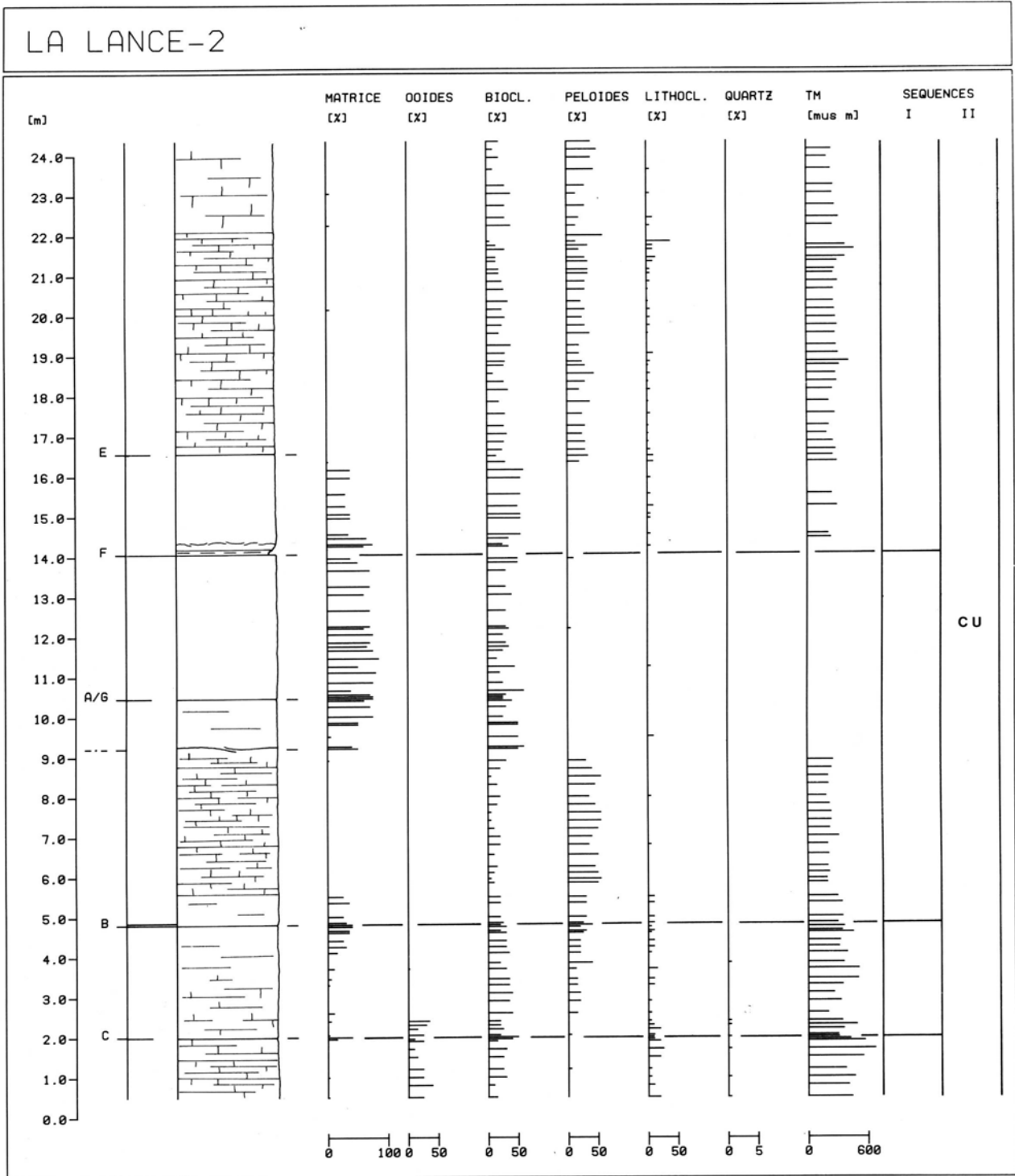


Fig. 39 Profil séquentiel composite de la coupe LA LANCE-2, partir des affleurements L-2A L-2C.
 Séquences I : séquences élémentaires
 Séquences II : séquence de deuxième ordre (formations)

2.2. Le synclinal du Val-de-Travers

Documents cartographiques.

-Carte nationale de la Suisse 1:25000
Feuille 1163 TRAVERS
Feuille 1182 ST. CROIX

-Cartes géologiques
Val-de-Travers RICKENBACH (1925)
Gebiet der Asphalt-Minen von Val-de-Travers. FREY (1922)
Buttes MATTHYS (1980)

Unités cartographiées par THIEBAUD (1937):

-Pierre jaune de Neuchâtel : env. 25m (Hauterivien sup.)
"...calcaire jaune, oolithique et spathique. A la base de l'étage, ce calcaire est glauconieux, grossièrement spathique et oolithique; il a l'aspect d'une microbrèche zoogène. Les oolithes affectent différentes formes, subsphérique, ovoïde ou allongée. L'épaisseur du calcaire hauterivien varie d'un flanc à l'autre de l'anticlinal Creux du Van - Montagne de Boudry. Elle est plus considérable du côté du lac que dans le Val-de-Travers."

-Urgonien inférieur : 12m
"...bancs calcaires jaunes, fissurés, mal stratifiés, et à la base, des marnes très fossilifères."
"La limite avec l'Hauterivien est arbitraire. Un calcaire oolithique, jaune avec des striations concentriques brunes, forme probablement le sommet de l'étage Hauterivien."

-Urgonien supérieur.
"...roche poreuse blanche, finement oolithique, qui contient de l'asphalte La Presta, à une épaisseur variable.

2.2.1. Mines et affleurements des environs de Travers-Couvet (NE)

L'asphalte et les calcaires poreux, des Calcaires urgoniens du Jura sont exploités dans le Val-de-Travers depuis le siècle passé.

Exploitations:

-La mine d'asphalte de La Presta à l'ouest de Travers (Coordonnées 540/198)
-La Petite Mine située Vers chez Montandon à l'est de Travers
Exploitation des calcaires poreux stérile. (Coordonnées 542.825/199.025)

Ces deux exploitations seront étudiées en détail dans la deuxième partie de ce mémoire.

Affleurement de Vers chez le Blanc (coupe TRAVERS-1)

Cet affleurement est situé équidistance entre la mine d'asphalte de La Presta et la Petite Mine (coord. 542.150 / 198.675). Son extension lithostratigraphique est limitée au sommet des Calcaires urgoniens du Jura. Il recoupe des faciès lithologiques identiques ceux exploités dans la Petite Mine. La coupe TRAVERS-1 d'une puissance de 4.20m a été levée sur cet affleurement, 26 échantillons ont été prélevés.

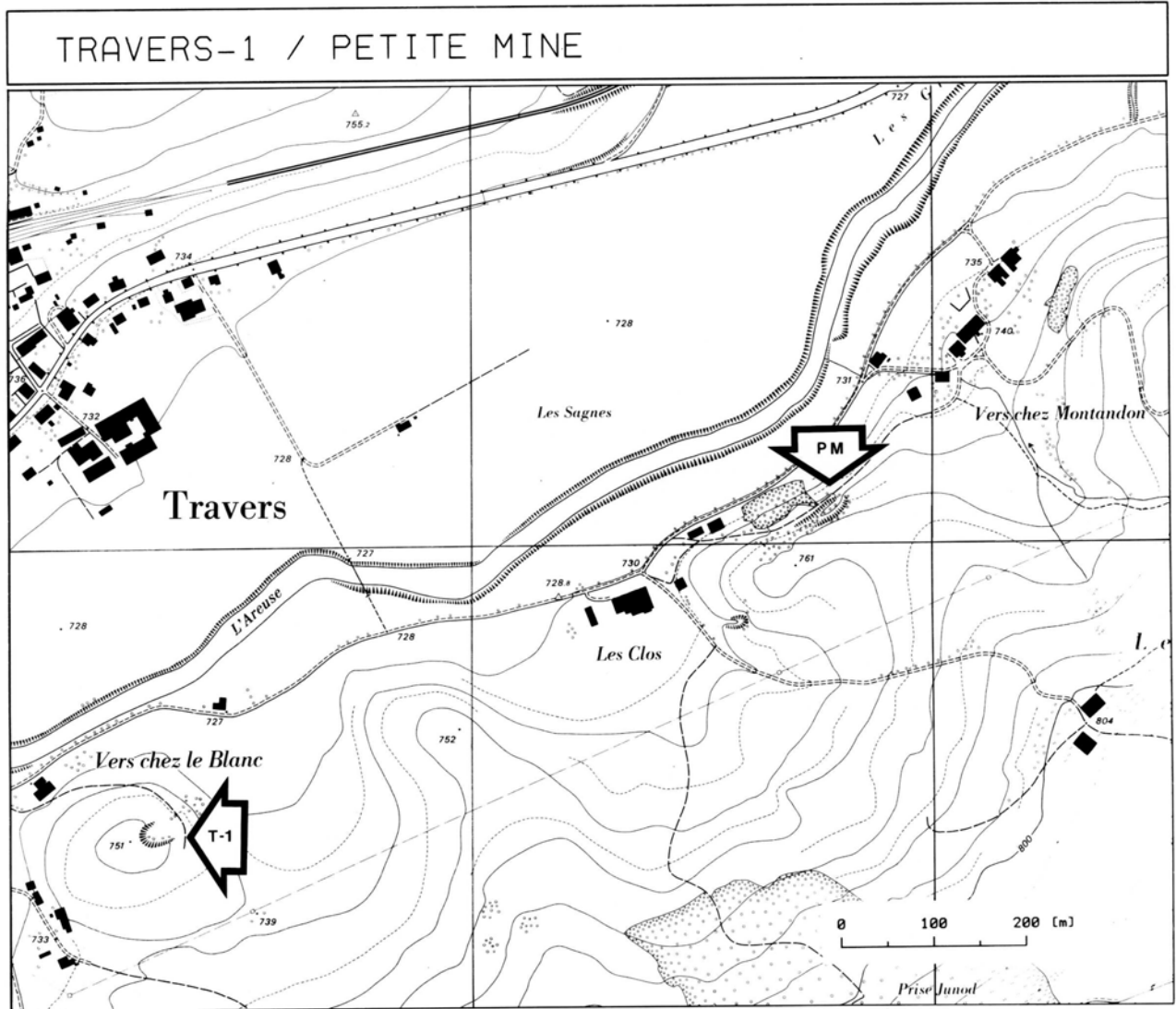


Fig. 40 Localisation des affleurements de la région de Travers.

PM Petite Mine.

T-1 Affleurement de Vers chez le Blanc.

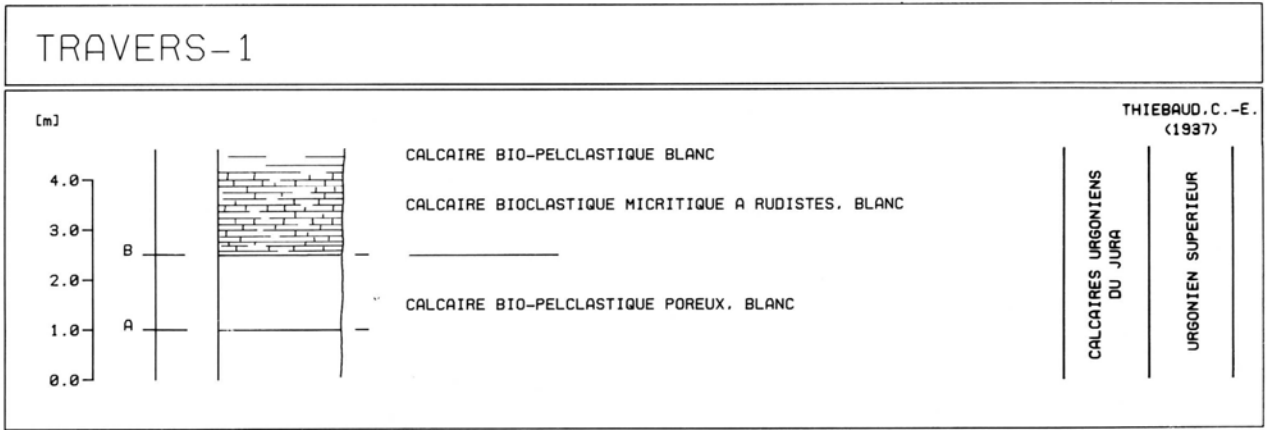


Fig. 41 Profil lithostratigraphique de la coupe TRIVERS-1.

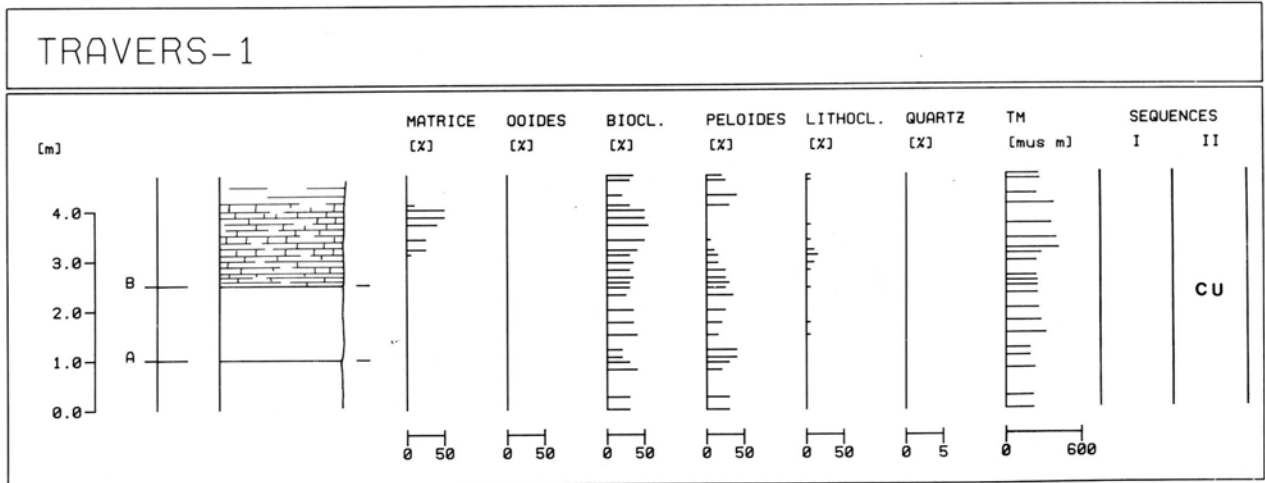


Fig. 42 Profil séquentiel de la coupe TRIVERS-1
 Séquences I : séquences élémentaires
 Séquences II : séquences de deuxième ordre (formations)

2.2.2. Affleurements des environs de Buttes (NE)

Les affleurements de la formation des Calcaires urgoniens du Jura de la régions de Buttes sont situées en bordure de la route cantonale Buttes - La Côte-aux-Fées. Deux affleurements ont été levés.

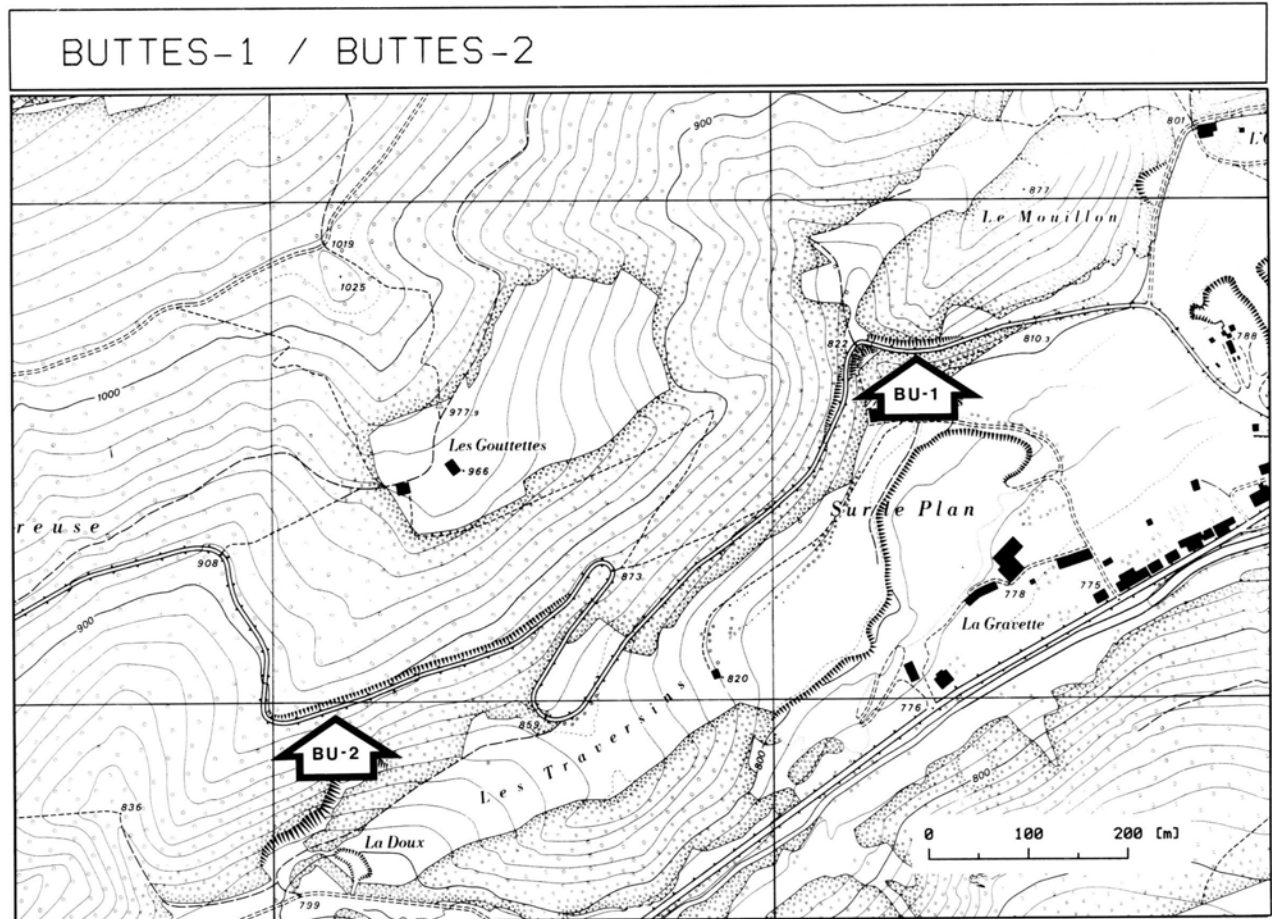


Fig. 43 Localisation des affleurements de la région de Buttes.
BU-1 Affleurement de la cote 822.
BU-2 Affleurement de la cote 900.

Affleurement de la cote 822 (coupe BUTTES-1)

Cet affleurement est situé 500m après la sortie de Buttes, juste avant le le deuxième virage gauche de la route Buttes - La-Côtes-aux Fées. (coord. 531.625 / 193.350). Déjà décrit par MATHYS (1980) il recoupe le passage de la Pierre jaune de Neuchâtel la formation des Calcaires urgoniens du Jura. La coupe BUTTES-1 d'une puissance de 47.75m été levée sur cet affleurement. La base de la coupe est située immédiatement avant le virage sur la droite de la route en montant, elle se termine au sommet de la falaise 50m l'est. 109 échantillons ont été prélevés.

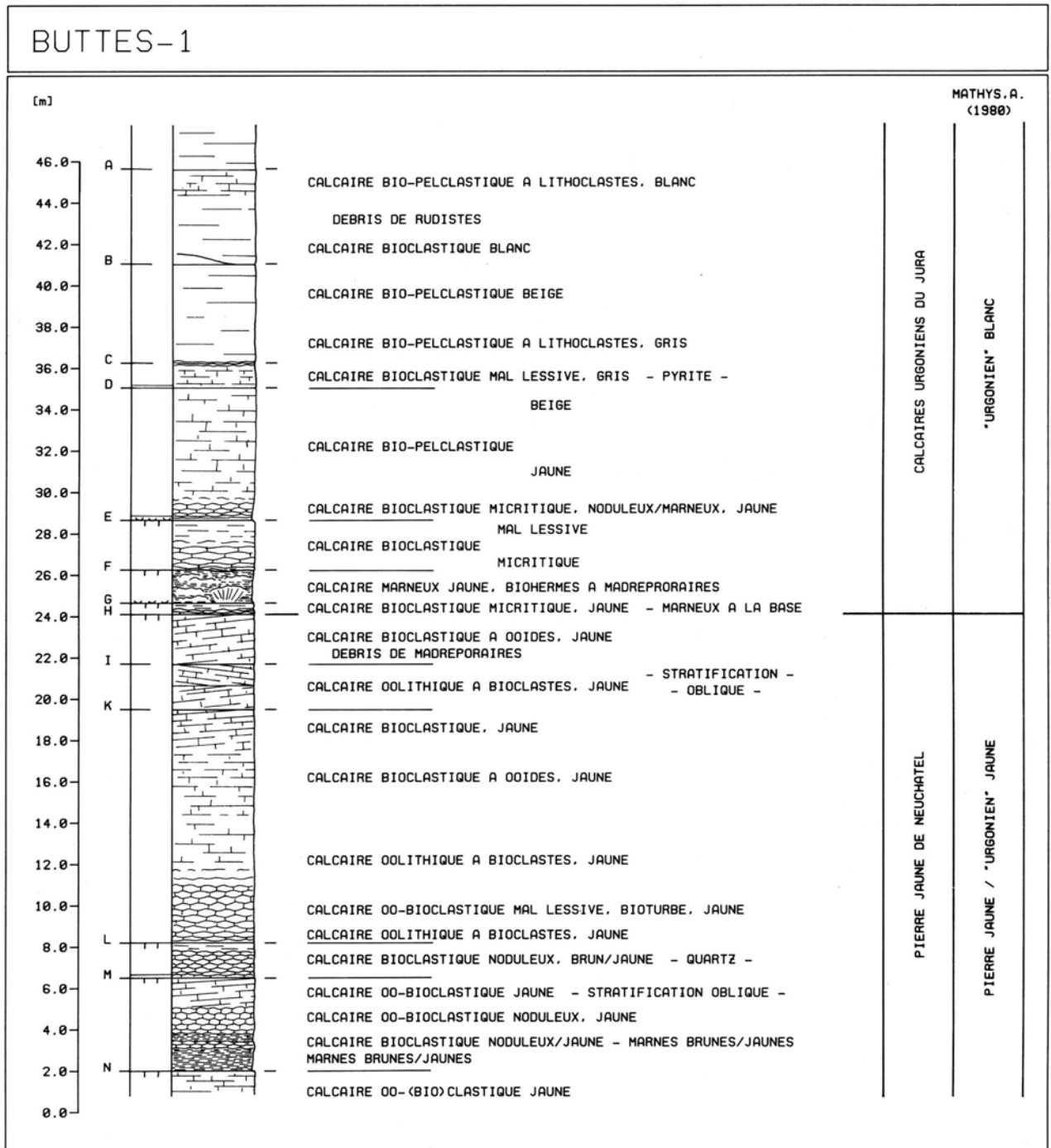


Fig. 44 Profil lithostratigraphique de la coupe BUTTES-1.

