

La Molasse du bassin franco-genevois et son substratum

Jean CHAROLLAIS¹, Marc WEIDMANN², Jean-Pierre BERGER³, Burkart ENGESER⁴, Jean-François HOTELLIER⁵, Georges GORIN⁶, Bettina REICHENBACHER⁷, Peter SCHÄFER⁸

Ms reçu le 2 juin 2007, accepté le 4 octobre 2007

■ Abstract

The Molasse in the Greater Geneva area and its substratum. - New stratigraphic data on the Molasse in the Greater Geneva area are provided through the study of numerous samples from boreholes and civil engineering works carried out during the last thirty years. Most of the samples studied come from various boreholes in or around the Canton Geneva: Peissy-1 and geothermal borehole of Thônex in Canton Geneva; seven boreholes drilled by BP-France around the Canton Geneva; numerous boreholes drilled on behalf of the CERN (the Centre européen de recherche nucléaire); various other boreholes specially for the motorway tunnel of the Mont Sion in nearby France. Four units in the Molasse have been lithologically described and dated essentially by micromammals and charophytes, as well as by otoliths and ostracods:

- the «Calcaires inférieurs»: MP 27 to MP 28 zones, or «middle» Chattian;
- the «Marnes et Grès bariolés»: MP 28 to MP 30 zones or upper Chattian;
- the «Grès et marnes gris à gypse: MP 30 to MN 1 zones, or uppermost Chattian-lowermost Aquitanian;
- the lower part of the the «Aquitanian auct.», or «Molasse grise de Lausanne»: MN 1 zone or lower Aquitanian.

The «Gompholite» could not be precisely dated, it might belong to the MP24-25 zones.

Moreover, the Mesozoic substrate underlying the Tertiary deposits displays a more pronounced structuration than previously thought: the Molasse overlies different Lower and Upper Cretaceous formations (the lower member of the Chambotte, «Calcaires roux», «Complexe des Marnes d'Hauterive et de la Pierre jaune de Neuchâtel, Urgonian limestones). This structuration has probably generated a pronounced palaeogeomorphology. In particular, it is responsible for the lithological facies diversification at the base of the Molasse, especially that of the «Gompholite» and «Calcaires inférieurs».

Molasse deposits form the bedrock underlying Quaternary sediments in the Greater Geneva area. A better knowledge of the Molasse stratigraphy in this region provides highly valuable informations for future civil engineering large projects. From this point of view, a lithological and palaeontological systematic study of cuttings from geothermal boreholes would be a plus...

Key words: charophytes, Geneva, mammals, Lower Freshwater Molasse (USM), Oligocene, ostracods, otoliths, stratigraphy

¹ Département de géologie et de paléontologie, Section Sciences de la Terre, 13, r. Maraîchers, CH - 1211 Genève et Muséum d'Histoire naturelle de la Ville de Genève, 1, rte de Malagnou, CH -1211 Genève - jdcharollais@bluewin.ch

² Sentier du Molard 3, CH - 1805 Jongny

³ Département Géosciences, Université de Fribourg, av. du Musée 6, CH - 1700 Fribourg

⁴ Naturhistorisches Museum, Augustinergasse 2, CH - 4001 Basel

⁵ Bureau de géotechnique appliquée P. & C. Dériaz S.A., ch. des Vignes 9, CH - 1213 Petit-Lancy

⁶ Département de géologie et de paléontologie, Section Sciences de la Terre, 13, r. Maraîchers, CH - 1211 Genève

⁷ Institut für Paläontologie und Historische Geologie, R.-Wagner-Straße 10, D - 80333 München

⁸ Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland Pfalz, Emy-Roeder-Strasse 5, D - 55129 Mainz

Résumé

L'étude de nombreux échantillons de la Molasse provenant de forages et de travaux de génie civil effectués ces trente dernières années dans le bassin franco-genevois, permet d'apporter de nouvelles précisions d'ordre stratigraphique. Ces recherches portent principalement sur l'analyse d'échantillons prélevés dans le puits Peissy-1, dans 7 sondages implantés par la compagnie pétrolière BP-France, dans le forage géothermique de Thônex, dans de nombreux sondages commandités par le CERN (Centre européen de recherche nucléaire) et dans plusieurs autres sondages, notamment ceux du tunnel autoroutier du Mont Sion. Datées essentiellement par les micromammifères et les charophytes, en plus des ostracodes et des restes de poissons, quatre unités de la Molasse franco-genevoise font l'objet d'une description lithologique détaillée:

- les Calcaires inférieurs: zones MP 27 à MP 28, ou Chattien «moyen»;
- les Marnes et Grès bariolés: zones MP 28 (sommet) à MP 30 (base) ou Chattien supérieur;
- les Grès et Marnes gris à gypse: zones MP 30 (sommet) à MN 1 ou Chattien sommital – Aquitanien basal;
- la partie inférieure de «l'Aquitainien auct.» ou Molasse grise de Lausanne: zone MN 1 ou Aquitanien inférieur.

La Gompholite n'a pas pu être datée avec certitude; elle pourrait appartenir aux zones MP 24-MP 25.

D'autre part, la structuration du substratum mésozoïque précédant les dépôts tertiaires s'est révélée beaucoup plus accentuée qu'il n'y paraît dans la littérature. En effet, la Molasse repose sur différentes formations du Crétacé supérieur et du Crétacé inférieur (Chambotte [membre inférieur], Calcaires roux, «Complexe des Marnes d'Hauterive et de la Pierre jaune de Neuchâtel», Calcaires urgoniens). Cette structuration est certainement à l'origine d'une paléomorphologie accentuée; elle est notamment responsable de la répartition et de la diversification des faciès de la base de la Molasse, spécialement la Gompholite et les Calcaires inférieurs.

Une meilleure connaissance de la stratigraphie de la Molasse du bassin franco-genevois, qui constitue son substratum rocheux sous les terrains quaternaires, apporte un lot d'informations indispensables pour les futurs grands travaux de génie civil. Dans cette optique, une étude systématique lithologique et paléontologique des cuttings issus des nombreux sondages géothermiques effectués actuellement serait souhaitable.

Mots clefs: charophytes, Genève, mammifères, Molasse, Oligocène, ostracodes, otolithes, stratigraphie, USM

Table des matières

I. INTRODUCTION	62
II. ÉTAT DES CONNAISSANCES	68
1. Formations tertiaires	68
2. Substratum crétacé	70
III. DESCRIPTION DE QUELQUES AFFLEUREMENTS IMPORTANTS	72
1. Affleurements de Marnes et Grès bariolés	72
2. Affleurements de Grès et Marnes gris à gypse	73
3. Affleurement d'«Aquitainien»	73
4. Anciens affleurements disparus	74
5. Affleurements temporaires découverts par des travaux de génie civil	74
IV. SONDAGES PÉTROLIERS	76
1. Sondages du XIX ^e siècle	76
2. Sondage de Challex-2	76
3. Sondage de Peissy-1	76
4. Sondage de Messery-1	78
5. Sondage de Mont-de-Boisy-1	78
6. Sondage de Humilly-1	79
7. Sondage de Humilly-2	79

V. SONDAGES PÉTROLIERS DE BP-FRANCE	80
1. Sondage Gex CD 01	80
2. Sondage Gex CD 02	82
3. Sondage Gex CD 03	84
4. Sondage Gex CD 04	85
5. Sondage Gex CD 05	87
6. Sondage Gex CD 06	89
7. Sondage Gex CD 07	90
<hr/>	
VI. SONDAGE GÉOTHERMIQUE DE THÔNEX	91
1. Grès et Marnes gris à gypse	93
2. Marnes et Grès bariolés	93
<hr/>	
VII. SONDAGES DIVERS	93
1. Sondage SCG 6481 de l'autoroute de contournement de Genève	93
2. Sondages du tunnel autoroutier du Mont Sion	94
3. Sondages de la galerie d'assainissement de Chouilly	97
4. Sondage de la ciblerie du stand de Veyrier	98
5. Sondage de l'école d'Avully	98
6. Sondage PAC à Vernier	98
7. Sondage PAC à Founex	99
<hr/>	
VIII. SONDAGES DU CERN	99
1. Sondages F et S	99
2. Sondages SPL	101
3. Sondages L	107
4. Sondages SPM	111
<hr/>	
IX. PALÉONTOLOGIE ET BIOSTRATIGRAPHIE	119
1. Mammifères	119
2. Charophytes	120
3. Otolithes de poissons	124
4. Ostracodes	126
<hr/>	
X. DONNÉES DIVERSES	128
1. Hydrocarbures	128
2. Hydrogéologie	128
3. Karst	128
4. Pétrographie sédimentaire	129
5. Minéraux lourds	129
<hr/>	
XI. NOUVELLES DONNÉES SUR LE SUBSTRATUM PRÉ-MOLASSIQUE	130
1. Etat des connaissances	130
2. Bord occidental du bassin franco-genevois	134
3. Bord méridional du bassin franco-genevois	145
4. Partie centrale du bassin franco-genevois	146
5. Partie orientale du bassin franco-genevois	149
6. Conclusions	149
<hr/>	

XII. ÂGE DE LA MOLASSE DU BASSIN FRANCO-GENEVOIS	149
1. Substratum mésozoïque	150
2. Sidérolithique	150
3. Gompholite	150
4. Calcaires inférieurs	150
5. Marnes et Grès bariolés	151
6. Grès et Marnes gris à gypse	152
7. «Aquitainien <i>auct.</i> » ou Molasse grise de Lausanne	153
XIII. PALÉOENVIRONNEMENTS ET PALÉOGEOGRAPHIE	153
XIV. CONCLUSIONS	154
1. Résultats biostratigraphiques	154
2. Résultats paléogéographiques et structuraux	155
REMERCIEMENTS	156
BIBLIOGRAPHIE	157
ANNEXE: Liste, profondeurs et coordonnées des sondages	164
PLANCHES 1-8	166

II. INTRODUCTION

Le bassin molassique franco-genevois représente une entité géologique qui, dans le cadre de cette synthèse, a été limitée arbitrairement (Fig. 1) au NW par le Jura (Haute-Chaîne), au SW par le Vuache, au S par la culmination du Mont Sion, au SE par le chaînon du Salève et à l'E par le front des Préalpes du Chablais. Au N, là où ce bassin s'ouvre sur le plateau molassique suisse, l'étude a été restreinte à la latitude de l'extrémité septentrionale du Petit Lac. Le territoire concerné par ce travail se trouve sur territoire suisse (cantons de Genève et de Vaud) et français (Ain et Haute-Savoie) et fait partie intégrante de la «région-type» où a été dénommée la Molasse. En effet comme l'a écrit Rutsch (1971), «...le terme molasse provient du parler populaire de la région linguistique franco-provençale, c'est-à-dire de la Savoie, du Dauphiné et de la Suisse occidentale; ses traces remontent au moins jusqu'au XIV^e siècle». C'est H.-B. de Saussure qui, en 1779, l'a introduit dans la littérature scientifique.

Les recherches sur la géologie de la Molasse du bassin franco-genevois ont commencé au XVIII^e siècle et Voltaire (1768) fut le premier auteur qui a

publié des observations sur les fossiles que l'on y trouve (Carozzi 1983, p. 71-80). Des synthèses des travaux plus récents furent successivement rédigées par Favre (1879), Heim (1922), Lagotala (1932, 1947), Paréjas (1938), Rigassi (1957), Schroeder (1958), Angelillo (1987), Morend (2000). Une très utile compilation des forages profonds implantés dans la région a été rassemblée par Wassall & Assoc. (1961). Les données sismiques disponibles ont été analysées et présentées par Gorin et al. (1993), Signer & Gorin (1995); elles ne livrent en général que des informations partielles sur la Molasse, sauf s'il s'agit de lignes acquises en très haute résolution (Morend 2000, GEO2X 2006).

La cartographie géologique du bassin molassique genevois et savoyard a été éditée dans sa totalité à 1/50 000 par le Service géologique national de France: feuilles St-Claude (Meurisse et al. 1971), Douvaine (Olive et al. 1987), St-Julien-en-Genevois (Donzeau et al. 1997) et Annemasse (Kerrien et al. 1998). En revanche, l'Atlas géologique suisse à 1/25 000 ne couvre que partiellement ce secteur avec les feuilles Dardagny-Chancy-Vernier-Bernex (Paréjas 1938), Coppet (Jayet 1964), Genève (Lombard & Paréjas 1965) et Nyon (Arn et al. 2004). En outre, il existe

des cartes géologiques plus anciennes et à diverses échelles, citées dans les bibliographies des notices explicatives des feuilles géologiques, comme par exemple la carte géologique d'une partie du chaînon du Salève (entre les vallées de l'Arve et des Usses) par Joukowsky & Favre (1913), qui ne bénéficiaient

que d'un fond topographique en hachures très imprécis. Enfin des documents de diffusion plus réduite, telles que les cartes de diplômes et de thèses du Département de géologie et de paléontologie de l'Université de Genève et les cartes géologiques et géotechniques du Canton de Genève, sont consulta-

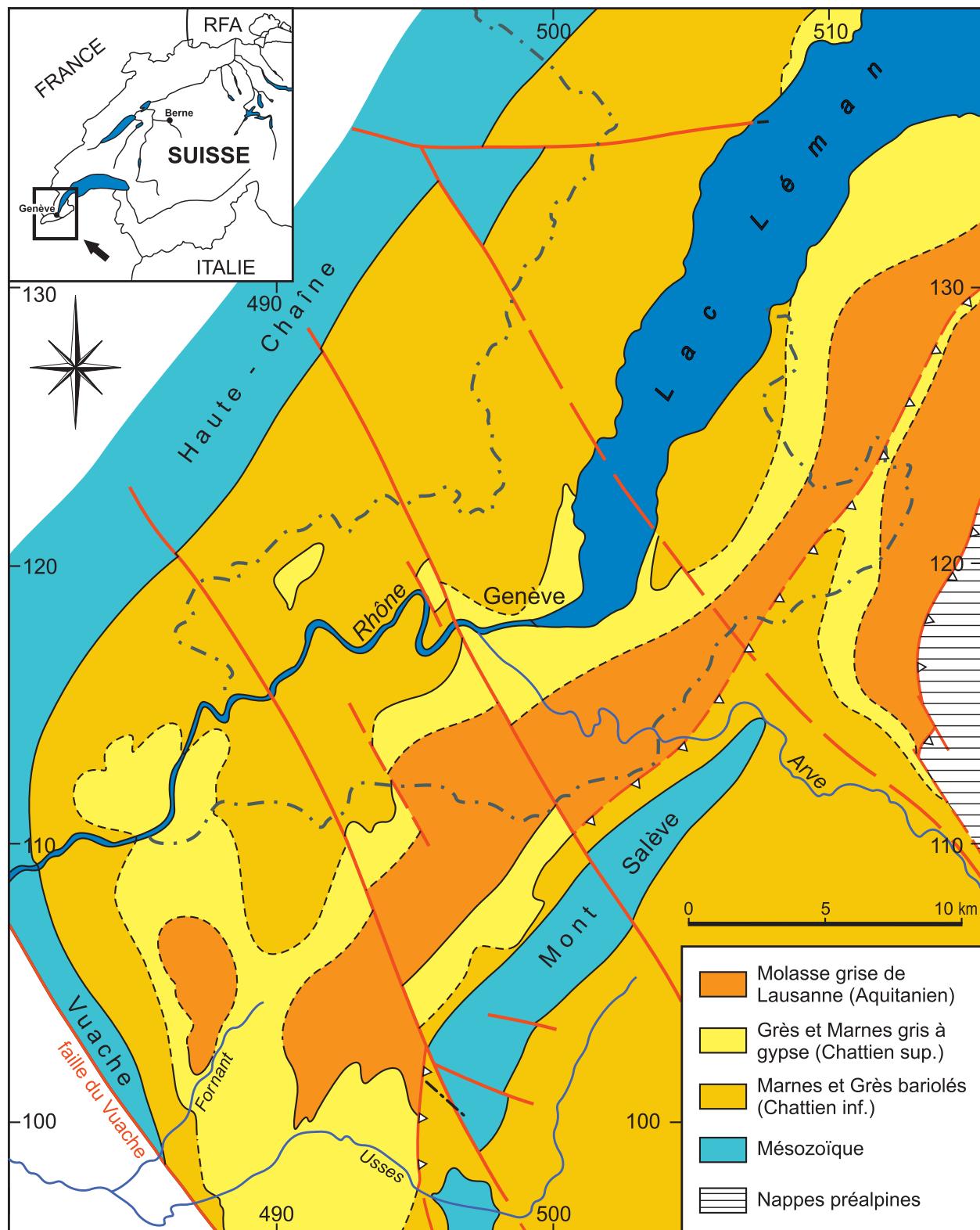


Fig. 1: Carte géologique schématique (sans Quaternaire) du bassin franco-genevois et des régions voisines, d'après Rigassi (1982).

bles respectivement à la Section des Sciences de la Terre de l'Université de Genève et au Service cantonal de géologie de Genève.

Depuis une trentaine d'années, d'importants travaux d'exploration, notamment par sondages, ont été effectués dans le bassin molassique franco-genevois par le Centre européen de recherches nucléaires (CERN), par la filiale française de la Compagnie pétrolière British Petroleum (BP-France) et par le

Canton de Genève lors du percement du tunnel autoroutier de contournement de Genève et lors de l'implantation du forage géothermique de Thônex (Fig. 2). Enfin, plus récemment, les sociétés ADELAC et GIE A41 ont entrepris une campagne de forages précédant le percement d'un tunnel autoroutier sous le col du Mont Sion, afin d'assurer une liaison rapide entre Genève et Annecy. Tous ces travaux ont contribué à l'acquisition de nombreuses données nouvelles sur la géologie de subsurface.

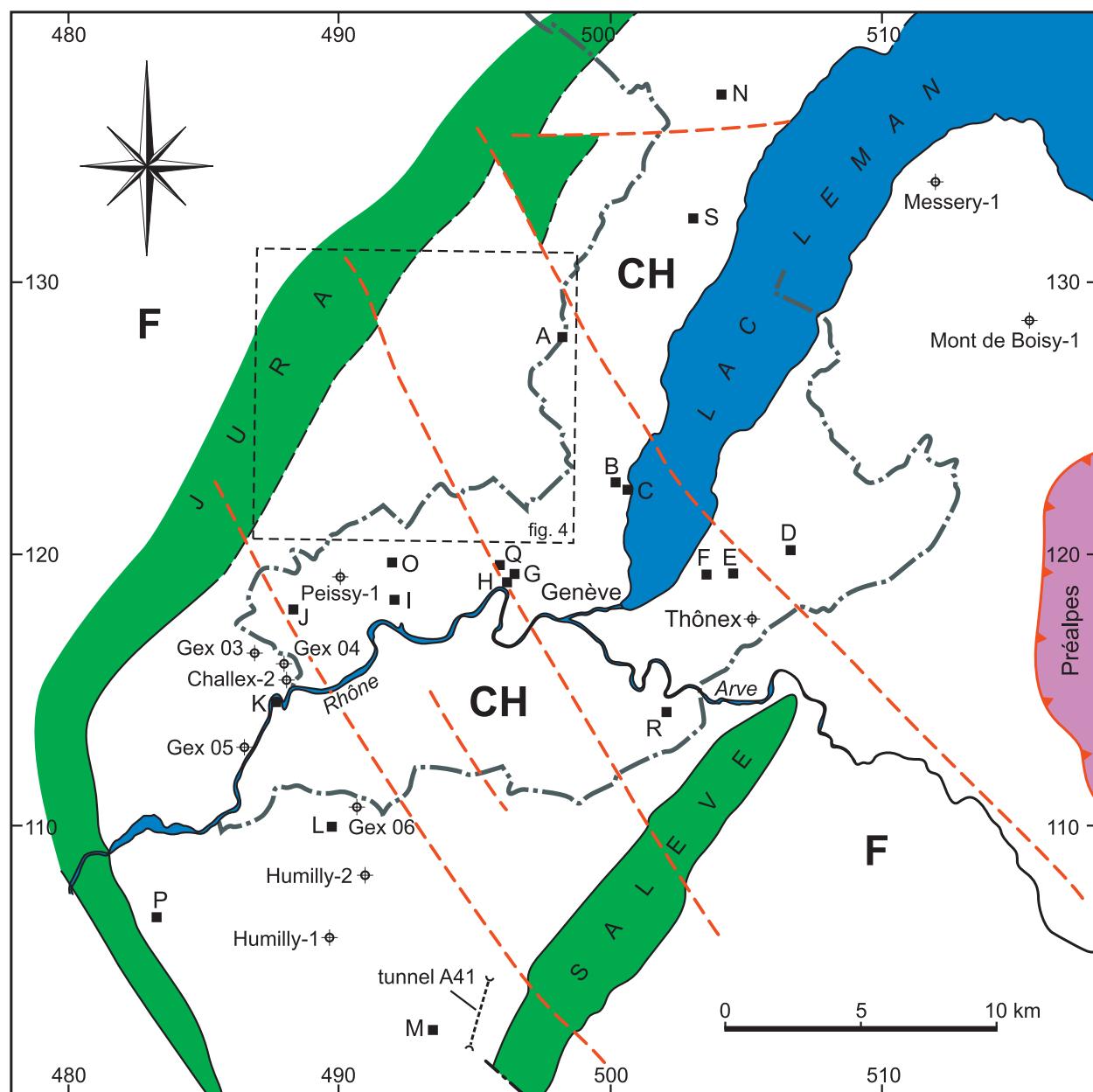


Fig. 2: Plan de situation

- Principales localités fossilifères: *A-Vieille Bâtie, B-Vengeron amont, C-Vengeron Autoroute, D-Choulex, E-Vandoeuvres, F-Cologny, G-Nant d'Avanchet, H-Galerie et Portail d'Avanchet, I-Nant d'Avril, J-Roulavaz, K-Epeisses, L-Humilly, M-Nant Trouble Andilly, N-Nant de Riond et Boiron, O-Chouilly, P-Vulbens, Q-Vernier, R-Veyrier, S-Founex;*
 - Emplacement des sondages étudiés ou mentionnés dans le texte;
 - Position du tunnel autoroutier du Mont Sion.

Le carré (en tireté) à cheval sur le Jura et le bassin franco-genevois correspond à la Fig. 4.

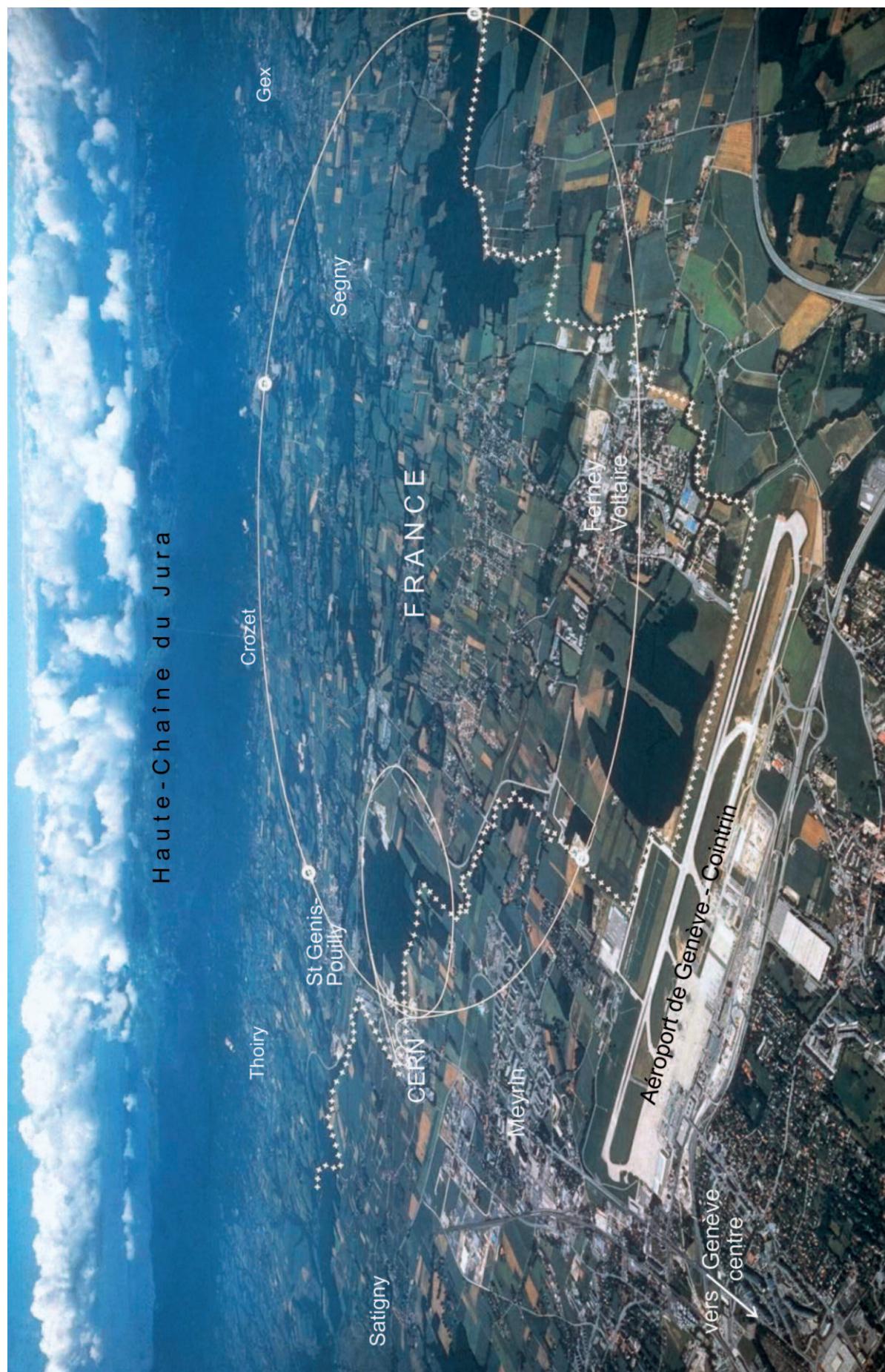


Fig. 3: Vue aérienne de la partie centrale du bassin franco-genevois, avec emplacement des deux anneaux souterrains du CERN: SPS (petit cercle: synchrotron à protons) et LEP (grand cercle: Large Electron Positron Collider). Document CERN.

Au CERN (Figs. 1, 3), un premier anneau souterrain d'un peu plus de 2 km de diamètre (SPS: synchrotron à protons) fut creusé dans les années 1970 au NW de Meyrin, à cheval sur la frontière franco-suisse. L'excavation des galeries et des puits d'accès fut précédée par des sondages de reconnaissance carottés qui furent suivis par E. Lantero et ses collaborateurs (rapports inédits, 1972, archives du CERN). Un aperçu de la géologie du site, telle que révélée par ces travaux, a été publié (Lanterno 1975). Nous avons repris l'étude micropaléontologique de quelques échantillons déposés au Muséum d'Histoire naturelle de la Ville de Genève et prélevés à l'époque par E. Lantero et D. Kissling.

Le CERN décida en 1980 de creuser un tunnel de 26,7 km, quasi-circulaire, dans lequel les physiciens désiraient installer un collisionneur à électrons et positrons (LEP: Large Electron Positron Collider). Implanté principalement sur territoire français, dans le bassin molassique et au piémont de la Haute-Chaîne jurassienne, cet énorme chantier démarra en novembre 1980 et nécessita pour la reconnaissance géotechnique et hydrogéologique du sous-sol l'exécution de nombreux forages, souvent profonds et pour la plupart en carottage continu (Fig. 4). Ces sondages furent suivis et décrits tout d'abord par Lantero et al. (1981), puis par le Bureau de Géotechnique appliquée Dériaz S.A. (Dériaz &

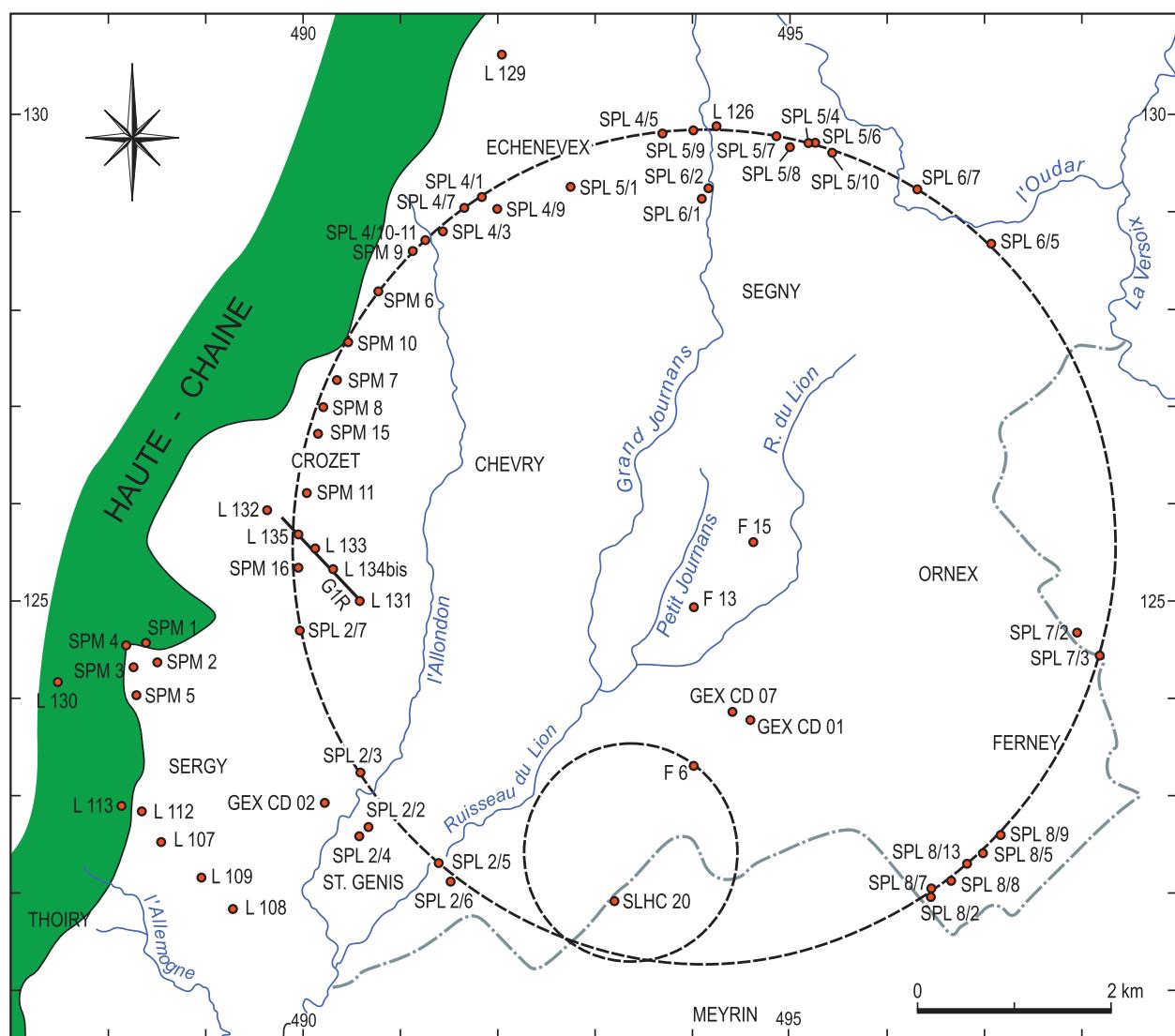


Fig. 4: Situation des ouvrages cités dans ce travail: sondages du CERN et trois sondages Gex CD (01, 02, 07) de BP-France; cette figure correspond au carré en tireté de la figure 2.

