Zeitschrift: Archives des sciences [2004-ff.]
Herausgeber: Société de Physique et d'histoire Naturelle de Genève
Band: 60 (2007)
Heft: 2-3

Artikel: La Molasse du bassin franco-genevois et son substratum
Autor: Charollais, Jean / Weidmann, Marc / Berger, Jean-Pierre
Kapitel: VIII: Sondages du Cern
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-738416

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

- 98 - 200: marnes silteuses argileuses bariolées gris-vert, avec passée brun-beige à 108-110 et marnes gréso-silteuses rouges à 156-158 m.

L'échantillon de marnes silteuses vertes prélevé à 116 m est le seul qui soit fossilifère, avec la présence de *Stephanochara* gr. *ungeri* (zone à Ungeri et à Notata).

7. Sondage pour sonde thermique (PAC) à Founex

R. Arn (Bureau ARConseil, Etoy) nous a communiqué les cuttings et le log de ce sondage non carotté, implanté dans la partie septentrionale du bassin franco-genevois, près de Founex (coord. suisses: 503,16/132,30; Fig. 2, lettre S). Les Marnes et Grès bariolés traversés par ce sondage montrent le profil suivant:

- 0 - 169 m: marnes plus ou moins silteuses, bariolées grises, beiges, jaunes, brunes, parfois lie-de-vin, avec niveaux de grès fins à 41-43, 67-72, 80-84, 104-107, 121-124, 133-134 m
  éch. 50-58 m: Sphaerochara gr. *hirmeri*
  éch. 80-88: Rhabdochara cf. gr. *praelangeri-major, Sphaerochara* gr. *hirmeri*
  éch. 110-118: Stephanochara gr. *ungeri?*
  éch. 120-126: Rhabdochara cf. gr. *praelangeri-major, Sphaerochara* gr. *hirmeri*
  éch. 160-168: ?Nitellopsis (Tectochara) gr. *meriani*
- 169 - 200: grès fins à moyens gris ou bruns prédominant avec quelques minces niveaux de marnes bariolées.

Les échantillons fossilifères contiennent tous des associations de charophytes appartenant aux zones à Microcera et/ou à Ungeri (= MP 24 sommet - MP 28).

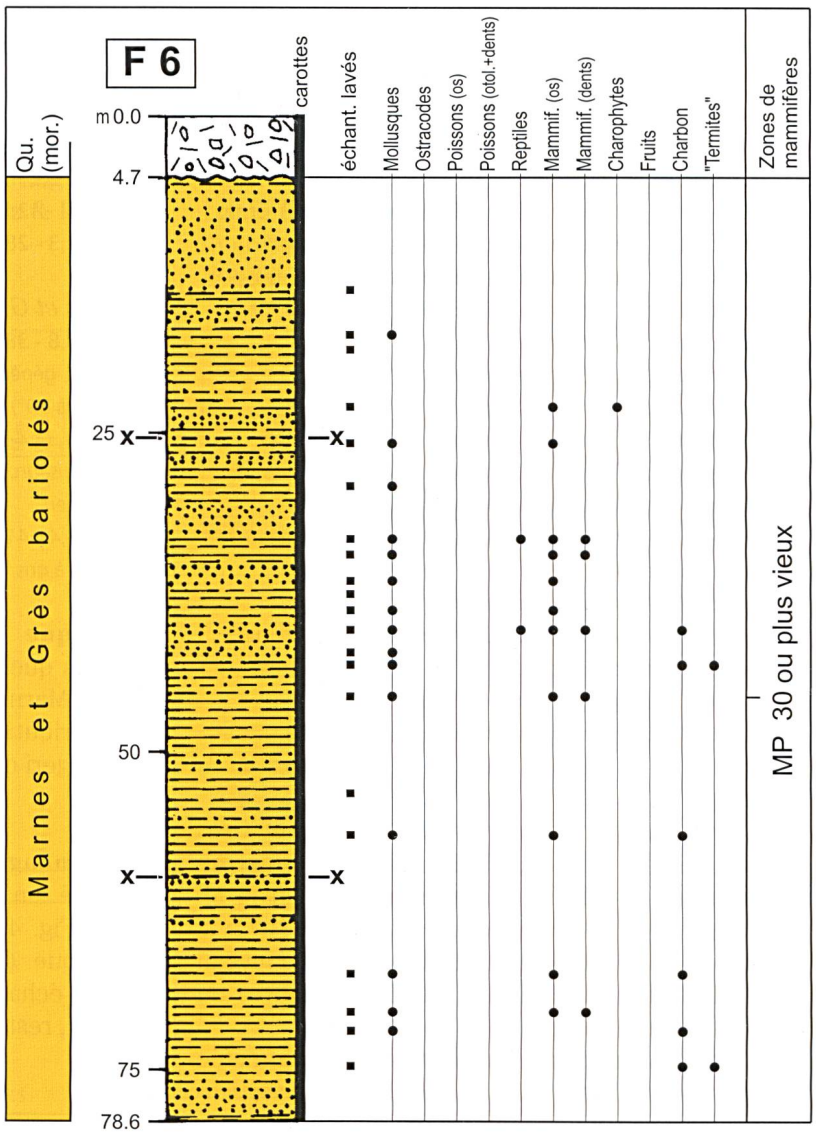

Fig. 23: Sondage F 6.

VIII. SONDAGES DU CERN

1. Sondages F et S

Dès 1970, l'analyse lithostratigraphique des sondages implantés sur le site de l'accélérateur de 300GeV (SPS; Fig. 3) a été assurée par Lanterno (1972): sondages S sur territoire suisse et sondages F sur territoire français. Les carottes ont été malheureusement détruites sans avoir été toutes étudiées d'un point de vue biostratigraphique; nous n'avons pu ré-examiner que quelques échantillons des sondages F 6, F 13 et F 15 (Fig. 4), qui avaient été prélevés et lavés par D. Kissling.

1.1. Sondage F 6

Exécuté en 1970/1971. Coord. françaises: 887,30/2146,06/468,6; suisses: 493,98/123,33/468,6; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 23) d'après le rapport Lanterno (1972); échantillons prélevés et lavés par D. Kissling en 1971, restés inédits et partiellement revus par nous.

Quaternaire

- 0 - 0,4 m: terre végétale
- 0,4 - 4,7: moraine argileuse à galets

Marnes et Grès bariolés

- 4,7 - 13,2: grès marneux fins à moyens, gris foncé, à stratifications obliques; nombreuses fractures obliques et subverticales

- 13,2 - 16,3: grès marno-micacés et marnes finement gréseuses gris bleu, verdâtres; fractures fréquentes
- 16,3 - 26,4: marnes gris bleu, vertes, brunes, lie-de-vin, parfois gréso-micacées; fractures obliques et subverticales; plan de décollement subhorizontal à 25,2 m souligné par des plaquettes de calcite striée
- 26,4 - 42,0: grès marneux fins à grossiers, gris, et marnes gris bleu, brun vert, bariolées, lie-de-vin, parfois gréso-micacées; fractures obliques à subverticales fréquentes; plan de décollement subhorizontal à 59,9 m souligné par des plaquettes de calcite striée
  Ech. 29,2-29,3: grès marneux pétri d'*Unio* sp.
  Ech. 33,2: rares *Ophisaurus* sp.
- 42,0 - 62,5: marnes gris bleu, vert, lie-de-vin, parfois gréseuses; quelques fractures horizontales et obliques, avec des plaquettes de calcite striée
  Ech. 45,75: *Eucricetodon collatus* probable (détermination M. Hugueney, 1971)
- 62,5 - 63,1: grès moyens, gris, marno-micacés
- 63,1- 75,4: marnes gris bleu, vertes, lie-de-vin, rarement gréseuses; fractures obliques
- 75,4 - 77,9: grès gris, moyens, marno-micacés
- 77,9 - 78,6: marnes gris vert

Remarques

– Ce sondage qui a traversé les Marnes et Grès bariolés sur 73,9 m, n'a fourni qu'une dent de mammifère attribuée avec réserve par M. Hugueney à *Eucricetodon collatus* en 1971: le milieu de ce sondage serait donc daté du niveau de Küttigen 1 (= MP 30, partie inférieure) ou plus ancien.
– La moitié supérieure de ce sondage est affectée de nombreuses fractures obliques à subverticales, parfois subhorizontales qui ne sont pas toutes indiquées sur la Fig. 23. Les rares pendages mesurés sont subhorizontaux.
– Certains intervalles sont fortement imprégnés par des hydrocarbures: entre 6,0 et 7,3, 8,7 et 11,6, 12,2 et 14,0, 26,4 et 27,4, 30,2 et 32,0, 34,9 et 36,0, et à 77,0 m.

1.2. Sondage F 13

Exécuté en 1971. Coord. suisses: 494,01/124,94/465,7; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 24) d'après le rapport Lanterno (1972); échantillons prélevés et lavés par D. Kissling en 1971, restés inédits et revus par nous.

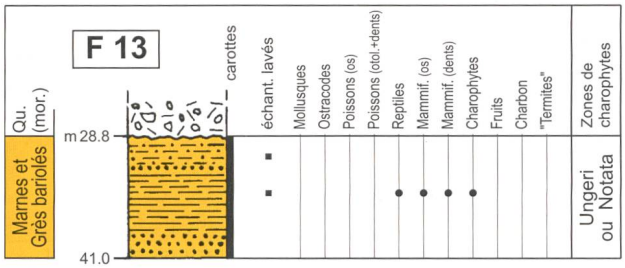

Fig. 24: Sondage F 13.

Quaternaire

- 0 - 0,2 m : terre végétale
- 0,2 - 12,3 : moraine sablo-limoneuse à graveleuse
- 12,3 - 28,8 : moraine graveleuse et limoneuse

Marnes et Grès bariolés

- 28,8 - 38,4 : marnes gris bleu, gris vert, lie-de-vin, bariolées, généralement gréso-micacées ; fractures obliques rares (20 à 30°)
  Ech. 34,4-34,5 : fragments de dents (*Archaeomys*?) ; *Ophisaurus* sp. ; *Sphaerochara* sp., ?*Stephanochara* gr. *ungeri*
- 38,4 - 41,0 : grès marneux moyens à grossiers, gris à gris vert.

Remarque

– Les quelques charophytes extraites des 12,2 m de Marnes et Grès bariolés ne permettent qu'une attribution biostratigraphique imprécise: zones à Ungeri ou à Notata (= MP 27-30).

1.3. Sondage F 15

Exécuté en 1971. Coord. suisses: 494,61/125,63/469,7; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 25) d'après le rapport Lanterno (1972); échantillons prélevés et lavés par D. Kissling en 1971, restés inédits et revus par nous.

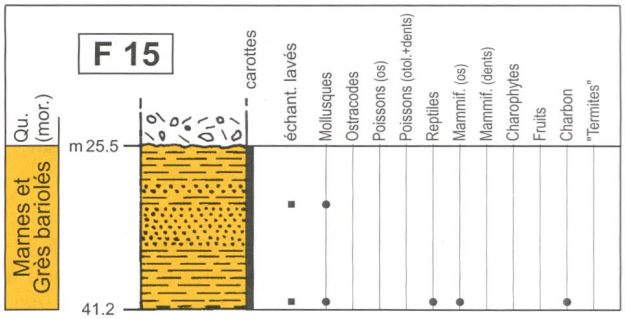

Fig. 25: Sondage F 15.

Quaternaire

- 0 - 0,3 m: terre végétale
- 0,3 - 5,6: moraine sablo-limoneuse à graveleuse
- 5,6 - 25,5: graviers limoneux

Marnes et Grès bariolés

- 25,5 - 35,2: grès marneux, gris moyens à grossiers, et marnes gréseuses, gris vert, lie-de-vin; quelques fractures obliques à subverticales
- 35,2 - 41,2: marnes gris bleu, brun vert, lie-de-vin, rarement gréseuses; quelques fractures obliques (20 à 30°)
  Ech. 39,9-40,2: *Ophisaurus* sp.

2. Sondages SPL

2.2. Sondage SPL 2/3

Exécuté en 1981. Coord.: suisses 490,69/123,28/449; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 26) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1981) et nos relevés.

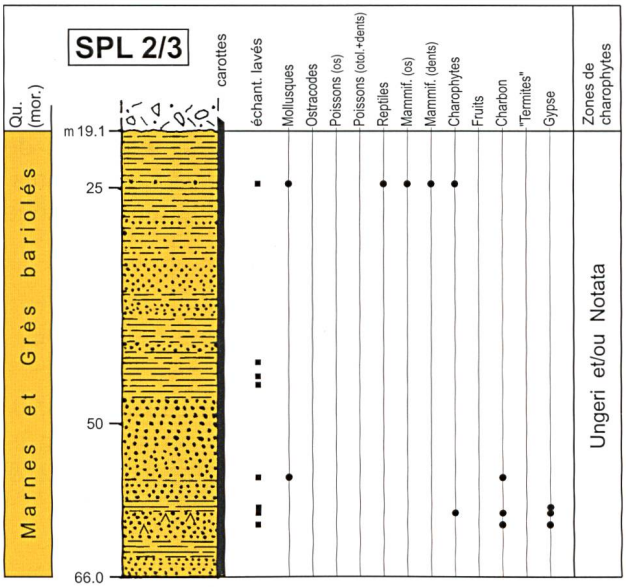

Fig. 26: Sondage SPL 2/3.

Quaternaire

- 0 - 1,5 m: colluvions limoneux
- 1,5 - 3,5: graviers fluvioglaciaires
- 3,5 - 15,0: moraine de fond argileuse à blocs
- 15,0 - 19,1: moraine graveleuse limoneuse

Marnes et Grès bariolés

- 19,1 - 32,6: marnes argilo-silteuses bariolées, souvent lie-de-vin, gréseuses entre 30 et 32,6 m
  Ech. 24,7-24,8: *Ophisaurus* sp.; *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*
- 32,6 - 38,0: grès marneux et marnes gréseuses
- 38,0 - 48,5: marnes argilo-silteuses avec passées gréseuses, bariolées à prédominance lie-de-vin; stratification horizontale
  Ech. 45,1-45,6: empreintes végétales, manchons calcaires autour de racines
- 48,5 - 58,7: grès fins à moyens, grossiers entre 53,0 et 55,5 m; stratifications obliques; pendage: 10°
- 58,7 - 66,0: grès fins à moyens, massifs, verdâtres, avec rares passées décimétriques de marnes silteuses carbonatées; gypse abondant (rosettes, fibres).

Remarques

- Les charophytes recueillies dans les 46,9 m de Marnes et Grès bariolés recoupés par ce sondage, ne permettent pas de donner un âge précis; elles appartiennent aux zones à Ungeri et/ou à Notata (= MP 27-30).
- La présence de gypse entre 58,7 et 66,0 m doit être relevée.