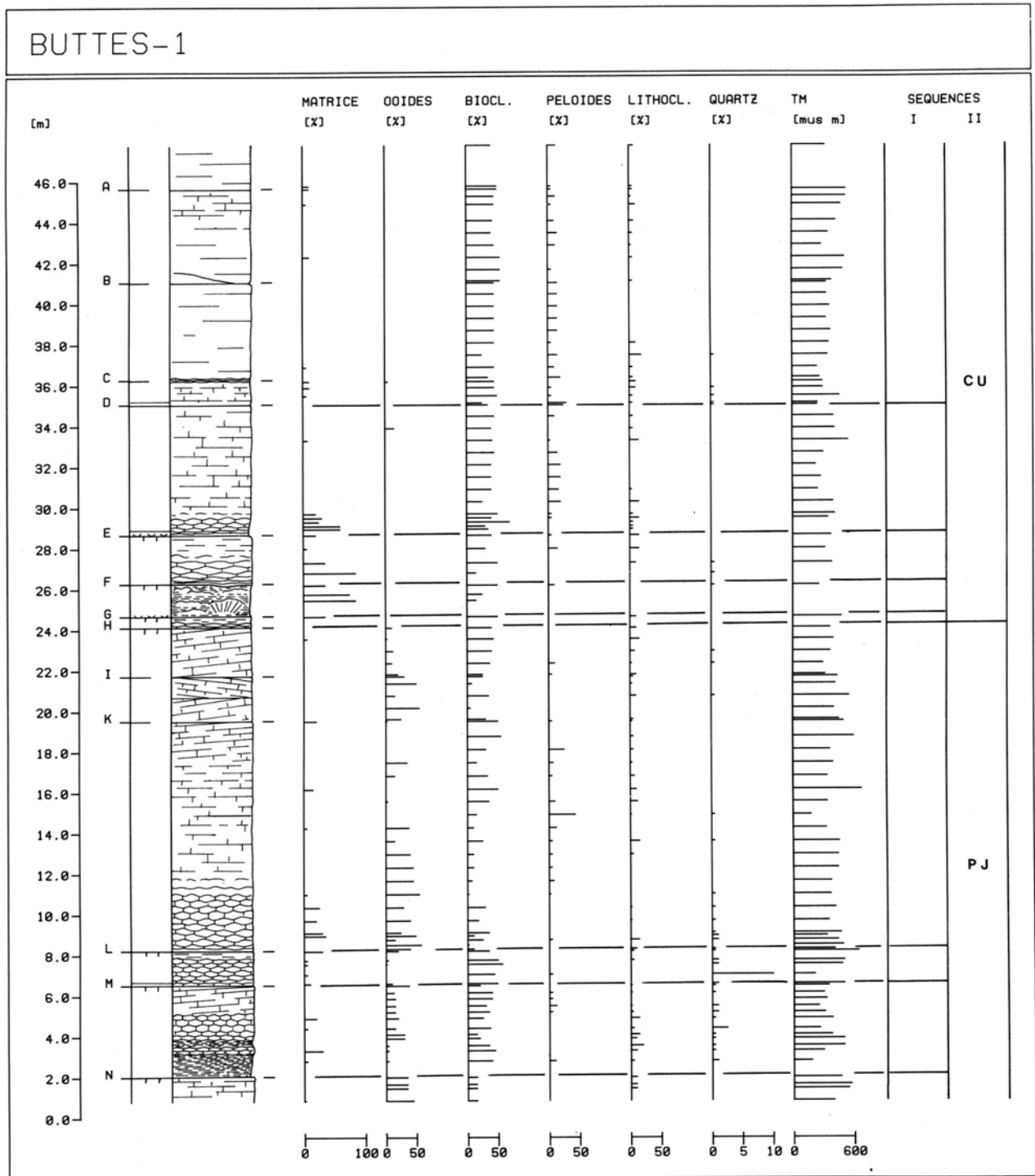


Fig. 45 Profil séquentiel de la coupe BUTTES-1.
 Séquences I : séquences élémentaires
 Séquences II : séquences de deuxième ordre (formations)

Les faciès calmes de transgression (marneux) de la base des Calcaires urgoniens du Jura sont situés au dessus de la discontinuité (H) représentant la discontinuité de La Russille sur cet affleurement.

Affleurement de la cote 900 (coupe BUTTES-2)

Cet affleurement est situé environ 1km en direction de La Côte-aux-Fées par rapport au premier affleurement (coord. 531.050 / 193.000). Déjà décrit par MASSE, CONRAD & REMANE, J. (paraître). Il recoupe la base des Calcaires urgoniens du Jura, marquée par un ensemble de trois séquences de faciès calmes de transgression (calcaires micritiques madréporaires et calcaires micritiques Pachytraga) surmontant la discontinuité de La Russille représentée par la discontinuité (E). Les calcaires Pachytraga (biohermes) au sommet de la séquence (C-B) sont décrits en détail par MASSE (à paraître). La coupe BUTTES-2 d'une puissance de 8.0m a été levée sur cet affleurement. 24 échantillons ont été prélevés.

La corrélation entre BUTTES-1 et BUTTES-2 s'établit par la discontinuités (E) de BU-2, qui correspond la discontinuité (H) de BU-1. Cette discontinuité correspond la discontinuité de La Russille marquant le sommet des faciès oo-bioclastiques de La Pierre jaune de Neuchâtel. Les Pachytraga, très localisés, n'existent plus dans la coupe BUTTES-1, sans qu'on puisse attribuer leur absence une lacune stratigraphique.

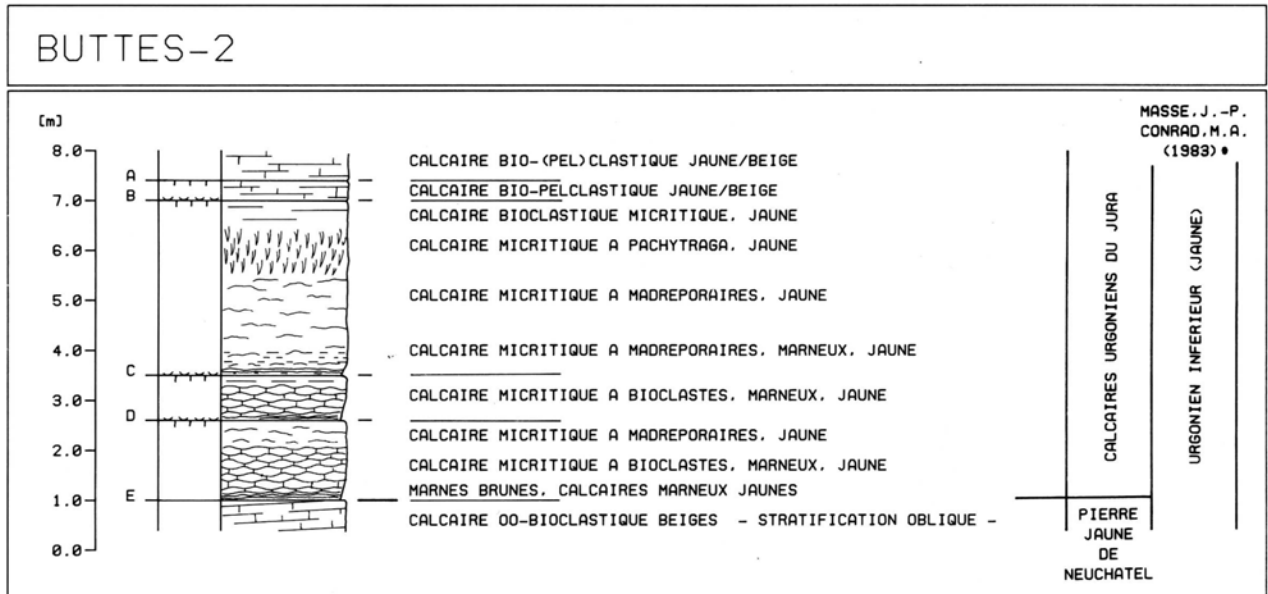


Fig. 46 Profil lithostratigraphique de la coupe BUTTES-2.

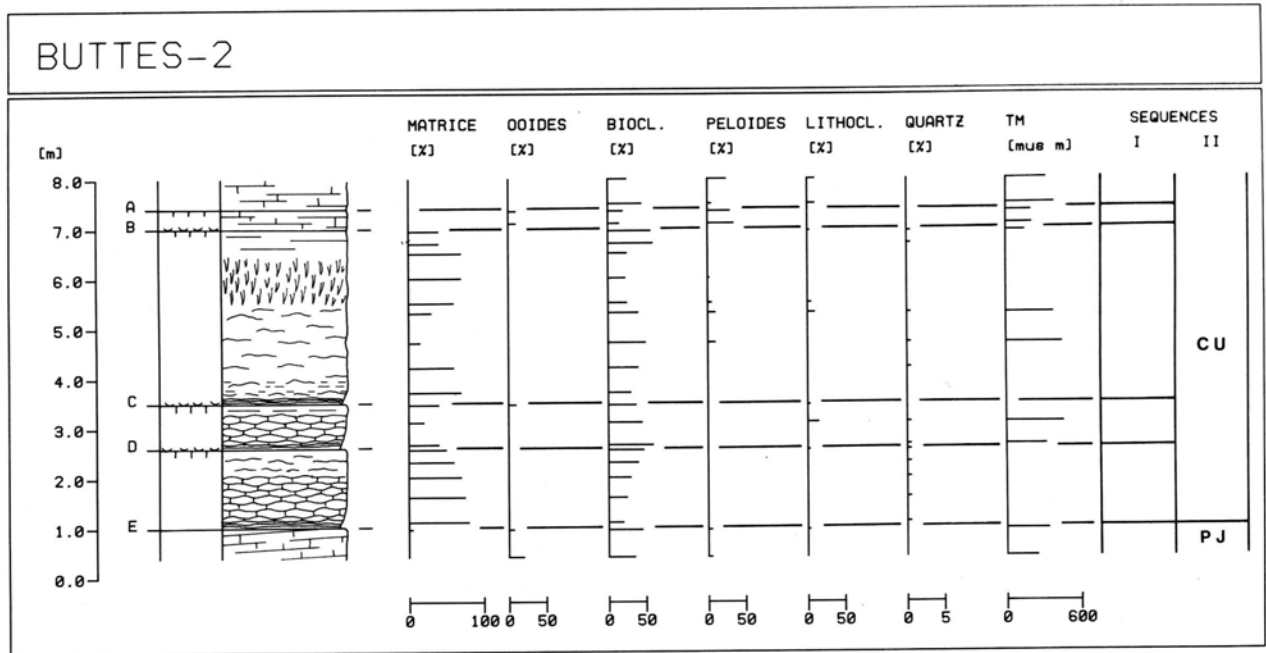


Fig. 47 Profil séquentiel de la coupe BUTTES-2.
 Séquences I : séquences élémentaires
 Séquences II : séquences de deuxième ordre (formations)

2.3. Le pied du Jura nord vaudois

Documents cartographiques.

-Cartes nationales de la Suisse 1:25000
feuille 1202 ORBE
feuille 1222 COSSONAY

-Atlas géologique de la Suisse 1:25000
feuille 1202 ORBE AUBERT (1963)
feuille 300 MONT-LA-VILLE 301 LA SARRAZ
302 MONTRICHER 303 COSSONAY CUSTER (1935)

Unités cartographiées par AUBERT (1963):

- Hauterivien marneux, Marnes d'Hauterive : 40 m (Hauterivien inf.)
- Calcaires d'Hauterive, Pierre jaune de Neuchâtel : 30-40 m (Hauterivien sup.)
"Débute par des calcaires spathiques, grossiers, glauconieux, Rhynchonella multiformis, auxquels succèdent des calcaires oolithiques uniformes, régulièrement lités."
- (Barrémien inf.) : 30 m
"Au pied du Jura, la base est caractérisée par la présence de marnes grumeleuses, riches en bivalves, brachiopodes et polypier (Marnes de la Rusille de JACCARD, A., couches Terebratula ebrodunensis). Dans l'ensemble, le sous-étage comprend des calcaires oolithiques grisâtres ou jaunâtres, avec quelques intercalations marneuses au sommet."
- Urgonien : 40 m (Barrémien sup.)
"Calcaire résistant, clair, crème ou rosé oolithique ou recristallisé. Au sommet quelques bancs un peu marneux Requienia ammonia."

Unités cartographiées par CUSTER (1935):

- Marnes d'Hauterive : 65 m (Hauterivien inf.)
- Pierre jaune de Neuchâtel : 20 m (Hauterivien sup.)
"Assise bien litée de calcaire oolithique et spathique. Peu de marnes jaunes."
- Urgonien inférieur : 15-20 m (Barrémien s.str.)
"Calcaire jaunes et bruns en alternance avec des marno-calcaires et des marnes. Le calcaire peut être spathique, oolithique ou grumeleux. Très fossilifère, riche en lamellibranches, brachiopodes et échinides. L'urgonien inférieur augmente d'épaisseur de l'E vers l'W."
- Urgonien supérieur, Urgonien blanc : 10-15 m (Barrémien)
"Ce sont de gros bancs de calcaires compacts, blancs ou jaunâtres, contenant des Requienia et des coraux. La roche est très cassante et fendillée et contient des traces d'asphalte dans la région du Mormont."

2.3.1. Affleurement des environs d'Orbe (VD)

L'affleurement historique de La Russille est situé au sud du Bois Grivaz, sur la bordure de l'actuelle route nationale Orbe - Vallorbe, entre Montcherand et Lignerolle, 200m après la bifurcation menant La Russille. (coord. 526.550 / 176.025)

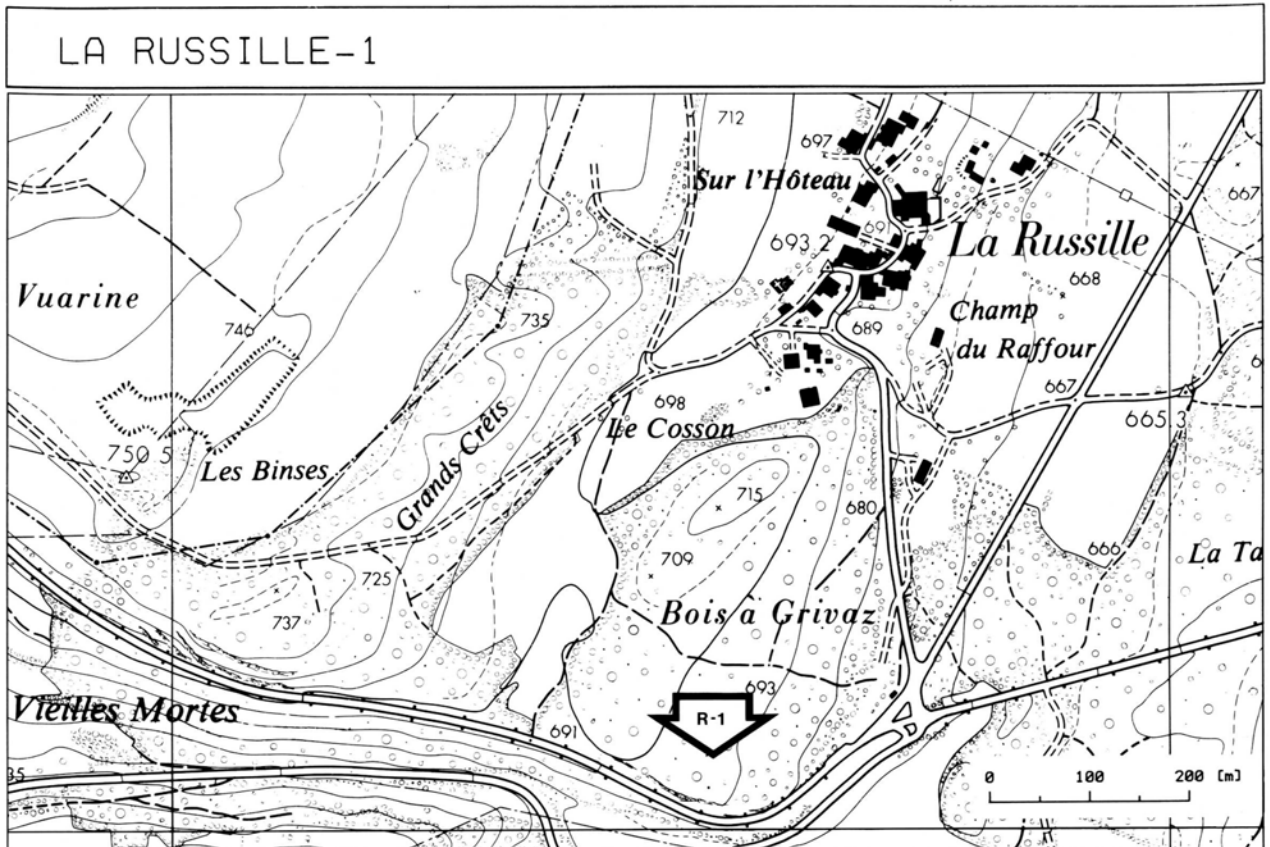


Fig. 48 Localisation de l'affleurement de La Russille.

Déjà décrite par JACCARD (1861), la série recoupe le passage de la Pierre jaune de Neuchâtel la formation des Calcaires urgoniens du Jura. La coupe LA RUSSILLE-1 d'une puissance de 9.10m a été levée sur cet affleurement. 36 échantillons ont été prélevés.

La base des Calcaires urgoniens du Jura est située au niveau de la discontinuité (C), marquant l'apparition des faciès micritiques madréporaires. Ces faciès calmes de transgression s'articulent en deux séquences. La discontinuité (B) de LA RUSSILLE-1 (base de la deuxième séquence) est surmontée par les Marnes de La Russille décrites par JACCARD (1861).

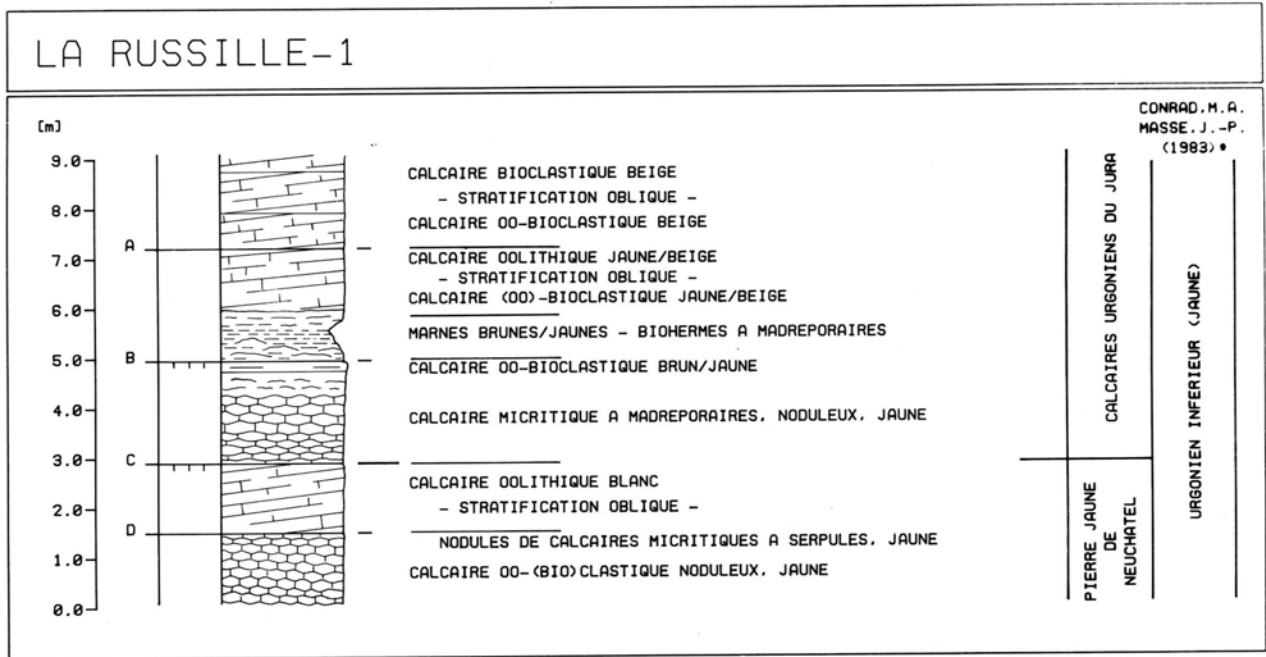


Fig. 49 Profil lithostratigraphique de la coupe de LA RUSSILLE-1.