- Grand cercle en tireté: tunnel du LEP; petit cercle en tireté: tunnel du SPS;
- Carroyage kilométrique de la carte nationale suisse;
- Le contact entre le Mésozoïque de la Haute-Chaîne et la Molasse du bassin franco-genevois a été dessiné en fonction des observations de terrain et de sondages, sans prendre en compte la fracturation.

Hotellier, dès 1980); nous avons pu consulter leurs nombreux rapports inédits archivés au Bureau Dériaz, au CERN ou/et au Service cantonal de géologie de Genève grâce à la bienveillance de tous ces organismes privés ou étatiques.

L'autorisation accordée par le maître de l'œuvre avait permis à l'un de nous (J. C. en collaboration avec ses étudiants et les techniciens du Département de géologie et de paléontologie de l'Université de Genève) de décrire (Charollais et al. 1982, inédit), puis de conserver dans les sous-sols de la Faculté des sciences les carottes sciées en long d'un certain nombre de ces sondages. L'un d'eux, le SPM 5, fut étudié en détail et publié (Berger et al. 1987), les autres sondages ont attendu plus de vingt ans avant que le présent travail ne leur soit consacré.

La plus grande partie des travaux d'excavation commandités par le CERN a fait l'objet de relevés géotechniques et hydrogéologiques consignés dans divers rapports déposés dans les archives du CERN et dans des publications (Hotellier & Rebuffé 1988; Parkin 2000, etc). Ces données n'apportent pas d'éléments nouveaux quant à la stratigraphie molassique, mais elles sont fort importantes pour la connaissance de l'hydrogéologie régionale (Hugot 1983; Martinez 1986; Monjoie 1990; Fourneaux & Laporte 1990), notamment pour celle des terrains traversés par le LEP sous le Jura (Fourneaux s. d., Fourneaux 1988; Fourneaux et al. 1990). Il n'y a malheureusement pas eu de relevé géologique d'exécution dans la partie molassique des tunnels du SPS et du LEP, laquelle fut creusée par des tunneliers.

Les sondages et excavations du CERN avaient révélé de fréquents indices d'hydrocarbures: Fourneaux (1988) signale des «poches de pétrole» dans le sub-

stratum mésozoïque, notamment dans les Calcaires roux et la Pierre jaune de Neuchâtel du Crétacé inférieur, ainsi que dans la Molasse tertiaire. Cette dernière était par place tellement imprégnée d'hydrocarbures, qui s'écoulaient dans le tunnel à raison de plusieurs litres par semaine, que la filiale française de la Compagnie pétrolière British Petroleum (BP-France), reprit dès 1982 l'étude du potentiel pétrolier de notre région. Ainsi se trouvait relancée une nouvelle tentative d'exploitation des hydrocarbures de la Molasse du bassin genevois, qui avait commencé vers 1770, notamment sous l'impulsion de H.-B. de Saussure (Carozzi 2005, p. 86-87), et dont l'histoire est relatée minutieusement par Lagotala (1932) dans son étude consacrée aux gîtes bitumineux de Dardagny. La Compagnie BP-France forra donc 7 puits, dénommés Gex CD 01 à 07, partiellement carottés, sur territoire français à proximité de la frontière genevoise, entre la région de Prévessin au N et les environs de Soral au S. L'étude sédimentologique des intervalles carottés de ces puits fut confiée à F. Olmari en collaboration avec E. Davaud et l'un de nous (J. C.); elle a fait l'objet d'un rapport inédit (Olmari 1983). Comme celles des sondages du CERN, ces carottes avaient été en grande partie conservées; et nous en avons repris l'étude micropaléontologique et stratigraphique. En outre, certains puits offrent des résultats particulièrement intéressants sur les relations entre la Molasse et son substratum mésozoïque.

Enfin, nous avons pu aussi échantillonner d'autres sondages implantés à Thônex, au Mont Sion, à Chouilly-Satigny, à Vernier et à Founex.

Lieux de dépôt du matériel

La plus grande partie des documents originaux ayant servi à l'élaboration de ce travail sont déposés à la bibliothèque du Muséum d'Histoire naturelle de la Ville de Genève. Les carottes et/ou cuttings de quelques-uns des sondages que nous avons étudiés sont conservés, entièrement ou partiellement, par le Muséum d'Histoire naturelle de la Ville de Genève; il en est de même de la plus grande partie des résidus tamisés et triés de nos lavages de marnes. Le matériel des autres sondages a été détruit.

Les microfossiles isolés et déterminés sont en principe conservés dans les collections des auteurs des déterminations:

Charophytes: Jean-Pierre Berger (Département des Géosciences-Géologie, Université de Fribourg),

Liste des abréviations

CERN:	Centre Européen de Recherche Nucléaire
CI:	Calcaires inférieurs
G, Gomph.:	Gompholite
GMGG:	Grès et Marnes gris à gypse («Chattien» supérieur)
LEP:	Large Electron Positron Collider
MGB:	Marnes et Grès bariolés («Chattien» inférieur)
MGL:	Molasse grise de Lausanne
MHNG:	Muséum d'Histoire naturelle de la Ville de Genève
mo., mor.:	moraine
NMB:	Naturhistorisches Museum Basel
PJN:	Pierre jaune de Neuchâtel (Hauterivien)
Qu:	Quaternaire
S:	Sidérolithique (Eocène)
SFEFP:	Société Française d'Exploration British Petroleum
U, Urg., Urgon.:	Urgonien (Hauterivien supérieur-Barrémien inférieur)
UMM:	Molasse marine inférieure (Untere Meeres Molasse)
USM:	Molasse d'eau douce inférieure (Untere Süßwasser Molasse)

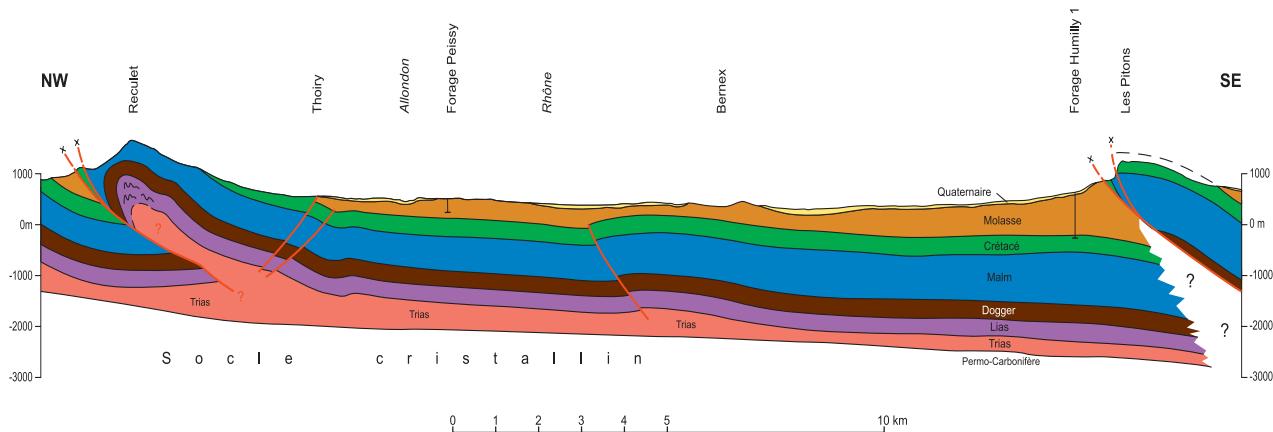


Fig. 5: Coupe schématique à travers le bassin franco-genevois d'après Amberger (1982), Signer & Gorin (1995), Morend (2000), Meyer (2000), modifié.

Mammifères: Burkart Engesser (Naturhistorisches Museum, Basel),
Poissons (otolithes): Bettina Reichenbacher (Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie, München),
Ostracodes: Peter Schäfer (Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz, Mainz).

Coordonnées et toponymes

Les coordonnées sont calculées soit dans le système suisse, soit dans le système français (voir Annexe).

III. ÉTAT DES CONNAISSANCES

1. Formations tertiaires

Le Tertiaire du bassin genevois et savoyard est caractérisé par plusieurs formations dont l'épaisseur et parfois le faciès varient beaucoup (Fig. 5). Une succession virtuelle, jamais représentée dans sa totalité sur une même verticale, en affleurement comme en forage, comprendrait de bas en haut:

- le Sidérolithique éocène [S],
- la Molasse d'eau douce inférieure oligo-miocène, composée
 - de la Gompholite [G, Gomph.],
 - des Calcaires d'eau douce inférieurs (ou Calcaires de Grilly) [CI],
 - des Marnes et Grès bariolés (ou Molasse rouge de Genève) [MGB],
 - des Grès et Marnes gris à gypse (ou Molasse grise) [GMGG],
 - de la «Molasse aquitanienne» ou Molasse grise de Lausanne [MGL].

Les formations plus jeunes (Molasse marine supérieure [OMM], Molasse d'eau douce supérieure [OSM]) n'existent plus dans le bassin franco-gene-

vois. Elles y ont pourtant été déposées avec une épaisseur d'environ 2000 m (Angelillo 1987, p. 93; Schegg & Moritz 1993; Schegg, in Jenny et al. 1995; Schegg & Leu 1996; Wildi & Pugin 1998, Fig. 2), mais elles ont été érodées ensuite, au cours du Miocène supérieur – Pliocène et du Quaternaire ancien, à la suite de changements climatiques (Cederbom et al. 2004; Schlunegger et al. 2007), de la crise messinienne (Willett et al. 2006), des soulèvements liés au plissement du Jura et aussi en raison de la très vigoureuse érosion qui caractérise les périodes glaciaires.

A ces formations autochtones, s'ajoutent sur la partie orientale du bassin, au front des Préalpes du Chablais (Fig. 1), des écailles chevauchantes de Molasse subalpine composée essentiellement de Molasse marine inférieure, de Marnes et Grès bariolés et de «Molasse aquitanienne».

1.1. Sidérolithique

D'une puissance de 0 à 40 m, le Sidérolithique est surtout représenté par des quartzarénites blancs ou jaunes, rougeâtres lorsqu'ils renferment des oxydes et hydroxydes de fer. Attribué au Bartonien - Priabonien, son âge est estimé par analogie avec celui du Sidérolithique du Jura vaudois (Hooker & Weidmann 2000, 2007). Des niveaux argileux verts ou rouges sont rares. Ces dépôts sont continentaux, issus du remaniement de sols tropicaux et de cuirasse latéritique. Ils reposent sur une importante surface d'érosion par karstification en milieu aérien ou colmatent un réseau karstique profond qui perfore toute la série crétacée et qui peut même atteindre les calcaires du Jurassique supérieur au Vuache et au Salève, par exemple.

Rappelons aussi l'existence de la croûte calcaire attribuée au Lutétien terminal, que Ducloz (1983) a décrite à Grilly et qui n'a jusqu'ici pas été identifiée dans d'autres affleurements ou dans des sondages.

1.2. Gompholite

La Gompholite, dénommée au Salève «Poudingue de Mornex», se trouve sporadiquement à la base de la Molasse d'eau douce inférieure: elle peut atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Il s'agit d'un conglomérat dont les éléments polygéniques d'ordre décimétrique à centimétrique, proviennent du démantèlement d'une partie de la série locale crétacée, éventuellement tertiaire (galets pédogénés). Le ciment argilo-gréseux, souvent rouge et variable en importance, pourrait provenir tout au moins en partie, du remaniement des dépôts sidérolithiques.

Le paléoenvironnement et l'âge de la Gompholite en général, et du Poudingue de Mornex en particulier, restent encore discutés malgré la découverte de nombreux fossiles marins ou terrestres (Collet & Paréjas 1934; Paréjas 1938; Martini 1962; Hantke 1984): «une omoplate de pachyderme» à la carrière de Mornex (Favre 1843, p. 112; pièce aujourd'hui perdue), pinces de crustacés (*Callianassa* sp.), huîtres, cérithes, natrices, moules internes d'hélicidés (*Cepaea rugulosa*), feuilles de palmier, de lauracées et gousses de légumineuses. Pour Paréjas (1938), le Poudingue de Mornex comprend des faciès marins et continentaux d'âge oligocène probable, tandis que Rigassi (1957) l'attribue plus précisément au Rupélien supérieur et Martini (1962) à l'Oligocène *l. s.*. Dans la Gompholite des sources de l'Allondon, Martini (1962) avait trouvé plusieurs moules internes d'*Helix*, qui ne permettent pas de préciser son âge; toutefois, Rigassi (1980a) avait postulé un âge pléistocène, ce qui s'est révélé infondé.

Quant aux milieux de dépôt, ils sont généralement considérés comme étant surtout continentaux: torrentiel, éolien et/ou lacustre (Ducloz 1980, 1983). Rigassi (1957) estime que «les minces niveaux marins s'intercalant à Mornex, entre «Chattien» et Crétacé sidérolithifié, sont probablement un témoin extrême occidental de l'UMM (= Molasse marine inférieure)». Enfin, pour Ducloz (1980, p.176), le Poudingue de Mornex représente «une formation de pente, un éboulis remanié par du ruissellement en nappe, un glacis d'accumulation en quelque sorte».

1.3. Calcaires inférieurs

En 1922, Heim signala pour la première fois des calcaires d'eau douce à la base de la Molasse du bassin de Genève (sondage de Challex-2, Ain). Michel (1965) présente une coupe et un historique de cette unité lithologique dont les faciès surtout carbonatés, parfois bréchiques, sont dénommés «Calcaires de Grilly» par Rigassi (1957) ou «Calcaires d'eau douce inférieurs» par Kissling (1974) et par Angelillo (1987) ou enfin «Calcaires inférieurs» par Morend (2000). Les critères d'iden-

tification de leur limite supérieure demeurant très flous, ils n'ont pas un statut formationnel clairement défini. Parfois absents, ils peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Ils n'apparaissent qu'en certains points du bassin, à la base de la Molasse d'eau douce inférieure, soit sur les Gompholites, soit sur les Grès sidérolithiques, soit directement sur le substratum crétacé.

Attribués généralement au Chattien inférieur *l. s.*, ils sont en fait «strongly diachronic» (Rigassi 1996): selon leur position dans le bassin molassique, ils dataient du Rupélien supérieur et du Chattien.

1.4. Marnes et Grès bariolés

La fréquente prédominance de la couleur lie-de-vin dans cette puissante série constituée essentiellement de marnes et de grès (de type «molasse», au sens pétrographique) a conduit à la dénommer classiquement «Molasse rouge», appellation toujours en vigueur dans le bassin savoyard du plateau des Bornes, où elle atteint plus d'un millier de mètres d'épaisseur. Par contre, ce terme remplacé dans le bassin genevois par celui de «Marnes bariolées» (Kissling 1974), a été supplanté ensuite par celui de «Marnes et Grès bariolés» proposé par Angelillo (1987). Ici, cette formation (MGB) qui oscille entre 250 et 955 m de puissance, renferme parfois vers la base des lits charbonneux d'ordre centimétrique. La lithologie, les structures sédimentaires, la faune et la flore correspondent à des dépôts de plaine d'inondation parcourue par un système fluviatile méandrique.

De part et d'autre du Salève, la base de cette formation présente des associations de micromammifères plus jeunes dans le bassin genevois que dans le bassin savoyard, ce qui est en accord avec le sens de migration de la subsidence des bassins d'avant-pays. En effet, à l'E du chaînon du Salève, la base de la «Molasse rouge» du bassin savoyard (Plateau des Bornes) débute au sommet du Rupélien (MP 22-24), tandis que dans le bassin genevois, les Marnes et Grès bariolés commencent à se déposer au «Chattien» inférieur (MP 25-27); cette migration de subsidence se poursuit encore plus au NW, comme l'ont démontré récemment Charollais et al. (2006, p. 39-41).

1.5. Grès et Marnes gris à gypse

Cette formation définie par Kissling (1974) est absente (probablement érodée) dans le bassin savoyard du plateau des Bornes; elle est bien développée dans le bassin genevois, où elle atteint au moins 300 m dans le sondage de Thônex. Elle est caractérisée par une lithologie complexe: marnes grises, calcaires et grès déposés en milieux lacustre et palustre, dolomies et évaporites (gypse, anhydrite) d'origine continentale (playas), avec parfois de minces (< 5 cm) couches de charbon signalées surtout dans la région de Cologny

par Necker (1841, p. 394, 406) et par Favre (1879, t. I, p. 74). Le gypse est localement assez abondant pour avoir fait jadis l'objet d'une exploitation à Chouilly et à Berne (Favre 1879, t. II, p. 120).

Les mammifères signalés dans les Grès et Marnes gris à gypse du bassin genevois, notamment par Angelillo (1987), à la base et au sommet de cette formation, permettent de la rattacher aux niveaux de Küttigen 1 (= MP 30, partie inférieure) et de Boudry 2 (= MN 1, partie inférieure).

Le membre des «Calcaires d'eau douce et dolomies», étudié notamment par Kissling (1974), souligne la base des Grès et Marnes gris à gypse dans le secteur vaudois du bassin molassique. La carte de Rigassi (1982) figure cette unité lithologique en quelques points isolés dans le bassin franco-genevois, une interprétation qui fut contestée par Angelillo (1987, p. 5).

1.6. Molasse grise de Lausanne ou «Aquitaniens *auct.*»

Inconnu dans le bassin savoyard du plateau des Bornes, «l'Aquitaniens» (ainsi dénommé jusqu'à présent dans le bassin franco-genevois en l'absence d'un nom de formation) est ici provisoirement attribué à la formation de la Molasse grise de Lausanne (MGL). Ruchat (*in* Charollais et al. 1998, Fig. 2, p. 32) a dessiné une carte géologique de la Molasse du bassin genevois. Malheureusement, les légendes de cette figure ont été inversées par l'éditeur: le symbole de «l'Aquitaniens» autochtone correspond à celui de l'Oligocène supérieur. Cette erreur a été corrigée par Morend (2000, Fig. 4.12).

La MGL n'apparaît que rarement et temporairement en puits ou en fouilles; son épaisseur ne dépasse pas 30 m dans le secteur de Cologny-Vandoeuvres. Un banc gréso-micacé grossier gris verdâtre d'ordre métrique la sépare de la formation sous-jacente (C. Ruchat, communication orale, 1999). Il est surmonté par un complexe de grès et marnes bariolés, de calcaires marneux parfois silteux, dans lesquels s'intercalent des bancs gréseux avec délit crayeux argileux. Rigassi (1977a, p. 18) signale en outre que «l'Aquitaniens» existe dans un sondage à Perly et sa carte interprétative de 1982, reprise à notre Fig. 1, situe son extension supposée sous la couverture quaternaire dans le bassin franco-genevois. La Molasse grise de Lausanne forme d'autre part les reliefs qui limitent vers le SW le bassin franco-genevois, reliefs que traverse le tunnel autoroutier du Mont Sion.

1.7. «Burdigalien» de Loisins - Ballavaus

Cet affleurement (512,4/127,0) n'appartient pas au Burdigalien comme le supposait Jayet (feuille Coppet 1/25000 et notice explicative, 1964, p. 11-12), mais il

s'agit d'une molasse d'eau douce oligocène, ce qui fut déjà pressenti par Lombard (1965, p. 32), dessiné par Vial et al. (1987) sur la feuille Douvaine 1/50000 et à nouveau confirmé par Charollais et al. (2006).

2. Substratum crétacé

Dans le bassin franco-genevois, la formation crétacée la plus ancienne sur laquelle reposent les terrains tertiaires, a été décrite par Ducloz (1980) aux sources de l'Allondon (Ain), au N du forage SPM 9 (Fig. 4): il s'agit de la formation de la Chambotte (Berriasiens sommital - Valanginien basal). Les épaisseurs des différentes formations crétacées rappelées ci-dessous, correspondent à celles qui ont été observées dans le bassin genevois et savoyard, soit à l'affleurement, soit en forages, et ne tiennent pas compte des érosions anté-tertiaires.

Les noms de certaines formations, qui n'ont pas encore été définies formellement ou qui sont utilisées dans un sens plus large que généralement admis dans la littérature, sont mis entre guillemets.

2.1. Formation de la Chambotte

Selon Steinhauser & Lombard (1969), Deville (1990, 1991), Blanc (1996), Strasser & Hillgartner (1998), la Formation de la Chambotte comprend: le membre de la Chambotte inférieure (Berriasiens sommital: zone à Otopeta basale), le membre du Guiers, dont la partie supérieure représente l'équivalent latéral des Marnes d'Arzier (Berriasiens sommital [zone à Otopeta] - Valanginien inférieur [zone à Pertransiens basale]) et le membre de la Chambotte supérieure, équivalent latéral de la partie inférieure des Calcaires roux *auct.* (Valanginien inférieur: zone à Pertransiens). Les âges de ces unités lithologiques varient suivant les auteurs; les datations données ici correspondent à celles de Charollais et al. (2007).

Dans le bassin genevois et savoyard, le membre de la Chambotte inférieure est clairement caractérisé (Donzeau et al. 1997). D'une épaisseur de 16 à 19 m, il présente quelques différences lithologiques entre la Haute-Chaîne et le Salève. Dans ce chaînon, il est constitué par des calcaires blancs, biomicrites à biocalcarénites, parfois à «keystone vugs», caractéristiques de la zone inter- à supratidale (Salvini-Bonnard et al. 1984). Par contre, dans la Haute-Chaîne et plus précisément dans la partie septentrionale du Grand Crêt d'Eau, les auteurs signalent un niveau plus marneux intercalé entre deux barres de calcaires bioclastiques grossiers, localement oolithiques ou à pelloïdes, interprétés par Boeker (1994) comme des dépôts tidaux à subtidiaux. La partie supérieure du membre du Guiers et le membre de la Chambotte supérieure apparaissent dans le chaînon du Salève, sous un faciès proche de celui des Calcaires roux classiques.

2.2. Calcaires roux *lato sensu*

Le faciès prédominant des Calcaires roux *lato sensu*, dont la puissance varie entre 22 et 50 m, est une biocalcarénite souvent grossière («calcaire spathique»), parfois oolithique, peu quartzeuse, rarement glauconieuse, avec quelquefois des accidents siliceux, toujours très riche en oxydes et hydroxydes de fer. La présence de structures obliques témoigne d'un paléomilieu de haute énergie. Les ammonites, les dinokystes et les calpionnelles permettent de corrérer la formation des Calcaires roux *lato sensu* aux zones à Pertransiens et *Campylotoxus pro parte* du Valanginien inférieur (Baumberger 1903-1910; Deville 1990; E. Monteil, communication écrite 1996). Sur le plan séquentiel, une importante discontinuité reconnue sur l'ensemble de la plate-forme jurassienne, sépare les Calcaires roux *l. s.* des Calcaires dits à *Alectryonia rectangularis*, qui ont livré des ammonites caractéristiques de la partie supérieure de la biozone à *Campylotoxus* et de la zone à *Verrucosum*, c'est-à-dire du sommet du Valanginien inférieur et de la base du Valanginien supérieur (Clavel & Charollais 1989; Bulot & Thieuloy 1995; Charollais et al. 2007).

2.3. «Complexe des Marnes d'Hauterive et de la Pierre jaune de Neuchâtel»

Cette formation, d'une épaisseur variant entre 94 et 122 m, appelée plus succinctement dans ce travail «Marnes d'Hauterive / Pierre jaune», comprend essentiellement deux faciès: le premier, marneux (Marnes d'Hauterive), prédomine dans la partie inférieure, le second, carbonaté (Pierre jaune de Neuchâtel), prévaut dans la partie supérieure. Le faciès de type Marnes d'Hauterive correspond à des marnes gréso-glaconieuses qui se seraient déposées en milieu circalittoral selon l'hypothèse la plus généralement admise, tandis que le faciès de type Pierre jaune de Neuchâtel caractérisé par des biocalcarénites gréso-glaconieuses, rarement oolithiques, à stratifications obliques fréquentes, est interprété comme typique d'un milieu infralittoral. Cette formation présente de fortes variations latérales de faciès et d'épaisseur, comme l'ont démontré Charollais et al. (1989).

Se basant sur la présence de nombreuses ammonites et sur le découpage séquentiel régional, Clavel & Charollais (1989) attribuent la base du «Complexe des Marnes d'Hauterive et de la Pierre jaune de Neuchâtel» au Valanginien terminal (zone à *Callidiscus*) et son sommet à l'Hauterivien inférieur (zone à *Nodosoplicatum*).

2.4. Calcaires urgoniens

Cette formation, qui atteint 130 m dans le bassin franco-genevois, est datée grâce à la biozonation des orbitolines (Clavel et al. 1994; Becker 1999;

Schroeder et al. 1999; Clavel et al. 2007; Charollais et al. 2007). Elle est subdivisée en trois unités lithostratigraphiques; de bas en haut:

■ **l'Urgonien jaune** (Hauterivien supérieur basal [zone à *Sayni* - zone à *Ligatus basale*]). Il s'agit de calcaires jaunes roussâtres, parfois oolithiques à la base, pseudo-noduleux, d'une puissance voisine d'une dizaine de mètres et caractéristiques d'un milieu marin de plate-forme externe.

■ **l'Urgonien blanc** (Hauterivien supérieur et Barrémien inférieur pro parte [zones à *Ligatus*, *Balearis*, *Angulicostata*, *Hugii* et *Nicklesi*]). Cette unité, de loin la plus importante en puissance, comprend des calcaires blancs de lithologies très variées (biocalcarénites, oosparites, micrites, etc.), qui traduisent divers milieux de plate-forme interne. Elle atteindrait jusqu'à 200 m de puissance dans la partie méridionale du chaînon du Salève, entre Cruseilles et la Croisette, selon Conrad (1969) et Conrad & Ducloz (1977). Au sein de cette formation, apparaît le Membre des Calcaires marneux de la Rivière, qui semble limité à la partie méridionale du Jura et du bassin genevois.

■ **«l'Aptien inférieur» pro parte** n'a jamais été signalé dans le bassin genevois par les auteurs, sauf par Favre (1843, p. 97-98) qui écrit: «J'ai retrouvé le calcaire à *Pteroceras pelagi* au-dessus du calcaire à *Radiolites*, à Allemagne dans le pays de Gex (...). J'y ai retrouvé le *Pteroceras pelagi*, un *Cassis*?, des *Nucleolites* et d'autres oursins mal conservés». Dans la région de Bellegarde (vallée de la Valserine), ces niveaux, qui sont séparés de l'Urgonien blanc sous-jacent par une importante discontinuité émersive, ont été datés par ammonites; ils se situent du point de vue chronologique au passage de la zone à *Oglanlensis* à la zone à *Weissi* (Clavel et al. 2007).

2.5. «Grès verts jurassiens»

Cette formation, appelée «Grès verts jurassiens» par analogie aux Grès verts helvétiques (Delamette et al. 1997), regroupe une lithologie complexe où prédominent des sables verts glauconieux. Attribuée à l'Aptien inférieur sommital et à l'Albien *l. s.* (Delamette, in Donzeau et al. 1997, p. 55), cette formation n'a jamais été observée à l'affleurement dans le bassin franco-genevois; elle n'apparaît en place que sur le versant occidental de la Haute-Chaîne du Jura.

2.6. Calcaires crayeux à silex

Absente à l'affleurement dans le bassin franco-genevois, cette formation autrefois dénommée «Crétacé supérieur» a été appelée Calcaires crayeux à silex par Donzeau et al. (1997), sans qu'une définition formelle ait été proposée jusqu'ici. Visible dans la vallée de la

Valserine, où elle est représentée par de rares affleurements, elle est constituée par des biomicrites crayeuses blanc-crème à jaunâtres à microfaune planctonique qui date cette formation du Turonien *l.s.* (Donzeau et al. 1997). Des calcaires crayeux à silex de même âge ont également été signalés dans les forages pétroliers de Mont de Boisy-1 et Massongy-1.

Les Calcaires crayeux à silex et, plus rarement, les Grès verts jurassiens, ont été fréquemment reconnus à l'état de galets dans les Gompholites tertiaires de la base de la Molasse du bassin franco-genevois, ce qui démontre l'existence de ces deux formations avant l'érosion fini-Crétacé - début Tertiaire.