2.3. Sondage SPL 2/5

Exécuté en 1982. Coord. suisses: 491,40/122,32/440,7; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 27) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos relevés.

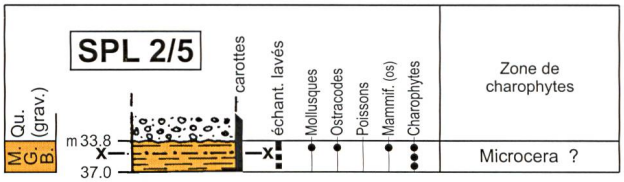

Fig. 27: Sondage SPL 2/5.

Quaternaire

- 0 - 3,8 m: remblais
- 3,8 - 5,0: colluvions et ancien sol
- 5,0 - 24,0: moraine limoneuse à cailloux
- 24,0 - 33,8: graviers sableux

Marnes et Grès bariolés

- 33,8 - 37,0: marnes silto-micacées, lie-de-vin, verdâtres, très fracturées; pendage horizontal
  Ech. 35,8: *Ilyocypris* cf. *weidmanni*, *Herpetocypris*? sp.; *Chara* sp., *Hornichara lagenalis*
  Ech. 36,8: *Hornichara lagenalis*?, *Rhabdochara* gr. *stockmansi-major*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*.

Remarques

- Les charophytes prélevés dans les Marnes et Grès bariolés traversées sur 6,20 m, pourraient appartenir à la zone à Microcera (= MP 24 sommet - MP 26).
- Les ostracodes sont des formes d'eau douce.

2.4. Sondage SPL 4/1

Exécuté en 1982. Coord. suisses: 491,88/129,11; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 28) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982).

Quaternaire

- 0 - 0,3 m: terre végétale
- 0,3 - 29,3: moraine argileuse
- 29,3 - 48,2: moraine graveleuse

Marnes et Grès bariolés

- 48,2 - 69,3: marnes silteuses, bariolées, lie-de-vin, et de grès gris vert, fracturées dès 68,5 m; pendage de 5° à 64,0 m
  Ech. 64,2: *Sphaerochara* sp.

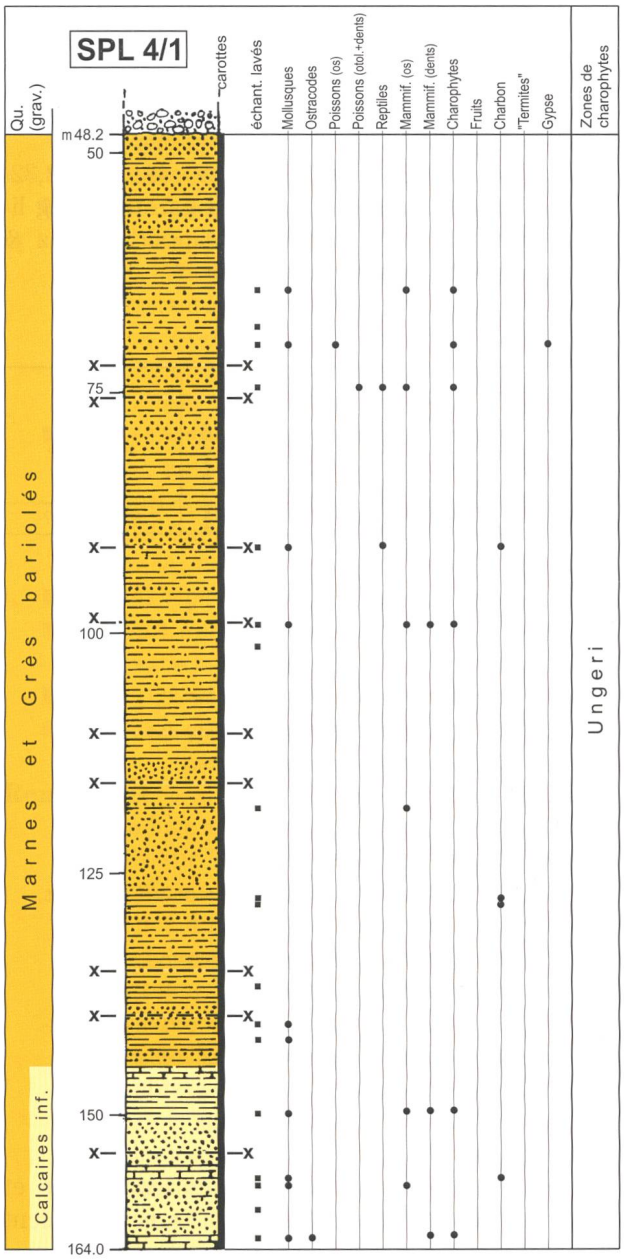

Fig. 28: Sondage SPL 4/1.

- 69,3 - 76,2: grès fins et marnes feuilletées grises et verdâtres; traces de gypse à 69,5 m; zone fracturée avec plans de faille à 45°
  Ech. 74,5: *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*
- 76,2 - 89,4: grès fins gris vert et marnes gréseuses grises, lie-de-vin, parfois feuilletées
- 89,4 - 115,6: grès fins gris et marnes gréso-silteuses bigarées, violacées, lie-de-vin; zone fracturée
  Ech. 99,2: *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*; Théridomyidé indét.
- 115,6 - 133,4: marnes argileuses silto-gréseuses, grises ou bariolées, et grès fins gris à gris vert
- 133,4 - 144,8: alternances de marnes silteuses argilo-gréseuses, bariolées, grises, violacées, lie-de-vin et de grès fins; zone très fracturée

Calcaires inférieurs

- 144,8-164,0: calcaires argileux, marnes silto-gréseuses, bariolées, violacées, lie-de-vin, et grès fins, gris vert; zone très fracturée
  Ech. 149,7: *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 163,3-163,7: ostracodes d'eau douce: *Pseudocandona* sp., *Strandesia*? sp.; *Hornichara lagenalis*, *Rhabdochara* gr. *langeri* (ou *Rh. «praelangeri»*, bien ornées mais très allongées), *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*.

Remarque

– D'après les associations de charophytes, tant les Marnes et Grès bariolés, d'une épaisseur de 96,6 m, que les Calcaires inférieurs, d'une puissance de 19,2 m, pourraient appartenir à la zone à Ungeri (= MP 27-28).

2.5. Sondage SPL 4/3

Exécuté en 1982. Coord. suisses: 491,38/128,70/591,2; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 29) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos relevés.

Quaternaire

- 0 - 2,3 m: moraine limoneuse
- 2,3 - 45,2: moraine graveleuse avec niveaux conglomératiques cimentés
- 45,2 - 69,0: limons et graviers calcaires

Marnes et Grès bariolés

- 69,0 - 83,9: marnes très peu gréseuses, gris vert à violacées, lie-de-vin
- 83,9 - 92,2: grès marneux et marnes peu gréseuses, gris verdâtre à lie-de-vin; niveau fracturé (fractures obliques et verticales)
- 92,2 - 103,5: grès fins à moyens, peu marneux, gris vert, avec nombreuses fractures; pendages probables de 30 à 40°; à 103,5 m, plan de faille souligné par des marnes argileuses schistoïdes, gris verdâtres
- 103,5 - 109,0: calcaires micritiques avec quelques niveaux marneux, rarement gréseux; fractures et nombreux gastéropodes au sommet
- 109 - 117,4: marnes gris verdâtre, plus calcaires à la base
- 117,4 - 125,4: grès marneux et marnes gris-vert, fracturés
- 125,4 - 130,0: calcaires gris clair et marnes gris verdâtre, fracturés
- 130,0 - 148,0: grès fins gris et marnes bariolées, lie-de-vin, verdâtres, avec parfois niveaux charbonneux; zone fracturée
- 148,0 - 155,0: calcaires gris beige et grès calcareux; fractures obliques à 60 à 70°
- 155,0 - 167,7: grès calcareux verdâtres et marnes gréseuses violacées, gris vert; fractures obliques à subverticales
- 167,7 - 172,8: calcaires beige à gris et marnes gréseuses gris vert à mollusques

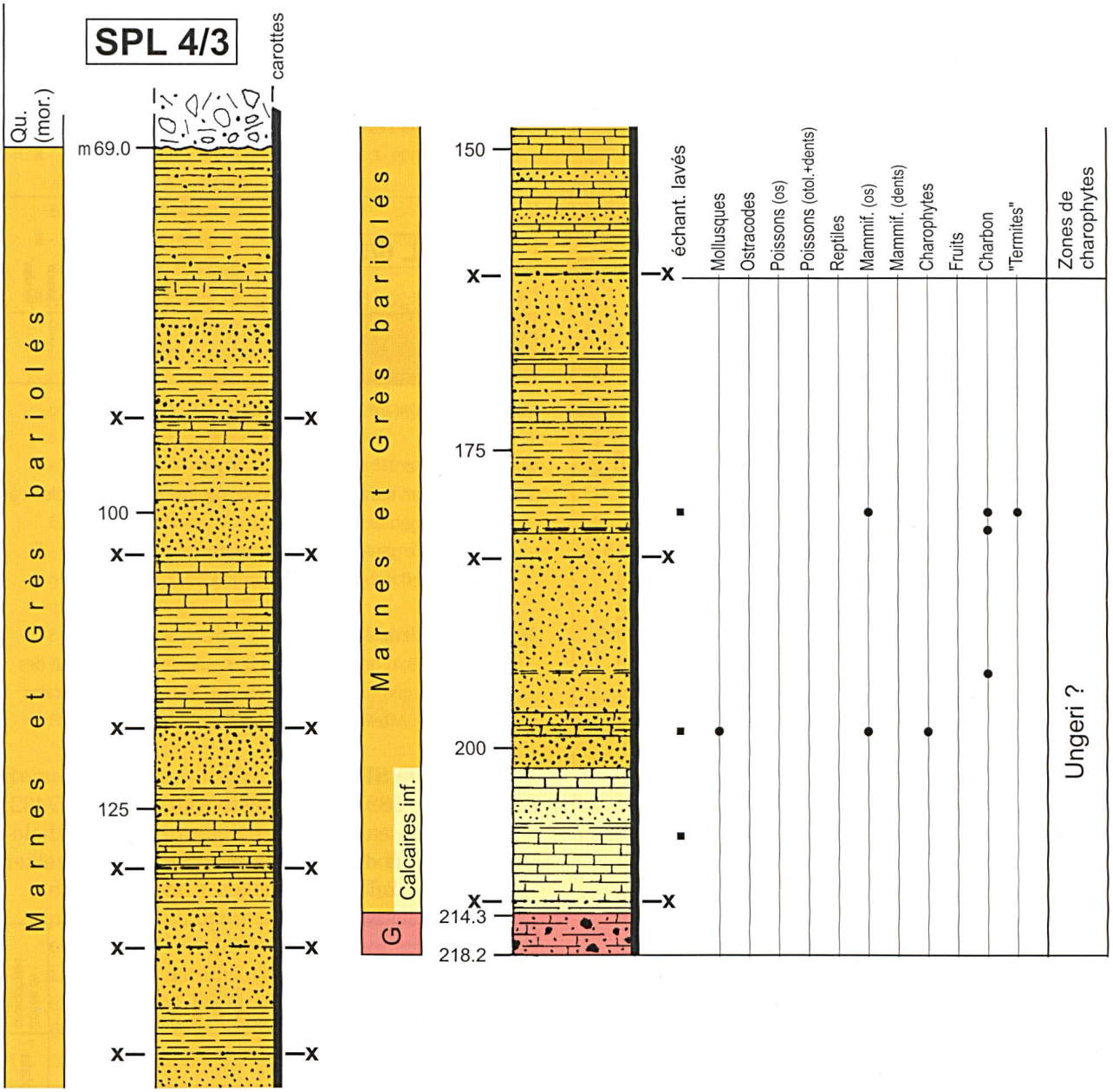

Fig. 29: Sondage SPL 4/3.

- 172,8 - 201,3: marnes verdâtres avec niveaux gréseux et calcaires plus ou moins crayeux ou argileux; feuillets charbonneux
  Ech. 180,1: coprolithes de termites xylophages («*Microcarpolithes hexagonalis*»)
  Ech. 198,5: *Rhabdochara* gr. *langeri* (Pl. 5, Fig. 12)

Calcaires inférieurs

- 201,3 - 214,3: calcaires gris à beiges, peu argileux avec passées de marnes gris vert, brunes ou violacées et de grès à nodules calcaires; zone fracturée

Gompholite

- 214,3 - 218,2: conglomérat à galets calcaires (faciès de type «Pierre jaune de Neuchâtel») à ciment gréseux; fractures à 65 et 25°.

Remarques

– Ce sondage a traversé les Marnes et Grès bariolés sur 132,3 m et la Gompholite sur 3,9 m; sur la Fig. 29, les Calcaires inférieurs ont été limités arbitrairement à 13 m. Cependant, l'épaisseur apparente de la série riche en niveaux calcaires atteint 111 m; si l'on tient compte du plongement des couches qui semble osciller autour de 40°, l'épaisseur réelle serait de l'ordre de 80 m. Vu la fracturation, avec des plans de faille portant des stries plongeant à 45°, que nous avons observées sur les carottes notamment au niveau des marnes, surtout lorsqu'elles sont charbonneuses, comme à 140 m, on peut supposer une répétition complexe de la série. Cependant le lever de la galerie du LEP (Fourneaux s. d.) ne révèle pas le moindre accident à cette cote.

– La présence de *Rhabdochara* gr. *langeri* montre que la base des Marnes et Grès bariolés doit probablement être rattachée à la zone à Ungeri (= MP 27-28).

2.6. Sondage SPL 5/4

Exécuté en 1982. Coord. suisses: 495,11/129,63/508,5; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 30) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos relevés.

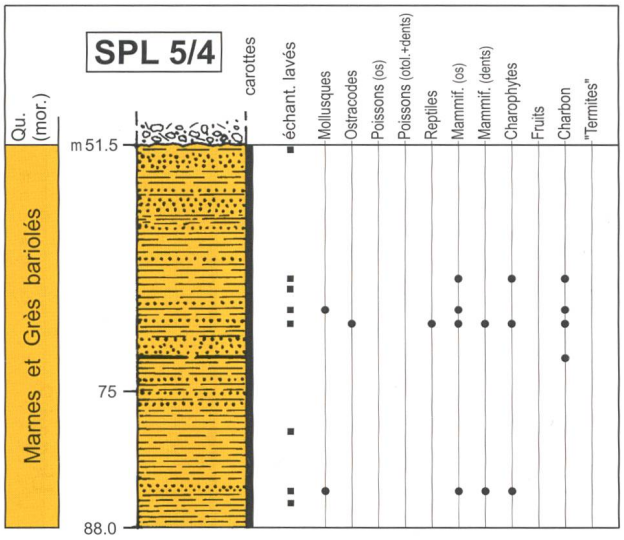

Fig. 30: Sondage SPL 5/4.