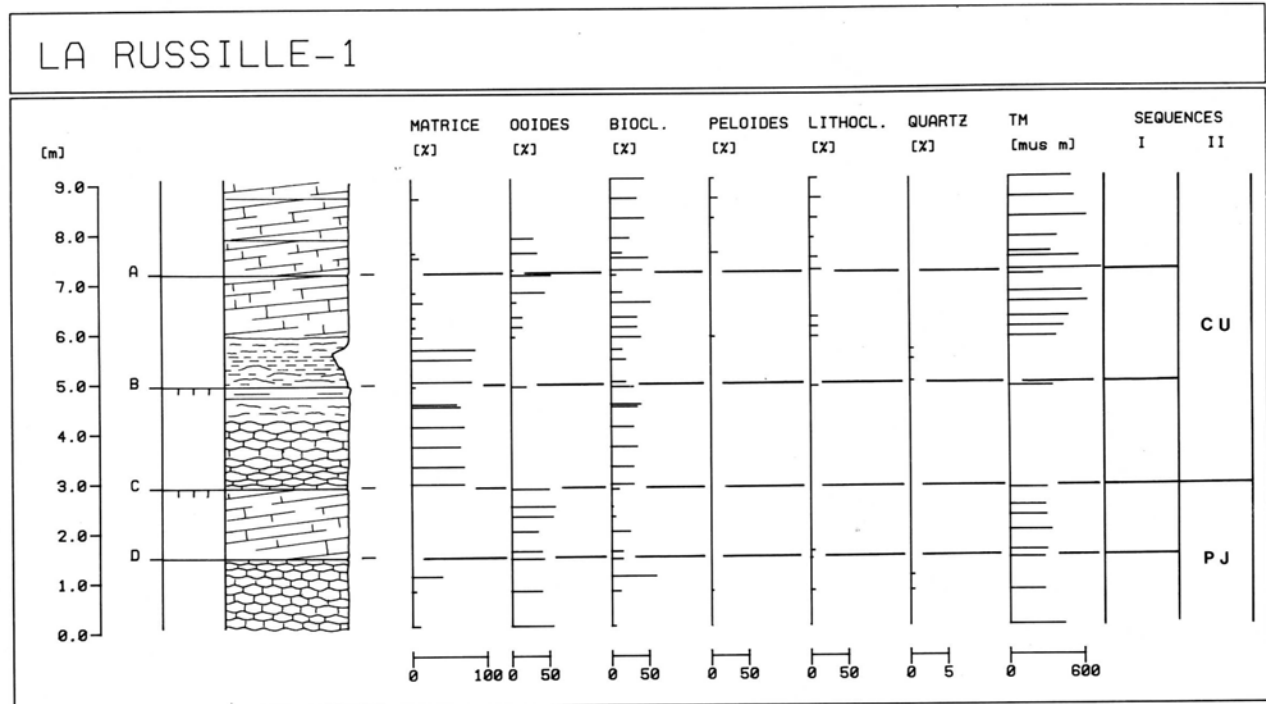


Fig. 50 Profil séquentiel de la coupe LA RUSSILLE-1.
Séquences I : séquences élémentaires
Séquences II : séquences de deuxième ordre (formations)

2.3.2. Affleurements des environs du Mormont (VD)

La coupe ECLEPENS-1 a été levée dans la carrière de la Société des Chaux et Ciments de la Suisse romande (SCC) située sur le flanc sud du Mormont, entre le village d'Eclépens et la gare d'Eclépens (coord. 531.200 / 167.200). Elle fut déjà levée par MASSE et CONRAD en 1983 (paraître).

L'exploitation actuelle de la carrière est concentrée sur le front de taille nord-ouest, parois où l'on peut clairement reconnaître la partie inférieure de la Pierre jaune de Neuchâtel. Inhérent aux dangers d'une paroi en exploitation, le levé et l'échantillonnage de cette partie de l'affleurement est rendu impossible à l'heure actuelle.

Le faible plongement vers le sud-est des couches, la topographie de la carrière, ainsi que la relative stabilité de la paroi sud-ouest, autorise le levé et l'échantillonnage d'une grande partie de la formation de la Pierre jaune de Neuchâtel et des Calcaire urgoniens du Jura, dans des conditions de sécurité relativement satisfaisantes.

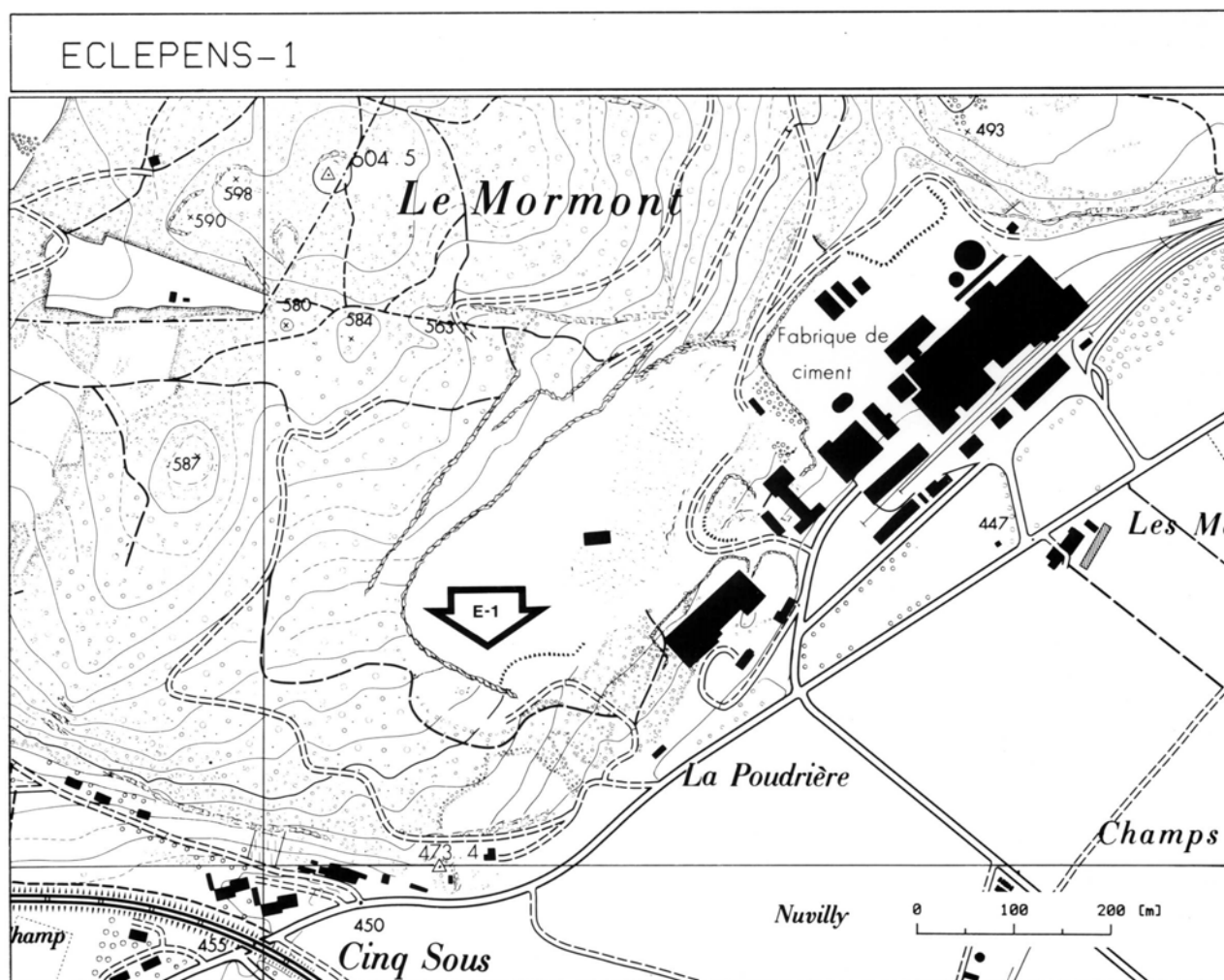


Fig. 51 Localisation de la coupe ECLEPENS-1 dans la carrière de la SCC.

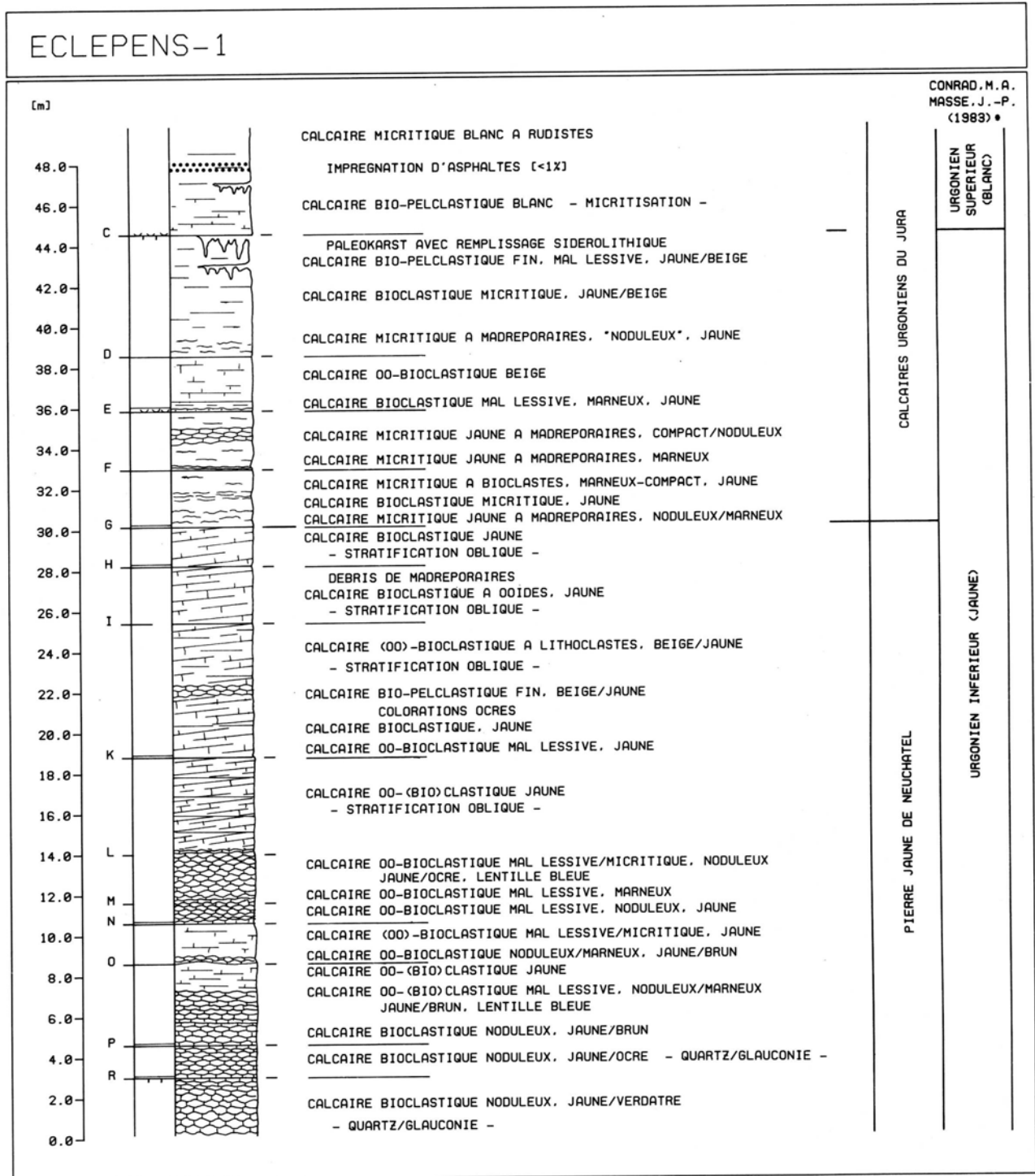


Fig. 52 Profil lithostratigraphique de la coupe ECLEPENS-1.

La base des Calcaires urgoniens du Jura est marquée par la discontinuité (G) au sommet d'un ensemble de faciès bioclastiques caractéristiques de la Pierre jaune de Neuchâtel. Les calcaires micritiques madréporaires surmontant cette discontinuité s'articulent en deux séquences de manière identique l'affleurement de LA RUSSILLE-1.

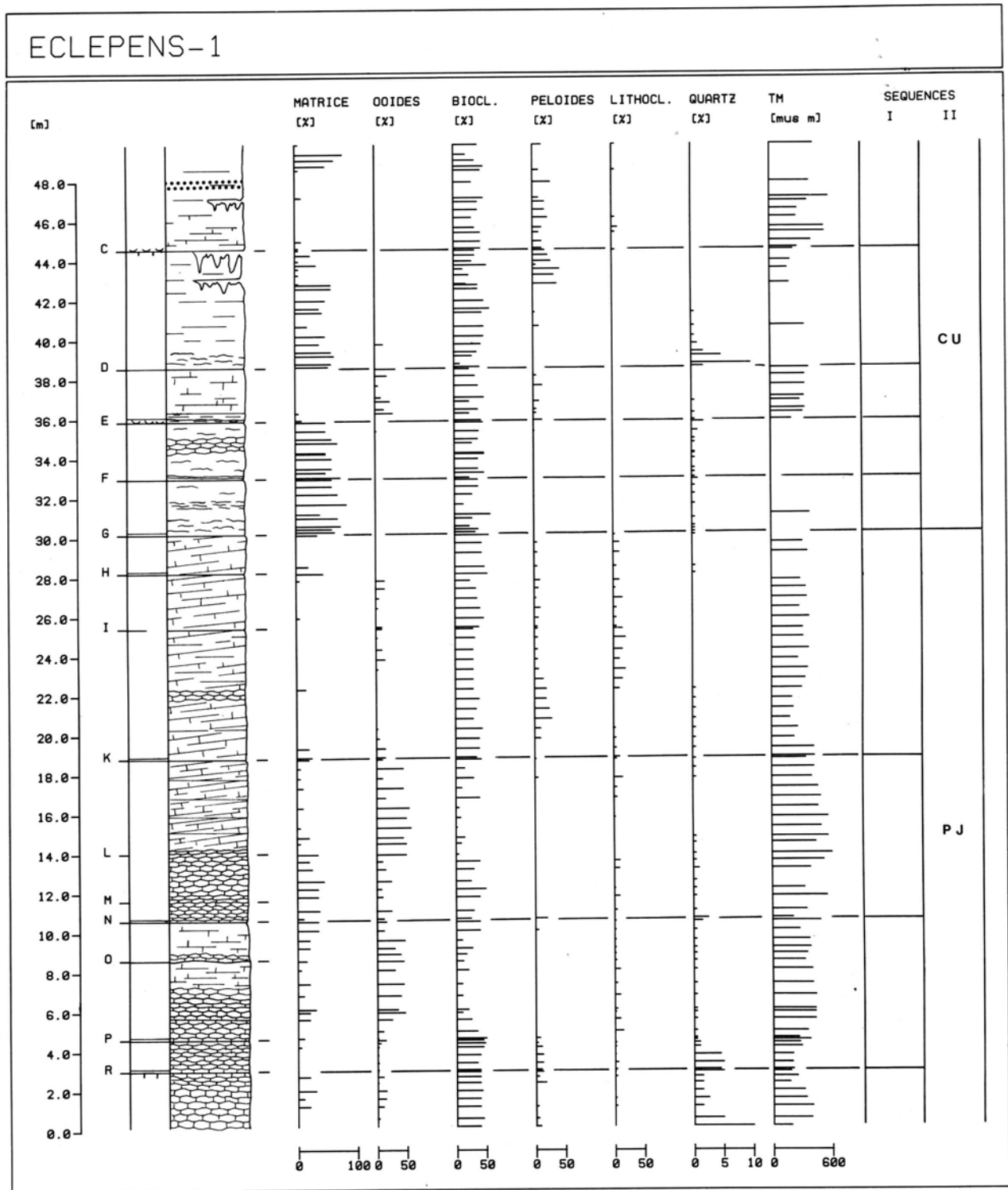


Fig. 53 Profil séquentiel de la coupe ECLEPENS-1.
 Séquences I : séquences élémentaires
 Séquences II : séquences de deuxième ordre (formations)

2.4. Synthèse lithostratigraphique

Les corrélations entre les différentes coupes sont établies sur la base de la discontinuité de La Russille, et des faciès calmes de transgression (biostrome madréporaires) de la partie inférieure des Calcaires urgoniens du Jura. Sur les 18 coupes étudiées, 11 sont ainsi directement corrélées sur ces bases (Fig. 54).

Discontinuité de La Russille.

Coupes (abréviation)		Discontinuités
ECLEPENS-1	(E-1)	G
LA RUSSILLE-1	(R-1)	C
BUTTES-1	(BU-1)	H
BUTTES-2	(BU-2)	E
LA LANCE-1	(L-1)	G
VAUMARCUS-1	(V-1)	C
ST AUBIN-1	(ST-1)	B
BOUDRY-1	(BO-1)	A
SERRIERES-2	(S-2)	C
NEUCHATEL F-567	(F-567)	A

Faciès calmes de transgression.

SAUGES-1 (SG-1)

Deux corrélations entre deux coupes sont établies sur la base de séquences élémentaires des formations (Fig. 54). Cette démarche est valable uniquement dans le cas où les coupes ne sont pas trop éloignées l'une de l'autre.

corrélations sur la base de séquences élémentaires.

Coupes		Discontinuités
SERRIERES-1/2	(S-1/S-2)	6(S-1) = E(S-2)
LA LANCE-1/2	(L-1/L-2)	G(L-1) = C(L-2)

Sur l'ensemble des coupes levées il en reste ainsi 5 qui ne sont pas rattachées directement, ou indirectement, la discontinuité de la Russille. Ces coupes sont néanmoins situées avec certitude dans l'une ou l'autre des formations sur la base de critères lithostratigraphiques (Fig. 54).

Formation de la Pierre jaune de Neuchâtel.

ST AUBIN-2 (ST-2)

Formation des Calcaires urgoniens du Jura.

TRAVERS-1	(T-1)	Cette coupe est corrélée avec les coupes levées dans les mines de LA PRESTA et de LA PETITE MINE (Deuxième partie de ce mémoire).
BEVAIX-1	(BE-1)	Cette coupe est située dans la partie supérieure de la formation, au niveau de l'apparition des faciès rudistes.