III. DESCRIPTION DE QUELQUES AFFLEUREMENTS IMPORTANTS

Pour alléger les descriptions pétrographiques de la Molasse (à l'affleurement ou en sondage), nous utiliserons le terme de «grès» pour les faciès à prédominance quartzeuse, plus ou moins feldspathiques, micacés, argileux, chloriteux et à ciment carbonaté, et le terme de «marnes» pour des faciès calcaréo-argileux, parfois siliceux et/ou finement quartzo-micacés (voir X. 4.).

1. Affleurements de Marnes et Grès bariolés

1.1. La Roulavaz

Les affleurements des Marnes et Grès bariolés du vallon de la Roulavaz (Fig. 2, lettre J) et des environs de Dardagny ont fait l'objet de nombreuses publications, vu leur teneur en hydrocarbures (3 à 8%) en certains points. En outre, un banc de lignite de 1,2 m d'épaisseur aurait été mis au jour en 1842 dans les fondations du pont des Granges qui franchit l'Allondon 2 km en amont de la confluence de la Roulavaz; une telle épaisseur nous paraît peu probable, à moins qu'il y ait eu confusion avec des marnes charbonneuses noires. Les tentatives d'exploitation d'hydrocarbures remontent à la fin du XVIII^e siècle, dès 1769 selon Favre (1879, t. II, p. 124-126), et se sont poursuivies durant le XIX^e et le début du XX^e siècle, avant d'être définitivement abandonnées en 1922. Se basant sur les résultats des deux sondages pétroliers Challex-2 (1918-1920; 273,50 m) et Peissy-1 (1944-1945; 261 m), Ducloz (*in* Jaquet et al. 1990) évalue à 300 m, l'épaisseur des Marnes et Grès bariolés dans la région du vallon de la Roulavaz.

Mojon (1987) a relevé 3 coupes de quelques mètres dans les Marnes et Grès bariolés, sur rive droite de la Roulavaz; un niveau marneux prélevé en base de coupe (coord. suisses: 488,37/117,87) lui a fourni, outre quelques fragments de gastéropodes et de reptiles (mâchoires de Scincomorphes, ostéodermes

d'Ophisaurus), des charophytes (*Hornichara lagenalis*) et des dents de micromammifères (*Eomys major*; *Plesiosminthus promyaron*, *Archaeomys* sp., *Issiodoromys* sp.). Cette association, et particulièrement la présence de *Eomys major* (Engesser 1990, p. 141; Engesser & Mödden 1997, p. 488), permet de rattacher les affleurements des Marnes et Grès bariolés de la Roulavaz au niveau de Fornant 6 (= MP 28, partie supérieure), ce qui est en accord avec les charophytes caractéristiques de la zone à Ungeri (Angelillo 1987, p. 134, Fig. 41).

Enfin Morend et al. (1998), puis Morend (2000) ont repris l'analyse des affleurements de la Roulavaz, qu'ils situent avec précision au sein de la série molassique grâce à des profils sismiques à haute résolution.

1.2. Epeisses

Les Marnes et Grès bariolés affleurent sur rive gauche du Rhône, au N du village d'Epeisses (Fig. 2, lettre K). Un gisement fossilifère, dont la position topographique n'est pas connue avec précision (Kissling 1974, p. 38), a fourni deux exemplaires d'*Archaeomys laurillardii*, ce qui indique les zones MP 26-30.

1.3. La Versoix et le Nant de Pisseyache

Sur la commune de Collex-Bossy, entre Sauverny et la Bâtie, Jayet (1964) signale sur la feuille Coppet à 1/25000, trois gisements fossilifères dans les Marnes et Grès bariolés de la Versoix et de son affluent la Pisseyache. L'un d'eux (coord. suisses: 498,3/127,8) lui a fourni, outre des *Unio*, des dents de rongeurs, parmi lesquelles P. Revilliod avait identifié le genre *Issiodoromys* (Jayet 1964, p. 9). Un niveau marneux provenant de la même formation ne lui a livré que des oogones de charophytes, qui n'ont probablement pas été conservés. Quant au troisième gisement, l'auteur de la carte n'en parle pas dans sa notice explicative.

De plus, dans le lit de la Versoix, sous la Vieille Bâtie et très légèrement en aval (coord. suisses: 498,45/127,32/430), un gisement fossilifère (Fig. 2, lettre A) dans les Marnes et Grès bariolés, non mentionné sur la feuille Coppet (Jayet 1964), avait été exploité par P. Revilliod, A. Jayet et J. Hürzeler en 1936. Il avait livré une faunule conservée au Muséum d'Histoire naturelle de la Ville de Genève comprenant *Carnivora* indéf., *Archaeomys laurillardii* et *Issiodoromys quercyi* (Pl. 8, Figs. 6-8) indiquant un âge MP 27, plus précisément le niveau de Boningen 1 (voir aussi Kissling 1974, p. 23).

1.4. Nant d'Avril

Les Marnes et Grès bariolés ont livré à D. Rigassi, dans le Nant d'Avril (coord. suisses: 492,10/118,20; voir Fig. 2, lettre I), une association de mammifères

comportant *Issiodoromys terminus*, *Archaeomys* sp., *Caenotherium* sp., Insectivore indé. Cette association donne un âge légèrement plus jeune que le niveau de Fornant 6 (= MP 28 [partie supérieure]): voir Rigassi (1957, p. 20), Kissling (1974, p. 38), Vianey-Liaud (1979), Engesser & Mödden (1997, p. 488), Angelillo (1987, p. 135).

1.5. Versant oriental du Vuache

Michel (1965, p. 709) cite une communication inédite de D. Rigassi, qui signalait un banc calcaire (= Calcaires inférieurs) sur le flanc nord-oriental du Vuache près de Vulpens. Plus récemment, Donzeau et al. (1997) notent dans cette même région un affleurement de Marnes et Grès bariolés fossilifères (coord. françaises: 877,24/2128,44; Fig. 2, lettre P) dans lequel Blondel (1984, éch. TB323) avait isolé des fragments d'os et de dents de mammifères indéterminables, des ostracodes écrasés, des charophytes (*Chara* gr. *microcera-notata*, *Stephanochara* gr. *ungeri*?, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* sp.) et divers foraminifères marins benthiques et planctiques. Ces derniers comprennent des formes remaniées du Crétacé supérieur, du Paléocène, de l'Eocène, ainsi que des espèces oligocènes, vraisemblablement remaniées elles aussi (R. Wernli, communication écrite 2005). Cet affleurement échantillonné à nouveau nous a livré des charophytes de la zone à Unger (Stephanochara gr. *ungeri*), équivalente des zones MP 27-28.

1.6. Humilly

Près d'Humilly (Fig. 2, lettre L), Rigassi (1957, p. 22) a découvert et fouillé un gisement (coord. suisses: env. 489,7/109,8) qui a livré les micromammifères suivants, déterminés par J. Hürzeler et S. Schaub et révisés par l'un de nous (B. E.): *Rodens* indé., *Issiodoromys* sp., *Archaeomys* sp., *Peratherium* sp. L'âge de cette faune correspond à MP 28, mais serait un peu plus ancien que celui du gisement de Nant d'Avril.

1.7. Région de Nyon

Dans le Nant de Rond (coord. suisses: 505,50/135,32; Fig. 2, lettre N), Arn et al. (2005, p. 33) signalent des charophytes de la zone à Unger, ainsi que dans le Boiron, où trois gisements autorisent des datations:

- près de la Carrière (coord. suisses: 503,09/136,29), où des charophytes de la zone à Unger accompagnent des dents de *Eomys ebnatensis* et d'un Cainothéridé indéterminé, ce qui correspond aux zones MP 27-28;
- au NE d'Arnex (coord. suisses: 504,32/136,97), où des charophytes de la zone à Unger sont associées à des dents d'*Eomys major*, de *Plesiosminthus promyiarion*, de *Gliravus* sp., de Cricétidé et de Thérido-morphes indéterminés indiquant la zone MP 28;

■ au S d'Eysins (coord. suisses: 505,57/136,94), où les charophytes déterminent la zone à Unger (= MP 27-28).

2. Affleurements de Grès et Marnes gris à gypse

2.1. Le Vengeron

Dans le lit du Vengeron, où furent jadis trouvés des fragments de tortues (Favre 1843, p. 112; 1879, t. II, p. 76), Jayet (1964) mentionne dans la notice explicative de la feuille Coppet à 1/25000, à 385 m, un gisement fossilifère (Fig. 2, lettre B) dans les Grès et Marnes gris à gypse; celui-ci figure également sur la carte géologique. Il s'agit de niveaux marneux où s'intercalent des bancs calcaires centimétriques dont l'un d'eux renferme de nombreux moules internes de mollusques, des oogones de charophytes et des débris de végétaux. Ce gisement (coord. suisses: 500,57/122,37/385) a été fouillé par D. Rigassi et G. de Beaumont qui y ont découvert des dents de *Plesiosminthus schaubi*, caractéristiques du niveau de Küttigen 1 (= MP30, partie inférieure). Ce matériel (collection MHNG, n° 5195) permet de dater la partie inférieure des Grès et Marnes gris à gypse, le contact avec le sommet des Marnes et Grès bariolés étant tout proche d'après la carte géologique.

2.2. Massongy

Hugueney & Kissling (1972, p. 64) signalent un gisement de mammifères près de Massongy (coord. suisses: 514,58/129,02/495), à 1 km au NW du sondage Mont de Boisy-1 (Fig. 2), dans une série de marnes et de grès comprenant de nombreux bancs de calcaire et de marno-calcaire. Ces derniers ont fourni des charophytes (*Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*, *Chara* gr. *microcera-notata*, *Rhabdochara* gr. *langeri*, *Stephanochara* gr. *ungeri*) et des dents de micromammifères (*Peratherium* sp., *Glirudinus glirulus*, *Pseudotheridomys* sp.). Si ces dernières ne permettent pas de trancher entre l'Oligocène supérieur et l'Aquitaniien inférieur, l'association des charophytes date le profil de Massongy des zones à Unger et Notata de l'Oligocène supérieur.

3. Affleurement de Molasse grise de Lausanne («Aquitanien auct.»)

Nant Trouble-Andilly

Dans un affluent du Nant Trouble, sur le flanc méridional du Mont Sion à l'E de Cernex (Fig. 2, lettre M), un affleurement (coord. françaises: 888,20/124,94) qui surmonte les Grès et Marnes gris à gypse a livré à Rigassi (1957, p. 24) une dent de *Dimyloides stehlini* (Pl. 8, Fig. 1) qui date cette molasse de la «partie

inférieure de l'Aquitaniens» ou niveau de Boudry 2 selon Mojon et al. (1985). Il se pourrait toutefois que cette dent appartienne à une forme très proche, *Pseudocordylodon rigassii*, qui indique le même âge (Engesser 1976, Rigassi 1977a).

4. Anciens affleurements disparus

4.1. Nant d'Avanchet

Le Nant d'Avanchet, affluent de la rive droite du Rhône, entaillait des affleurements de Molasse (Fig. 2, lettre G), qui sont reportés sur la carte géologique à 1/25000, relevée par Paréjas (1938; voir aussi Rigassi 1957, pl. II). Depuis la construction de l'autoroute, ces affleurements ont disparu et le Nant d'Avanchet qui prenait sa source dans des marais quelques kilomètres plus au N, a été complètement mis sous tuyau. Dans la notice explicative de la feuille géologique, Paréjas (1938, Figs. 1, 2) présente deux coupes fossilifères, la première de la partie supérieure de la «Molasse bigarrée» (= Marnes et Grès bariolés), la seconde de la partie inférieure de la «Molasse gypseuse» (= Grès et Marnes gris à gypse). Les gastéropodes signalés (*Plebecula ramondi*, *Cepaea subsulcosa*, *Lymnaea* sp.) et les bivalves (*Unio* sp.) ne permettent pas de datation précise.

Dans la littérature, il est généralement admis que la région du Nant d'Avanchet se trouve dans le prolongement du décrochement du Coin qui sépare le secteur septentrional (Grand et Petit Salève) de la partie méridionale du Mont Salève (chaînon des Pitons). Les levés de détail (affleurements, galeries, sondages) ont permis à Angelillo (1987, p. 38 et Fig. 11, reprise ici dans notre Fig. 27) de démontrer l'existence de 5 blocs limités par des failles décrochantes sénestres et par des fractures annexes diversement orientées. Pour cet auteur, la région du Nant d'Avanchet doit être interprétée comme le lieu de passage d'un couloir décrochant distensif sénestre N130E qui n'est autre que l'expression locale en surface de l'accident décrochant du Coin et qui met côte à côte des compartiments de Marnes et Grès bariolés et de Grès et Marnes gris à gypse sans qu'apparaisse en surface leur contact stratigraphique. Ces conclusions infirment celles de Paréjas (1944), qui avait décrit des plissements dans la Molasse de Vernier («synclinal d'Avanchet», «anticlinal de Chèvres»).

Marnes et Grès bariolés

Dans deux prélèvements (coord. suisses: 119,28/496,55/400 et 119,16/496,47/395) d'une centaine de kilos de marnes foncées à débris charbonneux appartenant au sommet des Marnes et Grès bariolés (Fig. 2, lettre G), J. Rolfo signale (in Angelillo 1987, p.

139 et 141) une association de mammifères (coll. NMB) caractéristique du niveau de Küttigen 1 (= MP30, partie inférieure). Elle comprend *Pseudotheridomys rolfoi*, *Rhodanomys* cf. *huguenevae*, *Microdyromys praemurinus*, *Peridyromys* sp., *Eucricetodon collatus*, *Pseudocricetodon* cf. *thaleri*, *Plesiosminthus schaubi*, *Amphilagus* sp. Les charophytes, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Rhadochara* gr. *langeri* se rattachent à la zone à Uneri et/ou à Notata (Angelillo 1987, p. 136; Engesser 1990, p. 137; Engesser & Mödden 1997, p. 490).

Grès et Marnes gris à gypse

Oertli (1956) cite au Nant d'Avanchet la présence d'une unique espèce d'ostracode (*Hemicyprideis genavensis*), considérée comme saumâtre (Rigassi 1957; Carbonnel et al. 1985). Selon Angelillo (1987), la diversité des formes trouvées dans ses lavages des Grès et Marnes gris à gypse de l'affleurement aval de la Petite Falaise (coord. suisses: 496,16/118,91), ainsi que la présence d'autres marqueurs d'eau douce, indiquent un milieu de dépôt à salinité variable. Il rappelle en outre la découverte, par C. Meyer de Stadelhofen (in Rigassi 1957, p. 22), de foraminifères benthiques (*Ammonia beccarii*) typiques de milieux dessalés ou sursalés, dans les Grès et Marnes gris à gypse de la Grande Falaise (coord. suisses: 496,44/119,13).

5. Affleurements temporaires découverts par des travaux de génie civil

5.1. Entrée aval de la galerie du Nant d'Avanchet

A cette entrée (Fig. 2, lettre H), dans un paléosol palustre riche en débris charbonneux, l'échantillon VA 18 (coord. suisses: 496,23/119,05/379) prélevé dans les Grès et Marnes gris à gypse contenait selon Angelillo (1987), outre des fragments de Monocotylédones ou d'Equisetales, des fruits (*Cladocarya trebovensis*, *Brasenia* sp.), des mollusques, des ostéodermes et dents d'*Ophisaurus*:

- des charophytes: *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Chara* gr. *microcera-notata*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*;
- des ostracodes: *Hemicyprideis genavensis*;
- des dents pharyngiennes de poissons: *Tarsichthys* sp.;
- des dents de mammifères: *Glirudinus glirus*, *Peridyromys* cf. *murinus*, *Eucricetodon* sp.

Les charophytes indiquent la zone à Uneri et/ou à Notata. Les micromammifères ne permettent pas de trancher entre l'Oligocène supérieur et le Miocène inférieur; cependant, un échantillon récolté dans le même niveau par D. Rigassi avait livré quelques fragments de dents de lagomorphes indéterminés, ce qui permet d'exclure un âge plus ancien que le ni-

veau de Küttigen 1 (= MP 30, partie inférieure). L'échantillon VA 18 peut donc être attribué à l'Oligocène terminal, et très probablement être rattaché au niveau de Küttigen 1. Comme cet échantillon correspond au niveau VA 604 du sondage tout proche SCG 6481 (Fig. 18), qui traverse le sommet des Marnes et Grès bariolés et la partie inférieure des Grès et Marnes gris à gypse (Angelillo 1987), il est possible de bien situer VA 18, soit à une soixantaine de mètres au-dessus de la base des Grès et Marnes gris à gypse.

5.2. Portail Avanchet

L'échantillon VA 220 d'environ 500 kg, prélevé par Angelillo (1987, p. 80 et 131; Figs. 39 et 40) au sommet de la coupe du portail Avanchet du tunnel de l'autoroute (coord. suisses: 496,20/119,05; Fig. 2, tout proche de la lettre H), dans un paléosol palustre riche en débris charbonneux des Grès et Marnes gris à gypse, a fourni, en plus de fragments de mollusques et d'ostracodes,

- des fruits: *Cladocarya trebovensis*, *Brasenia* sp.;
- des charophytes: *Rantzieniella nitida* (Pl. 6, Figs 1-13), *Chara notata*, *Sphaerochara* sp.;
- des restes de reptiles: *Ophisaurus* sp., Scincomorphes ?;
- des dents pharyngiennes de poissons: *Tarsichthys* sp., *Rutilus* sp.;
- des otolithes de poissons (révision B. Reichenbacher): *Palaeolebias triangularis*, *Dapalis rhomboidalis*, *D. aff. rhomboidalis*, *Hemitrichias dentifer*, genus *Cyprinidarum* sp.;
- des mammifères: *Eucricetodon longidens*, *Rhodanomys* sp., *Melissiodon* sp., *Talpidae* indéf., Lagomorphe indéf.

L'association de charophytes reconnue dans ce gisement date de la zone à Nitida (= MP 30 [partie terminale] - MN 1). L'otolithe *Palaeolebias triangularis* est typique de la zone OT O6, ce qui correspondrait à MP 30. Les micromammifères plaident pour un âge Aquitanien basal. En effet, la présence de Lagomorphes situe l'échantillon VA 220 dans le niveau de Küttigen 1 ou au-dessus. De plus les deux dents d'*Eucricetodon longidens* sont nettement plus grandes que celles de l'*Eucricetodon* de Küttigen 1 et sont dans les dimensions de *E. longidens* de Boudry 2. Il est difficile de placer exactement l'échantillon VA 220 par rapport à la base des Grès et Marnes gris à gypse, mais il se situe vraisemblablement au moins une centaine de mètres au-dessus. En tenant compte des différentes faunes et flores déterminées dans cet échantillon, un âge situé entre les niveaux de Brochene Fluh 53 (= MP 30, partie supérieure) et de Boudry 2 (= MN 1, partie inférieure) paraît le plus probable.

5.3. Le Vengeron

Dans la région du Vengeron, où furent trouvés jadis des fragments de tortues (Favre 1879, t. II, p. 76), deux affleurements de Grès et Marnes gris à gypse, actuellement recouverts (Fig. 2, lettre B), ont fourni des dents de micromammifères. Le premier, situé dans le lit du ruisseau (coord. suisses: 500,57/122,37/385) et fouillé par D. Rigassi et G. de Beaumont, avait livré notamment *Plesiosminthus schaubi* (Pl. 8, Fig. 2) caractéristique du niveau de Küttigen 1. Le deuxième gisement a été découvert par les travaux de l'autoroute (coord. suisses: 500,70/122,10; Fig. 2, lettre C). Un dessin de cet affleurement fut publié par Lombard (1965, Fig. 1), tandis que le relevé plus précis du même affleurement par J.-M. Jaquet est resté inédit. D. Rigassi et G. de Beaumont y ont découvert *Rhodanomys hugueneyae* (coll. MHNG, n° V5197, Pl. 7, Fig. 6), ce qui correspond à la zone MP 30 (niveau de Küttigen 1 ou de Brochene Fluh 53).

5.4. Choulex

Une fouille creusée pour les fondations d'un bâtiment dans le village de Choulex (coord. suisses: 506,40/120,12; Fig. 2, lettre D) a mis à jour une coupe de 1 m dans les Grès et Marnes gris à gypse. L'échantillon VA 315-316 de 50 kg, prélevé par Angelillo (1987) dans un niveau palustre riche en débris charbonneux a permis d'extraire une association significative sur le plan biostratigraphique. Outre les fruits (Cyperaceae), les fragments de bois, les débris de mollusques, d'ostracodes, de poissons, de reptiles et d'amphibiens, l'échantillon a fourni des dents de mammifères (coll. NMB): *Paratalpa* sp., *Rhodanomys* cf. *transiens*, *Pseudotheridomys* cf. *schaubi*, *Pseudotheridomys rolfoi*, *Eucricetodon* sp., *Steneofiber* sp., *Amphilagus ulmensis*. Ce dernier indique l'Aquitainien inférieur (= zones MN 1 à MN 2a); un âge plus jeune n'est pas vraisemblable car *A. ulmensis* y possède un degré évolutif différent. De plus, la présence de *Rhodanomys* cf. *transiens* exclut la zone MN 2a. En conclusion, l'échantillon prélevé à Choulex date du niveau de Boudry 2 (= MN 1, partie inférieure), c'est-à-dire de la base de l'Aquitainien; voir Angelillo (1987, p. 109 et 133, Fig. 48), Engesser (1990, p. 138), Engesser & Mödden (1997, p. 490).

5.5. Cologny

Dans une fouille (Fig. 2, lettre F), près de Cologny (coord. suisses: 503,36/119,03), D. Rigassi avait levé en juillet 1981 une coupe d'une cinquantaine de mètres, publiée par Angelillo (1987, p. 110 et 134, Fig. 49). Les échantillons Cologny 3 et 4 (coll. J.-P. Berger), récoltés dans la partie inférieure de cette coupe, renferment des fruits de *Cladocarya* sp. et des charophytes (*Rhabdochara nitida*, *Rhabdo-*

chara gr. *langeri*, *Stephanochara* gr. *praeberdodentis*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* sp.) qui caractérisent la zone à Nitida (= MN 1).

5.6. Vandoeuvres

Une fouille (Fig. 2, lettre E) effectuée pour les fondations d'un ensemble de villas à Vandoeuvres (coord. suisses: 504,04/119,08) a mis à jour dans une coupe discontinue d'une vingtaine de mètres «un grès grossier à deux micas massif, chenalissant, d'une épaisseur de 1,2 m» (Angelillo 1987, p. 151, Fig. 65). Cet affleurement temporaire a été attribué à la zone MN 1 ou MN 2a, en se basant sur l'analogie des faciès observés à Cologny et à Vandoeuvres, les charophytes et ostracodes d'eau douce isolés à Vandoeuvres n'autorisant pas une datation.

IV. SONDAGES PÉTROLIERS

1. Sondages du XIX^e siècle

Ils sont mentionnés ici pour mémoire, mais n'ont pas fourni d'informations stratigraphiques importantes sur la Molasse; de plus, ils ne sont pas tous localisés avec précision (Wassall & Assoc. 1961).

1.1. Pregny

Exécuté en 1831-1833 «au sommet de la colline de Pregny, dans la propriété de M. Giroud» (coord. suisses: env. 499/121) à environ 3 km au NW de Genève, pour des recherches géothermiques; la profondeur totale de ce sondage a atteint 221,5 m. De la Rive & Marcket (1834), puis Favre (1879, t. II, p. 101-102) en donnent le profil résumé ci-dessous:

- - Quaternaire (0 - env. 17 m): moraine, puis sable, puis gravier de l'«Alluvion ancienne»;
- - Molasse (= Marnes et Grès bariolés):
 - env. 17 - 128: prédominance des marnes bariolées alternant avec de minces couches de grès;
 - 128 - 221,5: prédominance des grès alternant avec de minces couches marneuses; un de ces intervalles gréseux atteint 24 m d'épaisseur.

1.2. Collonges

Exécuté en 1884, ce sondage implanté pour la prospection de charbon, sur rive droite du Rhône (coord. suisses: env. 877/133), à environ 4 km au N de Vulpens (lettre P, Fig. 2) a atteint 225 m de profondeur.

1.3. Challex-1

Ce sondage de 225 m de profondeur (coord. suisses: env. 487,82/115,05), très proche du puits Challex-2

(Fig. 2), exécuté en 1887, a également été foré pour la prospection de charbon (Manigler 1887; Paréjas 1938).

1.4. La Plaine

Exécuté en 1889 pour la prospection d'hydrocarbures, le sondage de la Plaine (ou sondage Gardy; coord. suisses: env. 489,4/114,9) a atteint 124,5 m de profondeur; il a été foré sur rive droite du Rhône, à environ 1,7 km à l'W du sondage plus récent Gex CD 04 (Fig. 2).

1.5. Pont des Granges

En établissant les fondations du pont des Granges (coord. suisses: 488,9/119,5/407) en 1842, un banc de lignite de 1 m d'épaisseur aurait été traversé (Paréjas 1938, p. 7). Plus tard, en 1889, un forage de 135 m de profondeur implanté près du pont des Granges, à environ 1 km au NW du sondage Peissy-1 (Fig. 2), avait pour but la prospection d'hydrocarbures.

2. Sondage de Challex-2

Exécuté en 1918-1920 par la Société de Pétrole Ain-Savoie et implanté pour la prospection d'hydrocarbures à environ 100 m au SW de Challex-1 (coord. suisses: 487,75/115,0); françaises: 881,50/137,35; Fig. 2), ce sondage a atteint une profondeur totale de 273,5 m (Heim 1922). Selon Wassall & Assoc. (1961), il a traversé:

- - 0 - 264,7 m: Marnes et Grès bariolés
- - 264,7 - 273,5: Calcaires inférieurs.

Le fond du sondage se situerait à environ une dizaine de mètres au-dessus du substratum crétacé (très probablement Calcaires urgoniens) d'après le profil dessiné par Heim (1922, Fig. 1). Les grès sont imprégnés d'hydrocarbures de 108 à 110, de 125,6 à 138,4 et de 158,5 à 160,5 m; le niveau supérieur (108 - 111 m) a fourni 3 litres d'hydrocarbures de densité 0,94.

3. Sondage de Peissy-1

Exécuté par la Société de mise en valeur des gisements métallifères suisses, ce sondage (coord. suisses: 489,97/119,05/472; Fig. 2) a été réalisé en 1944-1945, pour la prospection d'hydrocarbures. Curieusement, l'emplacement de ce sondage, dont la profondeur a atteint 293,6 m, n'a pas été reporté sur la carte géologique St-Julien-en-Genevois à 1/50000 (Donzeau et al. 1997). La description détaillée figure dans plusieurs publications de Lagotala (1945, 1947, 1948). Nous avons repris et simplifié le log lithologique synthétique dessiné par Schroeder (1958) sur

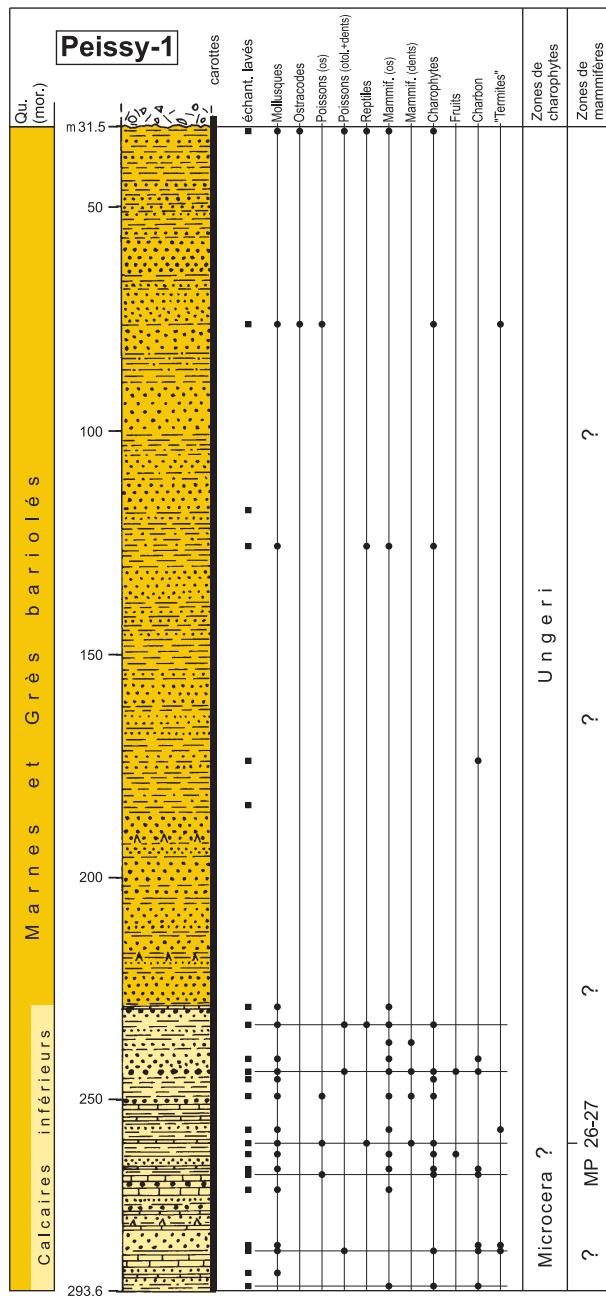


Fig. 6: Sondage de Peissy-1.

notre Fig. 6: après 31,5 m de moraine, ce sondage est resté dans la molasse, ici subhorizontale, sans en atteindre la base; on y distingue les Marnes et Grès bariolés (entre 31,5 et 230 m environ) et les Calcaires inférieurs (entre 230 et 293,6 m). Des imprégnations d'hydrocarbures ont été relevées entre 60 et 64, 71 et 76, 78 et 80, 90 et 94, à 101, à 131, entre 158 et 162, et à 215 m.