Quaternaire

- 0 - 1,7 m: terre végétale et colluvions
- 1,7 - 32,0: moraine graveleuse jurassienne
- 32,0 - 51,5: moraine graveleuse alpine

Marnes et Grès bariolés

- 51,5 - 88,0: marnes bariolées, lie-de-vin à verdâtres, souvent gréseuses, marnes argileuses feuilletées et grès fins gris; à 72,1 m, niveau de charbon épais de 3 cm; plusieurs niveaux tectonisés; pendage subhorizontal
  Ech. 68,5: *Pseudocandona* sp. (Pl. 2, Figs. 6-7), *Candona*? sp., *Ilyocypris* sp., *Heterocypris* sp.,?*Stenocypris* sp. (Pl. 3, Fig. 5), *Moenocypris* cf. *ingelheimensis* (Pl. 3, Fig. 4), ostracodes indét.; *Ophisaurus* sp.; charophytes: *Hornichara lagenalis, Stephanochara* gr. *ungeri, Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 84,5: fragments d'os; charophytes:?*Rhabdochara* gr. *stockmansi-major, Sphaerochara* sp.

Remarques

– Les rares charophytes observées dans les Marnes et Grès bariolés traversés sur 36,5 m, pourraient appartenir à la zone à Microcera, mais leur faible nombre ne permet pas de proposer une datation.
– Les ostracodes identifiés sont tous lacustres.

2.7. Sondage SPL 6/5

Exécuté en 1982. Coord. suisses: 497,06/128,70/470; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 31) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos relevés.

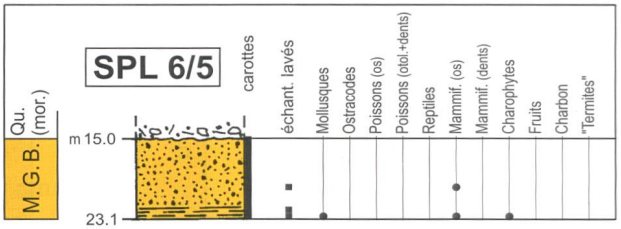

Fig. 31: Sondage SPL 6/5.

Quaternaire

- 0 - 2,7 m: terre végétale, dépôts palustres, limon argileux à débris végétaux
- 2,7 - 7,0: graviers fluvio-glaciaires
- 1,0 - 15,0: moraine limono-argileuse

Marnes et Grès bariolés

- 15,0 - 23,1: grès fins à grossiers passant dès 21,8 m à des marnes argilo-gréseuses, gris foncé; fractures subverticales
  Ech. 22,9: *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp.

2.8. Sondage SPL 7/2

Exécuté en 1982. Coord. suisses: 497,92/124,75/432; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 32) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos relevés.

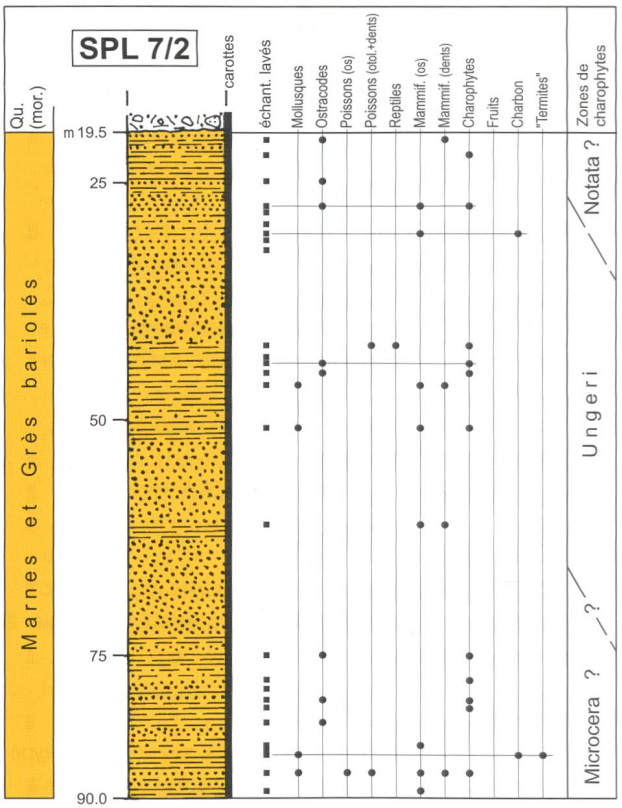

Fig. 32: Sondage SPL 7/2.

Quaternaire

- 0 - 9,0 m: moraine limoneuse
- 9,0 - 19,5: moraine graveleuse

Marnes et Grès bariolés

- 19,5 - 31,2: grès fins à moyens, gris vert, et marnes lie-de-vin, verdâtres, gris bleuté
  Ech. 27,0: *Sphaerochara* gr. *hirmeri*
- 31,2 - 41,9: grès fins à grossiers gris vert; indices d'hydrocarbures vers le bas
- 41,9 - 52,2: marnes bariolées, vertes, lie-de-vin, parfois gréseuses, tectonisées à la base
  Ech.42,3 et 43,5: *Hornichara* aff. *lagenalis*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*
  Ech. 51,0: *Rhabdochara* gr. *langeri*, ?*Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
- 52,2 - 72,7: grès moyens à grossiers, verdâtres avec un niveau marneux métrique violacé; passées charbonneuses à la base
  Ech. 61,1: *Sphaerochara* sp. (probablement gr. *hirmeri*)
- 72,7 - 90,0: grès fins, bariolés, gris vert et marnes parfois gréseuses bariolées, gris vert, lie-de-vin; fracturation au milieu et vers la base
  Ech. 79,9:?*Rhabdochara* gr. *stockmansi-major*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*; ostracodes indét.
  Ech. 87,2: Théridomyidé indét.

Remarques

- Ce sondage a recoupé 70,5 m de Marnes et Grès bariolés. D'après les associations de charophytes, la plus grande partie du sondage appartiendrait à la zone à Ungeri (= MP 27-28); le sommet pourrait atteindre la zone à Notata (= MP 29-30) et la base éventuellement à la zone à Microcera.
- Des imprégnations d'hydrocarbures ont été observées entre 36,7 et 42,0 m et entre 58,4 et 60,2 m.

2.9. Sondage SPL 8/2

Exécuté en 1982. Coord. suisses: 496,48/121,93/428,1; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 33) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos relevés.

Quaternaire

- 0 - 27,0 m: moraine limoneuse, très argileuse entre 14,0 et 27,0 m
- 27,0 - 81,5: moraine argileuse à blocs

Marnes et Grès bariolés

- 81,5 - 109,1: grès fins à moyens à rares structures obliques et marnes gréseuses gris bleu, gris verdâtre, lie-de-vin; débris charbonneux à la base; pendage subhorizontal; fractures inclinées de 30 à 45°
  Ech. 89,0: *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*
  Ech. 109,0: *Chara* sp., *Sphaerochara* sp.

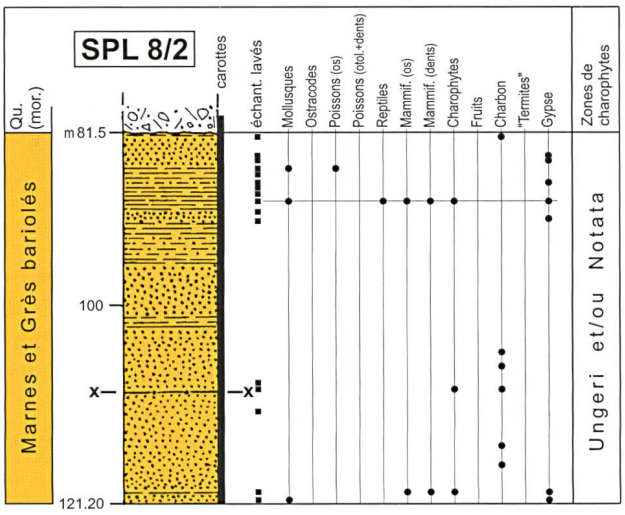

Fig. 33: Sondage SPL 8/2.

- 109,1 - 119,5: grès fins à grossiers gris, gris vert à gris bleuté, avec structures obliques fréquentes; faibles indices d'hydrocarbures entre 119,0 et 119,5 m; fractures inclinées de 30 à 45°
  Ech. 109,8: *Rhabdochara* gr. *langeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*
- 119,5 - 121,2: grès gris, fins à grossiers, et marnes bariolées, lie-de-vin, verdâtres; fractures obliques
  Ech. 120,5: *Chara* sp., *Sphaerochara* sp.

Remarque

- Les charophytes déterminées dans ce sondage, qui a traversé 39,7 m de Marnes et Grès bariolés appartiennent probablement aux zones à Ungeri et/ou Notata (= MP 27-30).

2.10. Sondage SPL 8/5

Exécuté en 1982. Coord. suisses: 497,00/122,36/425; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 34) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos relevés.

Quaternaire

- 0 - 4,0 m: terre végétale et remblais
- 4,0 - 44,1: moraine limoneuse, graveleuse dans la moitié inférieure
- 44,1 - 70,0: moraine argilo-limoneuse gris sombre avec rares cailloux
- 70,0 - 77,2: moraine argileuse à blocs

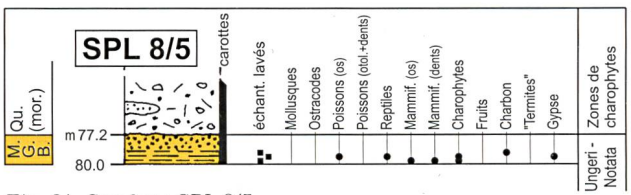

Fig. 34: Sondage SPL 8/5.

Marnes et Grès bariolés

- 77,2 - 80,0: grès fins verdâtres et marnes argileuses verdâtres, lie-de-vin; gypse courant et nombreux nodules de pyrite; fractures obliques à 15 - 20°
  Ech. 79,9:?Théridomyidé indét.; *Hornichara lagenalis* (Pl. 5, Figs. 1-3).

Remarques

- Les charophytes déterminées au fond de ce sondage, qui n'a traversé que 2,8 m de Marnes et Grès bariolés, ne permettent pas de datation précise; elles correspondent probablement aux zones à Ungeri et/ou Notata.
- La présence de gypse de 77 à 80 m doit être relevée.

2.11. Sondage SPL 8/7

Exécuté en 1982. Coord. suisses: 496,55/122,04/428; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 35) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos relevés.

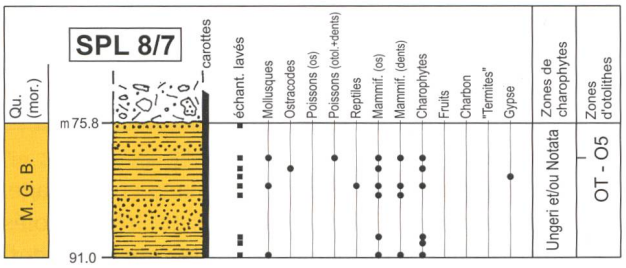

Fig. 35: Sondage SPL 8/7.

Quaternaire

- 0 - 4,0 m: terre végétale
- 4,0 - 23,5: moraine graveleuse argileuse
- 23,5 - 41,0: graviers sablo-limoneux beiges
- 41,0 - 75,8: moraine argilo-sableuse

Marnes et Grès bariolés

- 75,8 - 84,0: marnes peu gréseuses, gris verdâtre, bariolées, lie-de-vin
  Ech. 79,7: *Palaeolebias symmetricus* (Pl. 4, Fig. 5), genus Cyprinidarum sp.
  Ech. 80,8: ostracodes lacustres: *Ilyocypris* sp., Cypridopsinae? indét.; nombreux *Unio* sp.
  Ech. 82,7: *Hornichara lagenalis*, *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*
- 84,0 - 91,0: grès fins, gris verdâtre, avec passée métrique marno-argileuse gris vert et lie-de-vin; nombreux *Unio* sp. et petits nodules de gypse à 84,8 m
  Ech. 88,4: *Hornichara lagenalis*, *Stephanochara* gr. *ungeri* (Pl. 5, Figs. 15-17), *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*.

Remarques

- Dans ce sondage qui a traversé 15,2 m de Marnes et Grès bariolés, l'otolithe *Palaeolebias symmetricus* repéré à 79,7 m, caractériserait la zone OT O2 (= MP 24), ce qui est en contradiction avec les données des charophytes, qui correspondent aux zones à Ungeri et/ou Notata (= MP 27-30); cette contradiction demeure inexpliquée en l'état de nos connaissances.
- La présence de gypse à 84,8 m est à relever.

2.12. Sondage SPL 8/8

Exécuté en 1982. Coord. suisses: 496,73/122,16/426; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 36) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos relevés.

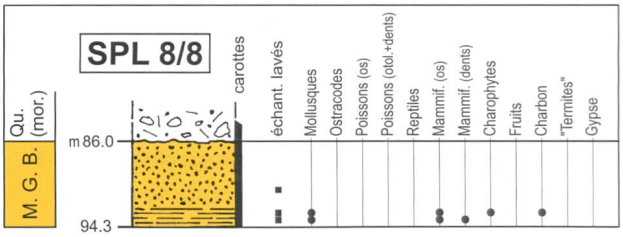

Fig. 36: Sondage SPL 8/8.

Quaternaire

- 0 - 2,5 m: terre végétale et colluvions
- 2,5 - 6,0: graviers fluvio-glaciaires
- 6,0 - 23,0: moraine argileuse à blocs et graviers sableux
- 23,0 - 61,0: graviers argilo-sableux
- 61,0 - 72,0: sables limoneux, fins à moyens
- 72,0 - 86,0: moraine argileuse à blocs

Marnes et Grès bariolés

- 86,0 - 93,1: grès moyens à grossiers, verdâtres, à rares stratifications obliques
- 93,1 - 94,3: marnes argilo-gréseuses, pyriteuses, gris verdâtre, localement gris noir; pendage subhorizontal.

2.13. Sondage SPL 8/13

Exécuté en 1982. Coord. suisses: 496,86/122,26/427; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 37) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos relevés.

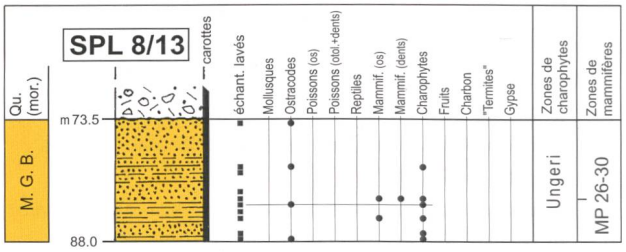

Fig. 37: Sondage SPL 8/13.