CALCAIRES URGONIENS DU JURA

PIERRE JAUNE DE NEUCHÂTEL

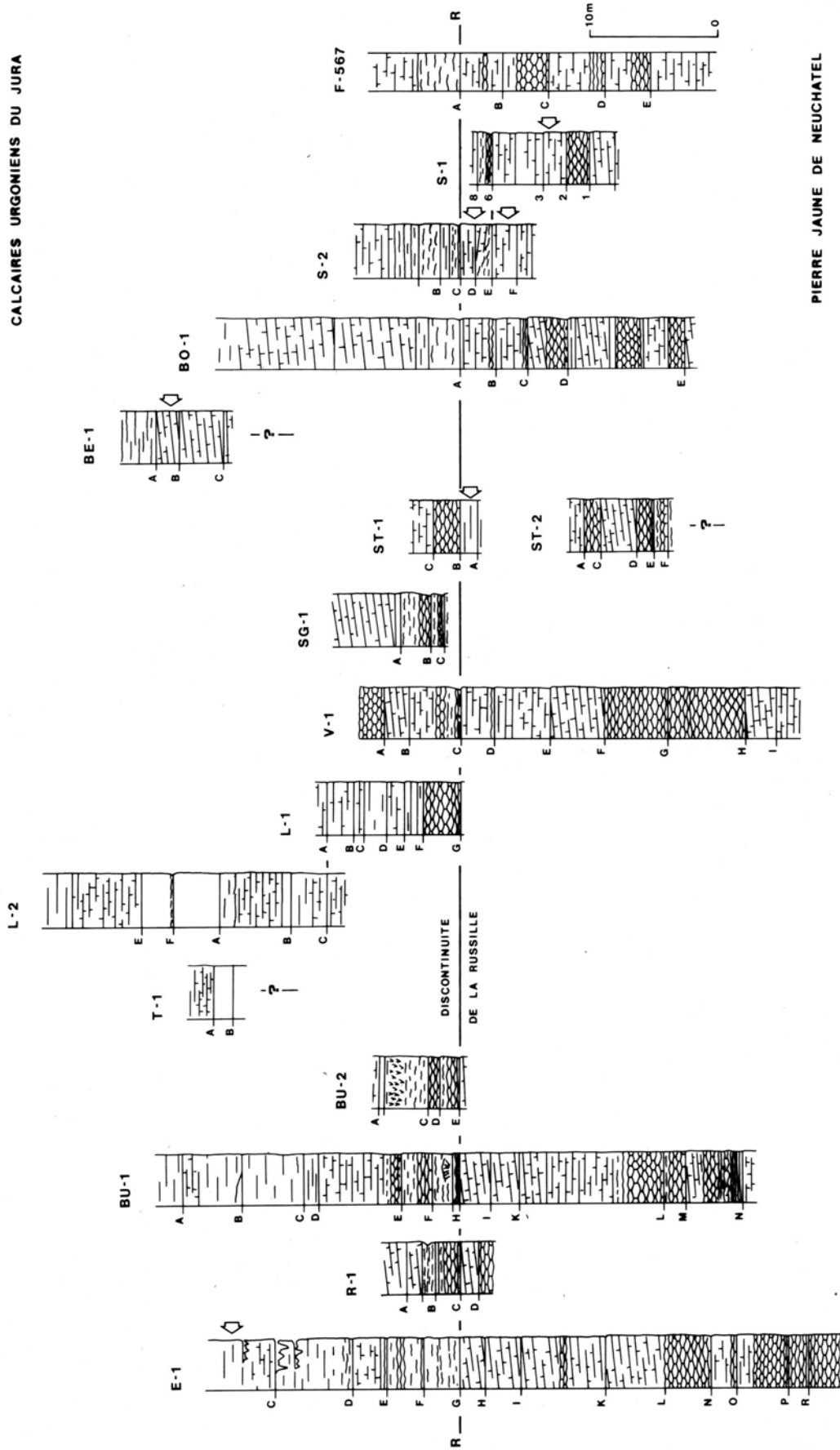


Fig. 54 Corrélations lithostratigraphiques des coupes. Les flèches indiquent les ocurrences et gisements d'asphaltes.

3. ESQUISSE PALEOGEOGRAPHIQUE DES FORMATIONS

L'analyse séquentielle des formations de la Pierre jaune et des Calcaires urgoniens du jura permet le découpage des séries étudiées en séquences élémentaires de premier ordre. Chaque séquence représente une tranche temps durant laquelle la plateforme carbonatée se trouve en régime de sédimentation continue sensu ARNAUD (1981).

A l'intérieur de ces séquences élémentaires, la loi de WALTHER (1894) est applicable sans restriction:

"Wie bei den Lebensbezirken ist es ein Grundsatz von weittragender Bedeutung, dass primär sich nur solche Facies und Faciesbezirke geologisch überlagern können, die in der Gegenwart nebeneinander zu beobachten sind."
(p.979)

Chacune des séquences élémentaires fournit un élément de modèle de sédimentation (milieu de dépôt). La synthèse de l'ensemble des éléments permet une reconstitution globale du milieu de dépôt de la plate-forme carbonatée.

3.1. Morphologie de la plate-forme et modèles de sédimentation

La morphologie générale de la plate-forme carbonatée durant le dépôt des formations de la Pierre jaune de Neuchâtel et des Calcaires urgoniens du Jura, correspond une vaste surface subhorizontale soumise aux variations du niveau de la mer. La bordure de la plate-forme exposée la haute mer est parallèle aux structures du Jura, et se trouve actuellement enfouie sous le bassin molassique suisse. Cette morphologie générale est stable sur l'ensemble des formations et de la région étudiée.

La mégaséquence de comblement de la Pierre jaune de Neuchâtel et des calcaires urgoniens du Jura, s'articule en deux séquences de deuxième ordre, Chacune est constituées de séquences élémentaires régressives.

A chacune des séquence de comblement de deuxième ordre correspond un voire deux, pour les Calcaires urgoniens du Jura, modèles de sédimentation. Ces modèles reflètent l'état sédimentologique de la plateforme durant le dépôt de chaque formation.

3.2. La Pierre jaune de Neuchâtel

La partie sommitale de la Pierre jaune de Neuchâtel est constituée par un ensemble de séquences régressives débutant fréquemment par des faciès bio-pelclastiques fins, quartzeux, souvent marneux. Ces faciès, de faible épaisseur, passent graduellement des faciès bioclastiques, et oolithiques, stratification oblique. Aucune corrélation stratigraphique ne peut être établie au niveau des séquences élémentaires de la formation. L'aspect lenticulaire de ces séquences ne permet pas de corrélations entre deux coupes distantes de plus d'une centaine de mètres. La corrélation entre les coupes SERRIERE-1 et SERRIERES-2, distantes de 800m représente la limite d'une corrélation possible entre les séquences élémentaires.

KIRALY (1965) dans son étude de la stratification oblique de la Pierre jaune, définit ainsi les "conditions génétiques" de celle-ci.

"...la plus grande partie de la Pierre jaune a été déposée dans un delta sous-marin complexe, formé de plusieurs petits deltas plus ou moins lenticulaires et décallés les uns par rapports aux autres."

"...delta complexe, extrêmement plat et allongé, qui ne devait probablement jamais être en relief,...".

De par l'agencement séquentiel et la nature des dépôts de la Pierre jaune de Neuchâtel, les structures sédimentaires (stratifications obliques) décrites par KIRALY (1965), peuvent être interprétées plutôt par un ensemble de "dunes sous-marines" oo-bioclastiques.

Les structures internes de ces "dunes sous-marines" n'étant pas issues de courants provenant exclusivement du N-NW comme le pensait KIRALY (1965). La direction générale des courants est bien perpendiculaire la bordure de la plateforme, mais il faut postuler un régime de courants plus variables, de vagues et de marées.

Ces "dunes sous-marines" oo-bioclastiques ou oolithiques recouvrent l'ensemble du secteur étudié de la plate-forme, et une bordure dans le sens d'une barrière morphologique de dimension restreinte n'est pas envisagée.

La séquence de comblement de deuxième ordre est interrompue au sommet par la discontinuité de La Russille marquée par une surface durcie. Les séquences précédant cette discontinuité majeure présentent des structures diagénétiques du type vadose liées une émergence temporaire des dunes. Ces structures seront décrites dans la deuxième partie de ce mémoire.

3.3. Les Calcaires urgoniens du Jura

La base des Calcaires urgoniens du Jura est constituée par une (ou plusieurs) séquences de biostromes madréporaires, transgressifs sur la discontinuité de La Russille. Ces biostromes sont caractérisés par des dépôts de boues carbonatées (micrites et argiles), les madréporaires de taille réduite (décimétrique) se maintenant par "flottaison" la surface de la boue durant leur vie, sont incorporés celle-ci après leur mort. Localement, la présence de biohermes rudistes (*Pachytraga*) peuplant les boues carbonatées est observée (BUTTES-2).

Ces biostromes représentent des faciès calmes de transgression, déposés sur les fonds durcis du sommet de la Pierre jaune de Neuchâtel. La profondeur de sédimentation est comprise entre le niveau inférieur d'agitation des vagues (houle, courants de fond) et le maximum de pénétration photique.

A la fin de l'épisode transgressif des biostromes madréporaires, se constitue sur la plate-forme un lagon rudiste du type plate-forme interne. Les dépôts de ce lagon sont formés de boues carbonatées peuplement de rudistes (*Requienia*), et de bancs sableux bio-peloclastiques. La base de la première séquence de lagon est marquée par des faciès oolithiques, ce qui tend démontrer (WALTHER, 1894) l'aspect oolithique de la bordure séparant le lagon (plate-forme interne) du talus externe.

Le sommet des séquences, et plus particulièrement les bancs sableux sont soumis une diagenèse précoce d'eau douce liées une émergence temporaire de ces faciès. L'ensemble de ces bancs constituent ainsi d'excellents réservoirs potentiels comme il sera démontré dans la deuxième partie de ce mémoire.

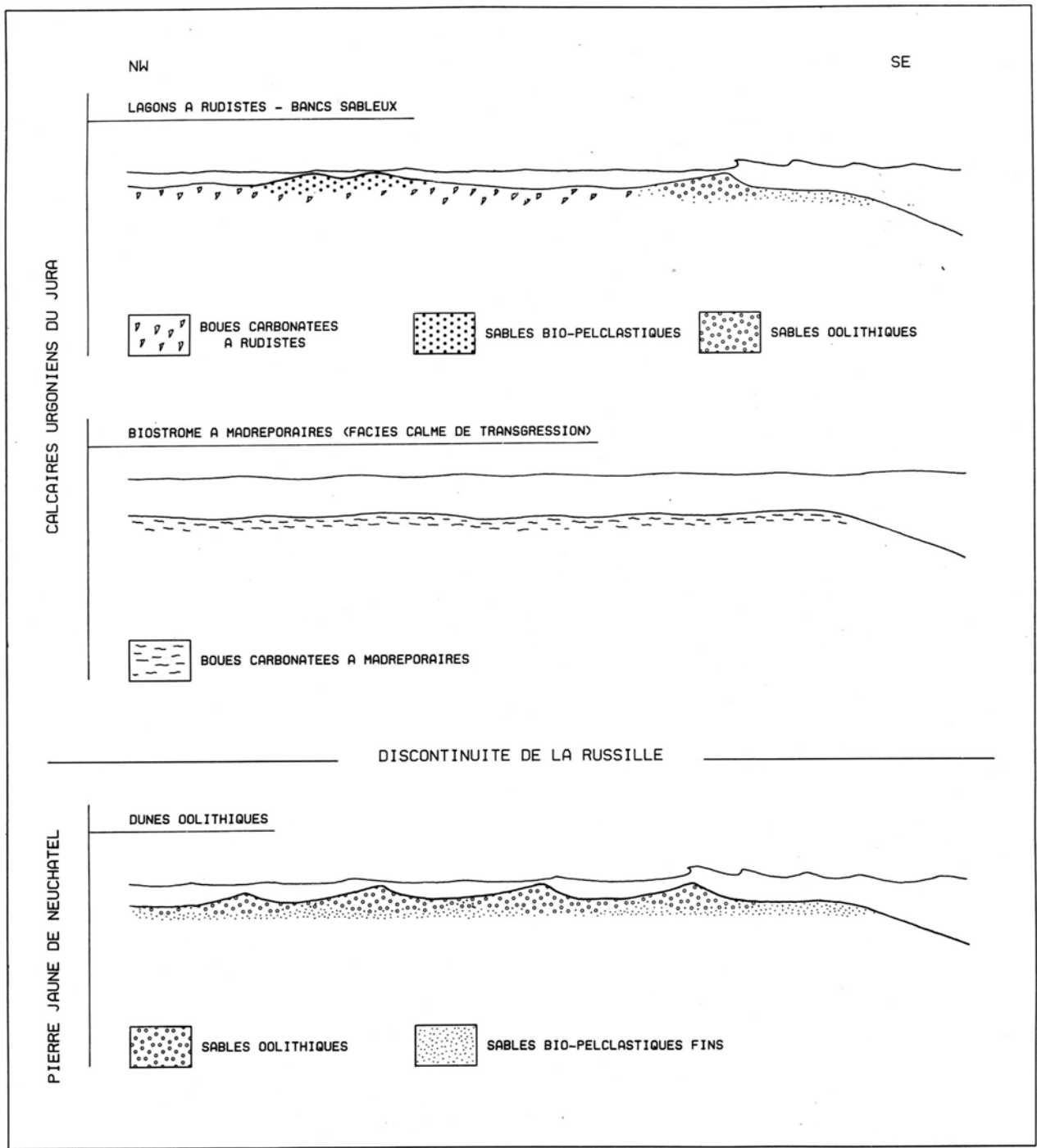


Fig. 55 Morphologie de la plate-forme carbonatée et modèles de sédimentation, des formations de la Pierre jaune de Neuchâtel (partie sommitale) et des Calcaires urgoniens du Jura.

DEUXIEME PARTIE

GENESE DES GISEMENTS D'ASPHALTE

CHAPITRE V

LE GISEMENT D'ASPHALTE DE LA PRESTA (VAL-DE-TRAVERS)

1. CADRE GEOLOGIQUE DU GISEMENT D'ASPHALTE DE LA PRESTA

Le gisement d'asphalte de La Presta est situé dans le Val-de-Travers, entre les localités de Travers et de Couvet (Fig.5/58). L'exploitation minière du gisement est actuellement assurée par la Neuchâtel Asphalte Company (NACO).

1.1 Cadre structural du gisement de La Presta

La structure générale issue de la déformation tardipontienne (AUBERT, 1975) du Jura entre le littoral Neuchâtelois et le Val de Travers, s'articule comme suit.

L'anticlinal du Creux du Van forme la première ride du Jura, et se présente comme une large voûte aplatie déjetée vers le Nord-Ouest.

Le flanc Sud-Est de l'anticlinal s'abaisse en structure monoclinale vers le Lac de Neuchâtel pour disparaître sous le bassin molassique. D'après THIEBAUD (1937) le contact entre le flanc Nord-Ouest de l'anticlinal (compliqué par un petit synclinal crétacé) et le synclinal du Val de Travers, s'établit par une série de failles inverses définissant des écaillés en contact anormal les unes avec les autres.

Large d'environ 2km dans la région de Travers, le synclinal du Val de Travers se resserre vers l'Est en même temps que son axe se relève. Le flanc normal du synclinal plonge avec une faible pente structurale vers le sud-est. Un léger bombement de la structure favorise l'affleurement des séries crétacées dans le vallon. Le flanc inverse, chevauché par le flanc renversé de l'anticlinal du Creux-du-Van, est enfoui sous le pli-faille. Les séries du Crétacé et du Tertiaire se trouvent ainsi protégées, des érosions postérieures au plissement du Jura, par le chevauchement.

Le gisement d'asphalte de la Presta est situé dans le flanc normal du synclinal du Val-de-Travers. Il se trouve fortement affecté par les déformations tardipontiennes induites par le chevauchement de l'anticlinal du Creux-du-Van.

1.2 Situation lithostratigraphique du gisement de La Presta

L'étude par GINDRAUX (1975) de quatre forages (Fig.57) effectués durant l'été 1972 par la Neuchâtel Asphalte Company en vue d'une extension de l'exploitation vers le sud-ouest (Fig.58) a permis de mettre en évidence les successions du Crétacé moyen et Tertiaire, pour la région de la Presta.

Coordonnées des forages (Fig.58), d'après GINDRAUX (1975).

Forage	Coordonnées	Altitude	Profondeur
F1	539.860/197.490	790.0 m	75.65 m
F2	539.800/197.510	781.0 m	41.60 m
F3	539.880/197.570	775.5 m	30.00 m
F4	539.770/197.550	772.0 m	47.45 m

Succession lithostratigraphique des forages d'après GINDRAUX (1975).

-Tertiaire.

"Argiles gris-bleu claires, sableuses. Compactes et enrichies en quartz vers la base."

-Albien.

"Argiles bigarrées avec passées gris-bleu, quelques niveaux calcaires et horizons probablement discontinus avec nodules et fossiles pyriteux ou phosphatés. Vers la base, 30 80 cm d'argiles sableuses gris-bleu plus calcaires."

-Aptien.

"Au sommet, calcarénites puis grès plus ou moins tendres ciment argileux, glauconieux. Nombreuses passées argileuses. Débris de fossiles. Vers la base, on peut y observer un petit niveau argileux gris-bleu orbitolines. THIEBAUD (1937) cite comme base de l'Aptien dans la région une couche d'argiles *Orbitolina lenticularis*. Le sommet de cet Aptien est imprégné d'asphalte."

-Formation des Calcaires urgoniens du Jura.

"Calcaires blancs crayeux, poreux et fortement imprégné d'asphaltes vers le sommet."

Aucun des forages étudiés par GINDRAUX (1975) n'a traversé entièrement la formation des calcaires urgoniens du Jura. Seul les forages F1 et F2 montrent clairement l'existence de deux séquences élémentaires sur la partie supérieure de la formation. Chaque séquence est caractérisée par la présence d'asphalte au toit (Fig.57).

En galerie on retrouve les deux séquences élémentaires de par l'exploitation des gisements d'asphalte qui leurs sont associés (Fig.59). Le gisement principal appelé Bon Banc (puissance de 0-6 m pour une teneur moyenne en asphaltes de 9 %) constitue la partie sommitale de la séquence du même nom. Cette séquence, tranchée par une surface de discontinuité (discontinuité du Bon Banc), est surmontée par la séquence de la Petite Couche, dont le gisement est exploité très localement en bordure du gisement principal (puissance d'imprégnation jusqu' 4 m pour des teneurs moyenne en asphaltes de 6.5 %). La séquence de la Petite Couche est tranchée par une surface de discontinuité (discontinuité de la Petite Couche, difficilement observable en mine cause des éboulements des séries marneuses superposées.

La discontinuité de La Russille et les faciès madréporaires de la base des Calcaires urgoniens du Jura affleurent l'actuelle entrée de la mine de La Presta. D'après FREI (1922) la puissance des faciès madréporaires s'élève environ 4 m, et le Bon Banc est situé environ 11 m au dessus de la discontinuité de La Russille. Un profil de la base des Calcaires urgoniens du Jura n'a pu être levé pour des raisons liées au type d'exploitation (explosifs).

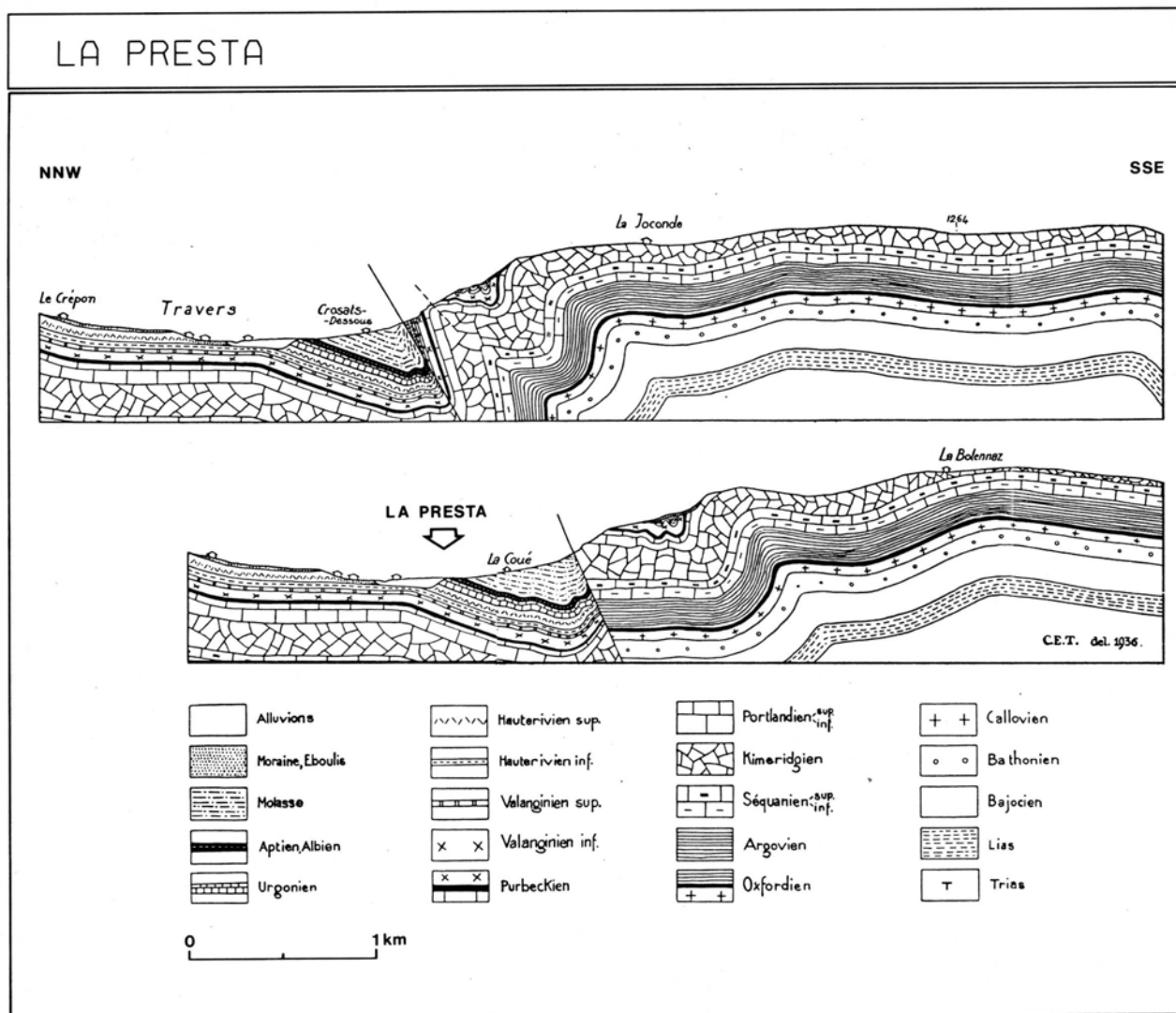


Fig. 56 Coupes géologiques du synclinal du Val-de-Travers au niveau du gisement d'asphalte de La Presta, d'après THIEBAUD (1937).