Le sondage a été entièrement carotté et les carottes sont conservées au Muséum d'Histoire naturelle de la Ville de Genève; elles avaient déjà fait l'objet de commentaires et de diverses analyses (minéraux lourds, argiles, microfossiles, diagenèse, etc) par Rigassi

(1957), Vernet (1964), Kissling (1974), Maurer (1981, 1983), Schegg (1993). Nous y avons à notre tour prélevé et lavé 16 échantillons surtout marneux grâce à l'aimable autorisation de la direction du Muséum; nous avons en outre revu les microfossiles isolés par D. Kissling: charophytes (actuellement coll. J.-P. Berger, Fribourg) et dents de mammifères (NMB).

Lagotala (1947, 1948) a relevé que sur les 261,1 m de molasse traversés par le sondage de Peissy-1, 92,6% des roches avaient un caractère gréseux; quant aux niveaux argileux proprement dits, il n'en signale que sur 4 m d'épaisseur au total. La présence de minces filons de gypse fibreux vers 190, 208 et 278 m doit être soulignée. Les niveaux de «brèche» et de «poudingue» distingués par Lagotala (1948) et par Schroeder (1958) sont des dépôts fluviatiles de fond de chenal (lag deposits). Les fragments charbonneux, souvent riches en pyrite, sont courants à la base de la série, dans les Calcaires inférieurs, dès 250 m. Un premier mince niveau de calcaire lacustre est situé à 230 m.

Marnes et Grès bariolés

- Ech. 32,0-32,1 m: Artiodactyle indéf. (fragm. de dents); coquilles d'oeuf (probablement de reptile); ostracodes d'eau douce: *Pseudocandona* sp., *Strandesia* sp. (Pl. 3, Fig. 3), *Heterocypris?* sp.; charophytes: *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp.,? *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*.
- Ech. 75,0: *Chara* sp., *Hornichara lagenalis*.
- Ech. 75,9-76,1: *Ilyocypris essertinesensis* (Pl. 2, Figs. 4-5), *Herpetocypris?* sp.
- Ech. 125,0: *Hornichara lagenalis* (parfaitement conservées).

Calcaires inférieurs

- Ech. 233,0: ? *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*.
- Ech. 243,0: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*,? *Rh.* gr. *stockmans-major*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*.
- Ech. 245,0: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*.
- Ech. 261,0: *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*.
- Ech. 261,5-261,7: dent de crocodile.
- Ech. 261,76: *Eomys* cf. *molassicus*, cf. *Allocricetodon incertus*, *Blainvillimys* sp., Erinacéidé indéf.
- Ech. 266,0: ? *Stephanochara* gr. *ungeri*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Hornichara lagenalis*.
- Ech. 268,0: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*,? *Rh.* gr. *stockmans-major*.
- Ech. 284,0: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*.
- Ech. 292,0: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, formes très proches de *Rh. major* (Pl. 5, Figs 7-9),? *Stephanochara* gr. *ungeri*.

Dans une carotte à 261,7 m, Kissling (1974, p. 19-20) avait isolé des dents qui furent déterminées par M. Hugueney, puis revues par B. Engesser; il s'agit de

Eomys cf. *molassicus*, cf. *Allocricetodon incertus*, *Blainvillimys* sp., Erinacéidé indé. Cette association se situe entre les niveaux d'Oensingen 1 et de Wynau 1 (= MP 26 - MP 27[base]). D'autre part, malgré leurs faibles quantités, les charophytes déterminées montrent que presque tout l'intervalle foré doit se situer dans la zone à Unger (MP 27-28). Seule la base du forage, dès 268 m et au-dessous, avec de nombreuses *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major* mal ornées et la quasi-absence de *Stephanochara* gr. *ungeri*, pourrait peut-être appartenir au sommet de la zone à *Microcera*, ce qui correspondrait au niveau MP 26.

4. Sondage de Messery-1

Exécuté par la Société PREPA en 1958 pour la prospection d'hydrocarbures, le sondage de Messery-1 (coord. françaises: 904,73/157,52/425; Fig. 2) a atteint une profondeur de 737,7 m. D'après des documents inédits de la PREPA, Wassall & Assoc. (1961), Vial (1976), Vial et al. (1987), le profil du sondage est le suivant (Fig. 7):

- - 0 - 18 m: Quaternaire (moraine)
- - 18 - 62: Chattien supérieur (Grès et Marnes gris à gypse)
- - 62 - 589: Chattien inférieur (Marnes et Grès bariolés)
 - prédominance marneuse de 62 à 295,
 - prédominance gréseuse de 295 à 457,
 - à nouveau prédominance marneuse de 457 à 510,
 - nettement plus calcaire de 510 à 565,
 - prédominance de calcaires lacustres de 565 à 589 (= Calcaires inférieurs)
- - 589 - 620: Crétacé supérieur (calcaire fin beige d'âge turonien ou sénonien)
- - 620 - 655: Albian (grès glauconieux verts), puis Aptien (marnes à orbitolines)
- - 655 - 737,75: Barrémien supérieur (calcaires à faciès urgénien).

L'intervalle molassique n'a pas fait l'objet d'investigation particulière et n'a pas livré de fossiles.

5. Sondage du Mont de Boisy-1

Exécuté par la Société PREPA en 1959, ce sondage d'une profondeur totale de 1954,5 m, a été implanté sur le Mont de Boisy (coord. françaises: 908,36/152,67/679; Fig. 2) pour la prospection d'hydrocarbures. Le sondage a rencontré successivement, après une dizaine de mètres de moraine et jusqu'à la profondeur de 1773 m selon les documents de la PREPA (ou 1768 m selon Wassall & Assoc. 1961), des formations molassiques attribuées à l'Aquitainien, au Chattien supérieur et inférieur et au Rupélien. L'analyse palynologique d'une dizaine de carottes mo-

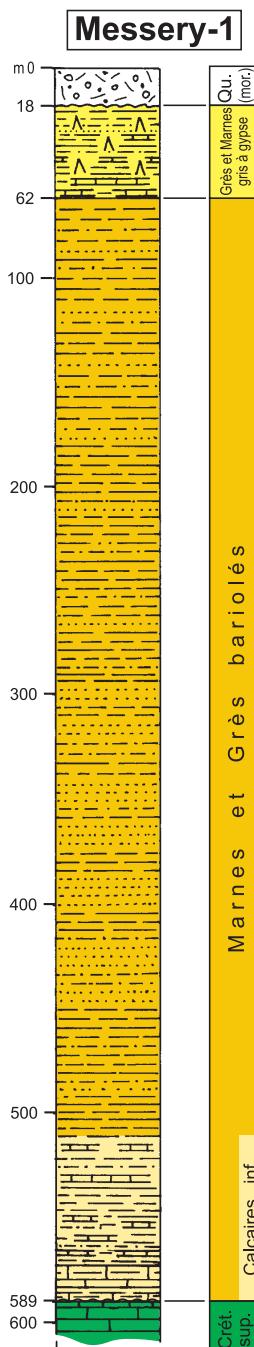


Fig. 7: Sondage de Messery-1.

lassiques n'a pas livré de microflores déterminables (Sittler 1965, p. 251). Puis, directement au-dessous de ces terrains tertiaires, le sondage a traversé différents faciès attribués aux formations du Crétacé supérieur, de l'Albo-Aptien et de l'Urgonien (Fig. 8).

L'interprétation de la série tertiaire a été révisée par Büchli et al. (1976) qui, à la suite d'une prospection géoélectrique dans le secteur, considèrent que la colline du Mont de Boisy correspond à une Molasse charriée, chevauchant un ensemble autochtone constitué par une série normale comprise entre le Rupélien et l'Aquitainien. Cette hypothèse est en accord non seulement avec les paramètres géophysiques mesurés par Büchli et al. (1976), mais aussi avec les variations de pendage, soit 5-8° jusqu'à 600 m, 45° entre 750 et 870 m, et environ 30° à 1717 m. Suivant cette hypothèse et en tenant compte des variations de pendages, la Molasse charriée atteint près de 570 m d'épaisseur; elle chevauche un Aquitainien autochtone de 45 m de puissance, au-dessous duquel se trouve le Chattien autochtone dont l'épaisseur dépasse 800 m (Büchli et al. 1976, Fig. 35; Vial 1976, Figs. 13-14; Olive et al. 1987). Ce chevauchement serait celui de la Molasse subalpine, nommé accident de la Paudèze au N du Léman, dont Dupuy (2006) vient de préciser le tracé à travers le lac à l'aide de profils de sismique réflexion à haute résolution.

Suivant Wassall & Assoc. (1961), la base de la série tertiaire se rattache à la Molasse marine inférieure (UMM), montrant 24 m (épaisseur apparente) de grès fins attribués au Rupélien supérieur et rattachés aux Grès de Vaulruz (ou Grès de Bonneville ou Bausteinschichten), puis 48 m (épaisseur apparente)

de marnes grises datées du Rupélien inférieur et assimilées aux Marnes de Vaulruz (ou Série marno-micacée ou Tonmergelstufe). Rigassi (1977a, p. 23) propose une interprétation différente des épaisseurs de la base du Tertiaire: 46 m de Grès de Bonneville et 67 m de Série marno-micacée reposant sur 9 m de Sidérolithique. Ce point de vue n'est pas partagé par Olive et al. (1987), puisque sur leur dessin de la coupe du Mont de Boisy-1 (feuille Douvaine à 1/50000), le Rupélien, mentionné entre 1652 et 1773 m, est représenté par une série de 121 m de puissance apparente composée de haut en bas par des grès, des marnes gréso-sableuses et des grès gris quartzeux.

Le sondage Mont de Boisy-1 livre une précieuse indication sur la position probable du biseau de la Molasse marine inférieure (UMM), dont le tracé dans la région savoyarde, puis lémanique et au-delà vers le NE, est détaillé par Rigassi (1977, p. 24; 1996, p. 7). Autre fait important que révèle ce sondage: la série tertiaire repose sur des terrains du Crétacé supérieur représentés par 39 m (épaisseur apparente) de calcaires fins (entre 1768 et 1807 m) selon Wassall & Assoc. (1961) ou par 38 m de calcaires beiges avec marnes bariolées (entre 1773 et 1811 m) d'après Olive et al. (1987).

6. Sondage d'Humilly-1

Foré en 1960 par la société PREPA pour prospection d'hydrocarbures, ce sondage (coord. suisses: 883,88/128,04; Fig. 2) d'une profondeur de 905 m a traversé les formations suivantes (Wassall & Assoc. 1961):

- - 0 - 33 m: Quaternaire;
- - 33 - 130: Grès et Marnes gris à gypse;
- - 130 - 730: Marnes et Grès bariolés;

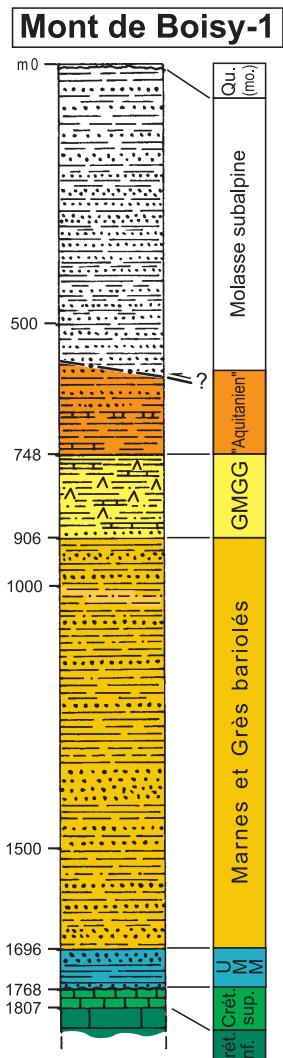


Fig. 8: Sondage de Mont-de-Boisy-1.

- - 730 - 750: Sidérolithique éocène;
- - 750 - 885: Urgonien;
- - 885 - 905: Hauterivien, etc.

Ce sondage n'a pas révélé d'indices d'hydrocarbures. A notre connaissance, la Molasse n'a pas fait l'objet d'investigations biostratigraphiques systématiques, à part la mise en évidence d'ostracodes saumâtres dans les Grès et Marnes gris à gypse (Rigassi 1977a, p. 5) et celle de rares pollens de Pinacées et de Cyrillacées dans les Marnes et Grès bariolés (Sittler 1965, p. 251).

7. Sondage d'Humilly-2

Foré en 1968-1969 par la Société nationale des Pétroles d'Aquitaine (SNPA) pour prospection d'hydrocarbures, le sondage Humilly-2 (coord. françaises: 885,02/130,53; Fig. 2) a atteint 3051 m de profondeur. Selon des documents inédits de la SNPA et selon Rigassi (1977a, p. 5 et 18), le profil de la partie supérieure de ce puits (Fig. 9) se présente comme suit:

- - 0 - 67 m: Quaternaire;
- - 67 - 360 env.: Marnes et Grès bariolés;
- - 360 env. - 428: Calcaires inférieurs;
- - 428 - 430: Gompholite;
- - 430 - 437,5: Sidérolithique gréseux (= Huppersand) éocène;
- - 437,5 - 562: Urgonien avec filons de Sidérolithique argileux (= Bolus) jusqu'à vers 445 m;
- - 562 - 667: Hauterivien; etc.

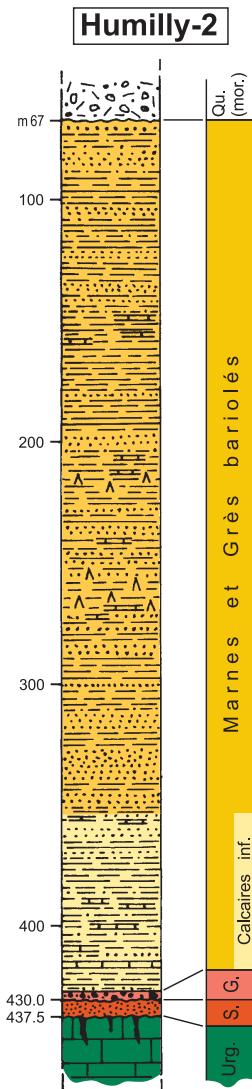


Fig. 9:
Sondage d'Humilly-2.

IV. SONDAGES PÉTROLIERS DE BP-FRANCE

1. Sondage Gex CD 01

Exécuté en 1983. Coord. françaises: 887,90/146,62/471; suisses: 494,60/123,75/471; Fig. 4. Log lithologique (Fig. 10) d'après le rapport S.F.E.B.P. (1983) et Olmari (1983). Molasse carottée entre 11,3 et 57,6, 110,0 et 114,5, 135,3 et 143,9, 151,4 et 155,5, 166,8 et 290,5 m.

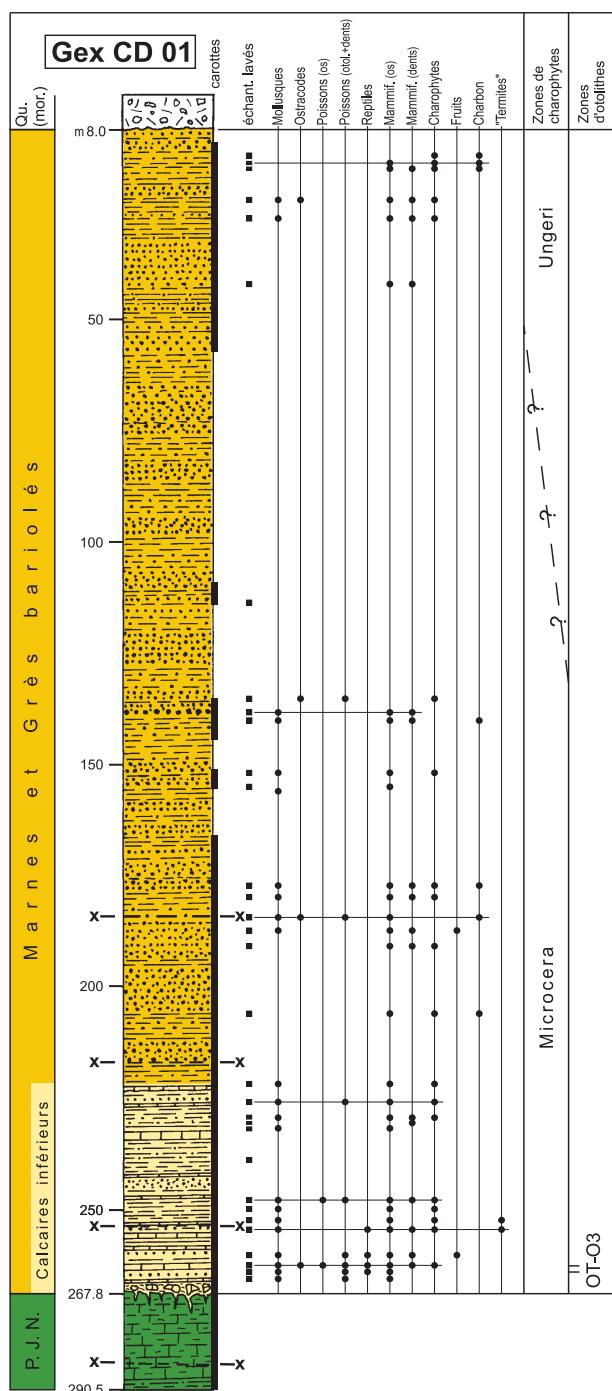


Fig. 10: Sondage Gex CD 01.

Quaternaire

- - 0 - 1,0 m: terre végétale
- - 1,0 - 8,0: moraine argileuse et graveleuse

Marnes et Grès bariolés

- - 8,0 - 11,3: grès fins et marnes rouges
- - 11,3 - 13,5: grès gris vert à galets mous; terriers
- - 13,5 - 18,5: marnes gris noir et silts marneux, bruns, verts, lie-de-vin; concrétions calcaires, beiges à la base
Ech. 16,8: *Nitellopsis (Tectochara)* sp.; Théridomyidé indét.
- - 18,5 - 23,0: grès gris vert, pyriteux par places
- - 23,0 - 28,0: argiles et marnes bariolées
Ech. 23,0: *Nitellopsis (Tectochara)* gr. *meriani*, *Hornichara lagenalis*, *Stephanochara* gr. *ungeri*
- - 28,0 - 41,0: grès gris vert à gris brun, avec passées marno-silteuses; imprégnations d'hydrocarbures
- - 41,0 - 57,6: grès fins et marnes silteuses vertes, brunâtres, bariolées
- - 57,6 - 64,0: marnes silteuses et silts micacés, glauconieux, gris vert à ocres
- - 64,0 - 65,0: grès gris clair
- - 65,0 - 84,4: marnes silteuses brun rouge, gris vert, lie-de-vin
- - 84,4 - 110,0: marnes silteuses gris beige, gris vert, brun rouge, et grès fins gris vert
- - 110,0 - 114,5: grès très fins silteux, fortement bioturbés, et marnes silteuses vertes, brun rouge, lie-de-vin
- - 114,5 - 135,3: grès fins à très fins, gris vert, et marnes silteuses bariolées, gris vert, ocres
- - 135,3 - 143,9: grès gris vert et marnes silto-gréseuses vertes et brunes, bioturbées, avec par endroits des concrétions calcaires; gros *Unio* sp.; imprégnations d'hydrocarbures
Ech. 136,2: *Sphaerochara* sp.
- - 143,9 - 151,4: grès fins gris et marnes silteuses beiges, ocres
- - 151,4 - 155,5: grès silteux fins, gris vert sombre et marnes brunes et vertes, lie-de-vin
Ech. 152,0: *Hornichara lagenalis*
- - 155,5 - 166,8: grès fins à moyens gris foncé et marnes brun rouge, ocres, gris vert, vertes, lie-de-vin
- - 166,8 - 178,0: grès gris vert à gris brun à galets mous, concrétions calcaires; nombreux *Unio* sp.; imprégnations d'hydrocarbures
Ech. 177,7: Théridomyidé indét.
- - 178,0 - 184,4: grès bruns à galets mous avec lits charbonneux centimétriques et marnes silteuses verdâtres; plan de faille à 184,4 m
Ech. 180,0: *Nitellopsis (Tectochara)* sp.
- - 184,4 - 205,0: grès gris vert à gris brun avec lamination de charbon soulignant la stratification; présence de galets mous et nodules calcaires (caliche) donnant l'aspect d'une gompholite; imprégnations d'hydrocarbures; à 205,0 m niveau de charbon épais de 2 cm
Ech. 191,0: Cricétidé indét., Théridomyidé indét., Artiodactyle indét.
- - 205,0 - 211,4: grès très fins verdâtres et marnes silteuses vertes, brunes, lie-de-vin, bariolées
Ech. 206,0: *Nitellopsis (Tectochara)* sp.

- - 211,4 - 217,4: grès gris vert; fines lamination de charbon; plan de faille à 217,4 m
- - 217,4 - 222,4: grès très fins verts et marnes silto-gréseuses micaées, pyriteuses, gris noir, vertes.
Ech. 221,0: *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp.

Calcaires inférieurs

- - 222,4 - 232,5: calcaires marneux beige, grès très fins et marnes silteuses bariolées; niveaux charbonneux
Ech. 226,6-226,7: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* sp.; *Palaeoesox* cf. *oligocenicus*
Ech. 230,0: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*
Ech. 230,8-231,1: Eomyidé indé.
- - 232,5 - 234,5: calcaires gris beige, verdâtres, avec nodules (paléosols) et poches d'argiles vertes; fractures imprégnées d'hydrocarbures
- - 234,5 - 254,4: grès très fins silteux verdâtres, calcaires noduleux beiges, roses à verts et marnes silteuses bariolées, rouges, vertes, grises; rares niveaux ligniteux; imprégnations d'hydrocarbures
Ech. 248,0: *Chara* sp., *Hornichara lagenalis*, *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*
Ech. 248,3-248,5: genus *Umbridarum* sp., genus *Cyprinidarum* sp. (Pl. 4, Fig. 10)
Ech. 250,0: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
Ech. 250,2: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
Ech. 254,0: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*
- - 254,4 - 256,2: calcaires beige rosé avec fractures remplies de marnes silteuses vertes ou rouges; plans de failles
Ech. 255,6: *Ophisaurus* sp. ?
- - 256,2 - 267,8: calcaires parfois noduleux rosés à beige foncé, grès très fins à moyens, silteux gris et marnes silteuses vertes, brunes, bariolées, lie-de-vin à nodules carbonatés
Ech. 260,0: *Sphaerochara* sp.
Ech. 260,8-261,3: Cricétidé indé.
Ech. 262,8-263,5: dent fragmentaire d'Artiodactyle indé.; *Chara* sp. (gr. *microcera-notata*?), *Hornichara lagenalis*, *Stephanochara* sp., *Sphaerochara* sp., *Sphaerochara* gr. *hirmeri*; *Tarsichthys* sp. (dents pharyngiennes de poissons Cyprinidés)
Ech. 263,7-263,9 et éch. 265,6-266,1: *Palaeoesox oligocenicus* (Pl. 4, Figs. 6, 8, 9), lapilli indé.

Pierre jaune de Neuchâtel

- - 267,8 - 273,2: calcaires beige-verdâtre, glauconieux, bioclastiques grossiers, quartzeux, karstifiés; imprégnations d'hydrocarbures
- - 273,2 - 276,2: calcaires quartzo-glaconieux gris vert ou ocres
- - 276,2 - 286,3: calcaires marneux bioclastiques, peu glauconieux, gris vert, avec fragments d'échinides et de bivalves; silicifications à 282,4 m; plan de faille avec calcite et pyrite à 286,3 m

- - 286,3 - 290,5: calcaires marneux bioclastiques glauconieux à débris d'échinides et de bryozoaires, passant vers le bas à une marne peu glauconieuse (= faciès «Marnes d'Hauterive»).

Remarques

- Dans le sondage CD 01, les Marnes et Grès bario-lés, qui ont été traversés sur 216,4 m, sont caractérisés par une prédominance de grès généralement fins et de marnes silto-gréseuses, dont les couleurs sont très variables: grises, brunâtres, verdâtres, lie-de-vin, bariolées, rougeâtres. Des niveaux conglomeratiques (lag deposits), presque toujours riches en débris de gros *Unio*, ont été relevés à 138,6, 177,7, entre 187,8 et 188,3, à 191,0, et entre 264,4 et 264,6 m; les éléments sont surtout des galets mous argilo-silteux et des nodules caliches carbonatés, très rarement des calcaires et des silex crétacés.
- Les Calcaires inférieurs, observés sur 45,4 m, se manifestent dès 223 m. Ils surmontent directement la Pierre jaune de Neuchâtel à 267,8 m, et non pas les Calcaires urgoniens comme l'affirme à tort Morend (2000, p. 35-37).
- Le spectre des minéraux lourds varie relativement peu: toutefois l'épidote diminue assez fortement de 210 m à la base de la Molasse au profit des résistants (zircon-tourmaline-TiO₂), alors que le grenat, la hornblende et l'apatite restent constants.
- Du point de vue biostratigraphique, la microflore de charophytes est assez représentative du Chattien inférieur (avec nombreuses *Hornichara lagenalis* et *Rhabdochara* gr. *major-praelangeri*) dans la plus grande partie du sondage, ce qui correspond probablement à la zone à *Microcera* (= MP 24 [sommet] - MP 26) et *Ungeri* (= MP 27-28). Le sommet du sondage devrait appartenir à la zone à *Ungeri* avec la présence de *Stephanochara* gr. *ungeri* à 23 m.
- Les otolithes du poisson *Palaeoesox oligocenicus* observés entre 263,7 et 266,1 m, vers la base des Calcaires inférieurs, apparaissent dans les zones OT-O3 et OT-O2, laquelle correspond à la zone MP 24 à St. Martin-de-Castillon (bassin d'Apt) et à la zone MP 25 en Bavière. Cependant, en raison de l'absence de *Palaeolebias symmetricus* qui est spécifique de la zone OT-O2, il est raisonnable de rapporter ce niveau à otolithes à la zone OT-O3, qui correspond à la zone MP 25 et à la partie inférieure de la zone MP 26, comme à Oensingen (Suisse) et à Aubenas-les-Alpes (France). Tous les autres otolithes (genus *Umbridarum* sp., genus *Cyprinidarum* sp.) rencontrés entre 226 et 266 m, appartiennent à des Umbridés et des Cyprinidés qui sont des poissons d'eau douce typiques.

- Les pendages observés sur les carottes sont tous subhorizontaux. Trois failles ont été notées dans les Marnes et Grès bariolés à 184,4 m, entre 217 et 218 m et dans les Calcaires inférieurs à 254 m.
- Les bancs de grès, d'ordre métrique ou exceptionnellement décimétrique, sont souvent imprégnés par des hydrocarbures (entre 135,4 et 138,5; entre 171,8 et 177,4; entre 185,6 et 191,7; entre 243,2 et 245,0 m). La porosité des grès très imprégnés est excellente avec des valeurs maximales supérieures à 30% et assez constante à l'intérieur d'une même séquence gréseuse. La perméabilité par contre est faible et présente de plus grandes variations. En outre, il faut relever la présence de plusieurs minces veines de charbon, la plus épaisse mesurant 2 cm.
- Le contact entre la base des Calcaires inférieurs et le sommet du substratum mésozoïque, représenté dans ce sondage par le faciès «Pierre jaune de Neuchâtel», est souligné par un niveau conglomeratique de 6 m d'épaisseur; il correspond très probablement au démantèlement du toit de la «Pierre jaune de Neuchâtel», karsti-

fié et altéré, et non pas à la Gompholite, comme l'indique le rapport de fin de sondage de BP-France (1983).

2. Sondage Gex CD 02

Exécuté en 1983. Coord. françaises : 883,60/145,72/450 ; suisses : 490,240/123,170/450; Fig. 4. Colonne lithologique (Fig. 11) d'après le rapport C.F.E.B.P. (1983) et Olmari (1983). Molasse carrottée entre 216,1 et 347,6 m.

Quaternaire

- - 0 - 1,2 m : terre végétale
- - 1,2 - 15,0 : moraine argilo-sableuse et graveleuse

Marnes et Grès bariolés

- - 15,0 - 30,0 : marnes silteuses, beige ocre, avec intercalations de grès fins
- - 30,0 - 39,0 : grès gris verdâtre, très fins à moyens, et silts argileux
- - 39,0 - 48,0 : marnes silteuses bariolées, ocres, lie-de-vin
- - 48,0 - 60,2 : grès gris verdâtre, fins à très fins au sommet, moyens à la base ; lits ligniteux

- - 60,2 - 65,0 : marnes silteuses, gris clair, ocres
 - - 65,0 - 81,0 : grès fins à très fins, gris et niveaux marneux gris
 - - 81,0 - 94,2 : grès très fins à moyens, gris clair, et marnes silteuses gris vert, ocres
 - - 94,2 - 100,0 : grès très fins à moyens, gris vert
 - - 100,0 - 118,2 : marnes silteuses ocres, gris vert, lie-de-vin, et grès fins à moyens, gris verdâtre
 - - 118,2 - 135,0 : marnes silteuses gris clair, ocres à la base, avec niveau décimétrique de grès fins à très fins
 - - 135,0 - 165,0 : marnes silteuses ocres, beiges, grisâtres et grès très fins, gris
 - - 165,0 - 207,0 : marnes silteuses gris clair, rougeâtres, lie-de-vin, bariolées avec rares passées décimétriques de grès fins grisâtres
 - - 207,0 - 216,2 : grès très fins à moyens, gris clair à gris verdâtre; plan de faille à 212,0
 - - 216,2 - 233,4 : grès très fins, gris vert, à galets mous et marnes argileuses parfois silteuses vertes, brunes, bariolées ; fragments charbonneux ; plan de faille entre 216,3 et 216,5 m
- Ech. 223,2-223,4 : fragment d'incisive de *Rodens* sp.
- Ech. 227,0 : *Rhabdochara* gr. *langeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* sp.