Quaternaire

- 0 - 1,0 m: terre végétale
- 1,0 - 13,0: graviers limoneux
- 13,0 - 19,0: moraine argileuse
- 19,0 - 47,0: graviers sableux, argileux à la base
- 47,0 - 58,7: moraine argileuse
- 58,7 - 73,5: argiles fines sableuses, avec quelques galets centimétriques à la base

Marnes et Grès bariolés

- 73,5 - 88,0: grès fins à moyens, rarement grossiers, gris vert, et marnes argileuses bariolées, gris verdâtre et lie-de-vin; imprégnations d'hydrocarbures à 82,3 m; pendage subhorizontal
  Ech. 83,0: *Plesiosminthus promyarion* (Pl. 8, Fig. 3)
  Ech. 84,1: *Pseudocandona* sp. juv.
  Ech. 87,5: *Candona* sp.
  Ech. 83,0 + 84,1 + 87,5: *Chara* sp., *Hornichara lagenalis*, ?*Rhabdochara* gr. *langeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* sp.

Remarque

– Les Marnes et Grès bariolés forés sur 14,5 m ont livré *Plesiosminthus promyarion*, dont l'âge correspond aux niveaux de Mümliswil - Küttigen 1 (= MP 26 [sommet] - MP 30 [base]); d'autre part, les charophytes reconnues appartiennent probablement à la zone à Ungeri (= MP 27-28); leur association avec les mammifères permet d'attribuer les Marnes et Grès bariolés aux biozones MP 27-28.

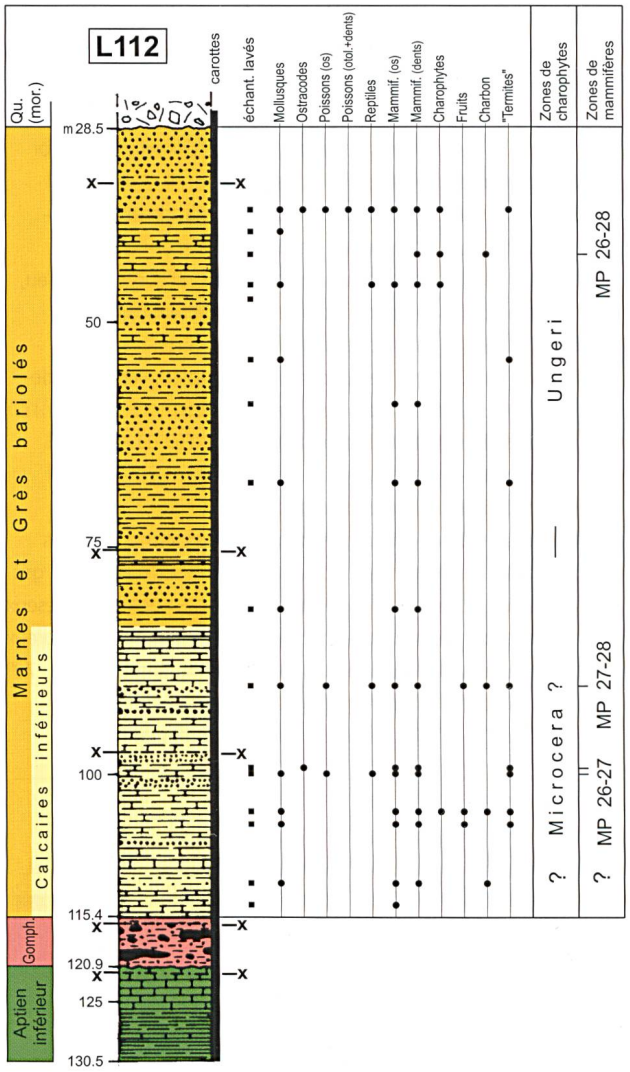

Fig. 38: Sondage L 112.

3. Sondages L

3.1. Sondage L 112

Exécuté en 1979. Coord. suisses: 488,35/122,87/482; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 38) d'après le rapport Lanterno et al. (1981). Echantillonnage à partir des carottes déposées au Muséum d'Histoire naturelle de la Ville de Genève.

Quaternaire

- 0 - 28,5 m: moraine argilo-graveleuse, parfois limono-sableuse, à blocs

Marnes et Grès bariolés

- 28,5 - 37,4: grès fins à moyens et marnes silto-gréseuses; zone fracturée; pendage 35°
- 37,4 - 61,4: marnes calcaréo-silteuses, gris-bleu à verdâtres, lie-de-vin, bariolées, lustrées, fracturées, peu pyriteuses; minces lits de grès calcareux fins, gris à verdâtres; pendage 30° à 50°
  Ech. 37,5 - 37,6: Gliridé, cf. *Microdyromys*; dents pharyngiennes (*Tarsichthys* sp.); *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* sp.
  Ech. 42,9 - 43,2: Insectivore indét., *Allocricetodon incertus*; *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 45,9 - 46,3: Didelphidé, cf. *Amphiperatherium minutum*; *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* sp., *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, ?*Rhabdochara* gr. *langeri*
- 61,4 - 64,0: grès fins, gris; plan de faille à la base
- 64,0 - 76,8: marno-calcaires silto-gréseux, gris, verdâtres, lie-de-vin, avec niveaux gréseux; nombreuses fractures
  Ech. 68,0 - 68,4: Théridomyidé, cf. *Issiodoromys* sp.

Calcaires inférieurs

- 76,8-79,0: zone faillée avec grès fins à moyens, calcaires d'eau douce et marnes grises, bariolées, silto-gréseuses, écrasées
- 79,0-81,2: grès gris, fins, fracturés
- 81,2-84,0: marnes gris-bleu, vertes, lie-de-vin, fracturées
  Ech. 81,9-82,1: Cricétidé indéterminé
- 84,0 - 88,3: calcaires lacustres, peu fracturés; traces de racines, figures de dessication; pendage: 50°

- 88,3 - 92,4: marnes silto-gréseuses gris-bleu, vertes, avec niveau décimétrique gréseux fin, très fracturées; pendage: 40° à 50°
  Ech. 90,0-90,7: débris végétaux pyritisés ou charbonneux (aiguilles de conifères?), fruits de *Celtis*; *Gliravus* cf. *bravoi* (fragment d'une M3 sin. de grande taille, Pl. 7, Fig. 11)
- 92,4 - 93,2: calcaires lacustres, un peu argileux, ferrugineux, fracturés; figures de dessication; traces végétales
- 93,2 - 97,5: marnes calcareuses, silto-gréseuses, gris-bleu, vertes, lie-de-vin, très fracturées; plan de faille à la base
- 97,5 - 98,5: grès moyens, gris-bleu et verts
- 98,5 - 100,2: marnes calcareuses, gris-bleu, vertes, lie-de-vin, silteuses, très fracturées; pendage: 55°
  Ech. 99,2-99,5: *Eomys molassicus* (Pl. 7, Fig. 1), Gliridé indéterminé
  Ech. 99,8-99,9: *Eomys molassicus* (Pl. 7, Fig. 2)
- 100,2 - 101,4: grès moyens, gris-bleu et verts; fracturés
- 101,4 - 115,4: marnes calcareuses, parfois silto-gréseuses, gris-bleu, vertes, lie-de-vin, avec rares niveaux décimétriques gréseux et niveaux de calcaires lacustres; à la base, très nombreux prismes de *Microcodium*; zone très fracturée; pendage: 70°
  Ech. 104,0: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*
  Ech. 105,4 - 105,6: *Eucricetodon* sp., *Eomys* sp.

Gompholite

- 115,4 - 115,9: conglomérat à galets de calcaires d'eau douce, peu quartzeux et ferrugineux, à traces de racines et ciment calcaréo-gréseux, gris-vert et lie-de-vin, très fracturé; prismes de *Microcodium*; plan de faille, à la base
- 115,9 - 116,0: calcaires lacustres, un peu quartzeux, et grès brun rouge à verts; prismes de *Microcodium*; nombreuses fractures
- 116,0 - 120,9: conglomérat très fracturé avec galets de calcaires biosparitiques, parfois lumachelliques avec milioles, serpules, textularidés, *Lenticulina* sp., *Palorbitolina lenticularis*; ciment calcaréo-gréseux, ferrugineux; prismes de *Microcodium*.

Calcaires urgoniens («Couches à orbitolines»)

- 120,9 - 121,7: zone très fracturée avec différents faciès: a) calcaires recristallisés très peu quartzeux, pyriteux, riches en *Palorbitolina lenticularis* et avec fragments d'échinides et de lamellibranches; b) calcaires recristallisés, peu quartzeux, pyriteux à rares débris de tests de lamellibranches (?); c) grès beige clair, fins à moyens, peu carbonatés
- 121,7 - 130,5: calcaires très fracturés avec niveaux décimétriques à métriques de marnes argilo-silteuses rougeâtres; la quinzaine de lames minces effectuées dans ce niveau révèle des biomicrites et biomicrosparites à *Palorbitolina lenticularis*; à 123,3 m, la biomicrite ferrugineuse à abondantes *Palorbitolina lenticularis* est identique à celle du niveau 15 de la Perte de Rhône près de Bellegarde, d'âge Aptien inférieur (Jayet 1926, p. 168 et Fig. 2).

Remarques

- Ce forage a recoupé successivement les Marnes et Grès bariolés (48,3 m), les Calcaires inférieurs (38,6 m), la Gompholite (5,5 m) et le substratum mésozoïque représenté ici par les Calcaires urgoniens (> 9,60 m).
- Le forage L 112 est très fracturé sur une grande partie de sa longueur; les plans de faille ne sont pas tous indiqués sur la Fig. 38. La succession lithologique doit donc être donnée avec prudence. Le contact entre la base des Calcaires inférieurs et le sommet de la Gompholite est notamment souligné par un plan de faille, peut-être important. De plus, les Marnes et Grès bariolés présentent de grandes variations de pendages qui sont de 25° à 35° jusque vers 80 m, puis se redressent plus bas pour atteindre jusqu'à 70°.
- La limite entre les Calcaires inférieurs et la Gompholite est clairement soulignée par les minéraux lourds dont le spectre change brusquement dès 115,4 m (Maurer 1981).
- Les Marnes et Grès bariolés ont pu être datés grâce à *Allocricetodon incertus*, dont l'âge correspond au niveaux Oensingen 1 - Fornant 7 (= MP 26-28) et les Calcaires inférieurs grâce à *Gliravus* cf. *bravoi* dont l'âge correspond aux niveaux Wynau 1 - Fornant 6 (= MP 27-28) et à *Eomys molassicus* caractéristique des niveaux Oensingen 1 - Wynau 1 (= MP 26 - MP 27 base). Il est donc justifié de considérer que dans ce sondage L 112, les Marnes et Grès bariolés appartiennent aux zones MP 27-28 et les Calcaires inférieurs à la zone MP 27. Les rares charophytes, bien que n'autorisant pas une datation précise, indiquent des âges compatibles avec ceux des mammifères.
- De faibles imprégnations d'hydrocarbures ont été relevées à 117,5, 119,5 et 122,5 m.
- Le forage 112 montre que le substratum mésozoïque est constitué ici par le sommet des Calcaires urgoniens à *Palorbitolina lenticularis* («Couches à orbitolines») d'âge Aptien inférieur.

3.2. Sondage L 129

Exécuté en 1980. Coord. suisses: 492,08/130,64/624; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique modifié (Fig. 39) d'après Lanterno et al. (1981).

Quaternaire

- 0 - 45,5 m: moraine gravelo-limoneuse avec gros blocs à la base

Marnes et Grès bariolés

- 45,5 - 48,9: marnes calcareuses, silteuses, gris vert à gris sombre avec débris végétaux; nombreuses fractures
- 48,9 - 63,2: marnes calcareuses silto-gréseuses, gris foncé à gris bleu vert, parfois violacées, et grès gris moyens; nombreuses fractures
  Ech. 52,5-52,6: mollusques très abondants (planorbes, limnées, lamellibranches), os de poissons

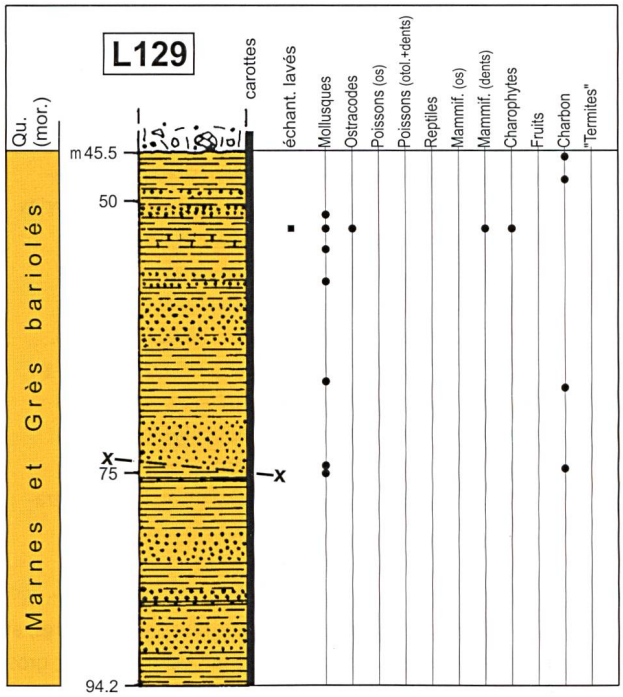

Fig. 39: Sondage L 129.

Ech. 52,8: fragment d'un maxillaire avec 3 dents d'un *Cainotheriidae* indét. (détermination M. Hugueney, *in* Lanterno et al. 1981)

- 63,2 - 69,7: marnes gris noir, silto-gréseuses, très fracturées; débris de plantes et de gastéropodes entre 66,2 et 67,1 m
- 69,7 - 74,0: grès gris moyens, très fracturés: fracture ouverte possible entre 72,1 et 73,0 m (pas de carotte) et plan de faille important à la base du niveau
- 74,0 - 80,4: marnes silteuses, gris bleuté, verdâtres, lie-de-vin, très fracturées; traces de plantes et fragments de gastéropodes au sommet
- 80,4 - 94,2: marnes silteuses, grises, verdâtres, et grès gris fins à moyens; très nombreuses fractures

Remarque

– Les Marnes et Grès bariolés, recoupés sur 48,7 m par ce sondage, sont passablement fracturés et affectés par de nombreux plans de cassures inclinés de 30° à 70°; il n'y a pas d'indication sur les pendages.