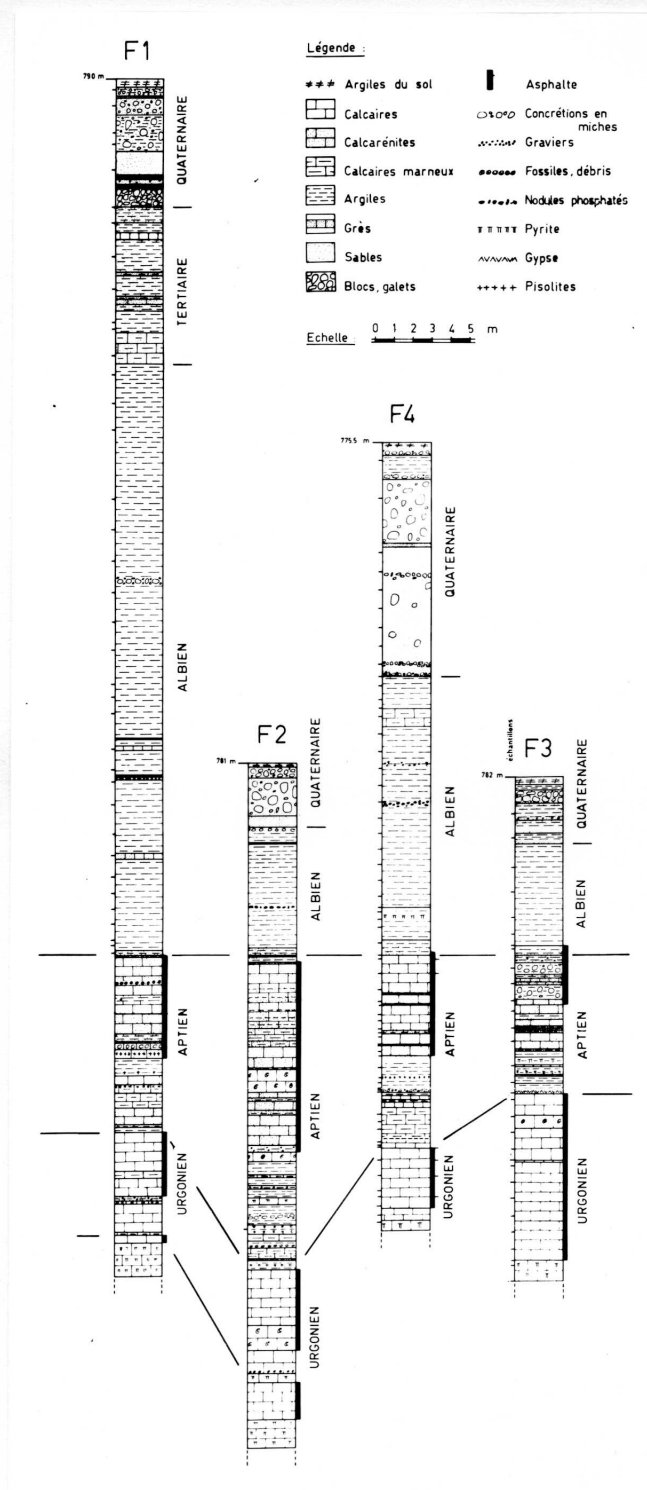


Fig. 57 Profils lithostratigraphiques des forages F1, F2, F3, et F4 (1972) de La Presta, d'après GINDRAUX (1975).

2. EXPLOITATION DE LA MINE D'ASPHALTE DE LA PRESTA

2.1. Historique de l'exploitation du gisement

La découverte du premier gisement d'asphalte naturel en Europe (exploité industriellement) remonte 1711, année au cours de laquelle le savant grec Eirini d'Eyrinis, médecin et physicien, fit une excursion au Val-de-Travers et y découvrit un affleurement de roche asphaltique.

L'exploitation de cette roche ciel ouvert débuta en 1712. Selon les instructions de d'Eyrinis, l'asphalte était utilisé pour des étanchéités et des revêtements.

Malgré ces débuts prometteurs, la mine tomba dans l'oubli après le décès de d'Eyrinis. Ce n'est qu'en 1833 que l'entrepreneur Philippe Suchard (fondateur de la fabrique de chocolat du même nom) fit reprendre l'exploitation qui atteignit rapidement la production respectable de 1500 tonnes d'asphalte par an.

Après que cette exploitation eut essuyé des succès comme des revers, la Neuchâtel Asphalte Co. (NACO) fut fondée en 1873. Depuis cette époque, cette société est seule concessionnaire des mines d'asphalte du Val-de-Travers. Jusqu'à la veille de la première guerre mondiale, l'extraction d'asphalte naturel au Val-de-Travers connut un constant progrès, pour culminer en 1913 53'000 tonnes, exportées dans tous les pays d'Europe, en Amérique et même en Australie. Après la seconde guerre mondiale, l'exportation disparut peu peu; de nos jours, l'asphalte naturel de Travers est exclusivement utilisé en Suisse.

L'exploitation minière totale depuis le début du 19^{em} siècle couvre une surface de 0.57 km². En 1981 l'extension de l'exploitation était réduite au 1:10 de la surface totale, seul les galeries de la terminaison ouest étaient encore praticables. En 1983, après dépilation du secteur sud-ouest, la décision de stopper le pompage de la nappe de l'Areuse fut prise par la Ville de la Chaux-de-Fonds, noyant ainsi toutes les galeries situées en dessous de 725 m. (Fig.58)

2.2. Technique d'exploitation du gisement

L'exploitation de l'asphalte a lieu en galeries souterraines. Les plus profondes étaient situées environ 170 mètres au-dessous de la surface. L'épaisseur de la couche d'asphalte exploitée varie entre 0 et 6 mètres. L'abattage a lieu à l'explosif; une marieuse conduit les matériaux minés à la galerie de roulage, où ils seront pris en charge par un camion de mine qui les conduira au dépôt extérieur. De ce dépôt intermédiaire, l'asphalte est introduit dans un concasseur qui, en plusieurs passes, réduit la roche en poudre d'asphalte.

De nos jours, la plus grande partie de la poudre d'asphalte ainsi produite est acheminée dans des centrales de fabrication, où par un dosage approprié des matières premières (asphalte naturel, bitumes importés, sables), les propriétés des mélanges sont adaptées aux exigences particulières des revêtements.

Le solde (environ 10%) est transformé en pains hexagonaux de mastic d'asphalte, tels qu'ils étaient exclusivement fabriqués jusqu'à la mise en service des centrales de fabrication. La poudre d'asphalte est chauffée dans des pétrins et additionnée de bitumes de distillation dont la qualité et le dosage dépendent de la destination du mastic d'asphalte. Celui-ci est alors coulé dans des moules hexagonaux.

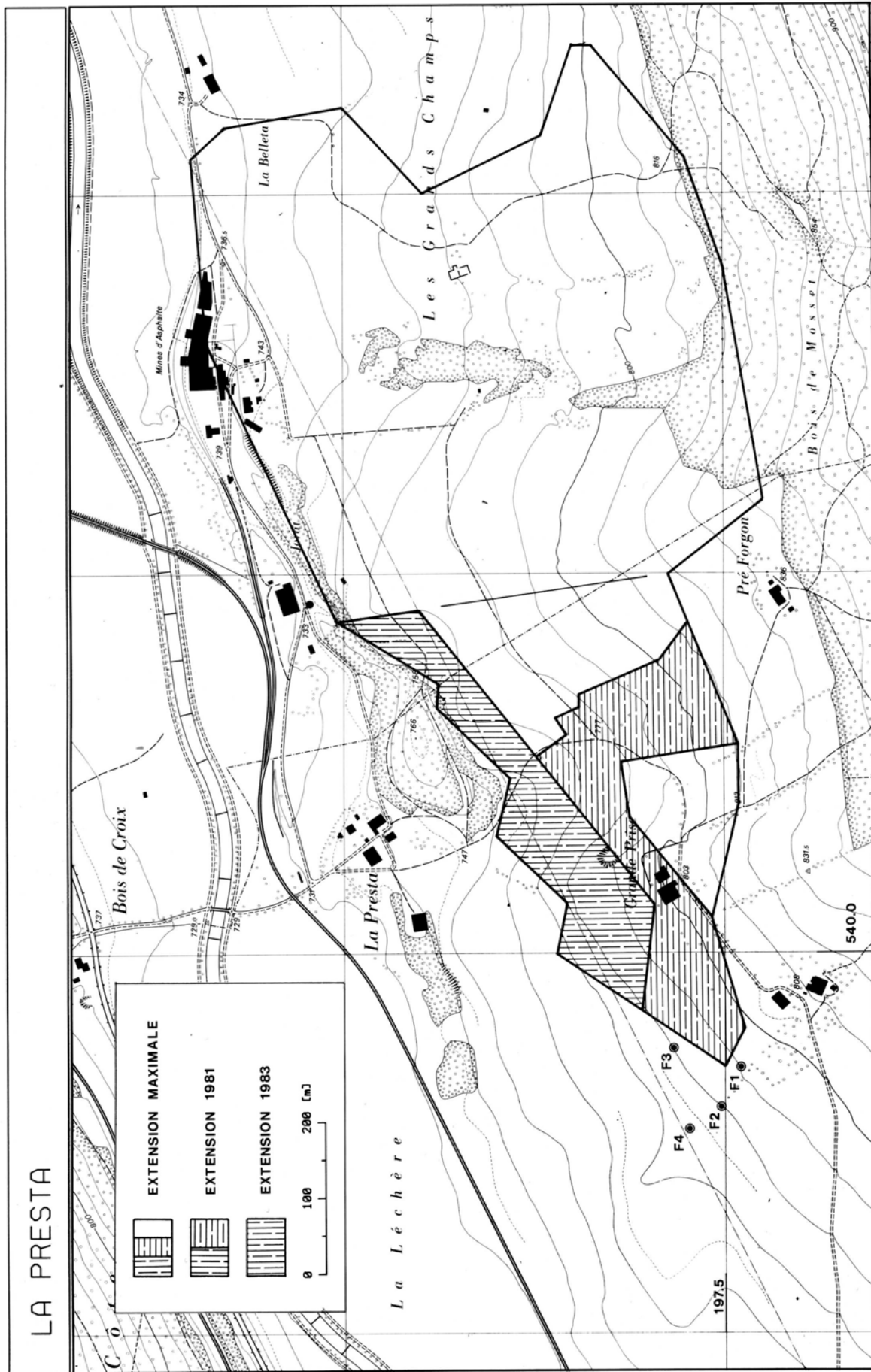


Fig. 58 Extensions de l'exploitation du gisement d'asphalte de la Presta.
Localisation des forage F1/F2/F3/F4 étudiés par GINDRAUX (1975).

3. THEORIES ANTERIEURES SUR L'ORIGINE DE L'ASPHALTE DU VAL-DE-TRAVERS

La dernière étude détaillée concernant le gisement d'asphalte de La Presta date de FREI (1922), étude qui se résume une excellente description du gisement. Il faut remonter JACCARD (1890) et SCHARDT (1911) pour retrouver des hypothèses quant la mise en place et l'origine des hydrocarbures.

Du point de vue de l'origine de l'asphalte de la Presta, deux théories fondamentalement opposées ont marqué la fin du XIX^{em} siècle. D'une part la théorie d'une origine in-situ des asphaltes défendue par JACCARD (1890), origine liée la décomposition d'organismes marins sur les fonds urgoniens et aptiens, d'autre part la théorie d'une origine secondaire par migration de "naphtes" défendue par SCHARDT (1911).

3.1. Théorie d'une origine in-situ des asphaltes de JACCARD (1890)

L'examen des terrains du Val-de-Travers, dans leurs rapports avec l'asphalte, amène JACCARD (1890) la conclusion que l'absence d'indices de migration infirmant une "origine interne" du bitume, l'asphalte en tant que tel, devait être considéré comme un faciès sédimentaire particulier de l'Urgonien supérieur, avec récurrence l'Aptien. Pourtant il cite MALO (1866) ingénieur des mines qui, frappé par l'absence de résidus organiques solides dans l'asphalte (kérogène), introduit la notion encore diffuse de migration.

"... des époques géologiques encore mal déterminées, des amas de matières organiques, enfoncées sous les énormes massifs du calcaire jurassique et chauffées par le feu central, se sont mis en vapeur, et, cet état, ont cherché une issue travers l'écorce terrestre. Un jour, un craquement se produit dans cette écorce, une fissure se manifeste; les vapeurs bitumineuses comprimées par des pressions incalculables s'y précipitent par le chemin qui leur est ouvert. Ces vapeurs franchissent ainsi des couches trop compactes pour se laisser pénétrer; mais arrivées au terrain oolithique, elles rencontrent droite et gauche de la fissure des couches de calcaires tendre qu'elles imprègnent."

JACCARD (1890) invoque la paléogéographie lagunaire de l'Urgonien (forte activité biologique), comme preuve supplémentaire d'une formation in-situ des bitumes.

D'autre part, il s'appuie sur les observations de FRAAS & LESQUEREUX pour affirmer que le pétrole est issu de "végétaux" marins, alors que le bitume est lui issu de la décomposition "d'animaux" marins. Il n'envisage nullement la biodégradation d'une huile comme processus de formation des bitumes. Pour lui les caractères chimico-physiques d'un bitume sont dus la nature de la matière organique, et non une transformation des huiles originelles.

En guise de conclusion, JACCARD (1890) écrit:

"Tout devient obscur, inexplicable dans l'hypothèse de la pénétration postérieure du bitume dans les couches, qu'elle ait lieu de haut en bas ou de bas en haut; tout devient clair, accessible notre intelligence dès que nous admettons l'origine simultanée du terrain et des substances bitumineuses qu'il renferme."

3.2. Théorie d'une origine secondaire par migration de SCHARDT (1911)

SCHARDT (1911) veut comme preuve du caractère secondaire de l'imprégnation, le faciès sédimentaire de l'Urgonien.

"Le calcaire Urgonien s'est formé primitivement comme calcaire poreux organogène blanc, composé de débris de coquilles, foraminifères, bryozoaires, coraux, etc., tous broyés par l'action des vagues sur le fond de la mer, naturellement faible profondeur, puis entraînés par des courants et entassés en couches étendues par des courants marins. Dans ces conditions, la formation simultanée d'asphalte est absolument exclue et il faut conclure que cette matière y a pénétré plus tard."

Il remarque aussi qu'il aurait été impossible aux asphaltes visqueux de pénétrer les couches urgoniennes, et que ceux-ci devaient être bien plus fluides. Il arrive la conclusion que "les asphaltes ont tous été l'origine des naphtes", et que ce sont ces derniers qui ont migrés dans les couches poreuses, pour ensuite "s'oxyder" en asphaltes.

4. ANALYSE STRUCTURALE DE LA DISCONTINUITÉ DU BON BANC

L'analyse structurale du gisement de la Presta est subordonnée à la représentation tridimensionnelle d'une surface de référence stratigraphique. Le choix de cette surface de référence est guidé par des impératifs miniers.

La surface de discontinuité entre la séquence du Bon Banc et celle de la Petite Couche (=toit du Bon Banc) constitue le toit de l'ensemble des galeries d'exploitation (Fig.59).

L'analyse structurale de cette surface de discontinuité est entreprise dans son ensemble, afin de dégager les structures grande échelle engendrée par le plissement du Jura. Ces structures sont représentées sous forme de carte des isohypses de la surface de discontinuité.

L'étude des perturbations lithologiques engendrées par le glissement couche sur couche, au toit du Bon Banc, permet la datation relative au plissement de la migration des hydrocarbures.

4.1. Isohypses de la discontinuité du Bon Banc

La carte des isohypses de la surface de discontinuité du Bon Banc est établie sur la base de 297 mesures de nivellement topographique effectuées dans les galeries d'exploitation. Ces données sont rassemblées sur le plan d'exploitation NACO-84, mis à disposition par la direction de la mine.

Les isohypses sont définies à partir des mesures de nivellement par la méthode d'extrapolation du krigeage établie sur la base de la théorie des variables régionalisées de MATHERON (1963).

Une méthode satisfaisante d'estimation par interpolation doit prendre en considération la structure du phénomène étudié, la localisation des points estimés par rapport aux points échantillonnés (mesurés), et la répartition spatiale des points échantillonnés. Un grand nombre de procédures d'interpolation bi ou tridimensionnelles sont basées sur la méthode des moindres carrés, et ne tiennent aucun compte des corrélations spatiales entre les points de mesures. Les procédures de "trend surface analysis" ne sont en fait que des régressions polynomiales.

La théorie des variables régionalisées, due à MATHERON (1963), emprunte son arsenal conceptuel et ses techniques mathématiques à la théorie des fonctions aléatoires. Elle apporte aux problèmes d'interpolation une solution reposant sur une base théorique extrêmement solide. La méthode d'estimation a reçu le nom de krigeage d'après D.G.Krige.

Le krigeage revient à effectuer une pondération, c'est-à-dire attribuer un poids à la valeur de chaque "échantillon". Ces poids sont calculés de manière à rendre minimale la variance d'estimation résultante, compte tenu des caractéristiques géométriques du problème.

La méthode du krigeage est décrite en détail par JOURNEL (1977), on trouve un résumé dans ZWEIDLER (1982).

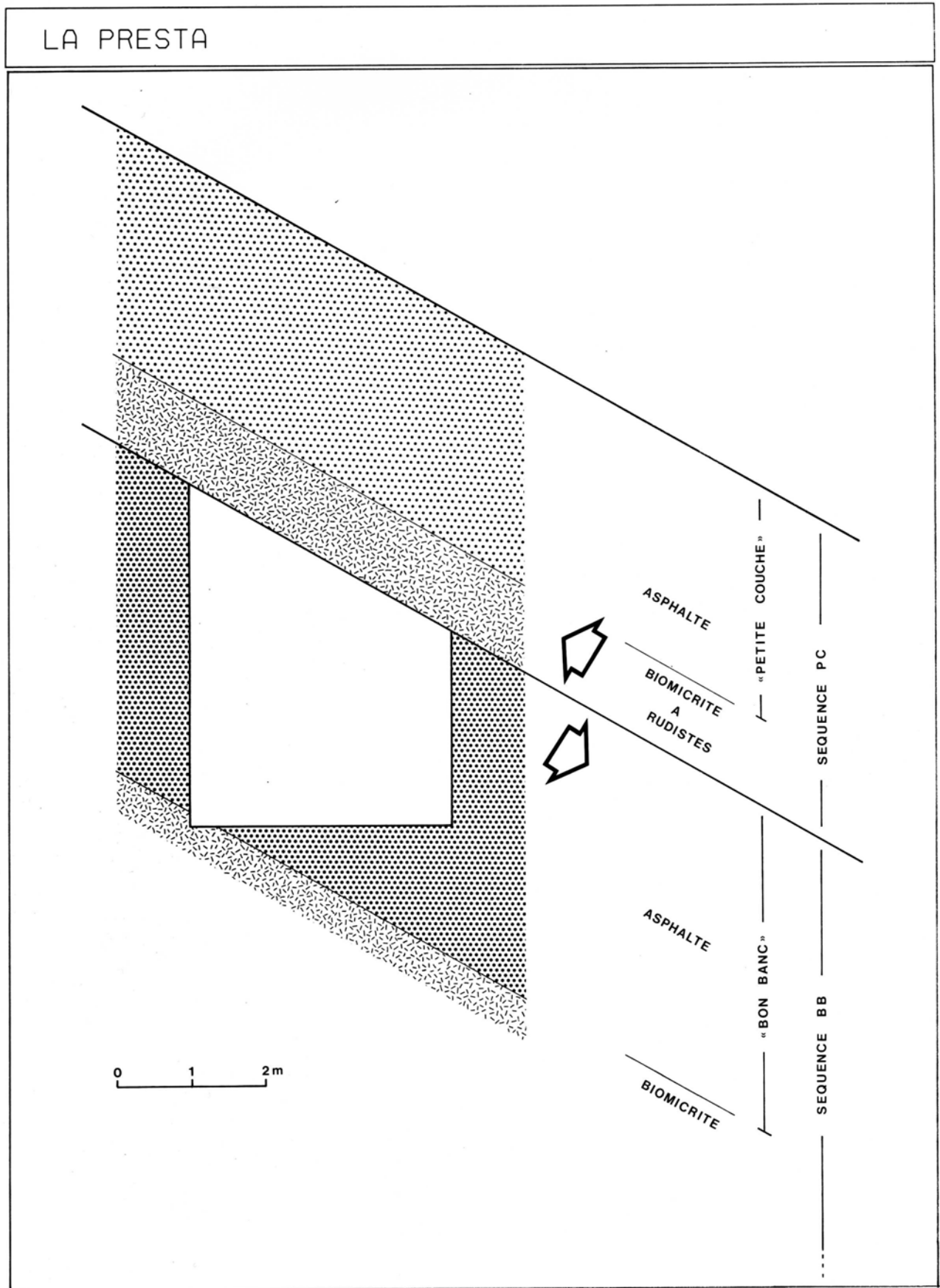


Fig. 59 Contexte minier des séquences sédimentologiques et gisements d'asphalte associées, du sommet de la formation des Calcaires urgoniens du Jura.