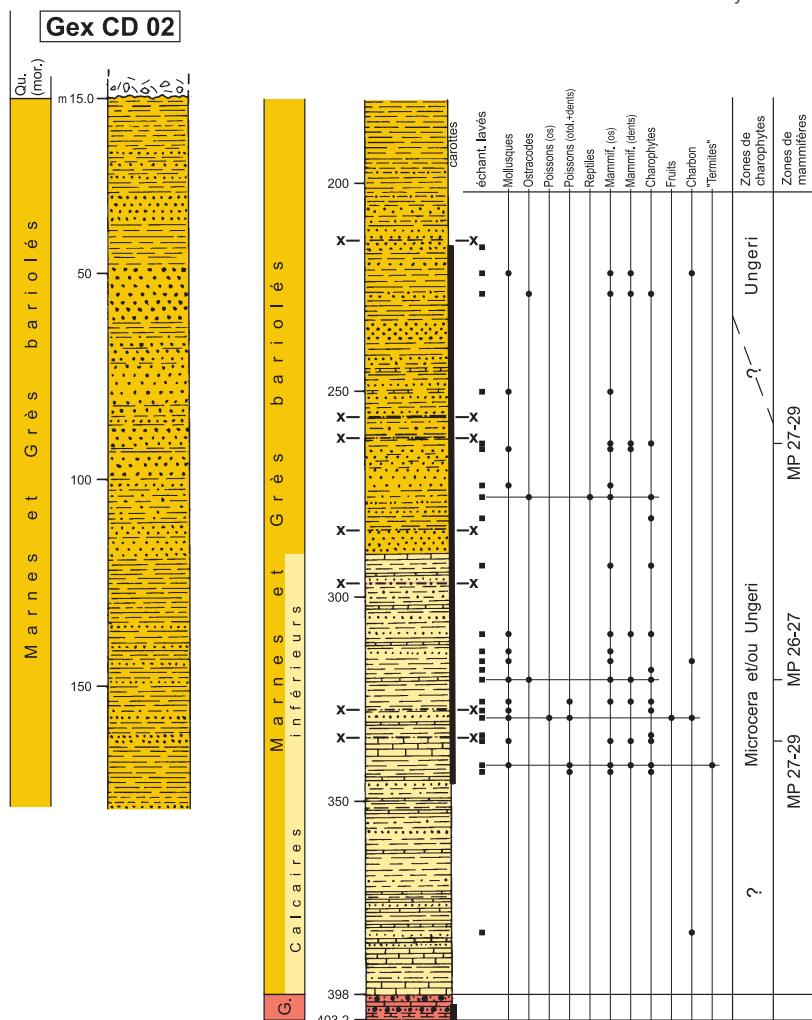


Fig. 11: Sondage Gex CD 02.

- Ech. 227,8-228,1: ?Herpetocypris sp., Ostracoda indét. (fragments écrasés de formes juvéniles)*
- Ech. 228,0: Nitellopsis (Tectochara) sp., Hornichara lagenalis; Rodens indét.*
- - 233,4 - 237,5 : grès fins à moyens, gris verdâtre
 - - 237,5 - 244,4 : grès moyens gris et argiles bariolées
 - - 244,4 - 284,0 : marnes argilo-silteuses bariolées, vertes, brunes, sombres et grès silteux, très fins à fins, gris vert, gris brunâtre ; vers 245, 249 et 261 m, nodules de calcaires marneux beige vert, bioturbés ; plans de failles à 257,2, 261,1, 265,2, 284,0 m ; pendage de 10° à 280 m
 - Ech. 263,0: Sphaerochara sp. ; Rodens indét. (Eomyidé?, Cricétidé?)*
 - Ech. 264,5-264,7: Eomyidé de la taille d'Eomys ebnatensis*
 - Ech. 276,3: Nitellopsis (Tectochara) gr. meriani, Rhabdochara gr. praelangeri-major ; Rodens indét. ; reptiles (Ophisaurus sp.)*
 - Ech. 281,0: Sphaerochara sp.*
 - - 284,0 - 289,6 : grès fins à moyens, gris vert, avec rares intercalations marno-silteuses gris vert

Calcaires inférieurs

- - 289,6 - 296,2: grès silteux très fins verts et marnes argileuses brun vert, bariolées; au sommet et vers la base, niveaux décimétriques de calcaires marneux noduleux beige verdâtre
- - 296,2 - 297,9: marnes argileuses bariolées à nodules calcaires; ce niveau est encadré par deux plans de faille
- - 297,9 - 304,2: grès très fins silteux en lits centimétriques et marnes argileuses bariolées avec deux niveaux décimétriques de calcaires micritiques beige vert
- - 304,2 - 331,2: grès silteux très fins et marnes argileuses brunes, vertes, lie-de-vin, bariolées; 5 niveaux centimétriques à décimétriques de calcaires noduleux beige vert à beige rosé; à 320 m, pendage d'environ 20°; plan de faille entre 327,7 et 328,9 m
- Ech. 310,1: Nitellopsis (Tectochara) gr. meriani, Stephanochaera gr. ungeri, cf. Rhabdochara gr. praelangeri-major, Sphaerochara indét., Rodens indét.*
- Ech. 318,2: Nitellopsis (Tectochara) gr. meriani, Chara sp.*
- Ech. 320,0: Rhabdochara gr. praelangeri-major, Nitellopsis (Tectochara) gr. meriani, Sphaerochara sp.*
- Ech. 320,6-321,0: cf. Eomys molassicus*
- Ech. 324,3-327,0: Rodens indét.; Hornichara lagenalis*
- Ech. 330,7-331,0: marnes sableuses charbonneuses sombres à débris végétaux et mollusques; Tarsichthys sp.*
- - 331,2 - 332,4: calcaires marneux noduleux beige rosé; plans de faille
- - 332,4 - 335,5: lits centimétriques de grès très fins et de marnes argileuses vertes
- Ech. 334,8-335,0: Nitellopsis (Tectochara) gr. meriani, cf. Rhabdochara gr. praelangeri-major*
- Ech. 335,0-335,5: Eomys sp.: cf. E. ebnatensis; Nitellopsis (Tectochara) sp., cf. Gyrogonia sp.?*
- - 335,5 - 339,3: calcaires beiges à fragments de mollusques, riches en matière organique; plans de fractures; pendage subhorizontal

- - 339,3 - 382,0: marnes argileuses silteuses bariolées, lie-de-vin, et grès silteux, très fins à moyens, gris vert; 9 niveaux centimétriques à décimétriques de calcaires fins beiges, parfois avec feuillets charbonneux
- Ech. 341,0: Hornichara lagenalis, Nitellopsis (Tectochara) gr. meriani*
- Ech. 343,0: Nitellopsis (Tectochara) sp.*
- - 382,0 - 390,0: calcaires beiges micritiques avec une intercalation centimétrique de grès moyen gris vert
- - 390,0 - 394,2: marnes argilo-silteuses bariolées et grès silteux verdâtres
- - 394,2 - 398,0: calcaires fins beiges avec, au milieu du niveau, faciès bréchique (brèche de faille?)

Gompholite

- - 398,0 - 403,2: conglomérat polygénique à galets de calcaires fins rosés, beiges ou gris vert, parfois encroûtés et/ou corrodés, de grès verts glauconieux et de silex bruns plus rares; ciment argilo-silteux quartzeux rouge; au sommet, encroûtement calcaire blanc (calcrete).

Remarques

- Ce sondage, qui n'a pas atteint le substratum mésozoïque, a traversé successivement les Marnes et Grès bariolés sur 274,6 m, les Calcaires inférieurs sur 108,4 m et la Gompholite sur 5,2 m. Les niveaux carbonatés reconnus vers 250 m dans les Marnes et Grès bariolés sont des accumulations de nodules calcaires dans une matrice argileuse. Les Calcaires inférieurs, notés dès 289,6 m, sont ici particulièrement épais, ce qui pourrait résulter d'un écaillage, car de nombreux plans de failles affectent ce sondage. En effet, quelques failles ont été relevées dans les intervalles carottés, ainsi que de rares pendages le plus souvent subhorizontaux, mais aussi de 10° à 280 m et de 20° à 320 m. A partir de 394,2 m, les calcaires sont bréchiques, noduleux, encroûtants, de type calc-crete; dès 398 m environ, ils alternent avec des conglomérats polygéniques à éléments arrondis et anguleux (calcaires variés, silex bruns, grès glauconieux) et à matrice argileuse-silteuse beige-rosée ou rouge-brique contenant passablement de gros quartz arrondis-mats ou anguleux: c'est le faciès typique de la Gompholite.
- Quelques dents de rongeurs isolées fournissent des éléments de datation:
 - dans les Marnes et Grès bariolés
 - éch. 264,5-264,7 m: Eomyidé de la taille de *Eomys ebnatensis* (M sup. fragm.), âge probable: niveaux de Wynau 1 - Rickenbach (= MP 27 - MP 29, base); les charophytes appartiennent à la zone à Unger ($=$ MP 27-28);
 - dans les Calcaires inférieurs
 - éch. 320,6-321,0 m: Eomyidé cf. *Eomys molassicus* (M sup. fragm.), datation douteuse: niveaux de Oensingen 1 - Wynau 1 ($=$ MP 26 - MP 27, base);

éch. 335,0-335,5 m: *Eomys* cf. *ebnatensis* (P4 dext. fragm.), *Eomys* sp. (M1/2 sin. fragm.), datation douteuse: niveaux de Wynau 1 - Rickenbach (= MP 27 - MP 29, base);

L'association des charophytes reconnue correspond probablement à la zone à *Microcera*, mais pas à sa base (= MP 25-26) ou à la zone à *Ungeri* (= MP 27-28).

- Ce sondage a révélé de faibles imprégnations d'hydrocarbures entre 213,5 et 216 m et des traces de gaz entre 400 et 403,5 m. Plusieurs feuillets de lignite, épais de quelques mm, sont présents vers 57 et 331 m
- D'après le rapport de fin de sondage de BP-France (1983), « la présence de rares galets anguleux de silex brun pourrait indiquer la proximité d'un substratum de la Molasse, plutôt hauterivien, sous faciès Pierre jaune de Neuchâtel».

3. Sondage Gex CD 03

Exécuté en 1982. Coord. françaises: 880,60/138,50/505; suisses: 880,60/138,50/505; Fig. 2. Colonne lithologique (Fig. 12) d'après le rapport C.F.E.B.P. (1982) et Olmari (1983). Molasse carottée entre 71,7 et 74,0 m et entre 277,0 et 294,0 m.

Quaternaire

- - 0 - 0,5 m: terre végétale
- 0,5 - 6,0: moraine

Marnes et Grès bariolés

- - 6,0 - 30,0: grès argileux, fins à très fins, gris verdâtre et marnes argilo-silteuses gris verdâtre
- - 30,0 - 66,0: grès très fins à fins, argileux vers le haut, gris verdâtre, avec quelques intercalations décimétriques à métriques de marnes argilo-silteuses rouges, jaunes, ocres
- - 66,0 - 74,0: grès argileux fins à moyens, pyriteux, gris verdâtre; galets mous d'argiles vertes; fortes imprégnations d'hydrocarbures entre 66,0 et 71,0 m
- - 74,0 - 76,0: marnes argilo-silteuses rouges, lie-de-vin
- - 76,0 - 84,0: grès très fins à moyens, pyriteux, gris verdâtre
- - 84,0 - 105,2: grès très fins à moyens, pyriteux, gris verdâtre, et silts gris verdâtre, jaune beige et bruns; rares niveaux ligniteux
- - 105,2 - 106,0: marnes argilo-silteuses rouges
- - 106,0 - 126,0: grès fins à moyens
- - 126,0 - 144,0: marnes argilo-silteuses lie-de-vin, gris verdâtre, jaunâtres
- - 144,0 - 180,0: grès très fins à moyens, gris verdâtre, marnes argilo-silteuses lie-de-vin, gris verdâtre, jaune beige
- - 180,0 - 198,0: grès très fins à moyens avec une intercalation métrique marneuse argilo-silteuse
- - 198,0 - 209,4: grès fins à moyens gris verdâtre et marnes argilo-silteuses gris verdâtre à gris clair

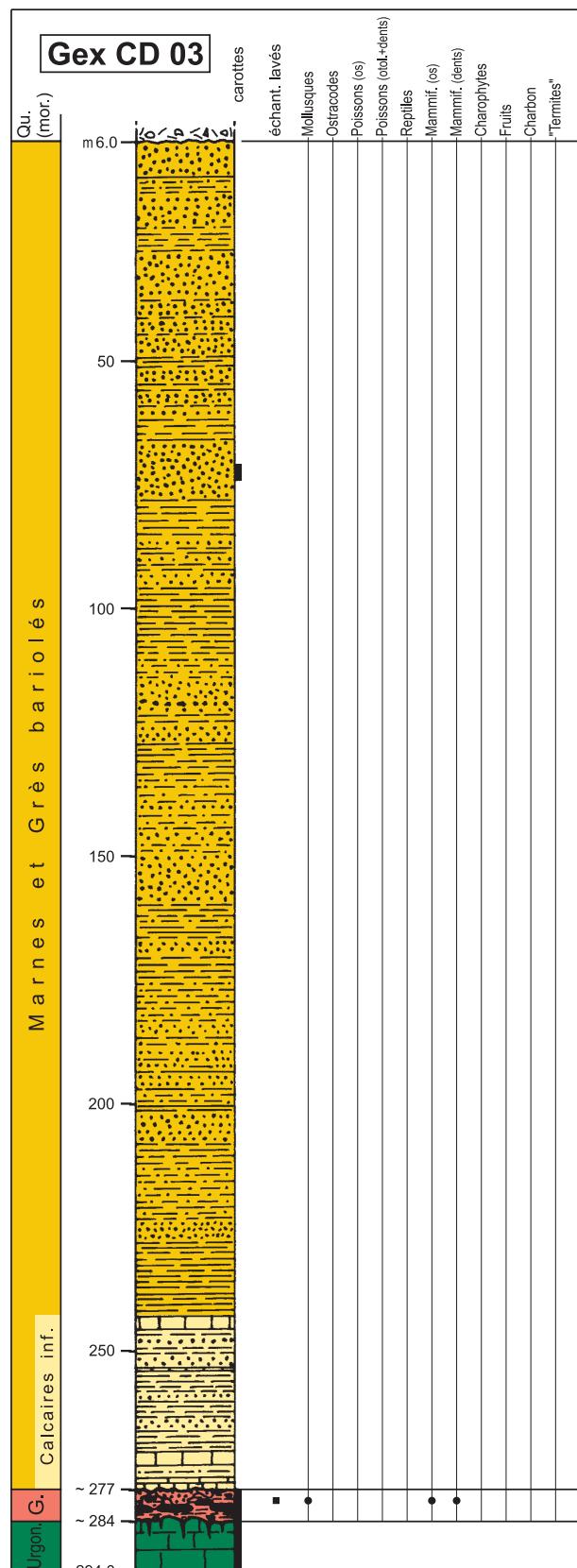


Fig. 12: Sondage Gex CD 03.

- - 209,4 - 231,8: argiles sableuses et silteuses lie-de-vin et marnes très silteuses gris verdâtre, lie-de-vin, jaune beige
- - 231,8 - 242,6: marnes bariolées très silteuses

Calcaires inférieurs

- 242,6 - 243,8: calcaires blancs beiges
- 243,8 - 244,4: grès fins, gris verdâtre
- 244,4 - 270,0: marnes argilo-silteuses gris verdâtre à gris clair, lie-de-vin, bariolées
- 270,0 - 277,0: niveaux métriques de calcaires micritiques beiges et de grès pyriteux, fins à moyens, gris foncé à gris verdâtre

Gompholite

- 277,0 - 284,0 environ: conglomérat polygénique avec galets de calcaires micritiques gris, beiges, noirâtres, encroûtés et/ou perforés; ciment quartzé blanc à gris et marno-silteux ferrugineux rouge; imprégnations d'hydrocarbures

Ech. 281,1: Eomyidé indéterminé (fragment d'incisive)

Calcaires urgoniens

- environ 284,0 - 294,0: calcaires bioclastiques (grainstones) à fragments d'échinides et de mollusques, blancs, rosés (au sommet); fissures et poches remplies de sables quartzés, de silts et marnes vertes (Sidérolithique?); imprégnations d'hydrocarbures.

Remarques

- Les rares intervalles carottés font que la description de ce sondage reste très générale; son intérêt réside dans la mise en évidence de la succession lithologique suivante: Marnes et Grès bariolés (236,6 m), Calcaires inférieurs (34,4 m), Gompholite (environ 7 m), Calcaires urgoniens (> 10 m). A cause d'un carottage imparfait entre le sommet des Calcaires urgoniens bien identifiés (dès 286,0 m) et la base des Calcaires inférieurs, l'épaisseur et le faciès de la Gompholite, ainsi que la présence éventuelle du Sidérolithique (reconnu dans les fissures de la partie sommitale des Calcaires urgoniens) restent difficiles à préciser.
- Il n'y a pas d'indications sur les pendages et la fracturation.
- Un intervalle gréseux est imprégné d'huile (entre 66 et 71 m) et les calcaires fracturés ou poreux de la base du sondage (entre 281 et 294 m) sont plus ou moins riches en hydrocarbures.
- Morend (2000, p. 30) prétend à tort que le sondage Gex CD 03 «did not encounter the top Urgonian surface», ... alors qu'il montre le contraire sur sa Fig. 4.4!

4. Sondage Gex CD 04

Exécuté en 1982. Coord. françaises: 881,65/137,97/410; suisses: 881,65/137,97/410; Fig. 2. Colonne lithologique (Fig. 13) d'après le rapport C.F.E.B.P. (1982) et Olmari (1983). Molasse carottée entre 60,0 et 241,6 m, et entre 273,2 et 291,7.

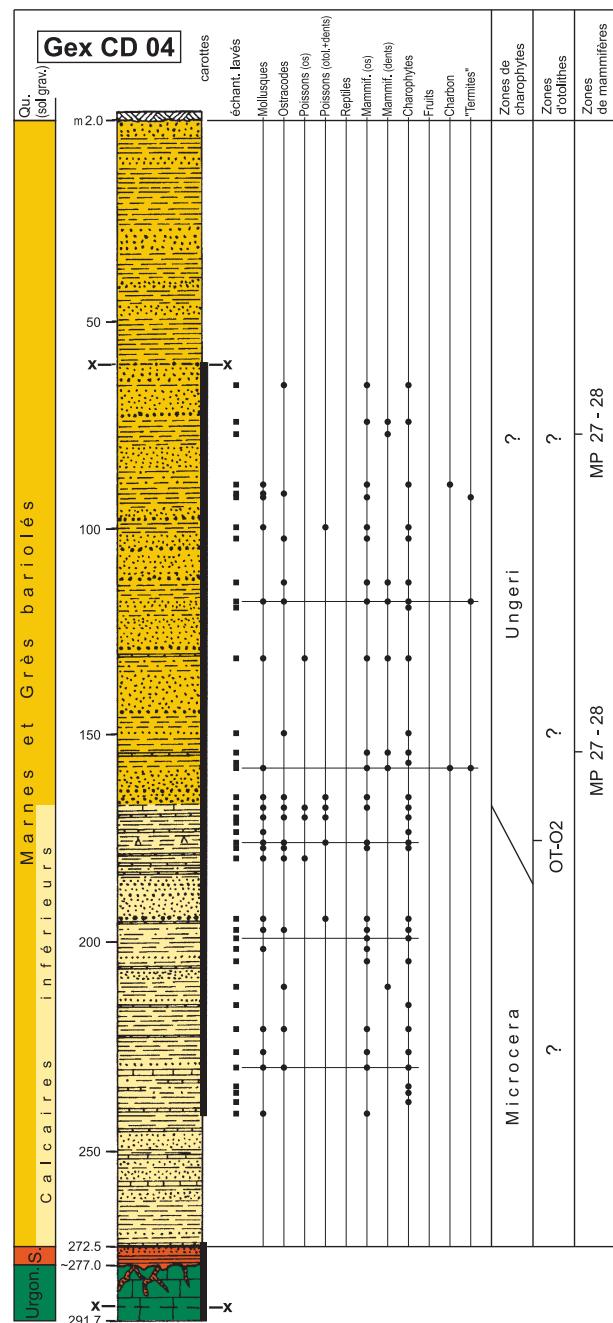


Fig. 13: Sondage Gex CD 04.

Quaternaire

- 0 - 2,0 m: sol graveleux

Marnes et Grès bariolés

- 2,0 - 60,0: grès verdâtres, fins à très fins, et marnes argilo-silteuses verdâtres; intercalations de deux niveaux décimétriques lie-de-vin vers 22,0 et 46,0 m
- 60,0 - 66,7: marnes silteuses bariolées et grès très fins à moyens gris vert avec quelques galets mous; nodules caliche; plan de faille à 61,0 m
- Ech. 65,8-66,0: *Nitellopsis* sp., *Stephanocara* gr. *ungeri*
- 66,7 - 120,5: grès généralement très fins rarement moyens, gris vert, parfois silteux, et marnes argileuses vertes,

rougeâtres, brunes, lie-de-vin ou bariolées; nodules caliche et galets mous

Ech. 74, 1-74,4: *Hornichara* aff. *lagenalis*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp., *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*

Ech. 77,0-77,3: une molaire fragmentaire d'*Archaeomys* cf. *intermedius*

Ech. 89,3-89,5: *Sphaerochara* sp., *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp.

Ech. 99,7: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* sp.; *Tarsichthys* sp. (Pl. 4, Fig. 11), ces lapilli de carpe témoignent d'un milieu d'eau douce

Ech. 100,1-100,6: *Nitellopsis* (*Tectochara*) cf. *meriani*, *Hornichara* sp., *Rhabdochara* sp.

Ech. 102,4-102,5: *Sphaerochara* sp.

Ech. 113,0: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* sp., *Rhabdochara* gr. *langeri*

Ech. 113,8-114,3: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*

Ech. 117,0: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Sphaerochara* sp., *Rhabdochara* gr. *langeri*

Ech. 118,2: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*

■ - 120,5 - 146,7: grès fins à moyens gris vert avec deux niveaux centimétriques de calcaires rosés avec du lignite; fortes imprégnations d'hydrocarbures dans la partie supérieure du niveau

Ech. 131,95-132,05: Cricétidé indét.

■ - 146,7 - 159,4: grès très fins silto-argileux et marnes argilo-silteuses rougeâtres, brunes, vertes, bariolées; niveau centimétrique de calcaires beige clair à traces de racines; pendage subhorizontal

Ech. 149,1-149,2: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*

Ech. 150,8-151,0: dent fragmentaire d'un Cricétidé indéterminé; ostracodes indét.; *Chara* sp., ?*Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, ?*Stephanochara* gr. *ungeri*

Ech. 153,6-154,1: *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp., *Chara* sp.; *Emys* cf. *zitteli*

Ech. 156,5-156,6: *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp., *Sphaerochara* sp.

■ - 159,4 - 166,6: grès très fins à moyens, gris vert avec galets mous

Calcaires inférieurs

■ - 166,6 - 184,3: marnes argilo-silteuses bariolées avec six niveaux centimétriques de calcaires rosâtres à feuillets charbonneux, gastéropodes et traces de racines; pendage subhorizontal entre 175 et 176 m

Ech. 167,4-167,6: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Chara* gr. *microcera*, *Sphaerochara* sp., *Chara* sp.

Ech. 169,7-170,2: cf. «*Charites*» *minutissima*, *Stephanochara* gr. *ungeri*?, *Grambastichara* ou *Psilochara* indét.

Ech. 171, 8: *Helix ramondi* très bien conservé

Ech. 173,0-173,2: *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*

Ech. 175,7-176,1: genus *Eleotridarum* *martinii* (Pl. 4, Fig. 2), genus *Eleotridarum* juvénile (cf. *martinii*), *Lapillus* indét.

Ech. 176,9-177,4: *Hornichara* aff. *lagenalis*

■ - 184,3 - 194,7: grès très fins à moyens, gris vert avec galets mous, avec fines stratifications obliques; un niveau centimétrique de marnes silteuses

Ech. 194,5: *Tarsichthys* sp.; *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, ?*Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*

■ - 194,7 - 201,8: marnes argilo-silteuses grises, beiges, bariolées; au sommet, niveau centimétrique de calcaires beiges à traces de racines

Ech. 199,3: *Hornichara* aff. *lagenalis*

Ech. 196,0: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Hornichara* *lagenalis*

Ech. 201,0: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Chara* sp., *Chara* gr. *microcera-notata*

■ - 201,8 - 220,6: grès très fins silteux gris vert et marnes argileuses gris verdâtre, bariolées; trois niveaux centimétriques de calcaire beige avec traces de racines; pendage de 10°

Ech. 204,4-204,5: *Hornichara* aff. *lagenalis*

Ech. 214,9-215,0: *Rhabdochara* sp., ?*Lamprothamnium* sp., *Sphaerochara* gr. *hirmeri*

Ech. 220,0: *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Chara* sp., *Chara* gr. *microcera-notata*, *Hornichara* *lagenalis*, ?*Stephanochara* gr. *ungeri*

■ - 220,6 - 230,2: marnes argileuses, parfois silteuses, verdâtres, rougeâtres, lie-de-vin, bariolées à concrétions calcaires avec, à la base et au sommet, niveau décimétrique de grès gris vert

Ech. 221,1-221,2: *Hornichara* aff. *lagenalis*, *Sphaerochara* sp., *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*

Ech. 226,0: *Hornichara* *lagenalis*

Ech. 230,1: *Sphaerochara* sp., *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, cf. «*Charites*» *minutissima*

■ - 230,2 - 241,6: marnes argileuses, parfois silteuses, verdâtres, rougeâtres, bariolées avec nombreux niveaux centimétriques à décimétriques de calcaire rose souvent noduleux, à lamination algaires et fragments de gastéropodes

Ech. 230,5: *Chara* *microcera*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *meriani*, *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Sphaerochara* gr. *hirmeri*

Ech. 236,3: *Hornichara* aff. *lagenalis*, cf. *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*

Ech. 236,7: *Hornichara* aff. *lagenalis*

Ech. 238,3: *Hornichara* aff. *lagenalis*, *Nitellopsis* (*Tectochara*) sp., *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*

■ - 241,6 - 247,0: marnes argilo-silteuses rosâtres à gris verdâtre avec un banc décimétrique de calcaire micritique blanc jaunâtre

■ - 247,0 - 258,2: grès très fins à fins et deux niveaux décimétriques de calcaire blanc beige

■ - 258,2 - 272,4: marnes silteuses finement micacées, rosâtres vert pâle, lie-de-vin, avec un niveau métrique de grès fins gris

■ - 272,4 - 272,5: calcaire micritique recristallisé, peu gréseux, blanc rosé

Sidérolithique

■ 272,5 - 277,0 environ: grès fins à moyens gris verdâtre, sans ciment carbonaté; argiles silteuses jaunes, rougeâtres; imprégnations d'hydrocarbures

Calcaires urgoniens

■ environ 277,0 - 291,7: calcaires blancs à miliolidés, avec poches karstiques remplies de grès silteux, de silts verts, d'argiles bariolées; nombreuses imprégnations d'hydrocarbures; quelques plans de fractures.

Remarques

- Le sondage CD 04, bien que relativement proche du puits CD 03 puisque séparé seulement de 1,25 km, présente une succession lithologique relativement comparable, mais avec des épaisseurs assez différentes: Marnes et Grès bariolés (164,6 m), Calcaires inférieurs (105,9 m), Sidérolithique (4,5 m), Calcaires urgoniens (> 14,7 m).

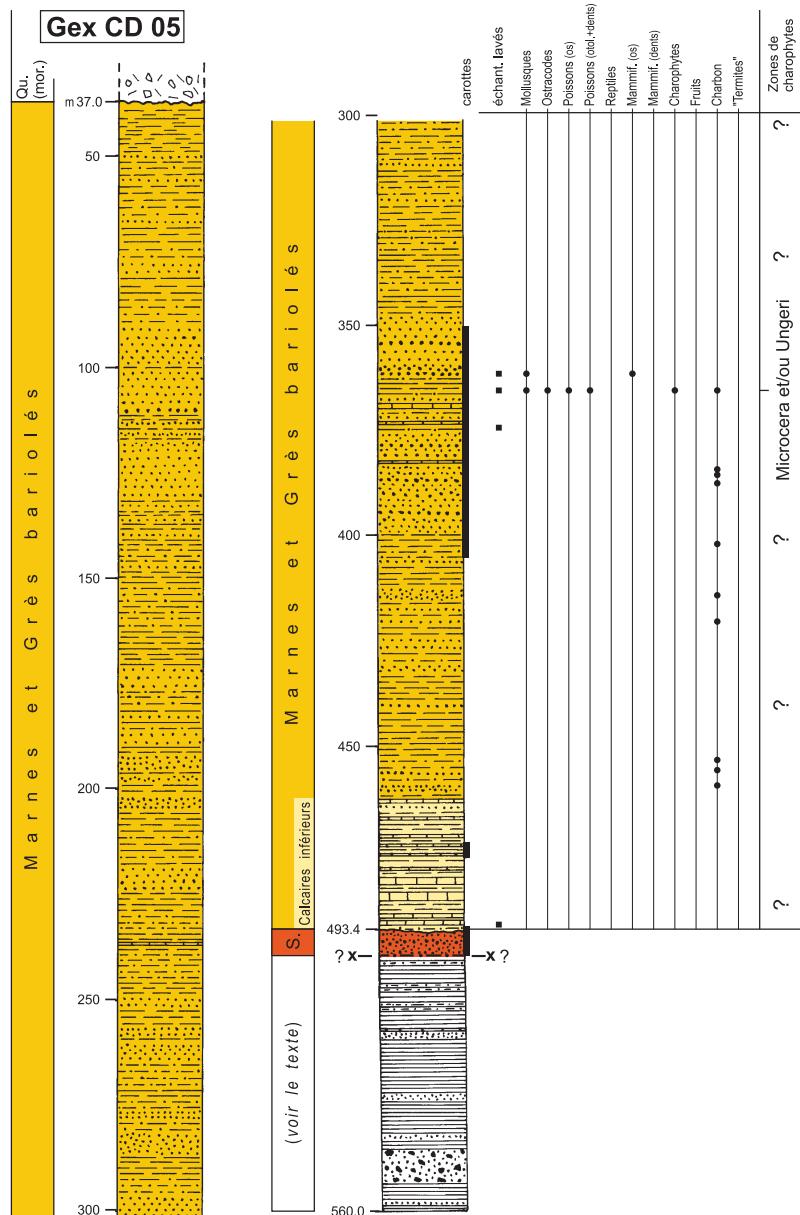


Fig. 14: Sondage Gex CD 05.