3.3. Sondage L 133

Exécuté en 1980. Coord. suisses: 490,11/125,56/513; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique modifié (Fig. 40), d'après les rapports Dériaz & Hotellier (1980) et Lanterno et al. (1981)

Quaternaire

- 0 - 4,0 m: graviers fluvio-glaciaires
- 4,0 - 16,6: moraine limoneuse à blocs

Marnes et Grès bariolés

- 16,6 - 24,5: marnocalcaires, parfois gréso-silteux, gris, verts; niveaux décimétriques de calcaires gris beige et de grès fins; fragments de gastéropodes
- 24,5 - 24,8: calcaires gris beige, fracturés
- 24,8 - 41,5: marnes calcareuses, parfois gréso-silteuses, grises, vertes, lie-de-vin; avec niveaux gréseux, fins; fracturation importante
- 41,5 - 52,3: marnes et marno-calcaires, gris, verts, avec niveaux décimétriques de calcaires brunâtres; quelques fractures

Calcaires inférieurs

- 52,3 - 55,0: calcaires gris beige à brunâtres, fracturés
- 55,0 - 65,0: marnes et marno-calcaires gris, parfois riches en fragments de mollusques (hélicidés, planorbes, limnées, petits lamellibranches); rares niveaux décimétriques de grès fins et de calcaires brunâtres riches en gastéropodes; importante fracturation

  Ech. 60,5: abondants restes de poissons: *Tarsichthys* sp.; *Palaeoesox oligocenicus* (Pl. 4, Fig. 3); *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, ?*Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*

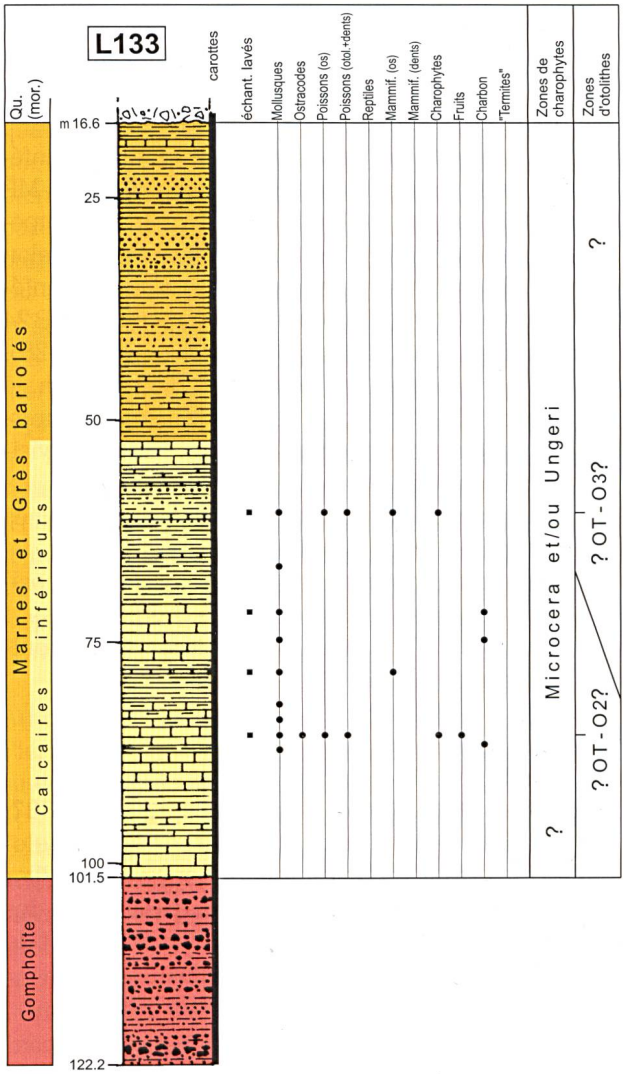

Fig. 40: Sondage L 133.

- 65,0 - 66,3: calcaires brunâtres passant vers le bas à un grès; fragments de gastéropodes
- 66,3 - 71,4: marnes calcareuses, gris bleu, très fracturées
- 71,4 - 89,5: marnes grises, marno-calcaires et calcaires lacustres brunâtres; nodules caliche; pyrite rare en petits nodules; fragments de gastéropodes (surtout des hélicidés) et rares minces niveaux charbonneux
  Ech. 78,2: *Eucricetodon* sp.
  Ech. 85,3: *Unio* sp.; charophytes indéterminées; ostracodes lacustres: *Ilyocypris* cf. *essertinesensis*, ?*Herpetocypris* sp.; *Tarsichthys* sp., *Palaeolebias symmetricus* (Pl. 4, Fig. 4), *Enoplophthalmus* sp. (fragment)
- 89,5 - 101,5: calcaires gris beige à brun rouge et marnes calcareuses; peu fracturés

Gompholite

- 101,5 - 122,2: marnes gréso-calcaires brun rouge, grès grossiers gris vert et microbrèche à galets centimétriques subanguleux de calcaires divers et de silex; niveau très fracturé

Remarques

- Dans ce sondage, la limite entre les Calcaires inférieurs et les Marnes et Grès bariolés n'est pas clairement définie; l'épaisseur de celles-ci a été évaluée à 35,7 m et celle des Calcaires inférieurs à 49,2 m. La Gompholite a été identifiée entre 101,5 et 122,2 m.
- En se basant sur les otolithes, les Calcaires inférieurs appartiendraient aux zones OT-O2 (= MP 23-25 [base]) et OT-O3 (= MP 25 [partie supérieure] - MP 26 [partie inférieure]), alors que, selon les charophytes, le sommet des Calcaires inférieurs est attribué aux zones à Microcera (= MP 24 [sommet] - MP 26) ou à Ungeri (= MP 27-28).
- Situé à proximité de la faille du pied du Jura, le sondage L 133 montre de nombreuses fractures. Le pendage des couches n'est pas très bien visible: il serait de l'ordre de 15 à 20° à 25 m.
- Des traces d'hydrocarbures ont été relevées entre 71 et 76 m et à 100 m.
- Des venues artésiennes d'une eau de composition spéciale (bicarbonatée - sodique) sont signalées de 71 à 76 m, avec dégagement de bulles de gaz.

3.4. Sondage L 135

Exécuté en 1981. Coord. suisses: 489,91/125,69/527; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 41) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos relevés. Echantillonnage à partir des carottes déposées au Département de géologie et de paléontologie de l'Université de Genève.

Quaternaire

- 0 - 0,6 m: terre végétale
- 0,6 - 11,0: alluvions fluvio-glaciaires
- 11,0 - 18, 7: moraine limoneuse à cailloux et blocs; imprégnations d'hydrocarbures à la base

Calcaires inférieurs

- 18,7 - 27,8: marno-calcaires gréseux, pyriteux, gris verdâtre, à très nombreux fragments de gastéropodes (hélicidés, limnées, planorbes, bythinies), avec quelques interlits plus argileux noirâtres; zone fracturée à la base
  Ech. 18,7: *Eomys* ou *Rhodanomys* sp.
  Ech. 21,8: *Chara* sp., *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 22,3: *Chara* sp., *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Rhabdochara* gr. *stockmansi-major*
  Ech. 26,3: ostracodes d'eau douce: ?*Heterocypris* sp., *Ilyocypris* sp., *Virgatocypris* sp., Candoninae indét.; *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp., genus Eleotridarum *martinii*
  Ech. 27,5: genus Eleotridarum *martinii* (Pl. 4, Fig. 1), ostracodes indét.

Gompholite

- 27,8 - 32,4: grès à ciment calcaire, gris vert à rougeâtres, et marno-calcaires quartzeux, bariolés, gris vert, lie-de-vin; gros grains de quartz détritiques (Ø 2 mm), débris de silex, orbitolines remaniées, fragments de mollusques (hélicidés, bythinies) et d'os; pendage environ 20°
  Ech. 31,0 et 31,5: *Chara* sp., *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 32,1: ostracodes d'eau douce: *Pseudocandona* sp., *Ilyocypris* sp., *Heterocypris* sp., *Virgatocypris* sp., ?*Moenocypris* sp.; *Chara* sp., ?*Stephanochara* gr. *ungeri*

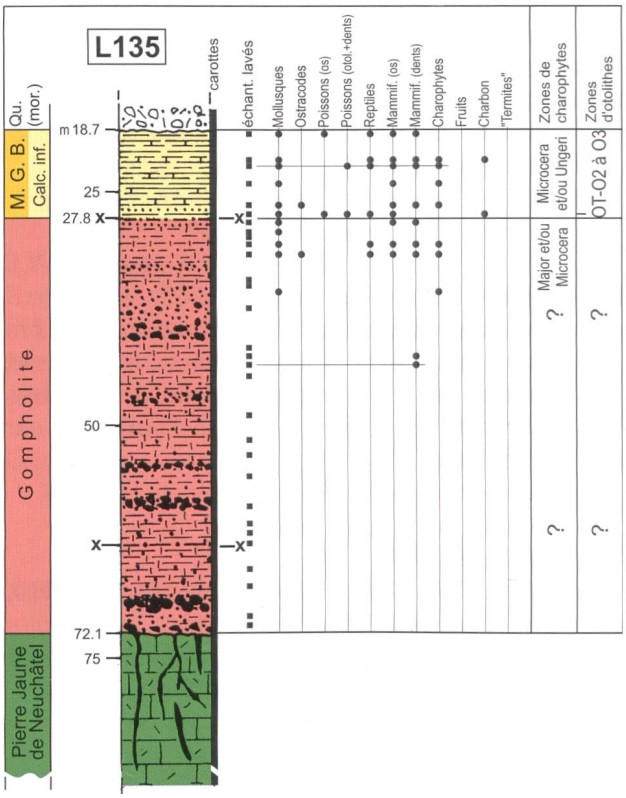

Fig. 41: Sondage L 135.

(formes douteuses), *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani* (Pl. 5, Figs. 4-5), *Rhabdochara* gr. *stockmansi-major* (population importante et bien conservée, proche de *Rh. major* [Pl. 6, Fig. 6])

- 32,4 - 58,9: conglomérats à galets centimétriques souvent silicifiés, parfois encroûtés (Cyanophycées) et grès grossiers à ciment marno-calcaire rougeâtre
  Ech. 32,5: cf. *Stephanochara* gr. *ungeri* (forme douteuse), *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, tiges de charophytes
  Ech. 42,5: rares ostracodes de conservation médiocre, peut-être remaniés
- 58,9 - 72,1: marno-calcaires gréseux rougeâtres, grès grossiers et conglomérats à galets centimétriques parfois encroûtés (Cyanophycées); à la base, argiles jaunes ou verdâtres tectonisées
  Ech. 63,5 + 70,5 + 71,5: foraminifères, ostracodes marins, bryozoaires remaniés du Crétacé inférieur

Pierre jaune de Neuchâtel

- 72,1 - 96,2: calcaires biodétritiques grossiers, échinodermiques, glauconieux, verdâtres; au sommet, karstification jusqu'à 86,7 m avec remplissage de marnes rouges et vertes et imprégnations d'hydrocarbures; fracturation très développée.

Remarques

- Dans ce forage d'une profondeur de 135 m, les Calcaires inférieurs ont été traversés sur 9,1 m et la Gompholite sur 44,3 m. La base des Calcaires inférieurs est séparée du sommet de la Gompholite par un plan de faille avec foliation schisteuse; cette dernière est elle-même affectée par une fracturation subverticale importante. D'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982), les pendages sont réguliers dans les différentes formations traversées: ils sont compris entre 16 et 20°. On a noté des plans de décollement à 27,1 m et à 62,5 m.
- Entre 31,0 et 32,5 m, les charophytes déterminées n'indiquent pas un âge précis puisque dans ce sondage, l'association des formes reconnues se rencontre dans les zones à Major et/ou à Microcera (= MP 23-26), voire à la base de la zone à Ungeri (= MP 27-28). D'autre part, l'otolithe genus Eleotridarum *martinii* découverte à 27,5 m (non pas dans la Gompholite, mais à la base des Calcaires inférieurs) témoigne d'un âge correspondant aux zones MP 24-25, d'après la biozonation basée sur ce groupe fossile.
- Le substratum mésozoïque présente également une fracturation importante (fractures verticales dominantes) accentuée par la karstification qui a précédé le dépôt de la Gompholite, karstification qui affecte les calcaires crétacés sur une quinzaine de mètres d'épaisseur. Ce karst est colmaté par des matériaux argilo-gréseux soit appartenant à la Gompholite, soit provenant du délavage de dépôts sidérolithiques. Ce sondage carotté jusqu'à 135 m, traverse les formations hauteriviennes jusqu'aux Calcaires roux y compris (niveau à *Alectryonia rectangularis*); cette succesion est manifestement perturbée par des failles parfois imprégnées d'hydrocarbures, tant dans la Gompholite que dans les calcaires crétacés.

4. Sondages SPM

4.1. Sondage SPM 1

Exécuté en 1981 et entièrement carotté. Coord. suisses: 488,37/124,59/568; Fig. 4. Log lithologique d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1981) et nos propres relevés (1982).

Bien que le forage SPM 1 d'une profondeur de 205,5 m ne montre pas le contact entre la Molasse et le substratum mésozoïque, il est important de le présenter ici, sans le figurer, car les Calcaires urgoniens y sont bien développés (environ 85 m) et y sont datés par orbitolines (R. Schroeder, communication écrite, 1998).

Situé sur le flanc oriental de la Haute-Chaîne, au NW de Sergy, le forage SPM 1 débute par 5 m de dépôts quaternaires (terre végétale, éboulis, moraine würmienne) et pénètre ensuite dans les Calcaires urgoniens jusqu'à 98 m, c'est-à-dire sur une épaisseur apparente de 93 m; le pendage des couches oscillant entre 20 et 25°, l'épaisseur réelle de cette formation est de 86 m (rapport Dériaz & Hotellier 1981). Dans ce sondage, les Calcaires urgoniens n'atteignent donc pas l'épaisseur généralement reconnue dans le Jura méridional, comprise entre 112 et 120 m. Ils ne sont représentés ici que par l'Urgonien blanc. D'une part, les faciès de l'Aptien inférieur (= «Bédoulien inférieur» *auct. p. p.*) ont certainement été érodés et, d'autre part, l'Urgonien jaune n'apparaît pas en raison d'une fracture importante, qui par suite de la circulation des eaux karstiques, se traduit entre 97,3 et 98,2 m par une cavité partiellement remplie de blocs et graviers jurassiens et alpins.

Au-dessous, le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel», dont le plongement avoisine 30°, a été traversé sur 107,5 m, ce qui confère à cette formation une épaisseur réelle de 91 m environ; cette épaisseur correspond à peu près à celle de ce «Complexe» reconnu dans le Jura méridional. Les calcaires biodétritiques sous-jacents à la zone broyée (brèche tectonique) comprise entre 182,0 et 183,6 m, et considérés comme «Calcaires roux» dans le rapport Dériaz & Hotellier (1981), doivent, à notre avis, être encore rattachés au «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel». Ainsi, cette formation se poursuivrait entre 183,6 et 205,5 m, fin du forage.