La carte des isohypses du toit du Bon Banc est calculée et tracée par le logiciel de krigeage KRIPLO, écrit par MEYLAN, BOUBERGUIG & DUPUIS de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Ce logiciel (VAX-11 FORTRAN) est actuellement implanté sur un ordinateur VAX-11 750/780 (VMS).

Les limites majeures de l'application du krigeage la géologie structurale, et plus particulièrement du logiciel KRIPLO, sont au nombre de deux.

-Les structures étudiées sont issues de contraintes anisotropes, le variogramme de celles-ci l'est donc par définition aussi. Le logiciel KRIPLO ne peut tenir compte que d'un seul variogramme isotrope, il est donc nécessaire de choisir un variogramme moyen sur l'ensemble des structures. Le variogramme moyen défini pour les structures du toit du Bon Banc est du type linéaire sans effet de pépite, avec une pente de 1.5 gamma/h (ZWEIDLER, 1981).

-La théorie des variables régionalisées postule l'homogénéité (l'effet de pépite près) du phénomène étudié. Cette homogénéité est représentée par le variogramme. Les failles (perturbations de structures homogènes) ne peuvent ainsi être intégrées une analyse structurale par krigeage.

La carte des isohypses de la surface de discontinuité du Bon Banc (Fig.60/62) met en évidence les structures secondaires affectant le flanc nord-ouest du synclinal du Val-de-Travers, au niveau du gisement d'asphalte de la Presta. Une représentation tridimensionnelle des structures (Fig.61) est possible par le logiciel GeoView développé partir des données fournies par le krigeage.

Sur l'ensemble du gisement d'asphalte de la mine de la Presta, le flanc normal du synclinal est affecté d'une ondulation de direction axiale N060, formant deux paliers subhorizontaux, 715 et 675 m d'altitude, d'une largeur d'environ 200m chacun (Fig.60/62)

Cette structure est perturbée dans les secteurs nord-ouest du gisement par deux structures en forme de cuvettes allongées, de direction axiale N080 pour la cuvette la limite nord-ouest de l'exploitation, et N055 pour la "cuvette centrale". Ces cuvettes sont séparées par une structure en forme de dôme allongé de direction axiale N064 (Fig. 61).

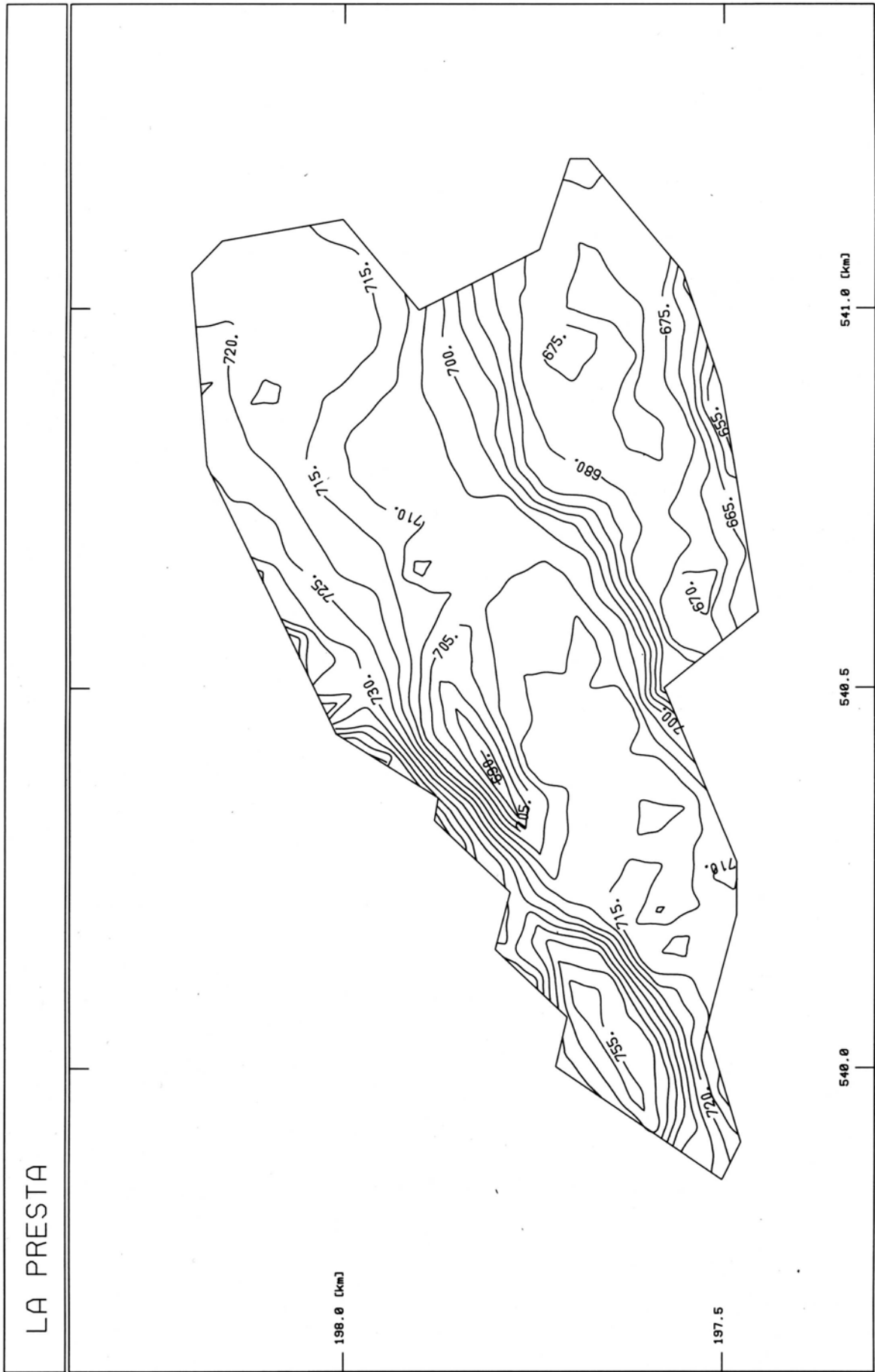


Fig. 60 Isohypes (m) de la discontinuité du Bon Banc.

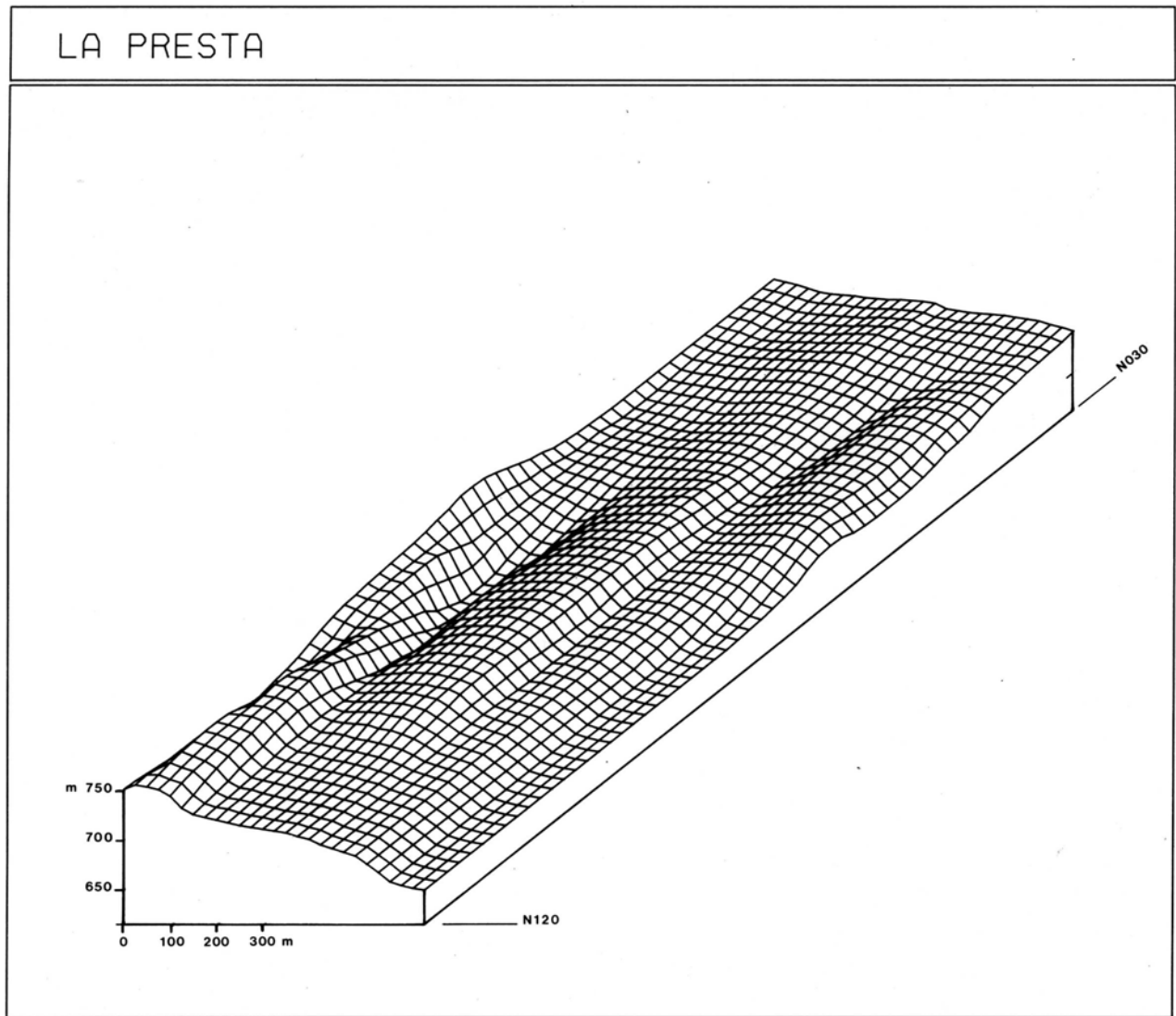


Fig. 61 Représentation tridimensionnelle de la surface de discontinuité du Bon Banc.

En termes de mécanique des roches, les séquences élémentaires correspondent deux unités compétentes, séparés par un interlit ductile. Ce dernier agit comme lubrifiant, et favorise le glissement couche sur couche des deux unités compétentes, lors du plissement. L'ensemble des argiles a subi une déformation ductile, mais simultanément une surface de friction interne s'est individualisée en surface de décollement, affectant également la morphologie du toit du Bon Banc (PN14 Pl.1-1).

Des "galets" d'asphalte (0.1-1.0 cm) sont arrachés au toit du Bon Banc (PN15 Pl.1-2/3) par le glissement couche sur couche et se retrouvent incorporés dans l'interlit argileux, isolé du Bon Banc.

Cette disposition relative d'asphalte pris dans des argiles imperméables, n'est possible que dans le cas d'une migration et d'un piègeage anté-déformation (=anté-Tardipontien) des hydrocarbures. Une imprégnation post-déformation n'est génétiquement pas concevable, les argiles faisant effet d'écran imperméable.

Le piège du gisement de la Presta est ainsi totalement indépendant des structures issues de la déformation du Jura (faut-il rappeler que le gisement d'asphalte est situé sur le flanc d'un synclinal?).

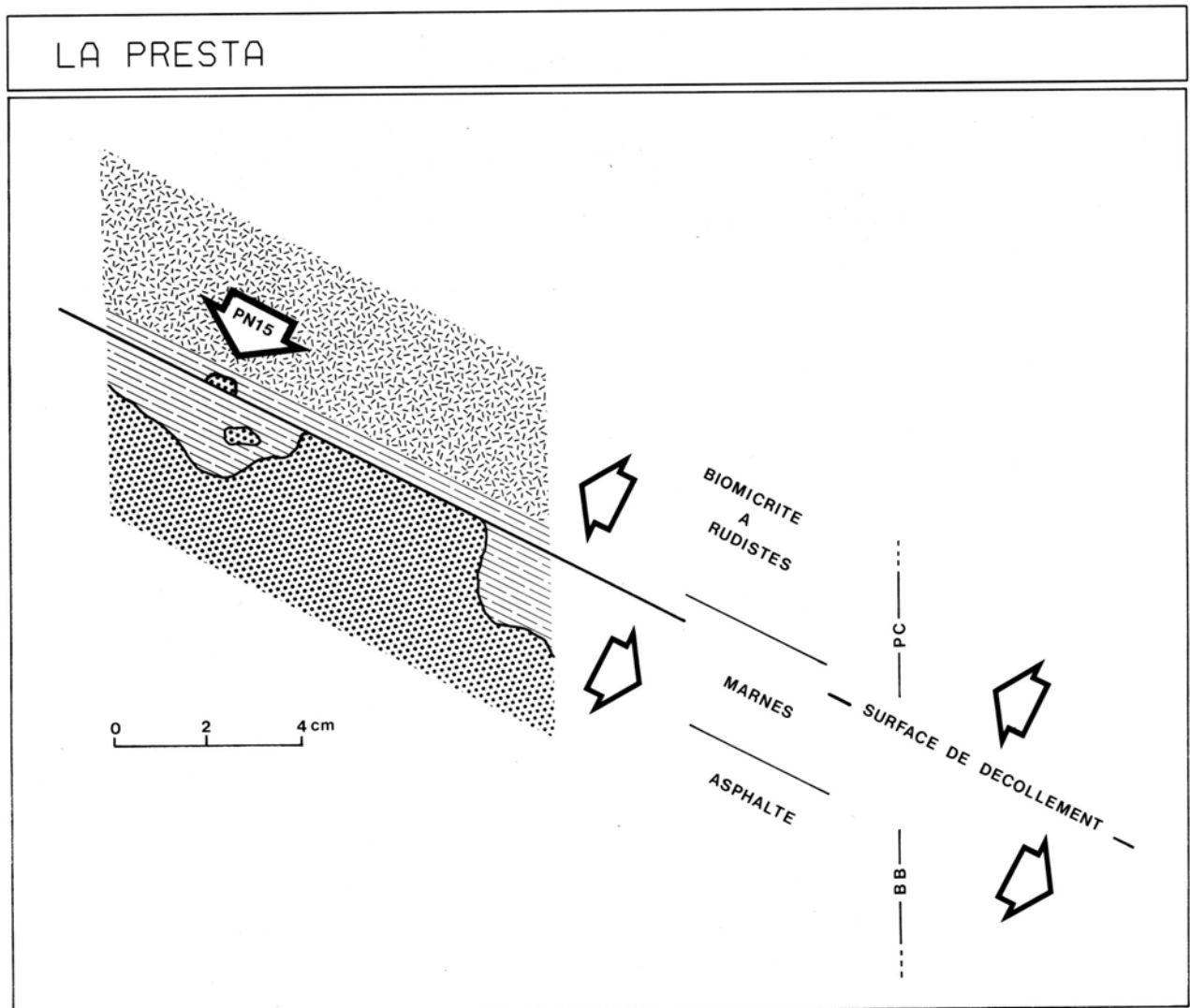


Fig. 63 Déformation du toit du Bon Banc par le glissement couche sur couche des séquences du Bon Banc (BB) et de la Petite Couche (PC).

5. ANALYSE TRIDIMENSIONNELLE DE LA SEQUENCE DU BON BANC

Dans le but de définir le mécanisme de piègeage antérieur aux structures du Jura, il est nécessaire d'analyser les relations spatiales entre les différentes lithologies présentes. Ces lithologies doivent être définies en termes de réservoir et de piège. Il s'agit aussi de préciser les relations d'indépendance ou de dépendances entre les structures tardipontiennes et l'imprégnation.

Dans les galeries de la mine il est possible de définir trois lithologies distinctes sur l'ensemble des deux séquences : l'asphalte, des grainstones poreux et des biomicrites. A noter que l'observation des unités non imprégnées, ou de transition, est rendue difficile par l'absence de galeries d'exploitation dans les secteurs faible intérêt économique. La Petite Couche est exploitée trop sporadiquement en bordure du gisement du Bon Banc, pour qu'une analyse tridimensionnelle de celle-ci puisse être entreprise. L'effort sera ainsi porté sur la séquence du Bon Banc, et de sa couverture représentée par les biomicrites rudistes au mur de la séquence de la Petite Couche.

5.1. Isopaches du Bon Banc

L'établissement d'une carte des isopaches du Bon Banc nécessite des données sur la puissance d'imprégnation en un maximum de points du gisement. Etant donné l'accessibilité réduite voire impossible de certains secteurs de la mine (Fig.58), il a été nécessaire de procéder par assemblage de données d'origines différentes.

Dans les galeries encore accessibles en 1981, des secteurs ouest de la mine, 179 mesures relatives la puissance d'imprégnation du Bon Banc, ont été effectuées.

Pour les secteurs innaccessibles depuis peu, il a été possible, avec l'aide de l'ingénieur de la mine C.Stempert, d'estimer la puissance du Bon Banc en 83 points, couvrant les secteurs est et sud.

Ainsi c'est partir d'un semi de 262 points repartis sur l'ensemble du gisement (200 points pour les secteurs ouest) que la carte des isopaches du Bon Banc est tracée après krigeage.

Le traitement des données de puissance d'imprégnation par krigeage nécessite la définition du variogramme $\gamma=f(h)$, représentant la fonction structurale de la variation spatiale de l'imprégnation.

Le variogramme de la puissance d'imprégnation est établi d'après les relevés du secteur PW (Fig.68) de la terminaison ouest du Bon Banc (Fig.64).

Le variogramme est de type linéaire avec une pente de 0.4 ($2\gamma/h$), sans effet de pépité (variance nulle l'origine). L'effet de pépité traduit une très forte variabilité de la fonction entre deux points très proches, ce qui n'est le cas pour la puissance d'imprégnation.

Deux cartes de précision croissante sont tracées:

-Isopaches du Bon Banc sur l'ensemble de l'exploitation (Fig.65)
maille de krigeage de 50 m

-Isopaches du Bon Banc dans les secteurs ouest de la mine (Fig.66)
maille de krigeage de 25 m

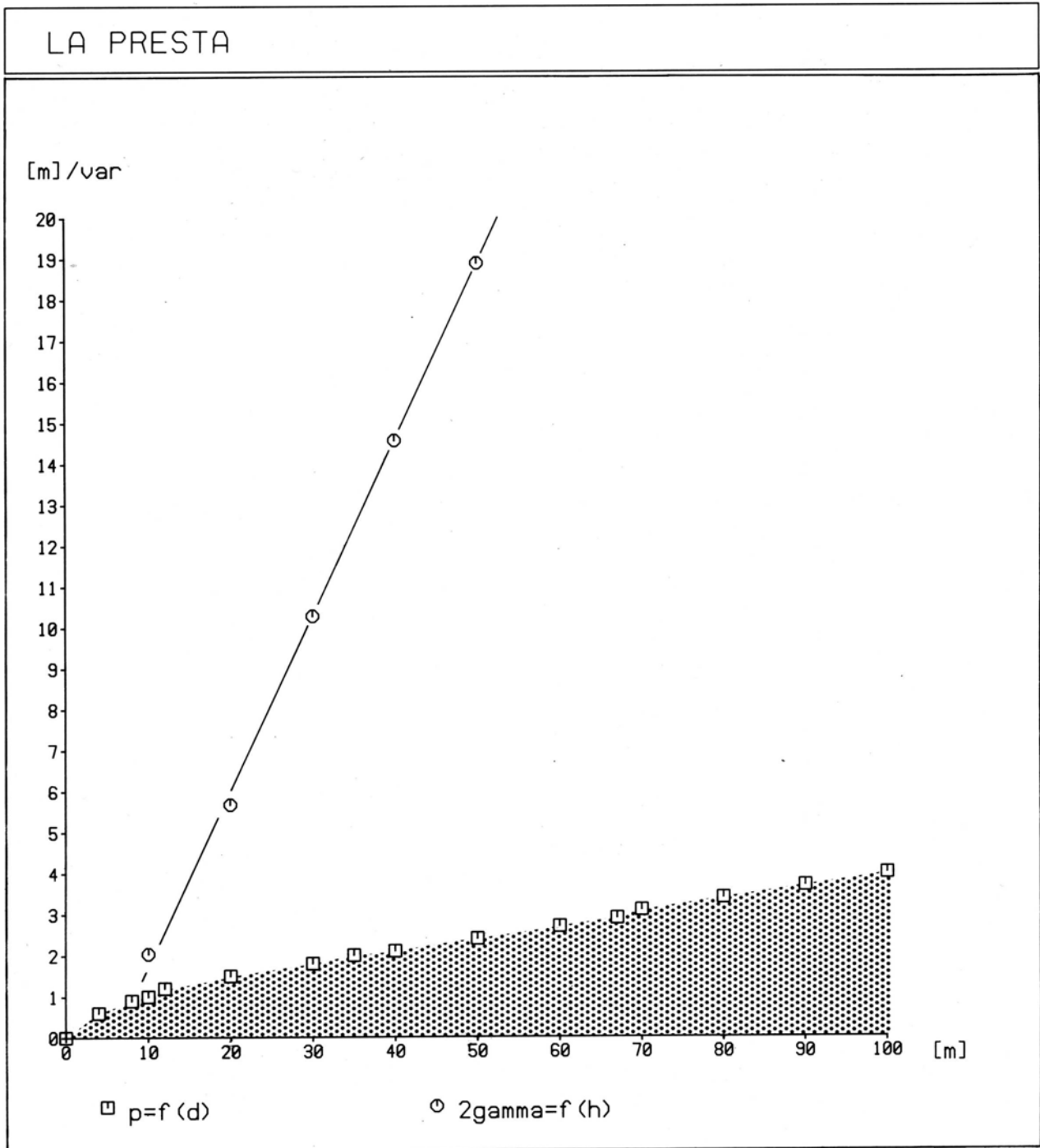


Fig. 64 Profil ($p=f(d)$) et variogramme ($2\gamma=f(h)$) de la puissance d'imprégnation du Bon Banc du secteur PW (Fig.68) de la terminaison ouest du Bon Banc.