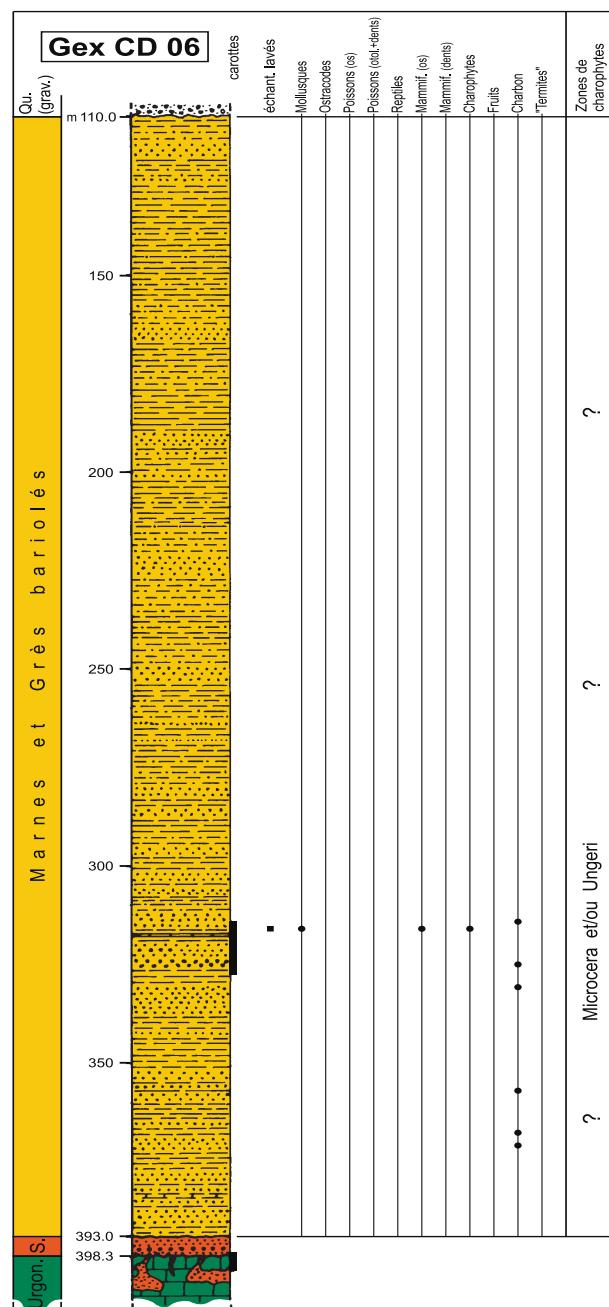
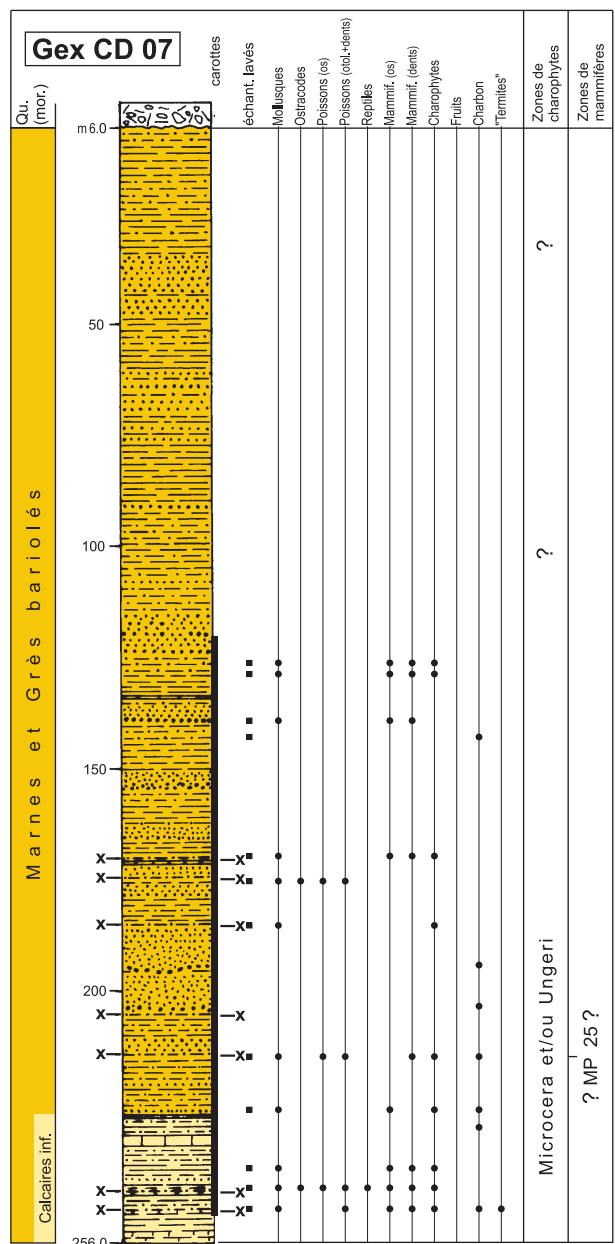


Fig. 15: Sondage Gex CD 06.



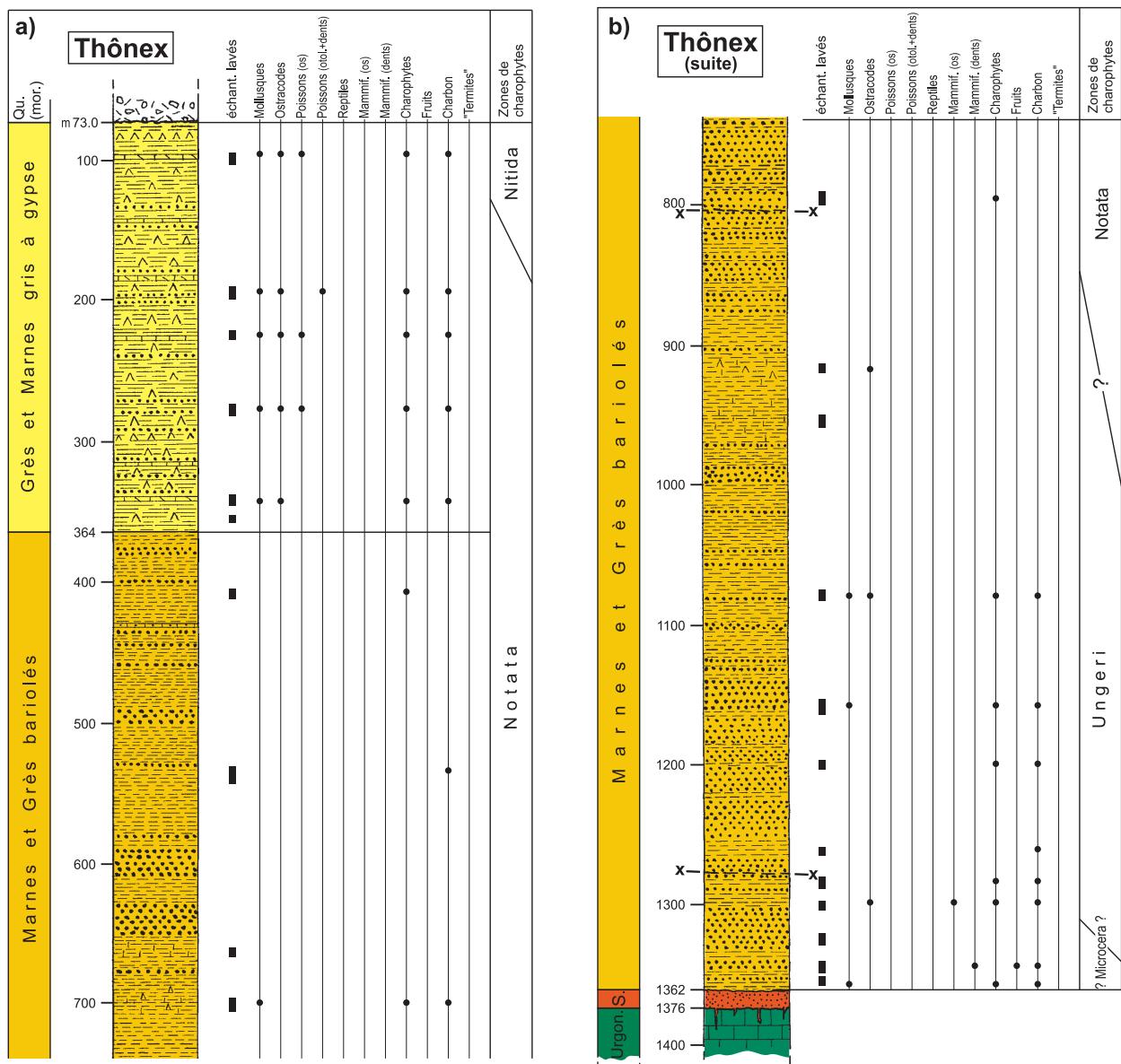


Fig. 17a et b: Sondage géothermique de Thônex.

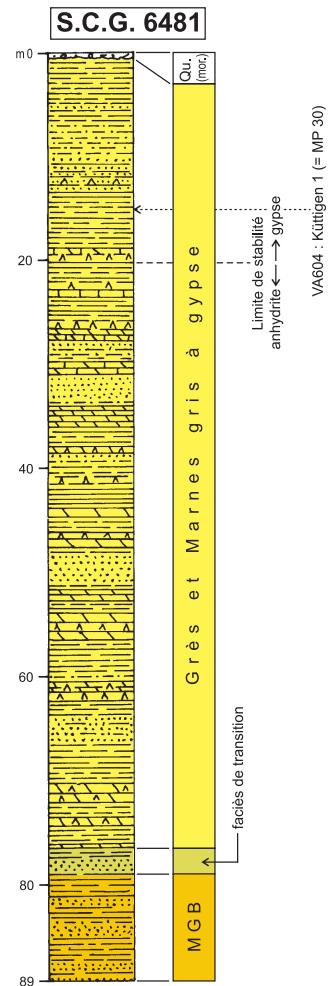


Fig. 18: Sondage SCG 6481.

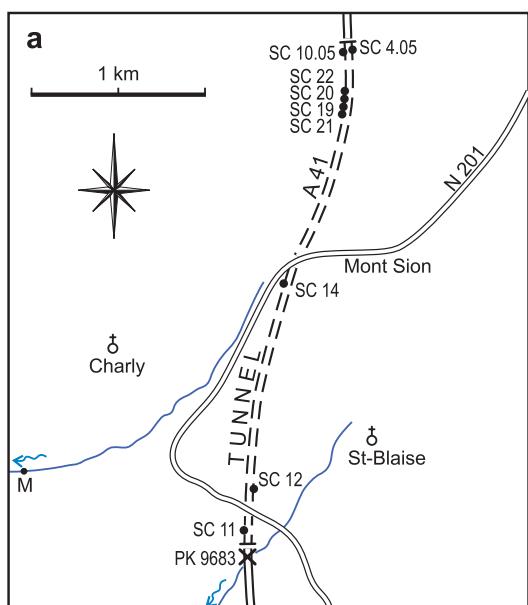


Fig. 19:

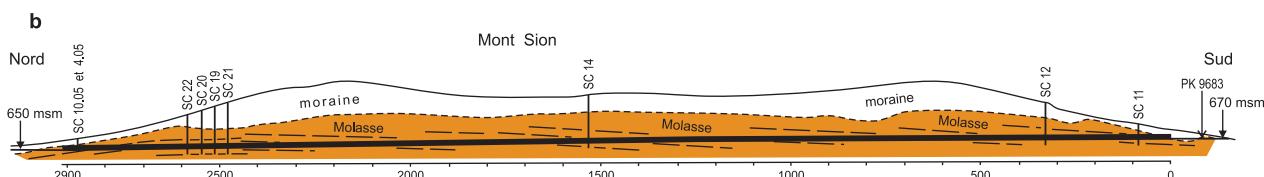
a - Situation du tunnel autoroutier du Mont Sion et des sondages étudiés.

Le point M en bas à gauche indique le gisement fossilière dit "du Nant Trouble-Andilly" (Rigassi 1957).

b - Profil géologique du tube ouest, d'après un document établi par la Société GIE A41 (modifié et simplifié), avec:

- l'emplacement des sondages cités dans le texte et dont nous avons étudié des carottes;
- la position du prélèvement du PK 9683 m;
- le pendage apparent suggéré par l'étude sismique préliminaire.

Même échelle verticale et horizontale.



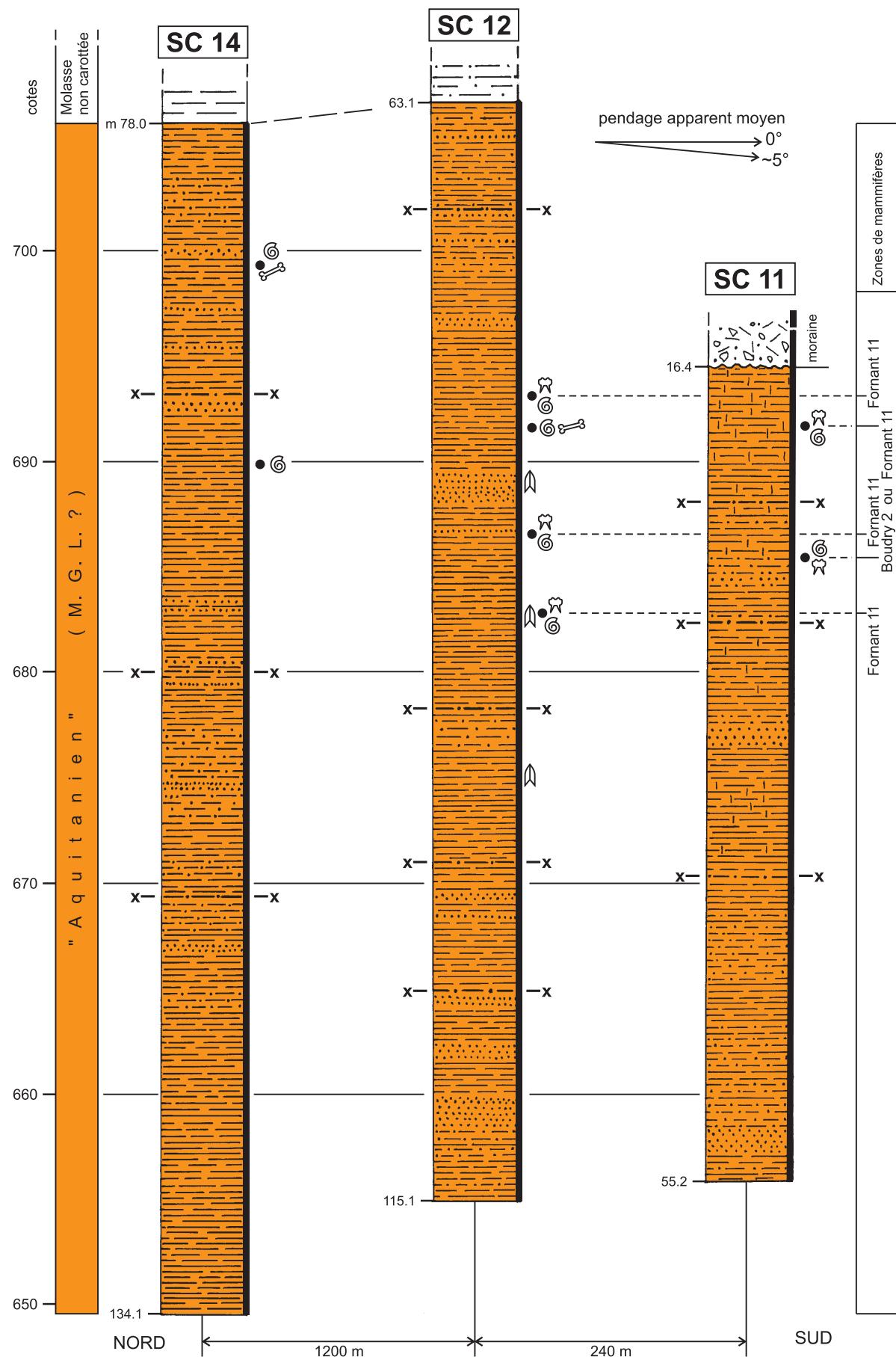


Fig. 20: Sondages SC 11, 12 et 14.

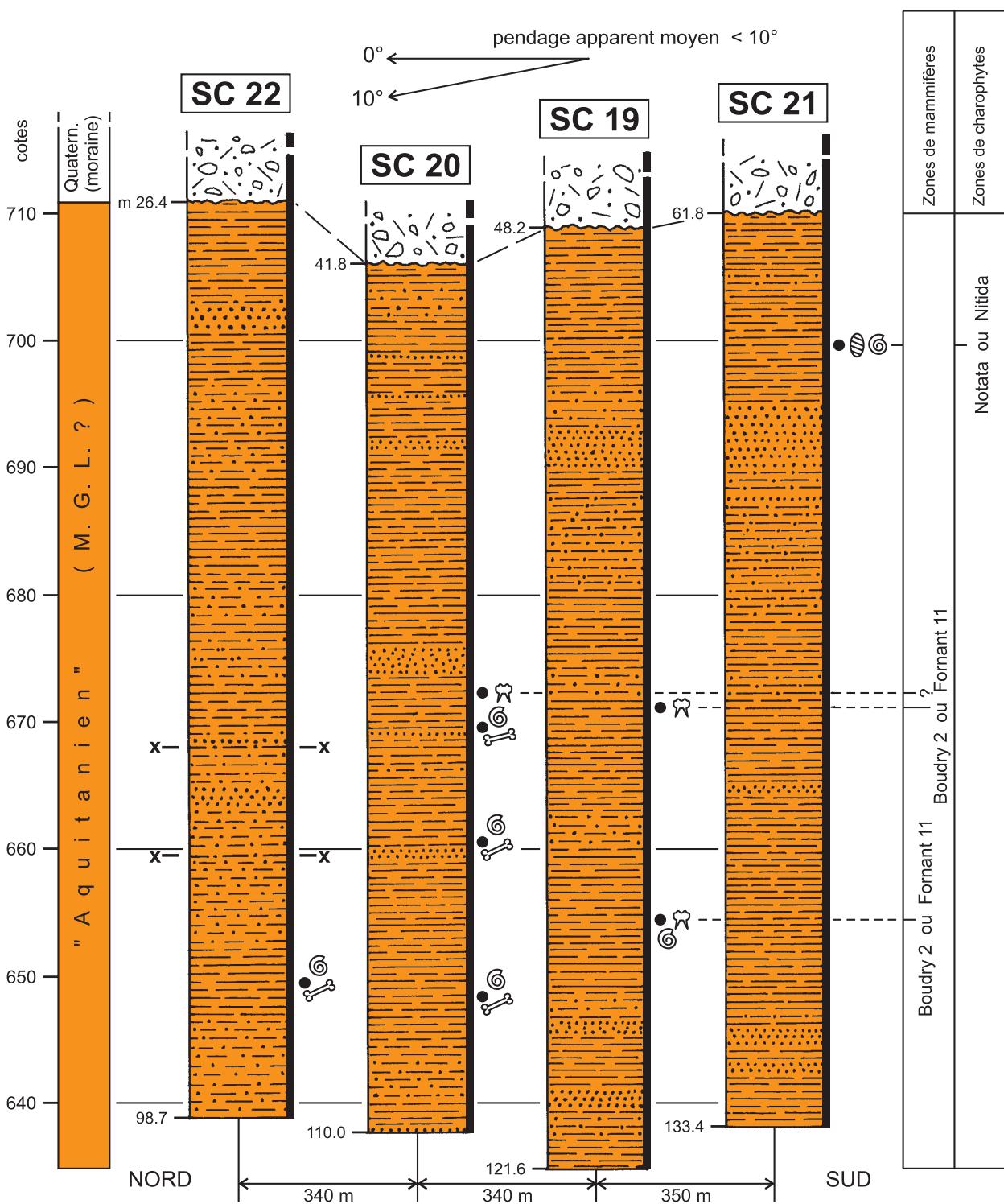


Fig. 21: Sondages SC 19, 20, 21, 22.

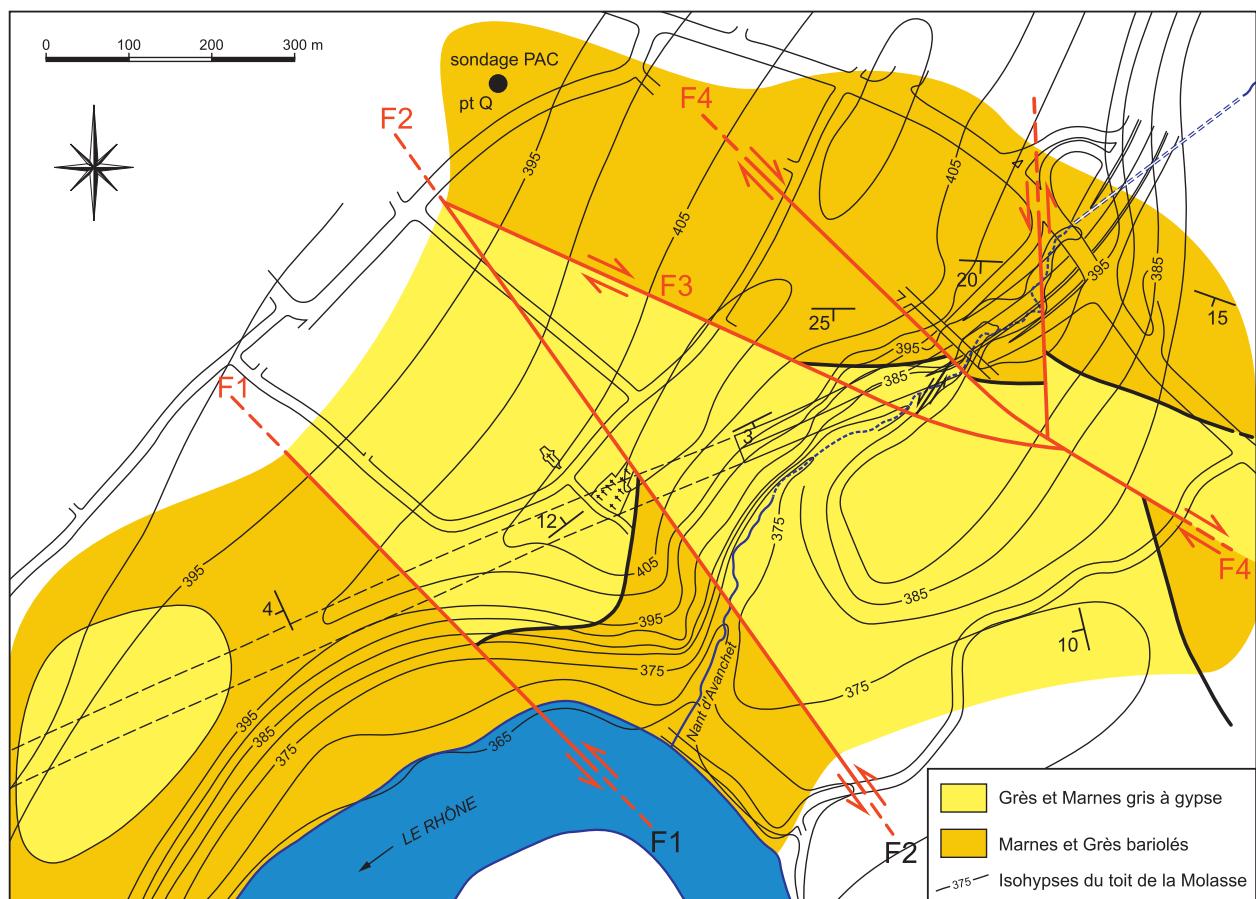


Fig. 22: Carte structurale du secteur faillé du Nant d'Avanchet d'après Angelillo (1987, Fig. 11), peu modifié. Point Q: situation du sondage PAC de Vernier; voir VII.6.

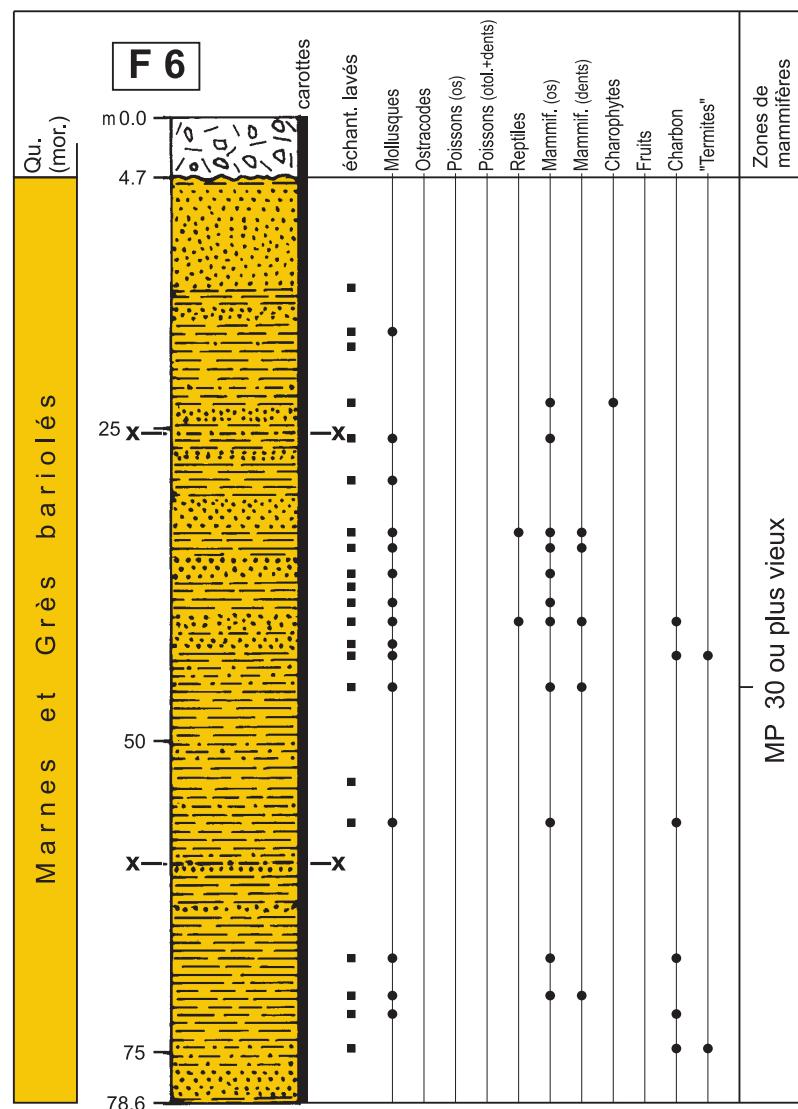


Fig. 23: Sondage F 6.

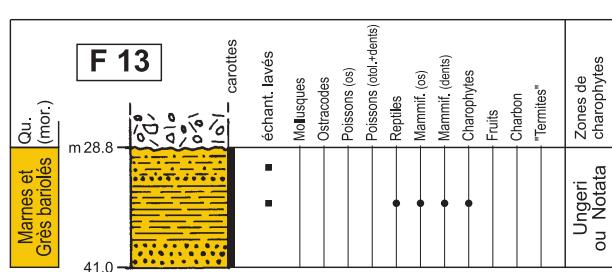


Fig. 24: Sondage F 13.

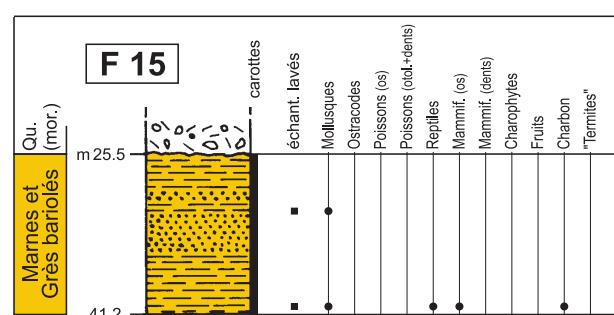


Fig. 25: Sondage F 15.