Suivant le rapport Dériaz & Hotellier (1981), les Calcaires urgoniens présentent «une fracturation généralisée sur laquelle se sont greffés des phénomènes karstiques». Ce puits révèle de nombreuses fractures subverticales souvent tapissées de calcite fibreuse, notamment entre 28 et 30 m si bien que la foration a connu beaucoup de difficultés et plusieurs opérations de cimentation ont dû être effectuées jusqu'à 57 m de profondeur dans le but de stopper des arrivées de matériau fin dans le puits.

Dans les Calcaires urgoniens, *Praedictyorbitolina carthusiana* a été identifiée vers 70 et 72 m, tandis que *Valserina primitiva* a été repérée entre 30 et 40 m; vers 30 m apparaissent des formes de transition *Valserina primitiva / V. broennimanni*. D'après la biozonation des orbitolines de Clavel et al. (1994), et de Schroeder et al. (1999, 2000), les Calcaires urgoniens traversés par le sondage SPM 1 appartiennent à l'Hauterivien supérieur (zones à Balearis et à Angulicostata) et leur sommet ne dépasserait pas l'extrême base du Barrémien inférieur (base de la zone à Hugii).

Il est curieux que les Calcaires marneux de la Rivière (partie supérieure de l'Hauterivien supérieur: Zone à Angulicostata) n'aient pas été détectés dans ce forage qui recoupe les Calcaires urgoniens sur 85 m (épaisseur réelle), car au Vuache, le long de la route reliant Vulbens à Arcine (soit à 17 km plus au SW), Blondel et al. (1986) signalent ce Membre à environ 56 m au-dessus du sommet du «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel». Par contre, au Rocher des Hirondelles, localité-type où ont été définis les Calcaires marneux de la Rivière, ceux-ci apparaissent plus de 100 m au-dessus du sommet du «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel». Faut-il en conclure que les faciès urgoniens sous-jacents aux Calcaires marneux de la Rivière sont plus épais que dans la partie méridionale du Vuache ou que ce Membre n'existe plus dans la région du forage SPM 1 ? La question reste ouverte en l'état actuel de nos connaissances.

4.2. Sondage SPM 2

Exécuté en 1981. Coord. suisses: 488,49/124,39/535; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 42) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1981).

Quaternaire

- 0 - 10,0 m: moraine limoneuse à cailloux et blocs jurassiens et alpins

Calcaires inférieurs

- 10,0 - 37,7: marnes peu gréseuses, souvent pyriteuses, bariolées, gris vert à lie de vin, avec quelques niveaux de calcaires fins, parfois un peu argileux, et de grès fins à moyens; marnes charbonneuses noires entre 32,5 et 33,0 m; fracturation importante; pendage moyen de 25 à 27°
  Ech. 24,0: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*
  Ech. 33,0: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*

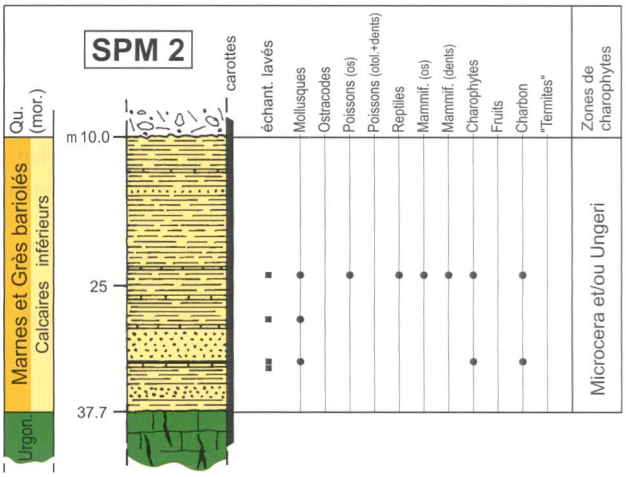

Fig. 42: Sondage SPM 2.

Calcaires urgoniens

- 37,7 - 180,0: calcaires blanchâtres, oolithiques, biodétritiques, par endroits micritiques, crayeux ou recristallisés, en général fortement fracturés et ravinés par l'érosion karstique pré-molassique jusque vers 58 m. Des rudistes et des coraux ont été observés à divers niveaux. Le pendage des couches, difficile à évaluer en raison du caractère massif de ces calcaires et de la fracturation, semble osciller entre 30 et 40°, ce qui confèrerait à cette formation une épaisseur minimale de l'ordre de 116 m.

Remarques

- Ce forage a traversé sur 27,7 m, les Calcaires inférieurs, qui reposent directement sur les Calcaires urgoniens.
- Les charophytes reconnues dans les Calcaires inférieurs appartiennent aux zones à Microcera et/ou Ungeri.
- Comme dans le forage SPM 1, les plans de fractures observés dans SPM 2 sont généralement verticaux à subverticaux. Les fissures, nombreuses et fines, le plus souvent fermées, sont colmatées par des argiles gris vert, parfois pyriteuses (Sidérolithique?).
- L'absence des Calcaires marneux de la Rivière au sein de la Formation des Calcaires urgoniens pose le même problème que celui qui a été évoqué à propos du forage SPM 1. D'autre part, entre 171,9 et 180 m, le rapport Dériaz & Hotellier (1981) signale le faciès «Pierre jaune de Neuchâtel». Or d'après leur description lithologique («calcaire biodétritique, plus ou moins oolithique, assez pur [...] avec rares grains de glauconie»), il s'agirait, à notre avis, plutôt de l'Urgonien jaune.

4.3. Sondage SPM 3

Exécuté en 1981. Coord. suisses: 488,23/124,33/553; Fig. 4. Molasse et substratum mésozoïque entièrement carottés. Log lithologique (Fig. 43) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1981).

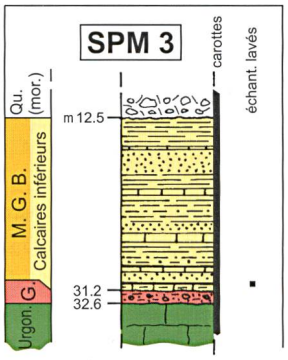

Fig. 43: Sondage SPM 3.

Quaternaire

- 0 - 0, 3 m: terre végétale
- 0,3 - 2,0: limons sableux, peu argileux, ocre beige
- 2,0 - 12,5: moraine argileuse, sablo-limoneuse à blocs

Calcaires inférieurs

- 12,5 - 31,2: marnes gris vert à lie de vin et calcaires argileux verdâtres; calcaires lacustres très riches en mollusques; deux niveaux charbonneux épais de 5 cm à 28,6 m et de 3 cm à 29,6 m; fractures obliques et subverticales; pendage de 19 à 20°. Le seul échantillon lavé (30,5 m) n'a livré que des fragments de coquilles de mollusques

Gompholite

- 31,2 - 32,6: grès conglomératiques peu marneux, verdâtres à rouille, à éléments calcaires subarrondis; très peu fracturés

Calcaires urgoniens

- 32,6 - 37,3: Aptien inférieur *pro parte*. Sous la dénomination »Urgonien sommital», le rapport Dériaz & Hotellier (1981) individualise un «calcaire beige, biodétritique, en nodules enrobés d'argile gréseuse verdâtre à pyrite», à la base duquel se trouvent «quelques niveaux de marnes gris vert feuilletées». Il pourrait s'agir des faciès du «Bédoulien inférieur» *pro parte*, tels que les ont décrits Donzeau et al. (1997, p. 54-55). Cependant il ne faut pas totalement exclure la possibilité de rattacher «les lits d'argile gréseuse verdâtre à pyrite» à des faciès sidérolithiques, qui se seraient infiltrés dans la partie sommitale des Calcaires urgoniens après leur karstification: dans ce cas, les faciès urgoniens appartiendraient au Barrémien inférieur et les niveaux argilo-gréseux pyriteux au Tertiaire.
- 37,3 - 169,0: Calcaires urgoniens *str. s.* Calcaires massifs, karstifiés, blancs, jaunâtres ou gris crème, biodétritiques à coraux, rudistes, algues et foraminifères; la microfaune n'a pas été étudiée. Avec un pendage de 23 à 25° jusque vers 150 m et de 26 à 30° jusqu'à la base de la formation, les Calcaires urgoniens, assez fracturés, atteignent une épaisseur réelle dépassant une centaine de mètres.
- 169,0 - 173,5: Urgonien jaune. Le rapport Dériaz & Hotellier (1981) décrit un «calcaire gris beige, bleuté, pseudobréchique, biodétritique, massif, avec quelques entroques et coquilles de lamellibranches (huîtres)»: il s'agit probablement de l'Urgonien jaune des auteurs jurassiens, attribué à l'Hauterivien inférieur sommital - Hauterivien supérieur basal.

«Complexe Marnes d'Hauterive- Pierre jaune de Neuchâtel»

- 173,5 - 198,1: Calcaires gris à gris noir, gréseux, glauconieux, peu argileux, biodétritiques à entroques (= faciès «Pierre jaune de Neuchâtel»); à 190 m, niveaux siliceux (silex).

Remarques

- Bien que situé très près du puits SPM 2, le sondage SPM 3 montre une succession de la série tertiaire assez différente: Calcaires inférieurs (18,7 m), Gompholite (1,4 m), reposant sur le substratum mésozoïque composé de Calcaires urgoniens *lato sensu* (140,9 m), et du «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» (24,6 m). La Gompholite remanie peut-être des Grès sidérolithiques.
- La formation des Calcaires urgoniens *l. s.*, complètement traversée par le forage SPM 3, présente une épaisseur réelle dépassant 120 m. Avec une telle puissance et si la succession stratigraphique n'est pas trop perturbée par les accidents tectoniques, les Calcaires marneux de la Rivière auraient dû être recoupés s'ils existaient dans ce secteur du Jura gessien. Prenant aussi en compte les logs des forages SPM 1 et SPM 2, il semble bien qu'il faille admettre que ce membre lithologique a disparu dans cette partie du flanc oriental de la Haute-Chaîne.
- Dans le forage SPM 3, le pendage des couches s'accentue régulièrement de haut en bas: de 19 à 20° entre 12,5 et 37,3 m, de 23 à 25° jusqu'à 150 m, de 26 à 30° jusqu'à 162 m et il atteint 30° jusqu'au fond du puits. D'autre part, le rapport Dériaz & Hotellier (1981) mentionne une fracturation significative subverticale ou oblique tant dans les formations tertiaires que mésozoïques.

4.4. Sondage SPM 4

Exécuté en 1981. Coord. suisses: 488,15/124,57/598; Fig. 4. Molasse carottée de 16 à 58 m et très sporadiquement plus bas. Log lithologique (Fig. 44) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1981) et nos propres relevés (1982).

Quaternaire

- 0 - 0, 8 m: terre végétale
- 0,8 - 16,0: moraine argileuse, limono-sableuse à blocs

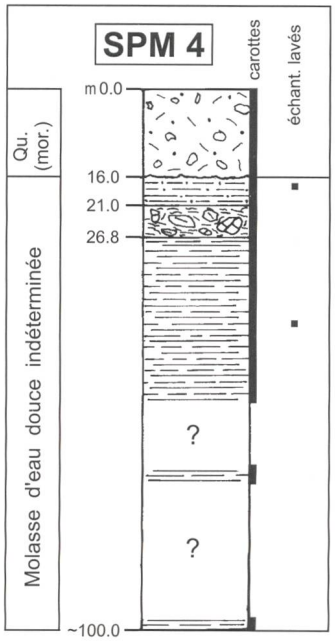

Fig. 44: Sondage SPM 4.

Molasse d'eau douce indéterminée

- 16,0 - 21,0: marnes gréseuses vertes et rougeâtres avec microfossiles marins remaniés du Crétacé; plan de faille à 45°
- 21,0 - 26,8: brèche polygénique composée de blocs calcaires fracturés verticalement (calcaires urgoniens principalement) et de marnes argilo-gréseuses vert sombre à gris noir
- 26,8 - 100,0: marnes argileuses gris foncé à noires, très tectonisées (nombreuses stries de friction) et mauvais carottage; les très rares oogones de characées indéterminables et les ostracodes isolés à 42,0 m (*Ilyocypris* spp., ?*Moenocypris* sp., ?*Herpetocypris* sp.) sont mal conservés et ne permettent pas de donner un âge.

Remarques

- Le sondage SPM 4 semble avoir été implanté dans une zone de faille subverticale remplie par des marnes broyées appartenant vraisemblablement à la formation des Marnes et Grès bariolés.
- Les traînés électriques effectués à proximité immédiate du SPM 4 ont montré des résistivités apparentes élevées, supérieures à 400 ohm.m, qui dessinent une anomalie très localisée.

4.5. Sondage SPM 5

Exécuté en 1981. Coordonnées suisses: 488,30/124,08/528; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 45) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1981) et Charollais et al. (1982). Sondage déjà publié par Berger et al. (1987).

Quaternaire

- 0 - 0,3 m: terre végétale
- 0,3 - 6,0: graviers sablo-limoneux, riches en blocs
- 6,0 - 22,0: moraine limono-argileuse à blocs

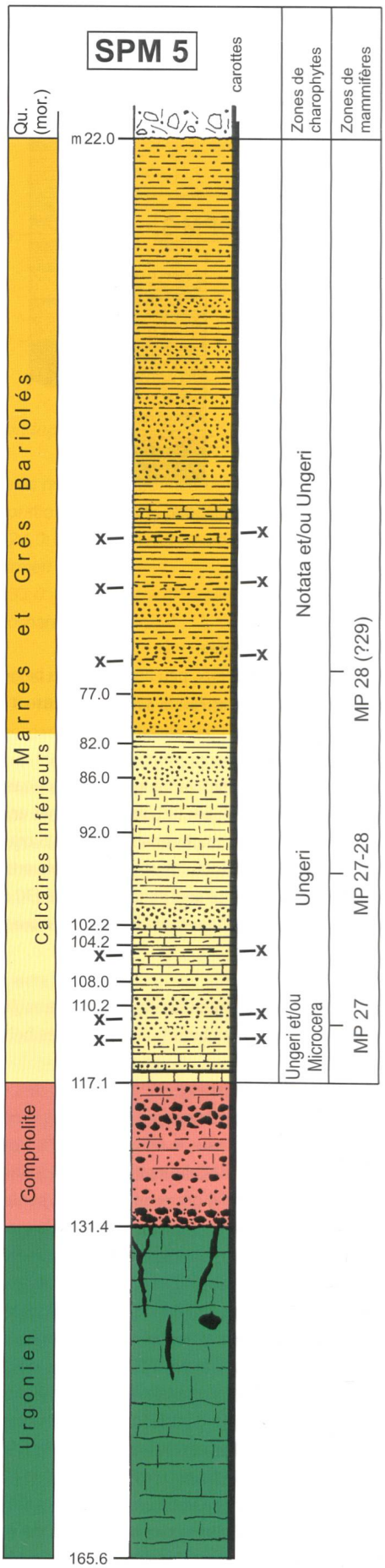

Fig. 45: Sondage SPM 5.