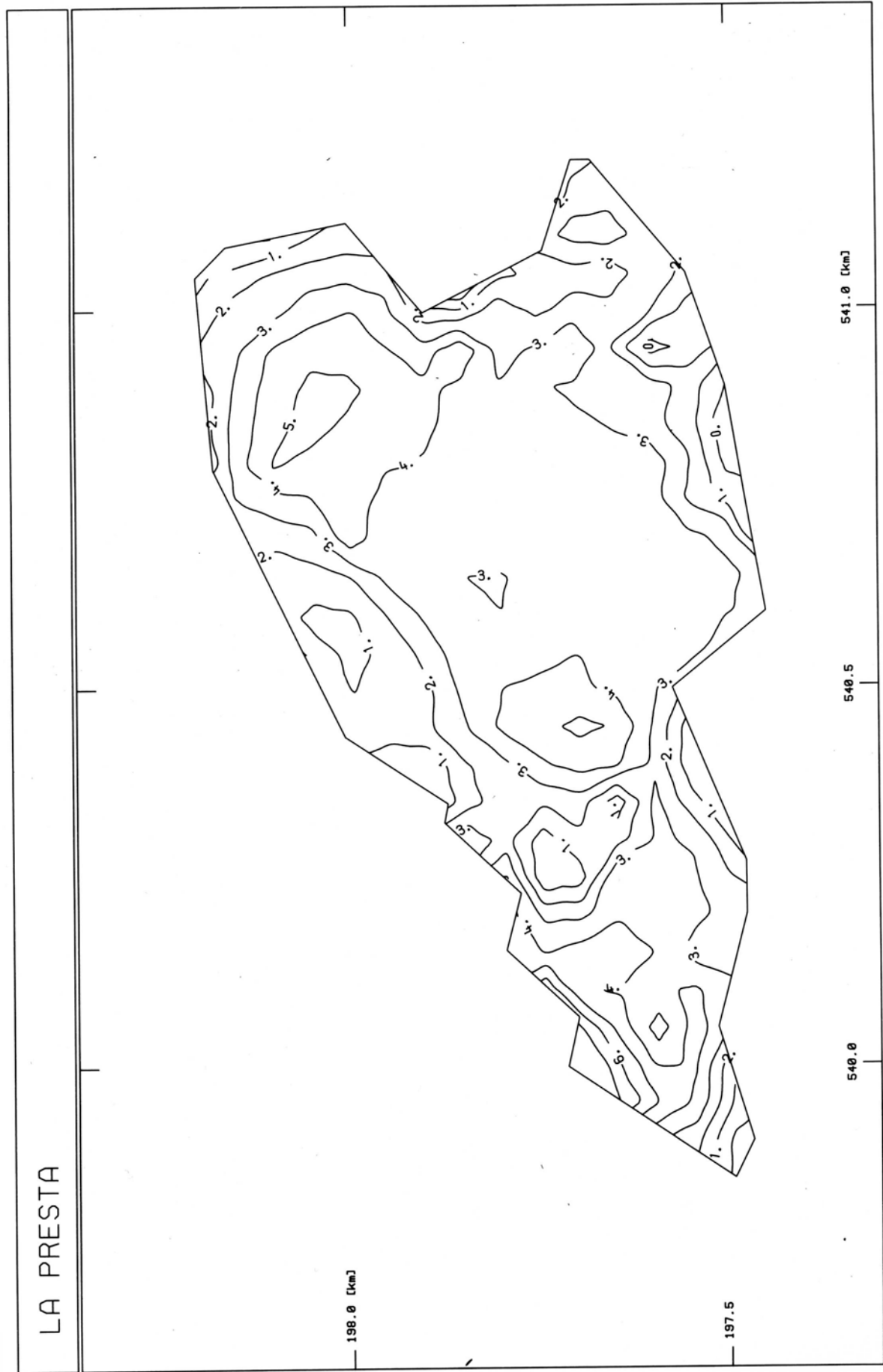


Fig. 65 Isopaches (m) du Bon Banc.

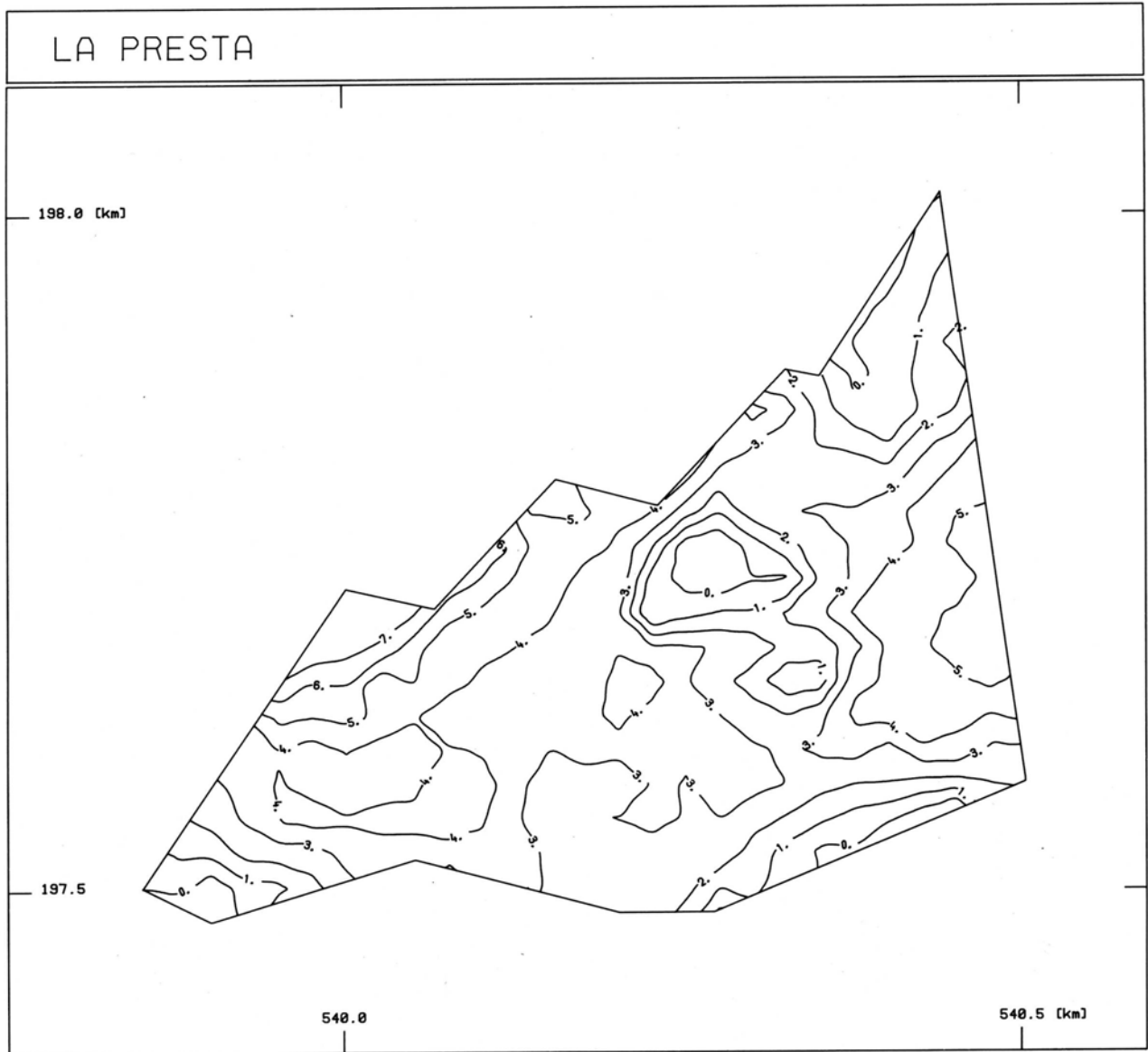


Fig. 66 Isopaches (m) du Bon Banc (secteurs ouest de la mine).

La carte des isopaches du Bon Banc de l'ensemble de l'exploitation (Fig.65), et des secteurs ouest de la mine (Fig.66), définit l'extension latérale maximale du gisement principal de La Presta, de même que les zones stériles internes.

-L'exploitation a atteint les limites du gisement vers le nord, l'est et le sud.

-Il n'est pas possible sur la seule base des isopaches du Bon Banc de définir une limite vers le nord-ouest. Des perturbations structurales rendent l'extension de l'exploitation difficile dans cette direction.

-Dans les secteurs ouest apparaissent deux zones stériles l'intérieur du gisement (Fig.66/68).

5.2. L'asphalte du Bon Banc

Au début du 19ème siècle, LEOPOLD VON BUCH (1803) s'exprimait ainsi, dans son "Catalogue des roches qui composent les montagnes de Neuchâtel", au sujet de l'asphalte.

"Asphalte d'un noir foncé. Cassure raboteuse petits grains. Mat l'ombre, avec une infinité de lames brillantes au soleil. Mélange de bitume et de pierre calcaire grenue."

L'asphalte de la Presta est constitué par un calcaire bio-pelclastique (=réservoir), dont les éléments figurés sont imprégnés par des hydrocarbures biodégradés, les asphaltes (P592 Pl.2-1, P833 Pl.2-2).

La porosité, de type intra-élémentaire, est liée aux peloides et bioclastes des calcaires. La structure interne de ces éléments figurés est constituée de micro-cristaux idiomorphes de calcite (4-5 microns) définissant une porosité inter-cristalline (P837 Pl.2-3/4/5/6)

Autant la différenciation, par observation directe, entre asphalte et calcaire non imprégné est immédiate, autant une tentative de subdivision lithologique de l'asphalte même est ardue.

Le seul caractère lithologique de l'asphalte différenciable en mine (par son implication au niveau de l'exploitation) est la dureté de l'asphalte.

L'asphalte du Bon Banc est subdivisé en asphalte tendre, moyen et dur.

Cette subdivision, intentionnellement grossière, permet une utilisation pratique en mine, où la dureté est définie par le taux de pénétration du marteau dans l'asphalte. Une cartographie de mémoire par l'ingénieur de la mine, de la dureté de l'asphalte du Bon Banc, des secteurs inaccessibles, a été établie (Fig.67).

Afin de définir la phase qui est l'origine de ces différences de dureté, CONNAN (communication personnelle) étudia la composition de la phase organique d'un asphalte tendre et d'un asphalte dur. Les valeurs en pourcents d'extrait organique, correspondent deux prises d'essais sur le même échantillon qui n'est pas toujours homogène.

Composition (%)	Saturés	Aromatiques	Résines	Asphaltènes
Asphalte tendre	21.1	25.2	44.0	9.7
	21.9	13.5	25.7	32.9
Asphalte dur	22.1	28.0	39.1	10.8
	21.8	25.6	40.1	12.5

Ces résultats infirment une corrélation de la composition de la phase organique et de la dureté de l'asphalte, les composés organiques lourds tels que les asphaltènes sont aussi abondants dans l'asphalte tendre que dans l'asphalte dur.

La teneur en asphaltes des calcaires bio-pelclastiques n'est pas l'origine de la dureté. La teneur moyenne sur 6 échantillons d'asphalte dur est de 9.46 % d'asphaltes (extrait chloroformique) alors que la moyenne sur 6 échantillons d'asphalte tendre est de 8.71 % d'asphaltes (Fig.71/72).

	Echantillons	asphaltes (%)
Asphalte tendre	P831	7.28
	P832	9.14
	P834	8.08
	P835	8.35
	P837	8.94
	P838	10.45
Asphalte dur	P271	8.43
	P272	9.77
	P273	11.40
	P274	9.34
	P591	8.01
	P592	9.83

En conclusion , la dureté de l'asphalte est induite exclusivement par le taux de cimentation (sparite) des sables bio-pelclastiques. Un taux élevé de cimentation des éléments figurés implique une forte cohésion entre eux, cohésion traduite par une dureté élevée (P592 Pl.2-1). Pour l'asphalte tendre l'absence de ciment entre les éléments figurés entraîne la coalescence de ceux-ci (P833 Pl.2-2).

L'absence de cimentation inter-élémentaire sur la majeure partie du gisement (Fig.67), implique une migration relativement précoce des hydrocarbures, qui ont ainsi bloqués la cimentation durant la diagenèse.

La comparaison entre les isopaches du Bon Banc (Fig.65), et la dureté de l'asphalte (Fig.67), démontre le fait que la cimentation affecte le réservoir sur l'ensemble de sa bordure, mais n'affecte pas la masse principale.

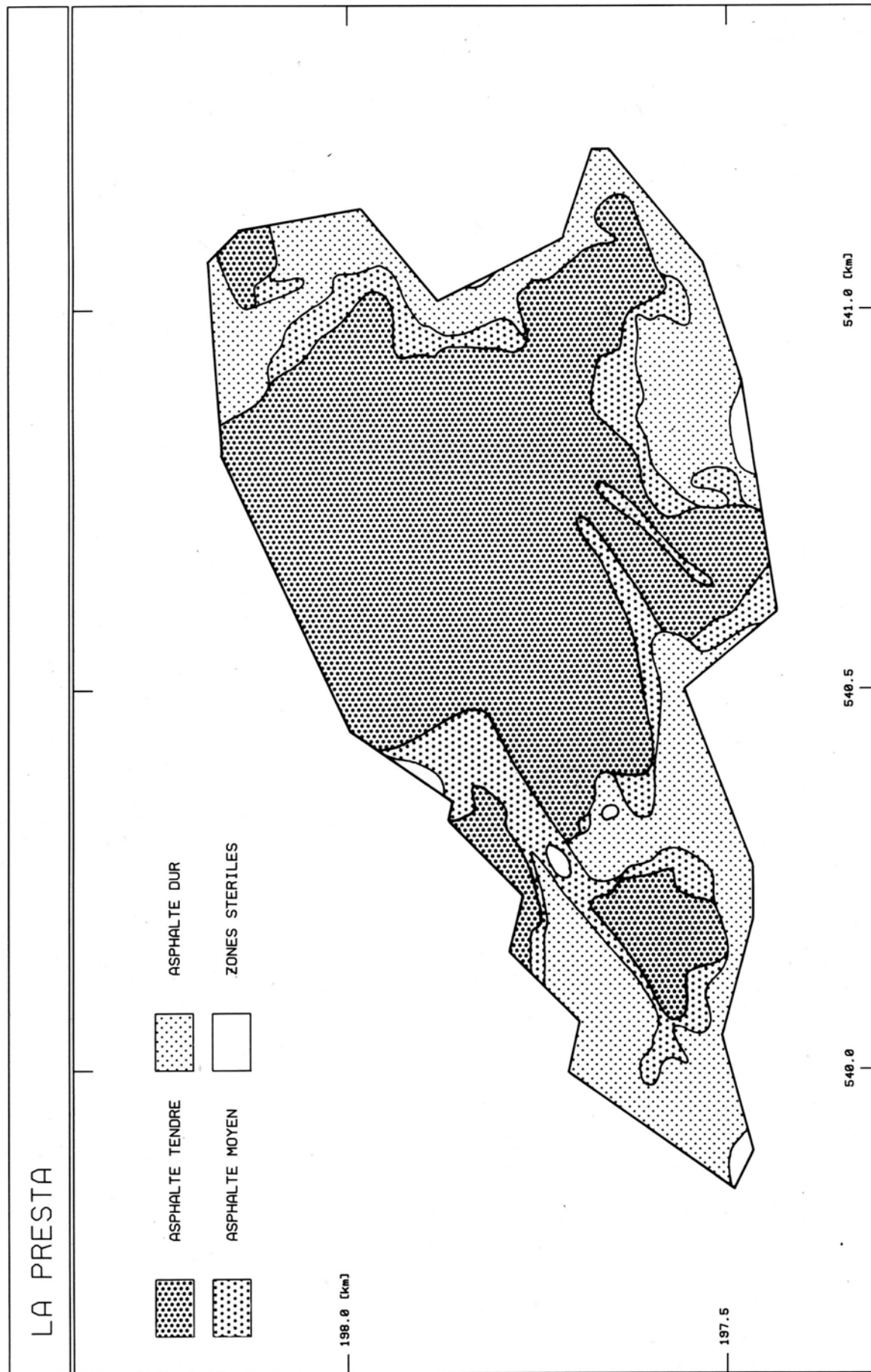


Fig. 67 Dureté de l'asphalte du Bon Banc, d'après STEMPERT (inédit).

5.3. Les faciès stériles en bordure du Bon Banc

Deux lithologies stériles se rencontrent en bordure du Bon Banc.

-Grainstones poreux

-Biomicroites compactes

Une carte de répartition des faciès stériles en bordure du Bon Banc est établie sur la base des observations faites dans les secteurs ouest de la mine. La lithologie des faciès stériles au pied du Bon Banc ne peut s'observer que très ponctuellement, lorsque la hauteur minimale de la galerie (passage de la marineuse) excède la puissance du Bon Banc.

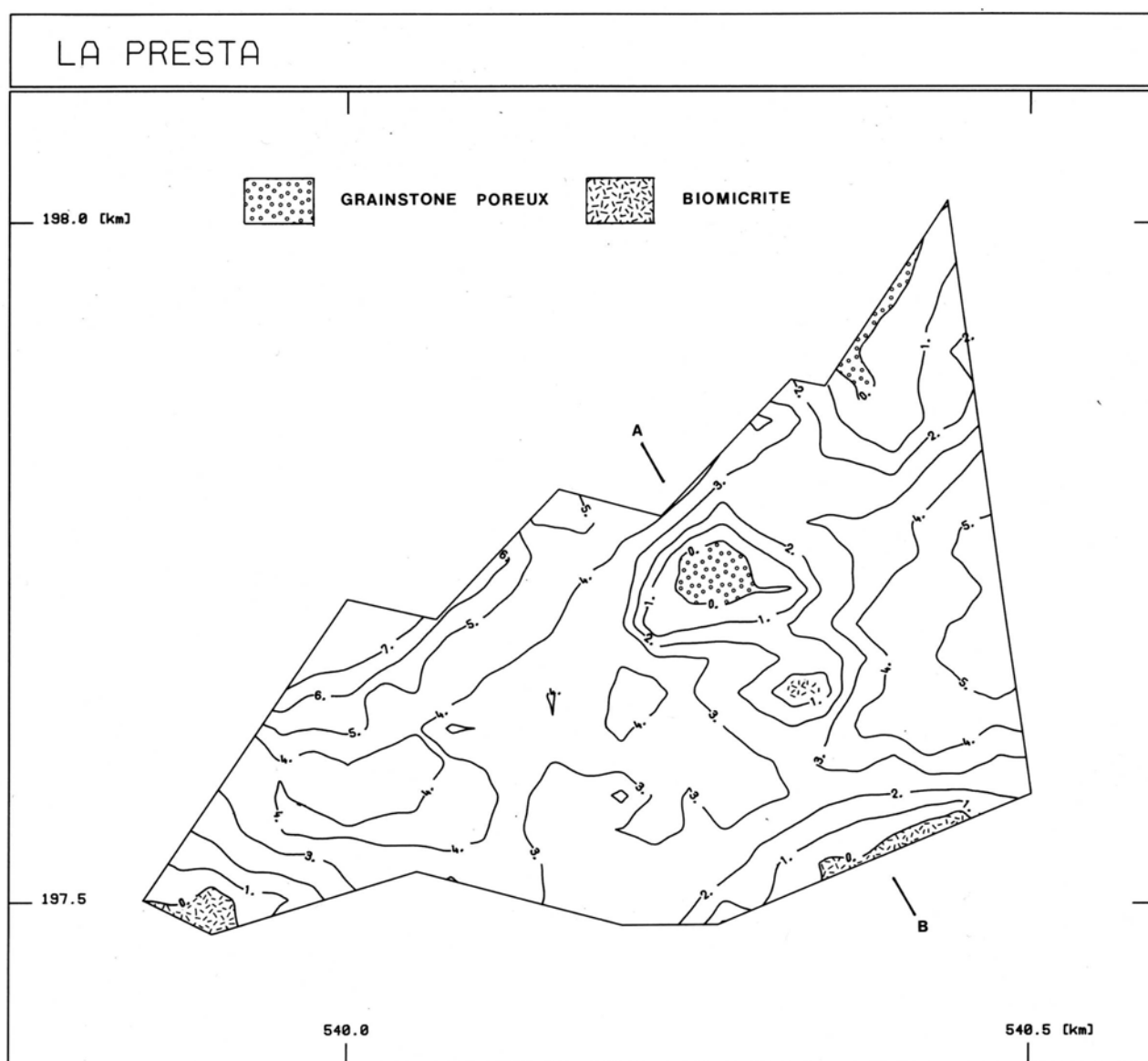


Fig. 68 Répartition des faciès stériles en bordure du Bon Banc (secteur ouest de la mine). A-B correspond la trace du profil de la Fig.69.