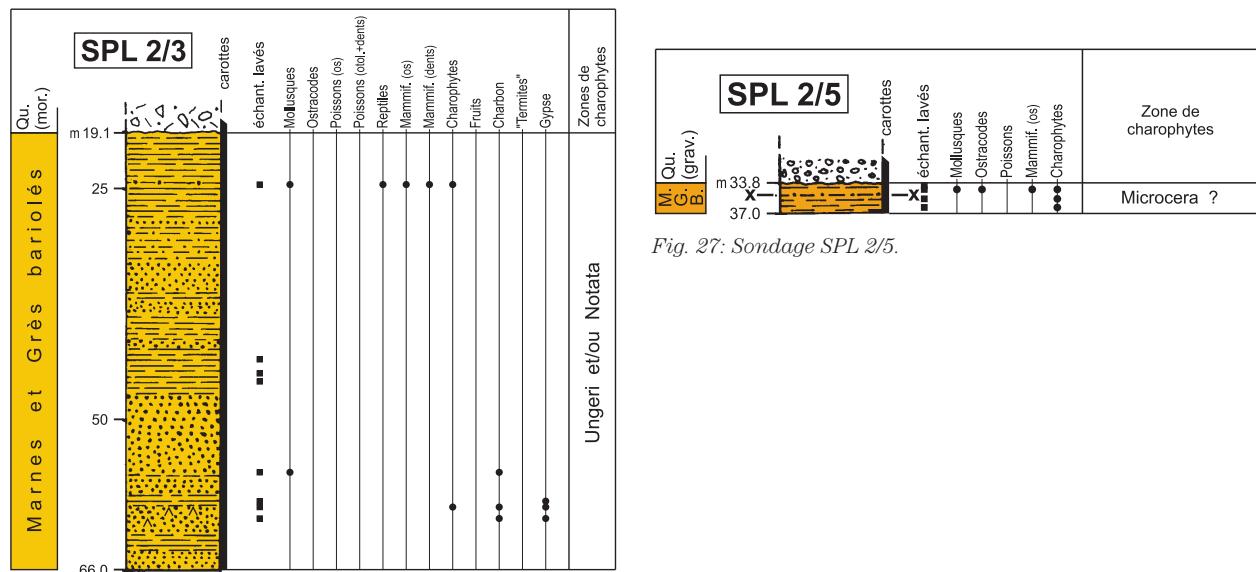


Fig. 26: Sondage SPL 2/3.

Fig. 27: Sondage SPL 2/5.

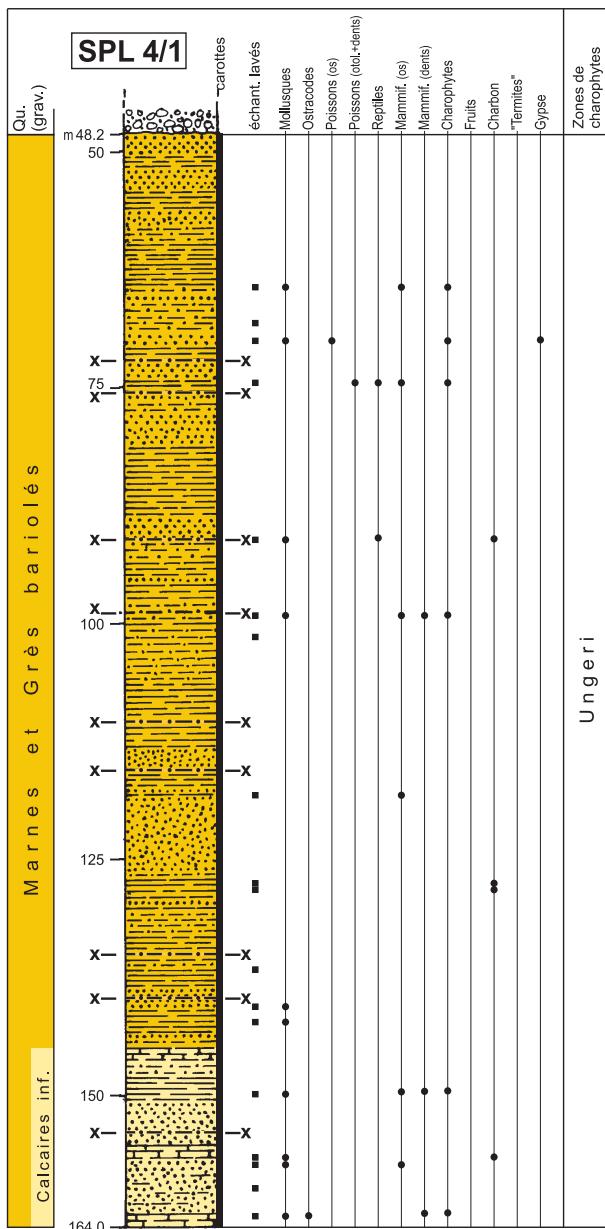


Fig. 28: Sondage SPL 4/1.

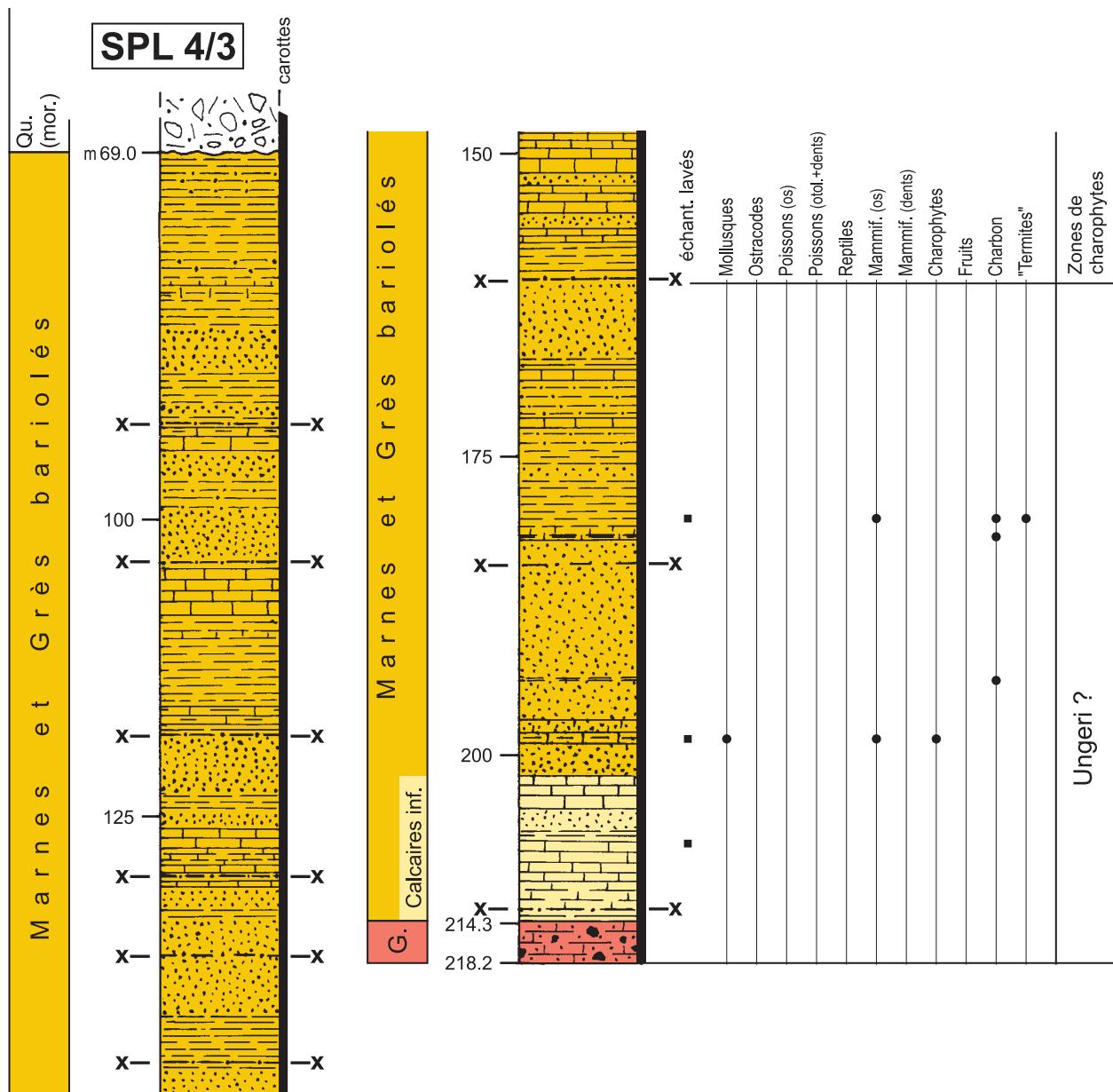


Fig. 29: Sondage SPL 4/3.

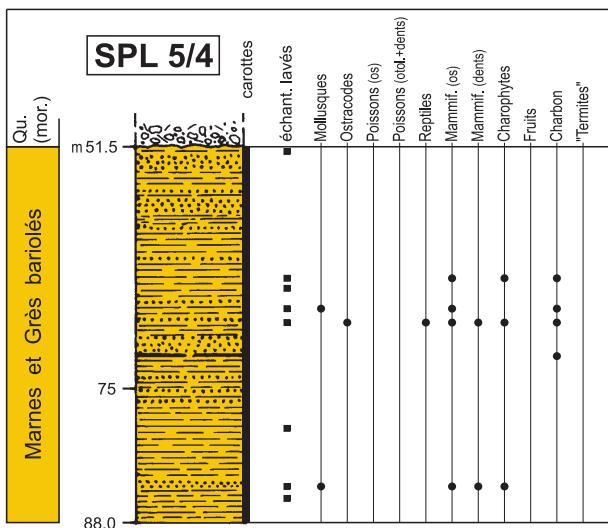


Fig. 30: Sondage SPL 5/4.

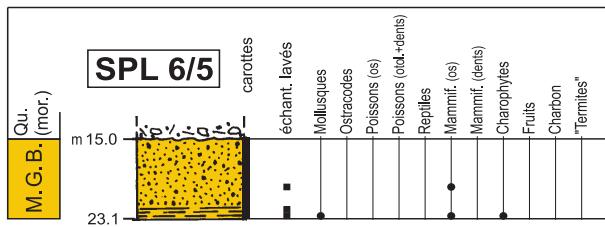


Fig. 31: Sondage SPL 6/5.

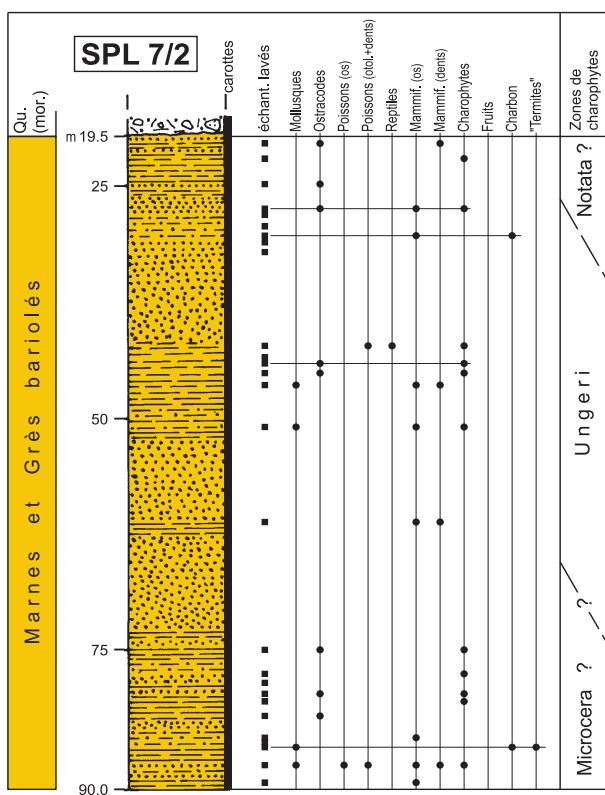


Fig. 32: Sondage SPL 7/2.

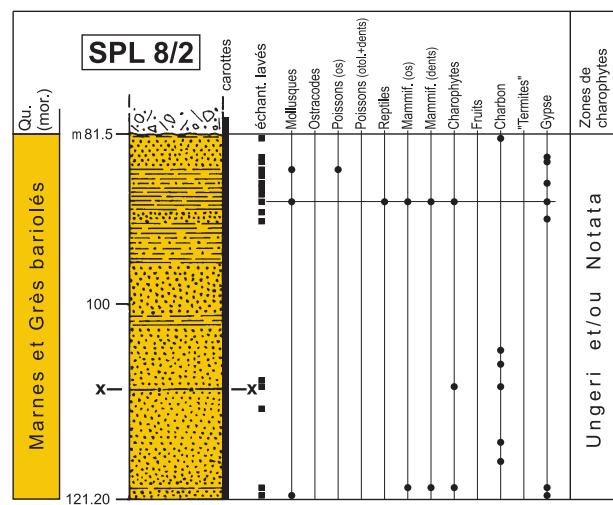


Fig. 33: Sondage SPL 8/2.

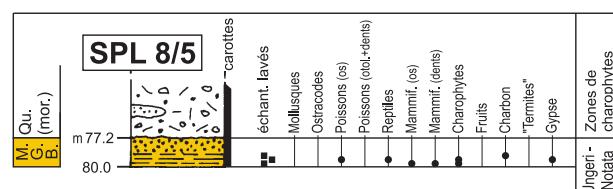


Fig. 34: Sondage SPL 8/5.

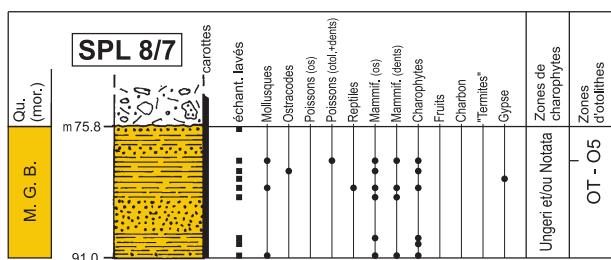


Fig. 35: Sondage SPL 8/7.

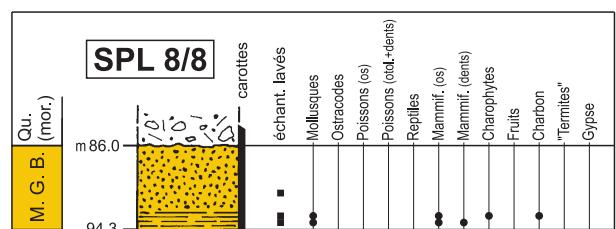


Fig. 36: Sondage SPL 8/8.

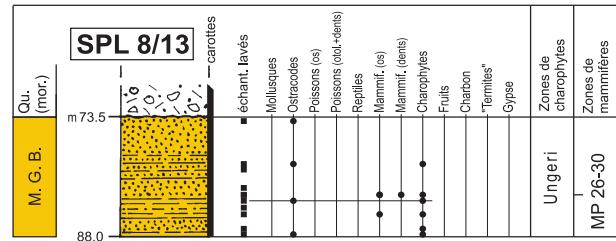
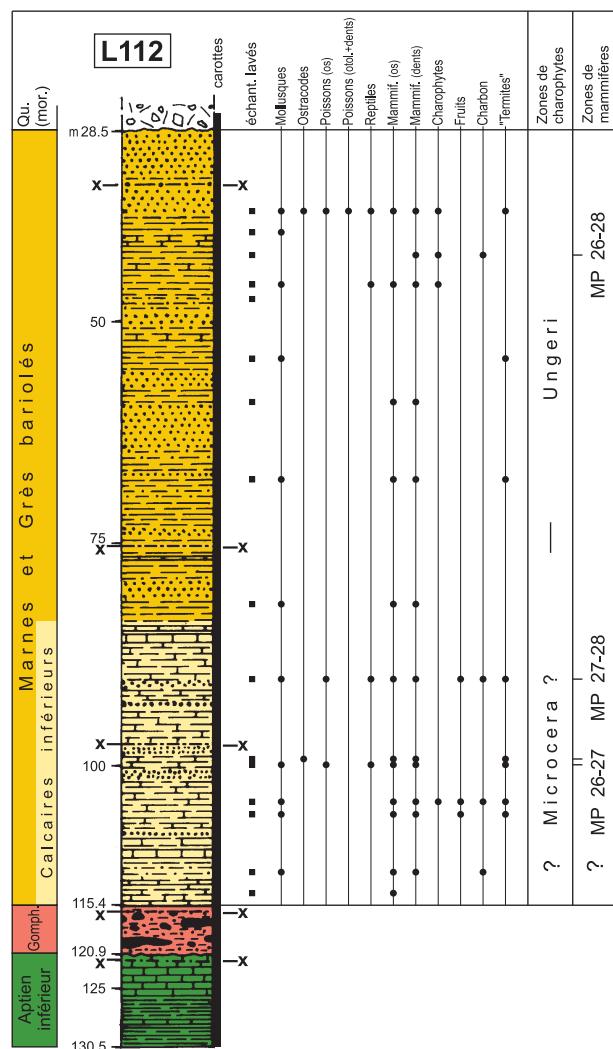


Fig. 37: Sondage SPL 8/13.



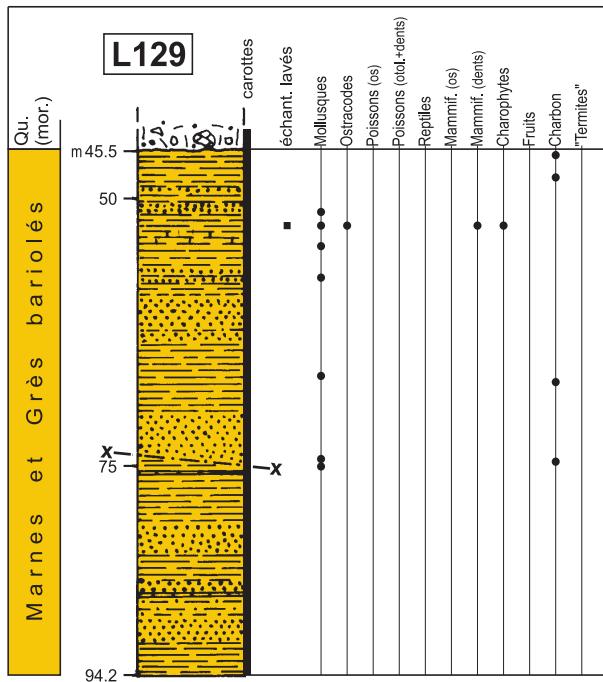


Fig. 39: Sondage L 129.

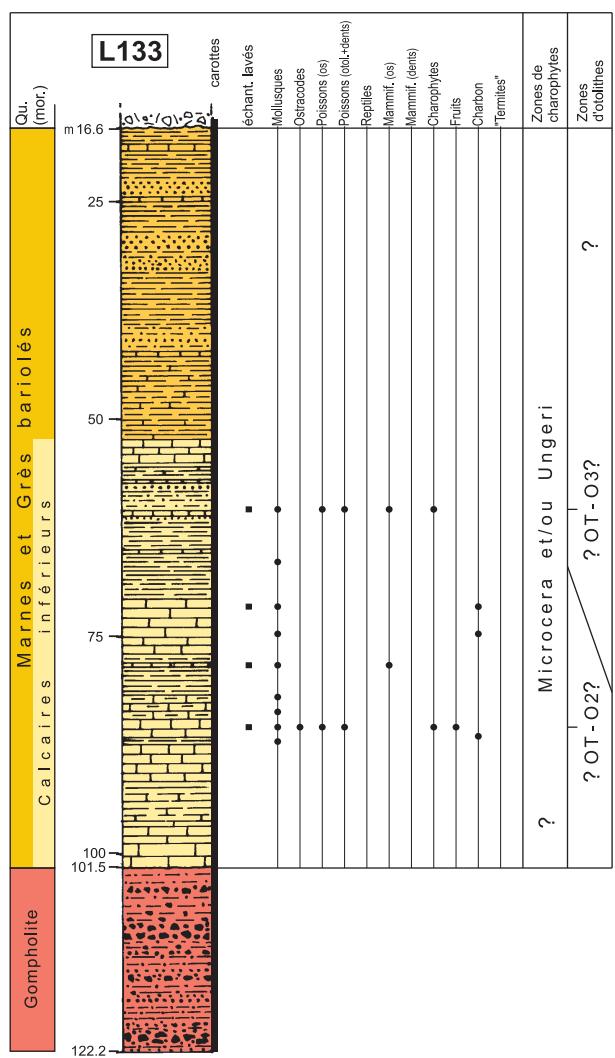


Fig. 40: Sondage L 133.

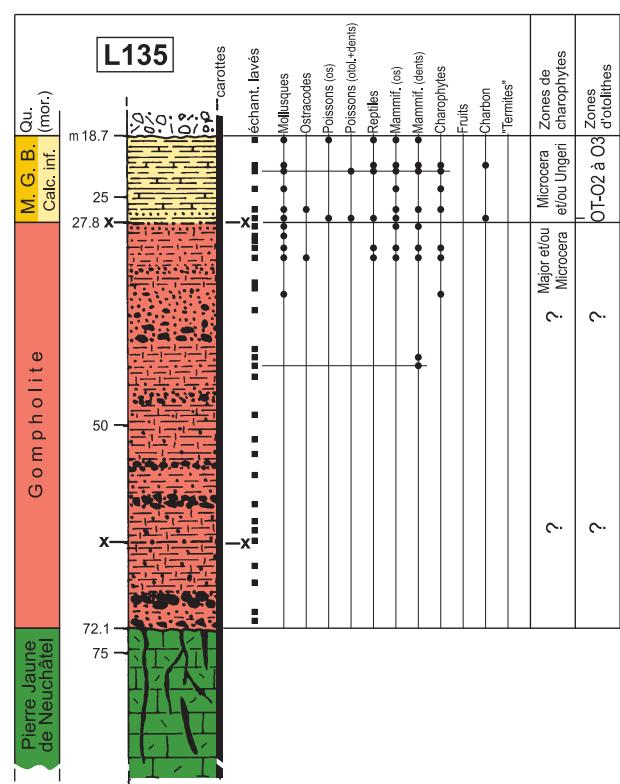


Fig. 41: Sondage L 135.

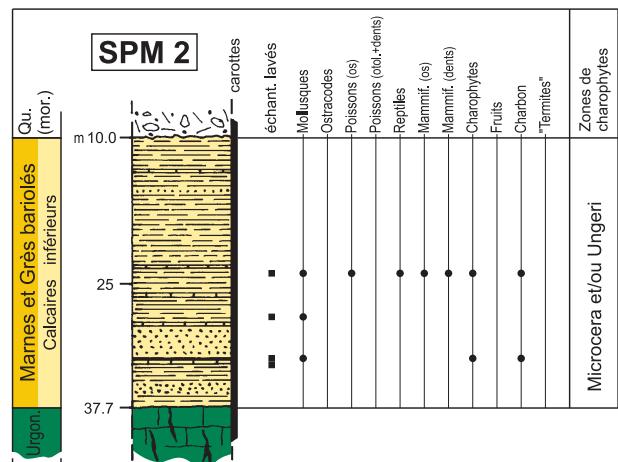


Fig. 42: Sondage SPM 2.

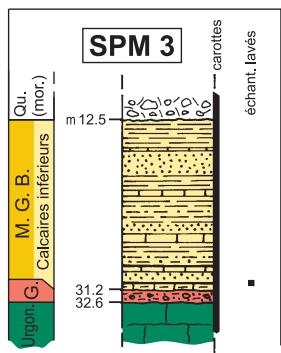


Fig. 43: Sondage SPM 3.

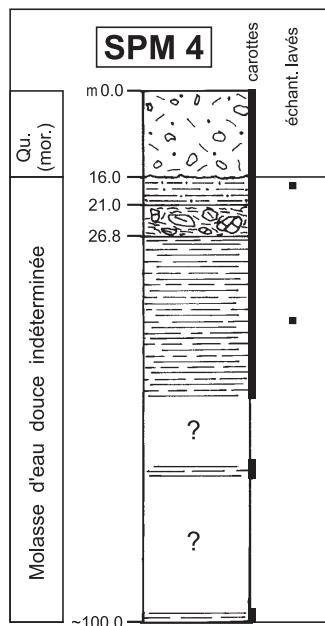


Fig. 44: Sondage SPM 4.

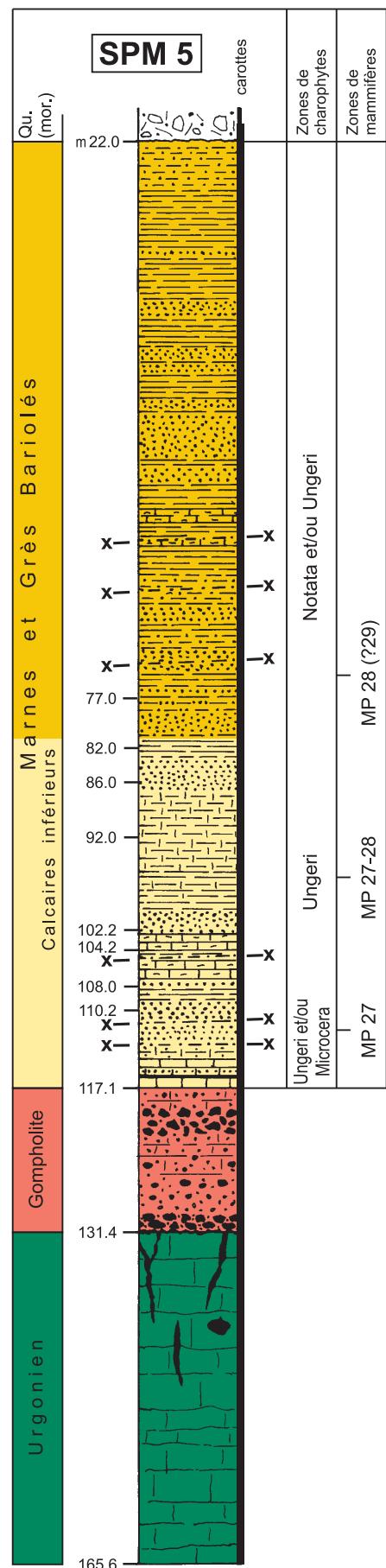


Fig. 45: Sondage SPM 5.

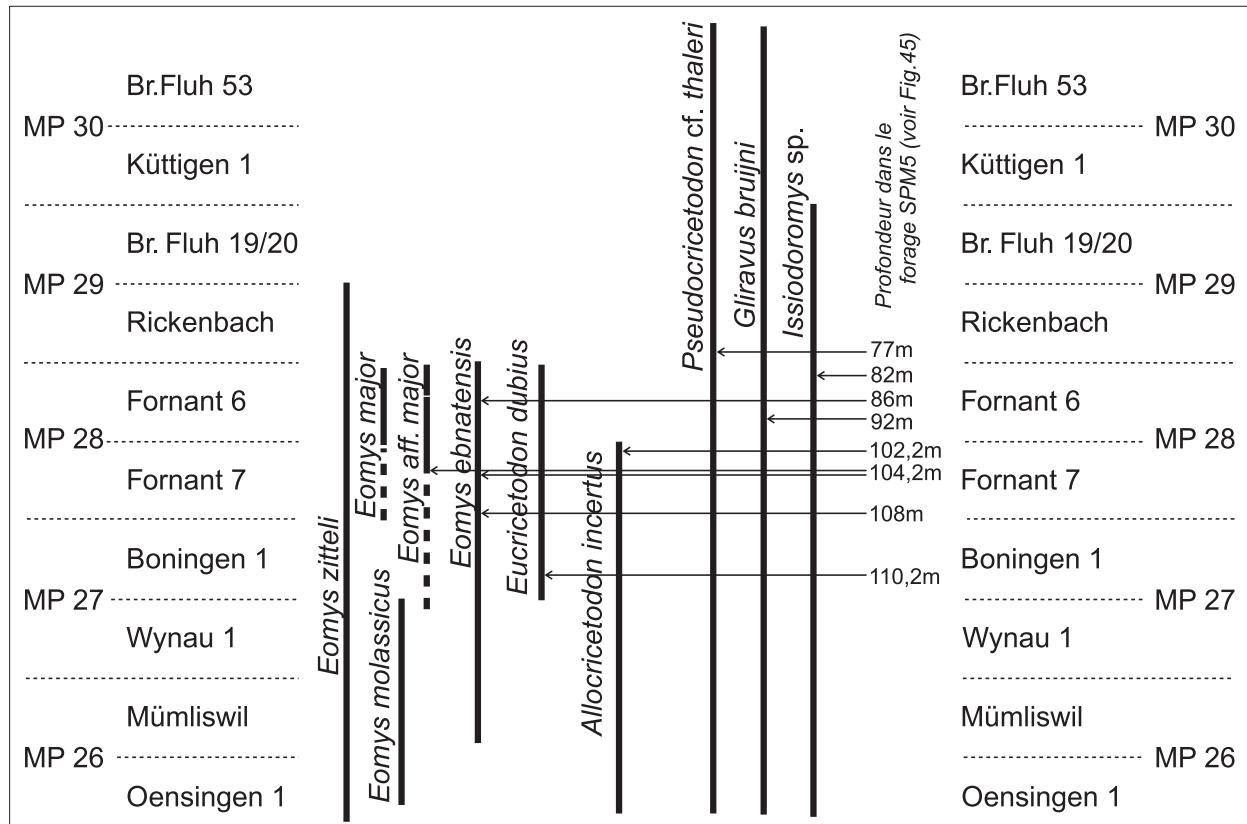


Fig. 46: Position stratigraphique et âge des mammifères déterminés dans le sondage SPM 5.