Marnes et Grès bariolés

- 21,0 - 38,0: marnes gréseuses, gris noir, verdâtres, jaunâtres, bariolées, lie-de-vin
  Ech. 22,0-38,0: *Chara* gr. *minutissima*, *Hornichara lagenalis*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp., *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*, ?*Stephanochara cavelieri*, *Stephanochara* gr. *ungeri*
- 38,0 - 62,0: grès marneux fins, gris verdâtre, et marnes bariolées, gris vert, lie-de-vin; très fracturées à la base
  Ech. 38,0-58,6: *Chara* gr. *microcera-notata*, *Chara* gr. *minutissima*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp., *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Rhabdochara* sp., *Sphaerochara* sp., ?*Stephanochara cavelieri*, *Stephanochara* gr. *ungeri*
  Ech. 58,6-62,0: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
- 62,0 - 64,8: calcaires marneux gris clair, avec galets mous, riches en fragments de gastéropodes
  Ech. 62,0-64,8: *Helix* (*Wenzia*) sp., ?*Stephanochara cavelieri*
- 64,8 - 86,0: grès marneux fins, gris verdâtre, avec stratifications obliques et galets mous, et marnes parfois gréseuses bariolées, gris vert, lie-de-vin; fractures au sommet, entre 74,2 et 75,3 m et à 75 m; pendage de 20 à 25°
  Ech. 65,3: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*
  Ech. 66,50-82,0: *Pseudocricetodon* cf. *thaleri* (77,0 m), *Issiodoromys* sp. (82,0 m); *Chara* gr. *microcera-notata*, *Chara microcera*, *Hornichara* gr. *lagenalis*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp., *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Rhabdochara* sp., *Sphaerochara* gr. *hirmeri*, *Sphaerochara* sp., ?*Stephanochara cavelieri*

Calcaires inférieurs

- 86,0 - 101,8: calcaires marno-gréseux, gris beige à gris verdâtre, parfois bariolés, avec intercalations marno-gréseuses
  Ech. 86,0-101,8: *Eomys ebnatensis* ou *E. molassicus* (86,0 m), *Gliravus bruijni* (92,0 m); *Chara* gr. *microcera-notata*, *Chara* gr. *minutissima*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp., *Rhabdochara* sp., *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Sphaerochara* sp., ?*Stephanochara* gr. *ungeri*
- 101,8 - 106,1: marnes parfois gréseuses, gris vert, bariolées, lie-de-vin et calcaires marneux beiges à verdâtres à charophytes
  Ech. 101,8-106,1: *Allocricetodon incertus* (102,2 m), *Eomys* aff. *major* (104,2 m), *E. molassicus* ou *ebnatensis* (104,2 m); *Chara* gr. *microcera-notata*, *Hornichara* gr. *lagenalis*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr., *Rhabdochara* sp., *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Sphaerochara* sp., ?*Stephanochara cavelieri*
- 106,1 - 110,3: grès fins, gris verdâtre, à structures obliques, et marnes verdâtres; à la base, niveau charbonneux à nombreux *Helix* sp.
  Ech. 106,1-109,9: *Eomys molassicus* ou *E. ebnatensis* (108,0 m); *Nitellopsis* (*Tectochara*) *meriani*, *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Chara* sp.
  Ech. 109,9-110,3: *Helix* (*Wenzia*) *ramondi*; *Eucricetodon dubius* (110,2 m); *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp., *Sphaerochara* sp., *Chara* gr. *microcera-notata*; fruits (*Cladocarya* sp., *Zanthoxylum tertiarium*)
- 110,3 - 116,2: grès fins à moyens, parfois très marneux, gris verdâtre; à la base, marno-calcaire charbonneux, riche en débris de gastéropodes; lit centimétrique de lignite à 116,1 m; zone broyée subverticale au sommet et à 112,3 m; pendage d'environ 30°
  Ech. 110,5-114,0: *Helix* (*Wenzia*) *ramondi*; Cainothériidé indét.; *Rhabdochara* sp.
- 116,2 - 117,1: calcaires peu marneux, riches en débris de gastéropodes, fracturés

Gompholite

- 117,1 - 131,4: brèche grossière à éléments centimétriques, voire décimétriques, microbrèche à matrice calcaire gréso-glauconieuse et à éléments calcaires parfois enrobés par des cyanophycées; quelques silex

Calcaires urgoniens

- 131,4 - 165,6: calcaires biodétritiques à foraminifères (orbitolines notamment) et algues, blancs, massifs, très fracturés. Fissures et poches karstiques avec remplissages argilo-gréseux pyriteux verdâtre (Aptien inférieur et/ou Albien et/ou Sidérolithique?); pendage 24 à 25°.

Remarques

- Le sondage SPM 5 a déjà fait l'objet d'une publication (Berger et al. 1987); nous ne présentons ici qu'une brève description lithologique. Par contre la nomenclature des unités lithostratigraphiques de Berger et al. (1987) a été harmonisée avec celle adoptée dans ce travail. Nous avons donc reconnu dans ce sondage les Marnes et Grès bariolés (64 m), les Calcaires inférieurs (31,1 m), la Gompholite (14,3 m) reposant sur le substratum mésozoïque représenté par les Calcaires urgoniens (> 34,2 m).
- Dans les Marnes et Grès bariolés, la fracturation, très oblique (60°) à subverticale, assez bien développée en surface jusque vers 33 m, a été observée jusque vers 75 m de profondeur; dans les zones marneuses elle se traduit par des surfaces luisantes et striées. Entre cette cote et 110 m, aucune faille n'a été repérée, ni par le rapport Dériaz-Hottelier (1981), ni par Charollais et al. (1982), hors une petite faille oblique relevée à 104,1 m par Charollais et al. (1982) et non signalée par Dériaz & Hottelier (1981). De plus, dans cet intervalle de 35 m, les pendages restent constants et oscillent entre 23 à 25°. En revanche, la partie supérieure des Calcaires urgoniens présente de nombreuses fractures, dont les plans subverticaux sont corrodés et agrandis par les eaux karstiques. Le colmatage des cavités ainsi formées est assuré par des argiles et des grès verdâtres qui rappellent certains faciès de l'Aptien inférieur, de l'Albien et/ou du Sidérolithique.

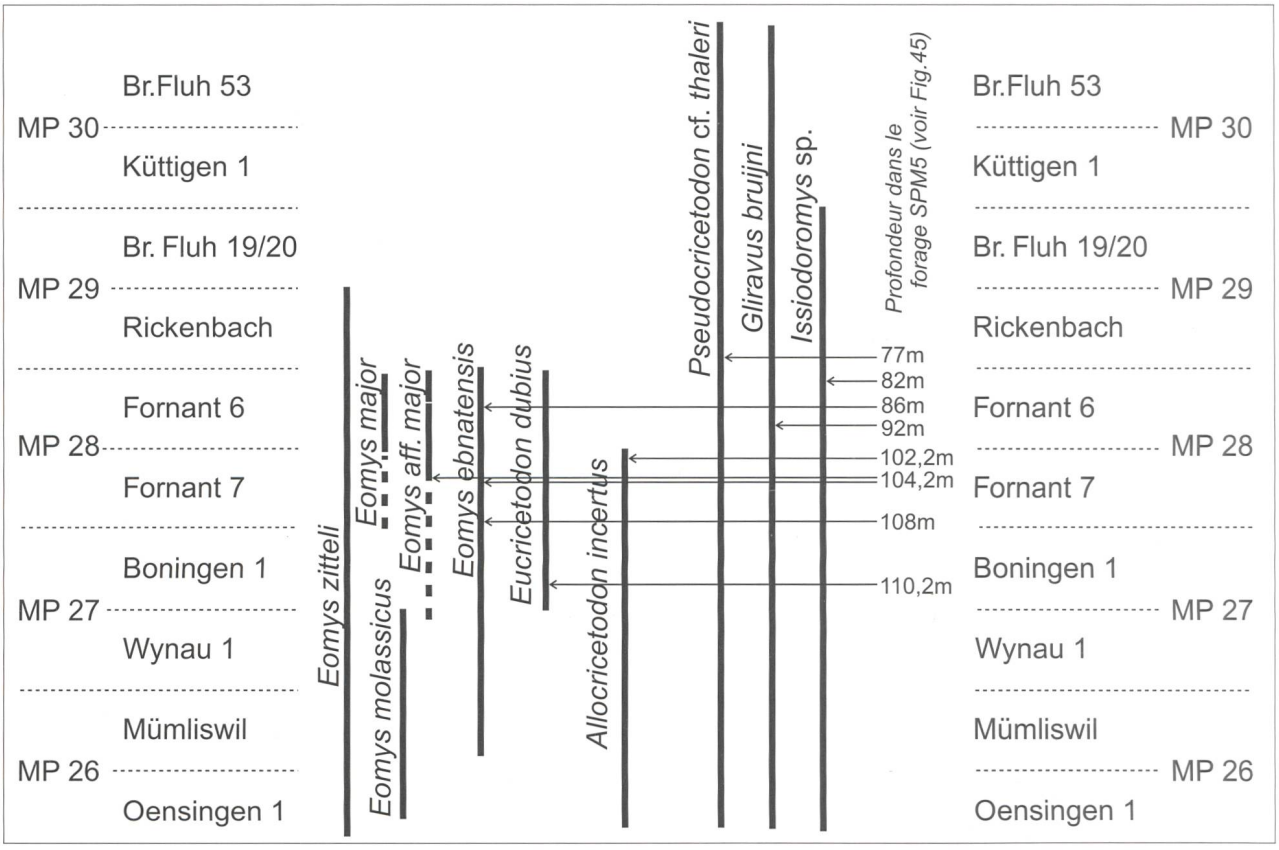

Fig. 46: Position stratigraphique et âge des mammifères déterminés dans le sondage SPM 5.

A la suite de remarques formulées par D. Rigassi, Angelillo (1987, p. 148-149) relevait que les datations des différents niveaux, telles que proposées par Berger et al. (1987, Figs. 3, 5), n'étaient pas cohérentes avec les extensions stratigraphiques des espèces de rongeurs qui avaient été déterminées par M. Hugueney. Angelillo (1987) suggère donc qu'à 104,1 m une faille probablement inverse, qui n'a pas été observée par Dériaz & Hotellier (1981) ou par Charollais et al. (1982), redouble les Calcaires inférieurs, ce qui permettrait de mieux accorder les données acquises par les micromammifères avec celles que fournissent les charophytes. Comme il a été dit plus haut, nous ne pouvons pas supposer un accident tectonique majeur à 104,1 m.

Pour illustrer la problématique d'alors, nous présentons sur la Fig. 46 l'extension stratigraphique des espèces de rongeurs trouvées dans le SPM 5, aux profondeurs indiquées par Berger et al. (1987).

Les photos des dents de rongeurs trouvées dans le sondage SPM 5 (Berger et al. 1987, pl. 1) ont été réexaminées en 2005 par l'un de nous (B. E.) qui a confirmé les anciennes déterminations, sauf en ce qui concerne *Eomys zitelli*: en effet, cette espèce décrite dans le Quercy provient d'un gisement karstique, si bien que son âge précis n'est pas connu. Suite à un échange d'idées entre B. Engesser, M. Hugueney et J.-P. Berger, il ressort que la pauvreté du matériel du SPM 5 ne permet pas de distinguer avec certitude *E. zitteli*, *E. ebnatensis* et *E. molassicus*. En conclusion, la biostratigraphie du sondage SPM 5 s'établit comme suit (Fig. 46):

- la Gompholithe n'a pas été datée dans ce sondage. Son âge est en tout cas plus ancien que le niveau de Boningen 1 (= sommet de MP 27) ou tout au plus contemporain;
- la base des Calcaires inférieurs peut être attribuée à la zone MP 27, probablement à son sommet;
- l'extension stratigraphique des Calcaires inférieurs est difficile à estimer à cause d'une transition graduelle aux Marnes et Grès bariolés; elle est probablement restreinte aux zones MP27-28;
- les Marnes et Grès bariolés sont attribuables au niveau Fornant 6 (= sommet de la zone MP 28) et atteignent peut-être le niveau de Rickenbach (= MP 29, partie inférieure).

En conclusion, il n'est pas nécessaire de supposer un redoublement de série dans ce sondage, comme le

proposait Angelillo (1987), pour expliquer la répartition stratigraphique des mammifères tout à fait cohérente et en concordance avec celle des charophytes.

4.6. Sondage SPM 11

Exécuté en 1981/1982. Coordonnées suisses: 490,04/126,10/537; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 47) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982) et nos propres relevés.

Quaternaire

- 0 - 1,1 m: terre végétale
- 1,1 - 9,5: graviers sablo-limoneux, riches en galets jurassiens et alpins.
- 9,5 - 22,5: moraine limono-argileuse à cailloux et blocs jurassiens et alpins

Calcaires inférieurs

- 22,5 - 35,7: marnes parfois gréseuses, gris bleu, avec niveaux marno-calcaires beiges et quelques horizons gréseux gris clair; fragments d'os et de poissons; opercules de gastéropodes; plans de faille obliques
  Ech. 22,5: *Stephanochara* gr. *ungeri*
  Ech. 23,5: ostracodes d'eau douce: *Pseudocandona* sp., *Metacypris* cf. *danubialis* (Pl. 1, Figs. 1-2), *Metacypris* cf. *helvetica* (Pl. 1, Fig. 3); *Chara* sp.
  Ech. 24,5: *Chara* sp., *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*, *Chara* gr. *microcera-notata*
  Ech. 25,7: *Eucricetodon* sp., Artiodactyle; *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, otolithe indét.
  Ech. 26,7: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 27,5: Talpidé indét., *Allocricetodon* cf. *incertus*; *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 30,5: fruits indét.
  Ech. 34,5: *Chara* sp., *Sphaerochara* sp., *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
- 35,7 - 44,0: marnes gris vert, parfois gréseuses, et calcaires beiges; nombreux fragments de gastéropodes, d'os et de poissons; fracturation importante à dominante subverticale
  Ech. 36,5: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 37,5 + 38,5 + 39,1: ostracodes d'eau douce; ?*Rhabdochara* gr. *stockmansi-major*, *Sphaerochara* sp.
  Ech. 42,5 et 42,7: *Chara* sp., *Hornichara lagenalis*, ?*Rhabdochara* gr. *stockmansi-major*, *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*
  Ech. 43,0: Insectivore indét.; *Chara* sp., *Chara* gr. *microcera-notata*, *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*
- 44,0 - 52,10: calcaires argileux, gris beige, avec niveaux charbonneux noirs; à 44,5 m, gypse fibreux en filonnets de 1 à 2 mm; à 45,5 m, feuillets charbonneux (<1 cm); fragments d'os et de mollusques; fractures à dominante subverticale
  Ech. 44,5: Didelphidé indét.; *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 45,5: Insectivore indét.; cf. *Eomys molassicus*, cf. *Plesiosminthus promyarion*; ?*Hornichara lagenalis*, *Rhabdochara* gr. *stockmansi-major*, *Sphaerochara* sp.
  Ech. 46,4: «*Calcicarpinum*» *fallax*, qui est probablement une graine de *Borraginaceae*
  Ech. 47,0 + 47,3 + 47,5: ostracodes d'eau douce: *Heterocypris* sp. (Pl. 3, Fig. 1), *Pseudocandona* sp., *Virgatocypris* sp. (Pl. 3, Fig. 2), *Ilyocypris* sp., *Cypridopsis* sp., ?*Stenocypris* sp.; *Chara* sp., *Chara* gr. *microcera-notata*, *Rhabdochara* gr. *stockmansi-major*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 48,0: *Issiodoromys quercyi* (Pl. 8, Fig. 9-10); *Chara* sp., *Chara* gr. *microcera-notata*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 48,5: Artiodactyle indét.; nombreux prismes et rosettes de *Microcodium* sp.; *Chara* sp., *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
  Ech. 51,7: Erinacéidé, cf. *Tetracus*; nombreux prismes et rosettes de *Microcodium* sp.