5.3.1. Les grainstones poreux

Les grainstones poreux ont une apparence de calcilutites non-cimentées. L'analyse en lame mince (après induration préalable de l'échantillon), révèle un faciès lithologique en tous points identique celui du réservoir du Bon Banc. Ces pseudo-calcilutites sont en fait des calcaires bio-pelclastiques faiblement cimentés, avec une porosité intra-élémentaire, inter-cristalline (PS21 Pl.3). La visualisation du réseau poreux est obtenue par injection de résines époxy sous pression, et attaque ultérieure de la roche par HCl (1N).

La porosité ouverte (surtout intra-élémentaire) de l'échantillon PS21 est déterminée d'après la norme DIN 51.056 (1959) décrite par STUIJVENBERG & WINKLER (1980).

La porosité moyenne de PS21, établie sur cinq prises, s'élève 23 % volume. En comparaison, la porosité de l'asphalte du Bon Banc, calculée partir des extraits chloroformiques de la série des échantillons P831-P838, s'élève 20 % volume. Les faciès bio-pelclastiques ne présentent ainsi aucune différence lithologique et pétrophysique par rapport au Bon Banc.

En conclusion, le réservoir de la séquence du Bon Banc ne se limite pas uniquement au Bon Banc, les faciès bio-pelclastiques poreux font partie intégrante de celui-ci.

Le passage entre le Bon Banc et les faciès biopelclastiques poreux (réservoir stérile) est progressif sur environ 2 m, il ne correspond pas une limite tranchée (PS21 Pl.1-5). Il ne marque aucun changement de faciès sédimentologique, et aucun changement dans le taux de cimentation.

Cette limite entre réservoir imprégné et stérile, ne correspond donc pas un paléo plan d'eau l'intérieur du réservoir. Un tel paléo plan d'eau serait caractérisé par une cimentation du réservoir en dessous de l'interface eau-huile, ce qui n'est pas le cas.

La relation entre les structures tardipontiennes et la position structurale de ces faciès réservoirs stériles (Fig.69) montre clairement leur origine par re-migration des hydrocarbures.

Le réservoir imprégné par les hydrocarbures voit son équilibre hydrostatique originel (après la migration) rompu par le plissement du Jura. Le réajustement dynamique aux nouvelles conditions hydrostatiques entraîne une re-migration des hydrocarbures, qui n'affecte que les zones structurales basses du réservoir.

Cette re-migration s'effectue l'intérieur du réservoir, mais elle peut aussi utiliser des fissures dans la couverture (biomicrites rudistes) dues déformation cassante des faciès compacts des séquences (Fig.70).

Le taux de re-migration est fonction de l'état de biodégradation des hydrocarbures (accroissement de la viscosité), mais le fait d'observer une re-migration exclut une biodégradation trop avancée.

L'hypothèse d'une re-migration due au plissement du Jura est appuyée par le fait que l'on n'observe aucune cimentation secondaire des faciès réservoirs re-migrés (agressivité des eaux d'infiltration).

La Petite Mine située l'est de La Presta (Fig.5/40) est constituée exclusivement de faciès réservoirs vidés par re-migration. Il en est de même pour les calcaires bio-pelclastiques sous la discontinuité (B) de TRAVERS-1 (Fig.41/42). La discontinuité (B) de TRAVERS-1 représente la discontinuité du Bon Banc de La Presta.

5.3.2. Les biomicrites de la séquence du Bon Banc

De texture packstone mudstone, ces biomicrites rares rudistes (Requienia), sont exempts de porosité (PW22 Pl.4-1/3/5). Elles constituent les bordures externes du réservoir (PN10 Pl.1-6), et définissent sa géométrie et son extension maximale (Fig.68/69). Une zone stérile interne est observée.

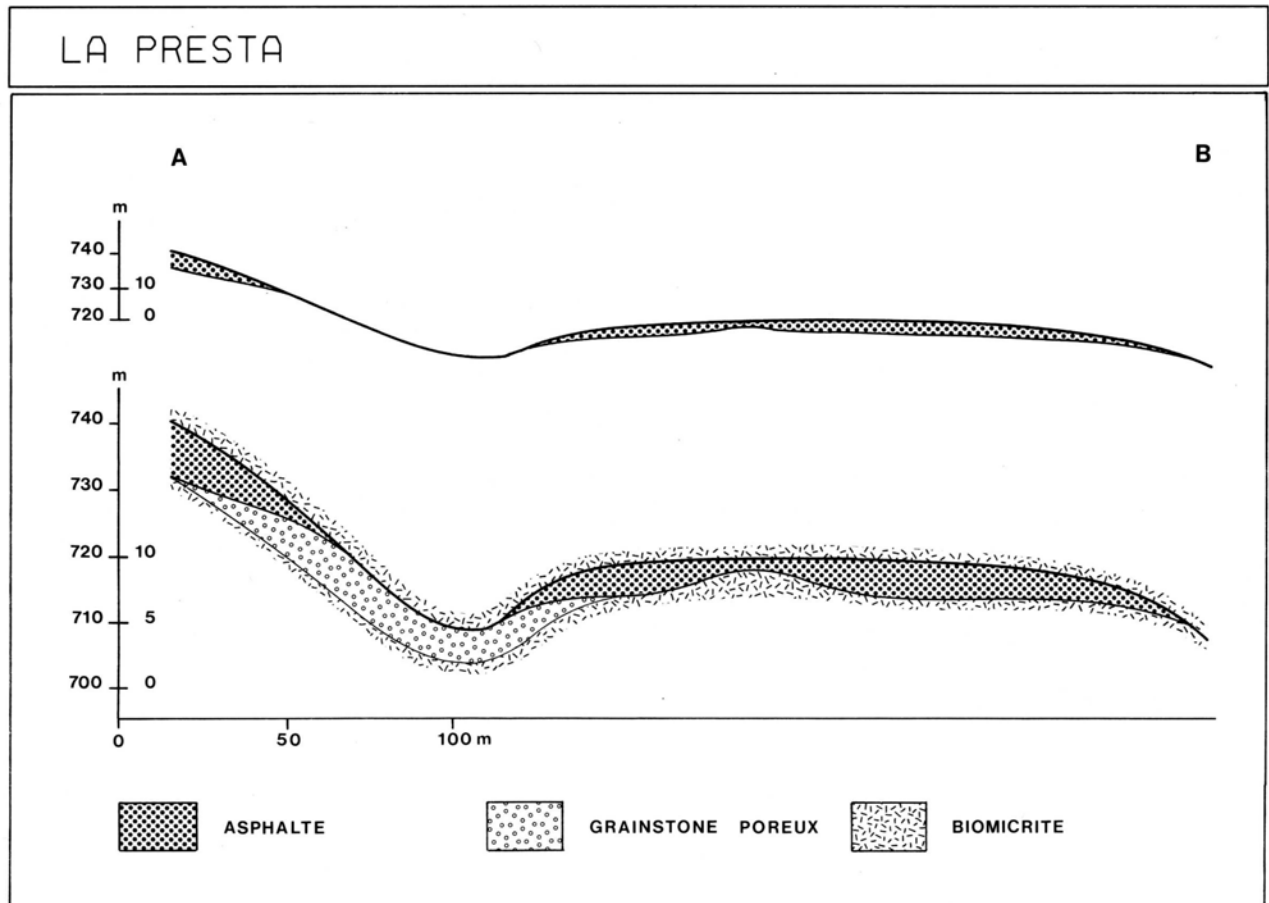


Fig. 69 Profil géologique (l'échelle, et avec exagération verticale) de la séquence du Bon Banc. La situation du profil est donné dans la Fig.68.

5.4. Paléogéographie

L'extension latérale limitée des faciès bio-pelclastiques de haute énergie, entourés de biomicrites, évoque une structure de banc sableux l'intérieur d'un lagon dépôts de boues carbonatées et peuplement de rudistes (Fig.55).

L'absence de cimentation du corps principal des sables bio-pelclastiques indique une émergence du banc sableux après déposition (zone vadose de LONGMAN, 1980). L'auréole de cimentation du banc sableux (asphalte dur) correspond une cimentation liée une zone phréatique d'eau douce, située sous la zone vadose (LONGMAN, 1980)

6. COUVERTURE DU BON BANC, SEQUENCE DE LA PETITE COUCHE

La couverture du réservoir de la séquence du Bon Banc, est établie par les biomicrites rudistes (PW23 Pl. 4-2/4/6) de la base de la séquence de la Petite Couche (Fig 59). Le piègeage des hydrocarbures est possible, malgré la faible puissance (0.5-1.0 m) de la couverture, grâce la faible hauteur de la colonne d'huile dans le réservoir de la séquence du Bon Banc.

Le piège dont la fermeture est assurée par un phénomène sédimentaire induit par une évolution séquentielle des séries, peut être qualifié de sédimentologique. Ce type de piège représente un cas particulier de piège stratigraphique, terme créé par LEVORSEN (1934).

La séquence de la Petite Couche est identique la séquence du Bon Banc. Les biomicrites rudistes de la base de la séquence sont suivies par un ensemble de calcaires bio-pelclastiques poreux et imprégnés d'asphaltes (Petite Couche). Le gisement d'asphalte associé la partie sommitale de la séquence n'est exploité que très localement en bordure du Bon Banc, une analyse détaillée comme celle effectuée pour le Bon Banc n'est ainsi pas possible. Il est néanmoins raisonnable de postuler un mécanisme d'imprégnation identique celui décrit pour le Bon Banc.

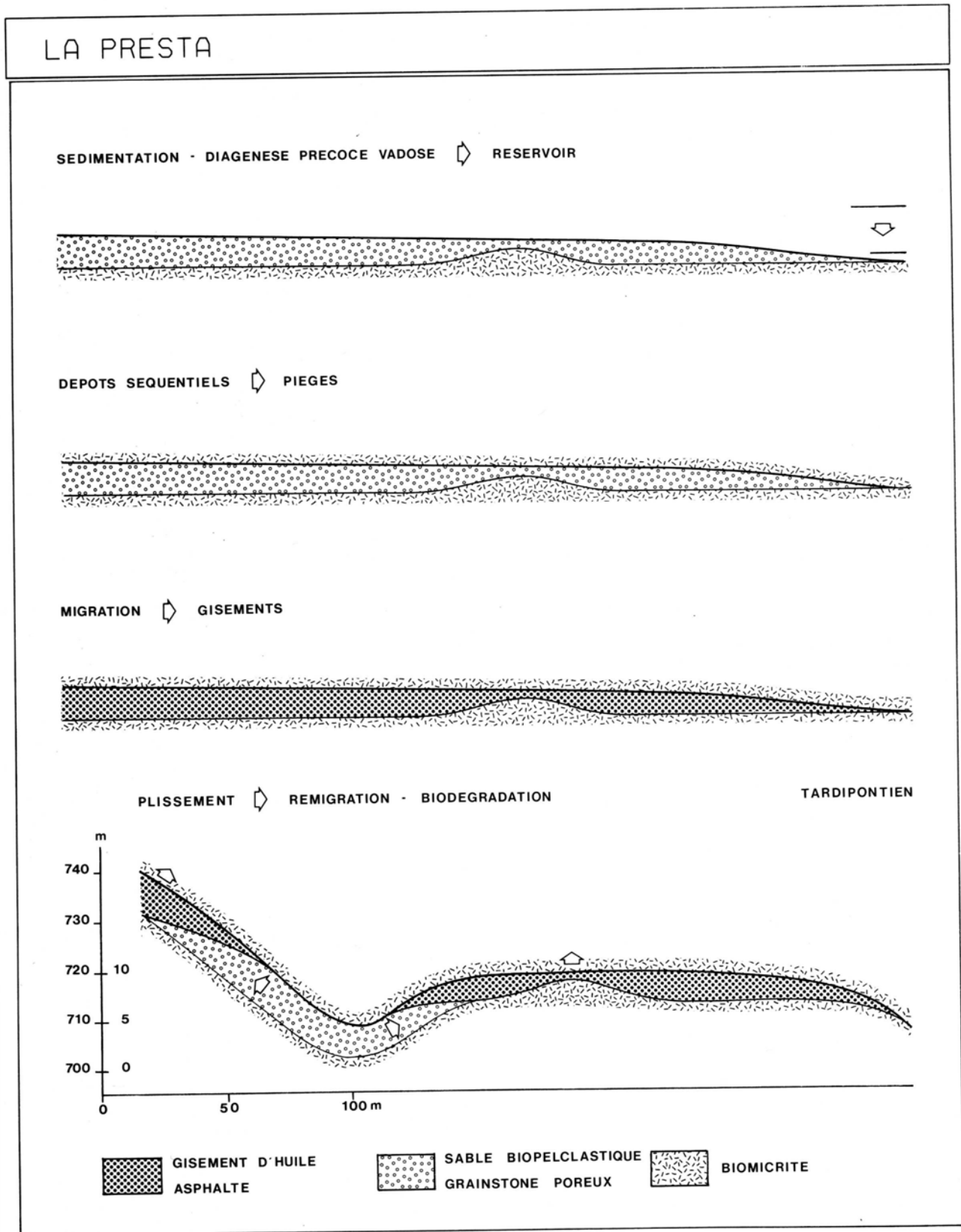


Fig. 70 Genèse du gisement d'asphalte de La Presta, une synthèse.

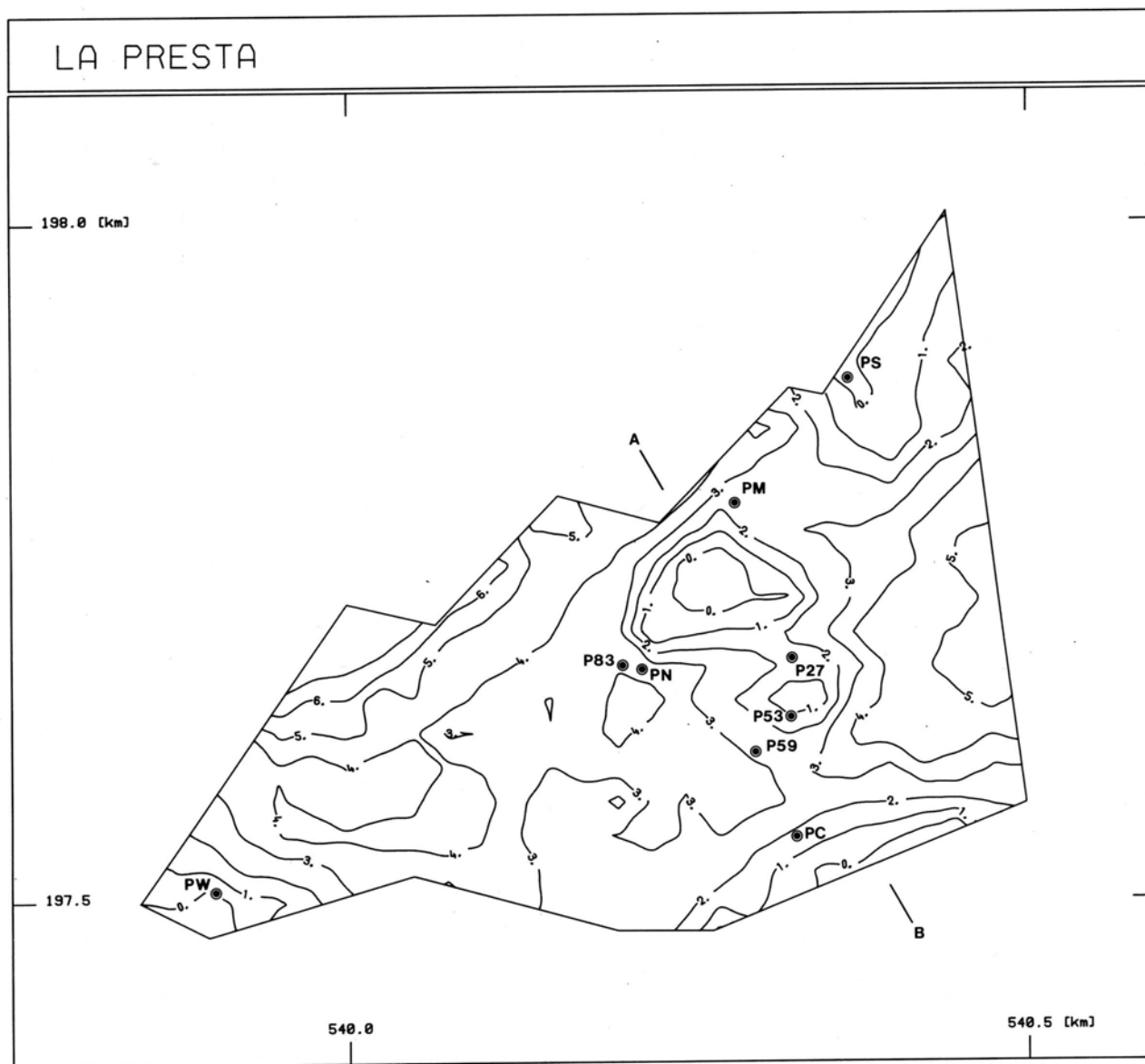


Fig. 71 Localisation relative aux isopaches (m) du Bon Banc des coupes levées et échantillonnées.

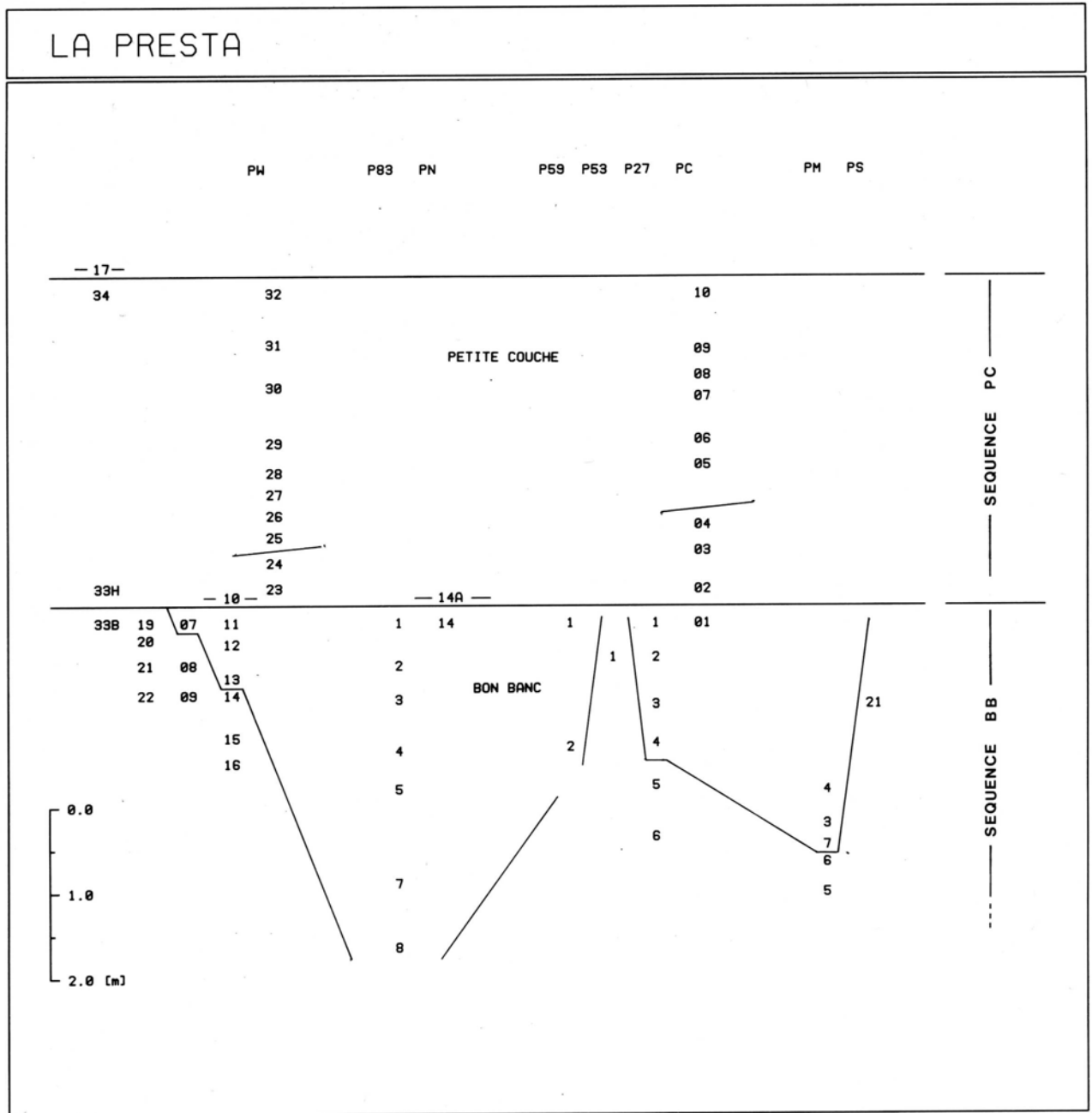


Fig. 72 Log d'échantillonnage des coupes (PW, P83, ...) des séquences du Bon Banc (BB) et de la Petite Couche (PC).