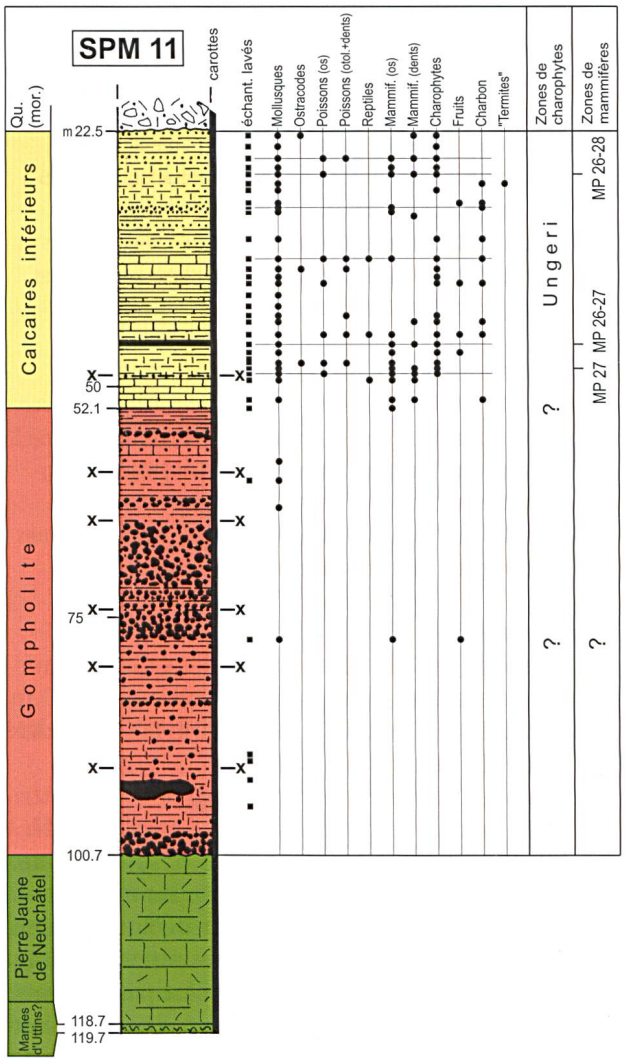

Fig. 47: Sondage SPM 11.

Gompholite

- 52,10 - 64,0: marnes gréseuses microconglomératiques rougeâtres, fracturées
- 64,0 - 71,3: conglomérats à galets d'ordre centimétrique et à ciment marno-calcaire gréseux, brun clair, fracturés

- 71,3 - 92,7: marnes et marno-calcaires gréseux conglomératiques (galets décimétriques) rougeâtres; nombreuses fractures obliques à subverticales souvent imprégnées d'hydrocarbures
- 92,7 - 97,7: calcaires et marno-calcaires gréseux avec fractures obliques remplies de bitume visqueux; de 92,75 à 94,0 m, gros bloc d'urgonien fracturé et bitumineux
- 97,7 - 100,7: brèches beiges à éléments calcaires divers et ciment calcaréo-marneux verdâtres; nombreuses fractures avec hydrocarbures abondants

Pierre jaune de Neuchâtel

- 100,7 - 118,7: calcaires biodétritiques, spathiques, glauconieux, moyens à grossiers, gris vert, jaunâtres, en bancs de 5 à 45 cm; nombreuses fractures obliques imprégnées d'hydrocarbures
- 118,7 - 119,7: marno-calcaires feuilletés, kakis à jaunâtres avec minces passées calcaires; stratifications obliques.

Remarques

- Le sondage SPM 11 a traversé les Calcaires inférieurs sur 29,6 m et la Gompholite sur 48,6 m, laquelle repose directement sur le faciès «Pierre jaune de Neuchâtel» (> 19 m).
- La base des Calcaires inférieurs peut être attribuée aux niveaux de Wynau 1 - Boningen 1 (= MP 27), grâce à la découverte d'*Issiodoromys quercyi* à 4 m au-dessus du sommet de la Gompholite (éch. 48,0). Quant à l'âge de l'éch. 45,5 m, il est basé uniquement sur deux fragments de dents et la datation n'est pas certaine. En effet, le fragment d'une D4 ressemble beaucoup à la partie antérieure d'une dent de lait d'*Eomys molassicus*, mais il ne faut pas exclure que ce fragment appartienne à un autre éomyidé, par exemple *Eomyodon*. De même, avec le fragment d'une molaire supérieure de *Plesiosminthus*, il faut rester prudent. En conclusion, pour autant que les déterminations soient correctes, l'âge de cet échantillon correspondrait aux niveaux de Mümliswil et Wynau 1 (= MP 26 [base] - MP 27 [sommet]), car ce n'est que dans ces deux niveaux que *Plesiosminthus* et *Eomys molassicus* coexistaient. Enfin, l'âge du *Allocricetodon* cf. *incertus* reconnu dans l'échantillon 27,5 m, se situe probablement entre les niveaux d'Oensingen 1 et de Fornant 7 (= MP 26 - MP 28 [base]).
- Dans les Calcaires inférieurs, le pendage est inférieur à 10°, et il atteint 15° dans le faciès Pierre jaune de Neuchâtel.
- Dans la Gompholite, seuls des fragments de coquille de gastéropodes et de rares fragments d'os et de dents ont été isolés; des pisolithes ferrugineux et des gros quartz arrondis-mats remaniés du Sidérolithique y sont fréquents; les galets et grains, souvent encroûtés, sont des calcaires et des silex hauteriviens.
- A signaler entre 44,0 et 52,1 m, la présence de gypse fibreux.
- A 44 m, dans un calcaire lacustre, le forage est devenu légèrement artésien; l'analyse de cette eau (Dériaz & Hotellier 1982) révèle un pH de 8,84 et une composition inhabituelle, bicarbonatée sodique, proche de l'eau du sondage L 133 et très différente de l'eau des sources du Pays de Gex.

4.7. Sondage SPM 15

Exécuté en 1982. Coordonnées suisses: 490,15/126,73/565; Fig. 4. Molasse entièrement carottée. Log lithologique (Fig. 48) d'après le rapport Dériaz & Hotellier (1982)

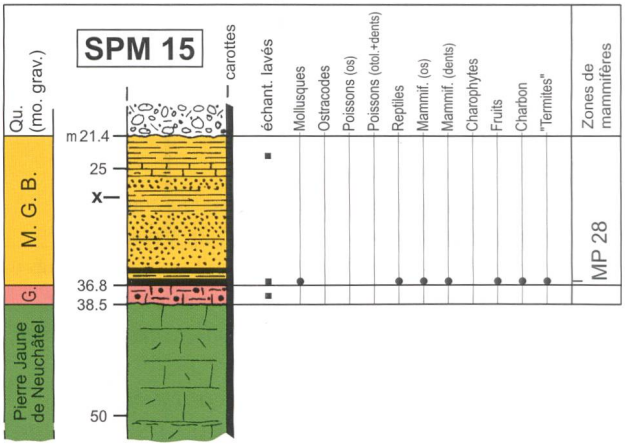

Fig. 48: Sondage SPM 15.

Quaternaire

- 0 - 0,3 m: terre végétale
- 0,3 - 6,0: graviers à éléments calcaires et sables
- 6,0 - 21,4: moraine sablo-limoneuse et graveleuse

Marnes et Grès bariolés

- 21,4 - 29,2: marnes grises à gris noir, fines, feuilletées, souvent tectonisées
- 29,2 - 35,2: grès gris vert, mal cimentés
- 35,2 - 36,8: calcaires argileux, gris beige, noduleux, avec deux niveaux argileux, charbonneux et pyriteux noir; zone tectonisée

  Ech. 35,2-36,8: dans deux niveaux de lignite argileux et pyriteux, noir, pétri de mollusques aplatis (Lymnées, Planorbes); rares fruits de *Celtis*; *Palaeosciurus* sp., *Eomys* sp., *Eomys ebnatensis* (Pl. 7, Fig. 3), *Eomys major* (Pl. 7, Fig. 4 et 5), *pseudocricetodon* sp., *Allocricetodon* cf. *incertus*, *Eucricetodon* sp.

Gompholite

- 36,8 - 38,5: marno-calcaires peu gréseux et peu pyriteux, brun chocolat à gris vert, à petits éléments de calcaires et de silex noirs

Pierre jaune de Neuchâtel

- 38,5 - 40,0: calcaires échinodermiques grossiers, gris vert avec veinules marneuses verdâtres
- 40,0 - 51,3: calcaires fins, gris vert, argileux vers le bas
- 51,3 - 53,35: marno-calcaires verdâtres
- 53,55 - 65,5: calcaires échinodermiques grossiers, brunâtres à verdâtres, avec veinules marneuses violacées
- 65,5 - 69,3: calcaires fins jaunâtres
- 69,3 - 76,5: calcaires échinodermiques grossiers avec lits marneux violacés à beiges

Marnes d'Hauterive

- 76,5 - 76,9: marnes fines feuilletées, jaune verdâtre
- 76,9 - 78,5: calcaires argileux beige brunâtre, avec veinules plus argileuses
- 78,5 - 84,0: marno-calcaires gris et jaune verdâtre; fractures obliques
- 84,0 - 87,0: calcaires argileux à entroques, brun verdâtre

Calcaires roux

- 87,0 - 102,7: calcaires biodétritiques grossiers, roux, parfois verdâtres, glauconieux par places, avec veinules marneuses et zones silicifiées (chailles, silex) dans la partie supérieure; fractures rares à dominante subverticale; traces d'hydrocarbures
- 102,7 - 108,3: calcaires brunâtres finement échinodermiques
- 108,3 - 124,8: calcaires biodétritiques grossiers en bancs décimétriques, avec quelques niveaux de marnes feuilletées brunâtres

Marnes d'Arzier (?)

- 124,8 - 126,5: au sommet, marno-calcaires à entroques, brunâtres, passant vers le bas à des marnes fines, brunâtres à kakis

Formation de la Chambotte inférieure

- 126,5 - 130,0: calcaires oolithiques et biodétritiques.

Remarques

- Le sondage SPM 15 a recoupé les Marnes et Grès bariolés sur 15,4 m et la Gompholite sur 1,7 m; celle-ci repose sur le substratum mésozoïque comprenant successivement le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» (48,5 m), les Calcaires roux (37,8 m), les Marnes d'Arzier? (1,7 m) et la partie supérieure de la Formation de la Chambotte (> 3,5 m). Dans la série tertiaire, les Calcaires inférieurs n'ont pas été clairement mis en évidence.
- L'association de mammifères découverte à l'extrême base des Marnes et Grès bariolés permet de la rattacher avec certitude au niveau de Fornant 6 (= MP 28 [sommet]).
- Les différentes mesures de pendage sont comprises entre 19° et 30°, avec une moyenne de 24°. La dispersion des valeurs, assez importante, se manifeste principalement dans les calcaires du Valanginien et de l'Hauterivien inférieur, sans doute en raison des stratifications obliques caractéristiques de ces dépôts. Dans les marnes des formations crétacées et tertiaires, la dispersion est beaucoup plus faible (23° à 25°). Compte tenu d'un pendage moyen de 24°, l'épaisseur réelle du faciès Pierre jaune de Neuchâtel atteint 34,8 m, celle des Marnes d'Hauterive 9,6 m et celle des Calcaires roux 39,3 m, ce qui montre que la partie supérieure du «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» a été érodée.
- Aucun accident majeur n'a apparemment été recoupé par le sondage SPM 15. En revanche une certaine fracturation affecte les horizons peu résistants (marnes, lignites) des formations crétacées et des Marnes et Grès bariolés. Dans les calcaires, quelques fractures fermées surtout subverticales présentent des imprégnations bitumineuses de 87 à 94 m.

IX. PALÉONTOLOGIE ET BIOSTRATIGRAPHIE

1. Mammifères

L'outil biostratigraphique le plus efficace et le plus précis pour dater les terrains molassiques est basé sur les micromammifères (Rodentia, Insectivora). Leurs dents isolées, souvent bien conservées, sont relativement courantes dans les sédiments d'origine terrestre ou palustre. L'évolution rapide de la plupart des taxons a permis d'élaborer une biozonation fine qui recouvre l'Oligo-Miocène et qui est désormais bien documentée et testée dans tout le bassin molassique, de la Savoie à la Bavière (Fig. 49).

On trouvera dans les travaux de Engesser & Mödden (1997), Kälin (1997), Kempf et al. (1997), Reichenbacher et al. (2004a, b) un exposé détaillé de cette biozonation et des modalités de son application, ainsi que toutes les références aux monographies décrivant et illustrant les espèces de micromammifères reconnues jusqu'ici.

La Gompholite, tout comme les Grès sidérolithiques, n'a livré jusqu'ici aucun reste de mammifère significatif malgré plusieurs lavages; par contre, quelques charophytes et otolithes de poissons y ont été découverts.

Les Calcaires inférieurs ont fourni quelques formes significatives dans les sondages suivants:

- Peissy-1: *Eomys* cf. *molassicus*, cf. *Allocricetodon incertus*, *Blainvillimys* sp.
- Gex CD 02: cf. *Eomys molassicus*, *Eomys* cf. *ebnatensis*, *Eomys* sp.;