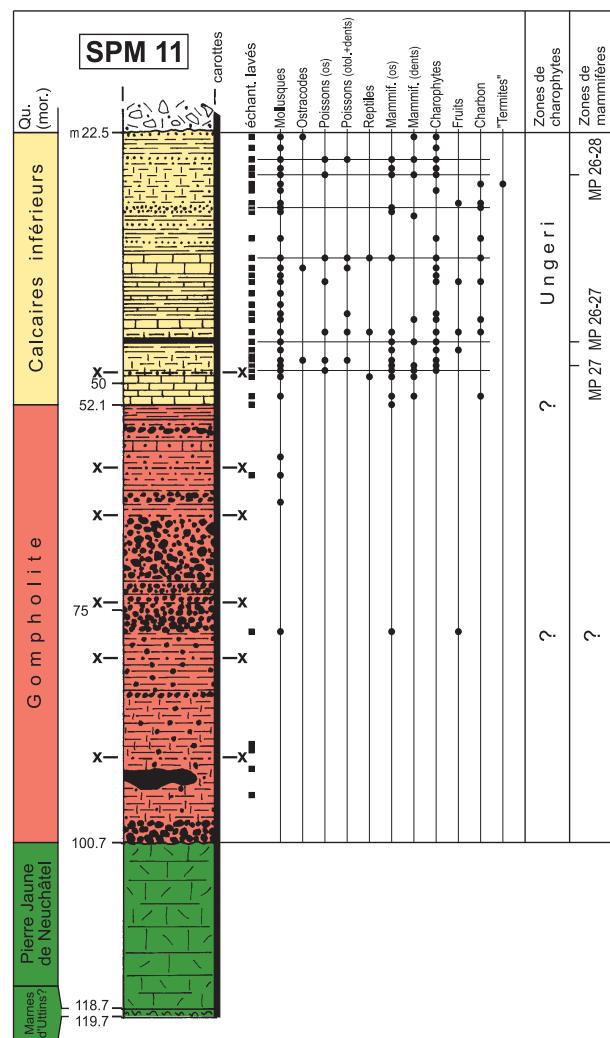


Fig. 47: Sondage SPM 11.

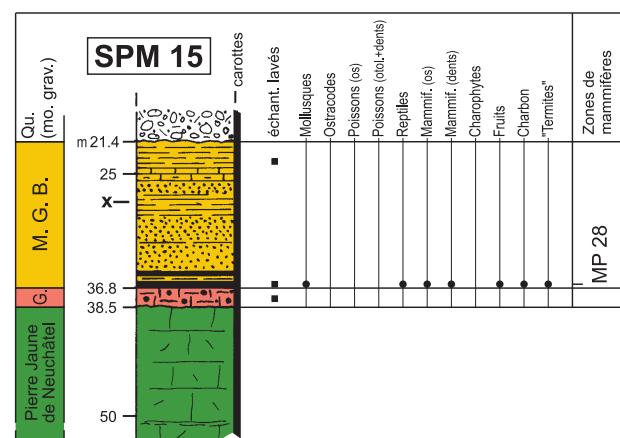


Fig. 48: Sondage SPM 15.

OLIGOCÈNE		MIOCÈNE inférieur		SÉRIES		
Rupélien		Aquitainien		Etages		
				Foraminifères planctiques	Nannofossiles calcaires	
				NN2		
		M1b N4	M1a	Berdotensis	MN2b Vully 1 Mèbre 698	
				Nitida	MN2a La Chaux 7 Bergières	
				Notata	MN1 Fornant 11 Boudry 2	
				Ungieri	MP30 Broch. Fluh 53 Küttigen 1	
				Microcera	MP29 Broch. Fluh 19/20 Rickenbach	
				Major	MP28 Fornant 6 Fornant 7	
					MP27 Boningen 1 Wynau 1	
					MP26 Mümliswil	
					Oensingen 1	
					MP25 Bumbach 1	
					Talent 7	
					MP24 Grenchen 1	
					MP23 Lovagny 14	
				Mammifères		
				Otolithes		
				OT-M2		
				OT-M1		
				OT-O6		
				OT-O5		
				OT-O4		
				OT-O3		
				OT-O2		

Fig. 49: Tableau de corrélations biostratigraphiques des principaux groupes fossiles utilisés dans ce travail pour l'Oligocène et le Miocène inférieur (voir Berger et al. 2005, Fig. 1).

Zone à Microcera:	FAD <i>Ch. microcera</i> à FAD <i>St. ungeri</i>	MP (24?)-25 et MP 26
Zone à Ugeri:	FAD <i>St. ungeri</i> à FAD <i>Ch. notata</i>	MP 27-28
Zone à Notata:	FAD <i>Ch. notata</i> à FAD <i>R. nitida</i>	MP 29-30
Zone à Nitida:	FAD <i>R. nitida</i> à LAD <i>R. nitida</i>	MN 1
Zone à Berdotensis:	LAD <i>R. nitida</i> à FAD <i>N. T. ginsburgi</i>	MN 2a-2b

FAD: «First Appearance Data» = le niveau le plus ancien où le taxon apparaît

LAD: «Last Appearance Data» = le niveau le plus récent où le taxon est encore présent

Tableau 1. Tableau récapitulatif des poissons découverts dans le bassin molassique franco-genevois (sondages Gex CD 01, CD 04, CD 07, SPL 8/7, L 133, L 135).

Famille	Espèces	Nombre	Planche 4
Cyprinidae	<i>Tarsichthys</i> sp.	1	Fig. 11
	Genus Cyprinidarum sp.	3	Fig. 10
Umbridae	<i>Palaeoesox oligocenicus</i> Reichenbacher & Philippe 1997	5	Fig. 3, 6, 8-9
	Genus Umbridarum sp.	1	-
Osmeridae	<i>Enoplophthalmus</i> sp./cf. <i>schlumbergeri</i> SAUVAGE 1880	1+1 sp.	Fig. 7
Cyprinodontidae	<i>Palaeolebias symmetricus</i> (Weiler 1963)	4	Fig. 4-5
Eleotridae	Genus Eleotridarum <i>martinii</i> Reichenbacher & Uhlig 2002	4+1 cf.	Fig. 1-2

Tableau 2. Distribution géographique des espèces d'otolithes du Rupélien supérieur-Chattien inférieur, hors du bassin molassique franco-genevois, d'après Reichenbacher & Philippe (1997), Reichenbacher & Schwarz (1997), Reichenbacher & Uhlig (2002), Pirkenseer (2007).

Espèces du bassin molassique franco-genevois	Sud de la France	Sud du Fossé rhénan	Molasse de l'Allemagne méridionale
<i>Palaeosox oligocenicus</i>	X		X
<i>Enoplophthalmus</i> sp./cf. <i>schlumbergeri</i>	X		
<i>Palaeolebias symmetricus</i>	X	X	X
Genus <i>Eleotridarum</i> <i>martinii</i>		X	X

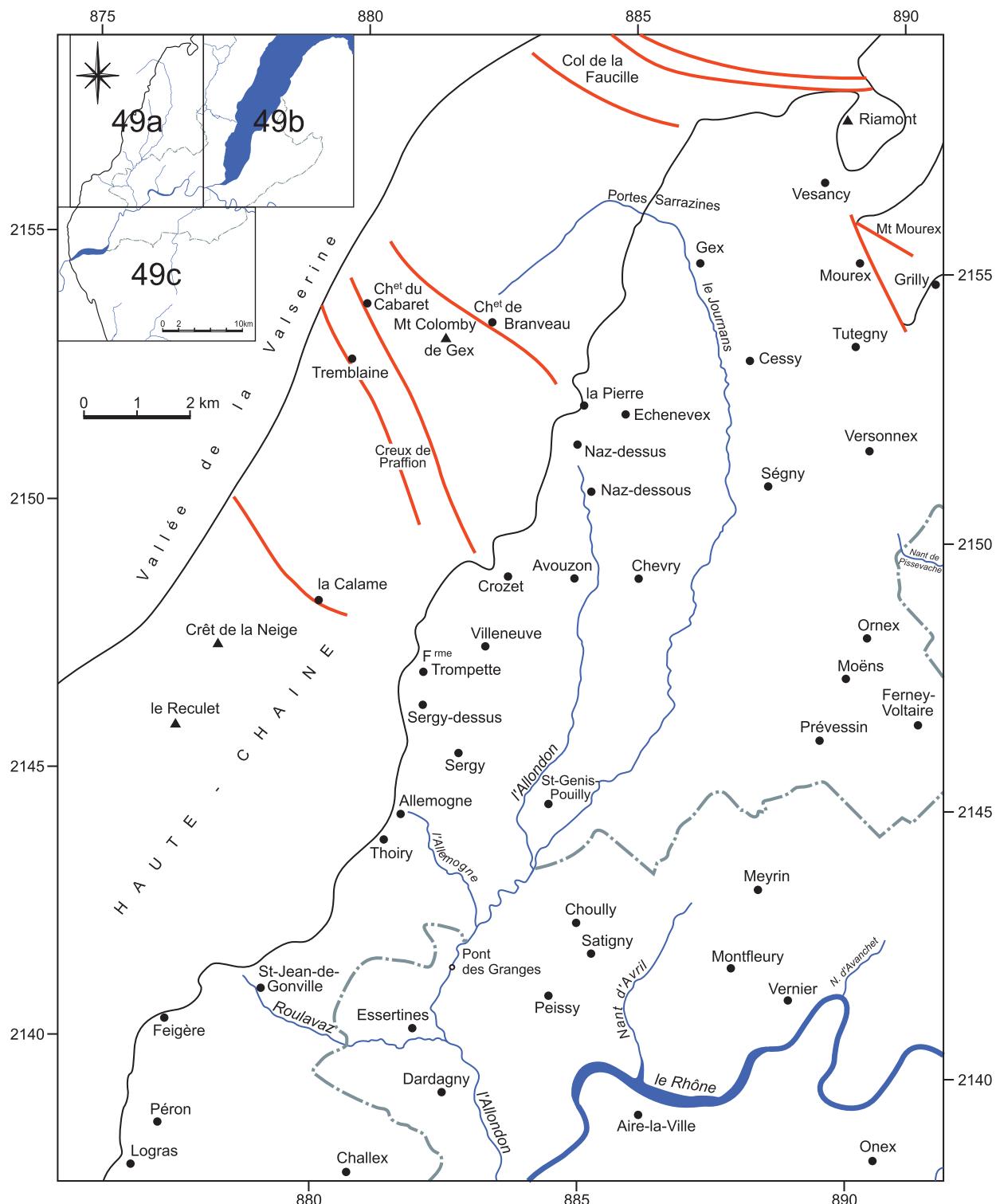


Fig. 50: Localités de la partie nord-occidentale du bassin franco-genevois, mentionnées dans le texte.

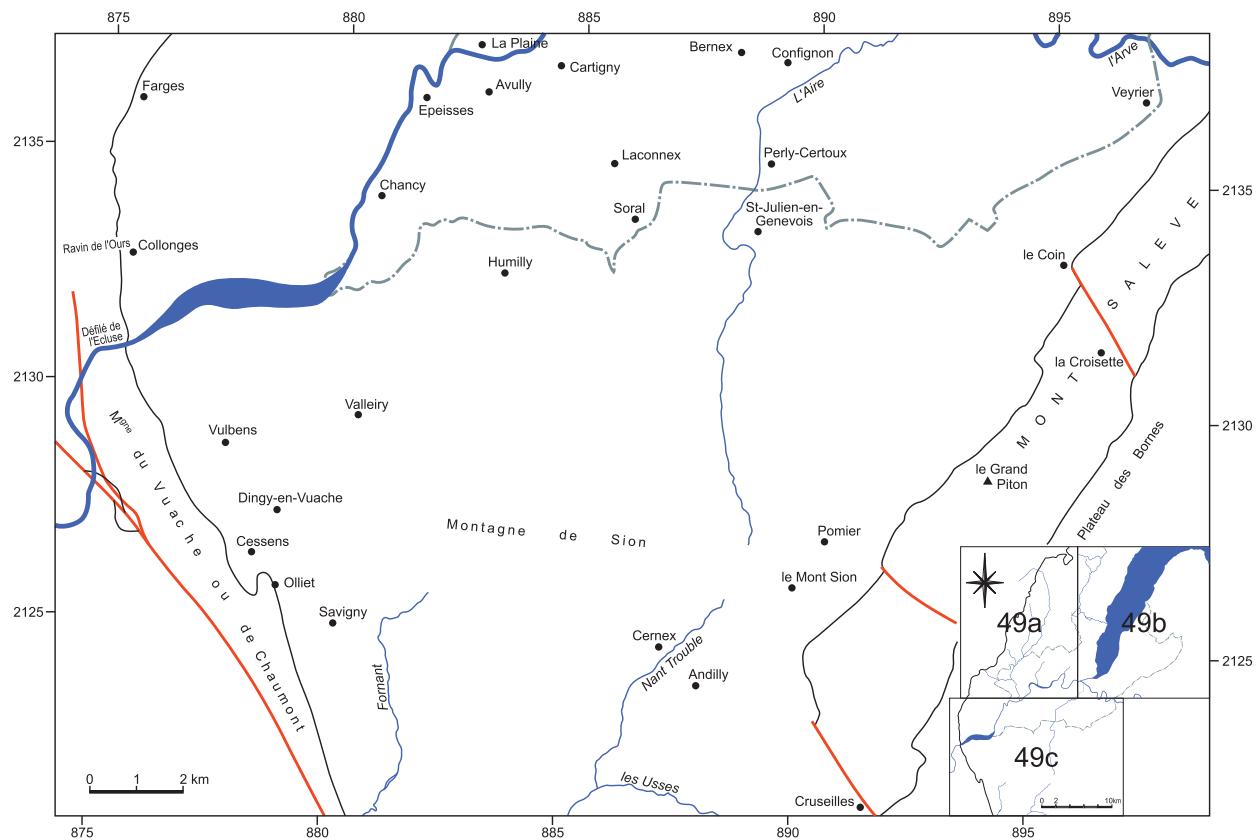


Fig. 51: Localités de la partie méridionale du bassin franco-genevois, mentionnées dans le texte.

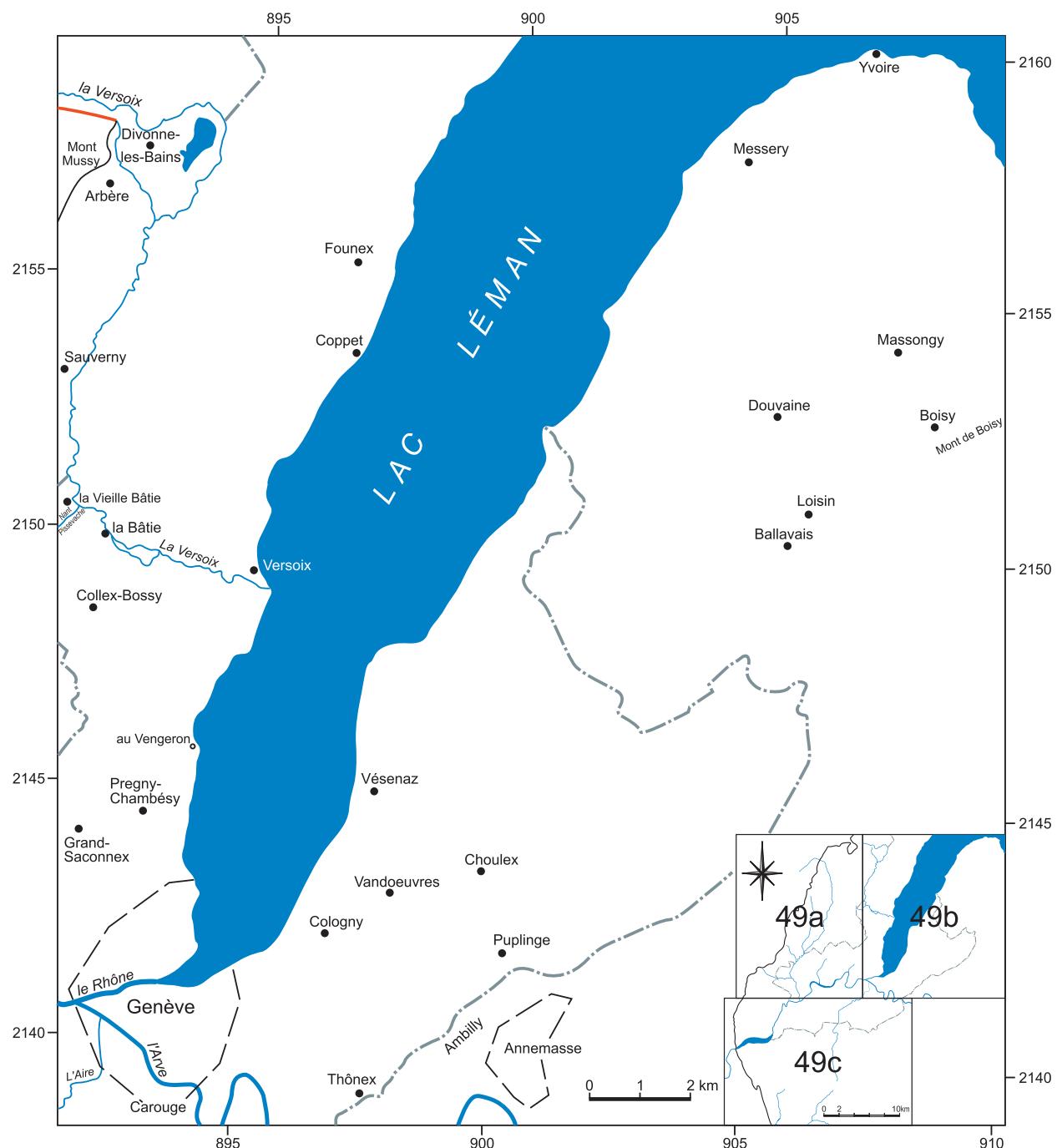
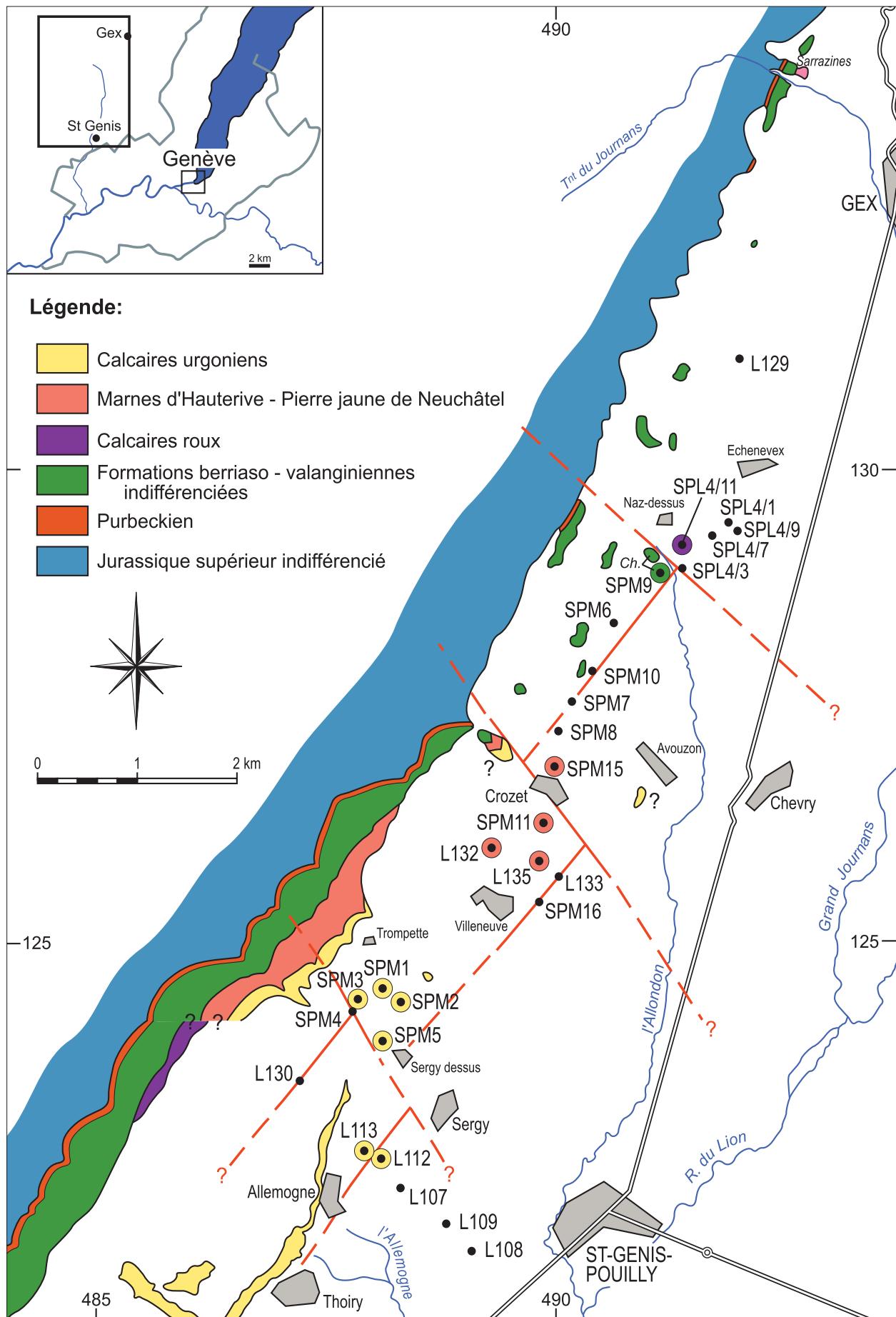


Fig. 52: Localités des parties centrale et nord-orientale du bassin franco-genevois, mentionnées dans le texte.

⁹ L'étude pétrographique et micropaléontologique du substratum mésozoïque des sondages SPM 1, SPM 2, SPM 3 et SPM 9 fera l'objet d'un travail ultérieur. Une partie de ce substratum a déjà été étudiée par H. Ruchet (2005) dans les sondages SPM 6, SPM 7, SPM 8 et SPM 10.



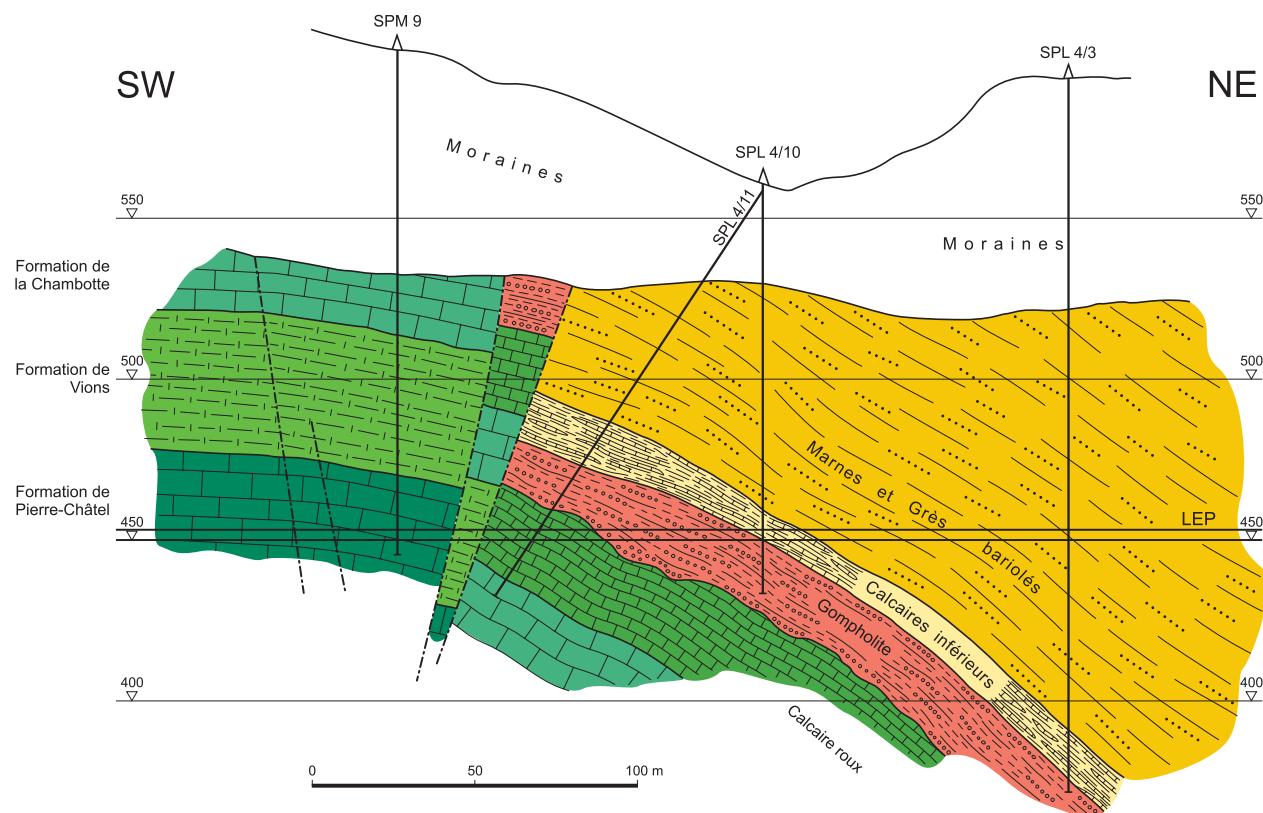


Fig. 54: Coupe verticale selon l'axe du LEP dans le secteur de l'Allondon, entre les sondages SPM 9 et SPL 4/3. La situation de la galerie du LEP et des sondages est donnée sur la Fig. 4.

Fig. 53: Carte géologique schématique du versant sud-oriental de la Haute-Chaîne d'après les feuilles Saint-Claude 1/50000 (Meurisse et al. 1971) et St.-Julien-en-Genevois 1/50000 (Donzeau et al. 1997).

- Les limites cartographiques des formations hauteriviennes et barrémiennes dessinées sur ces deux feuilles ne coïncident pas, d'où les points d'interrogation.
- L'affleurement des sources de l'Allondon décrit par Ducloz (1981), et qui ne figure pas sur la feuille Saint-Claude, a été rajouté avec le sigle «Ch.» (= Formation de la Chambotte; partie inférieure).
- Les affleurements d'Urgonien sis au S d'Avouzon et au NW du Crozet, qui figurent sur la feuille Saint-Claude 1/50000, sont certainement fictifs (d'où les points d'interrogation).
- Les terrains quaternaires (en blanc) n'ont pas été différenciés.
- Lorsque les sondages implantés au pied de la Haute-Chaîne ont traversé le contact entre la Molasse et le substratum mésozoïque, celui-ci est mentionné avec les mêmes couleurs que celles des affleurements.

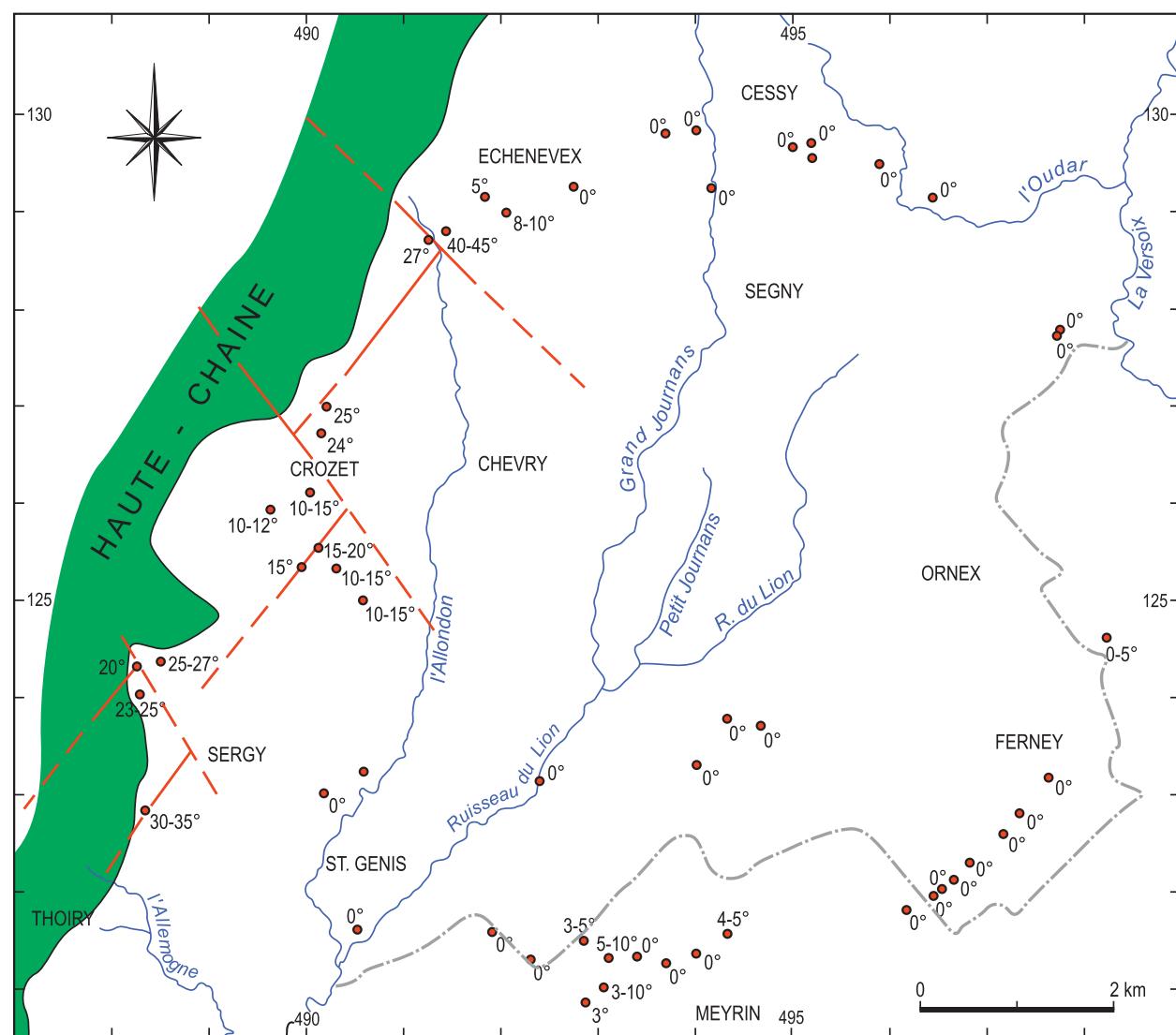


Fig. 55: Carte des failles supposées au pied du Jura et des plongements des couches relevés dans les sondages du CERN. La valeur "0°" est le plus souvent notée "subhorizontal" sur les logs et rapports décrivant ces sondages.

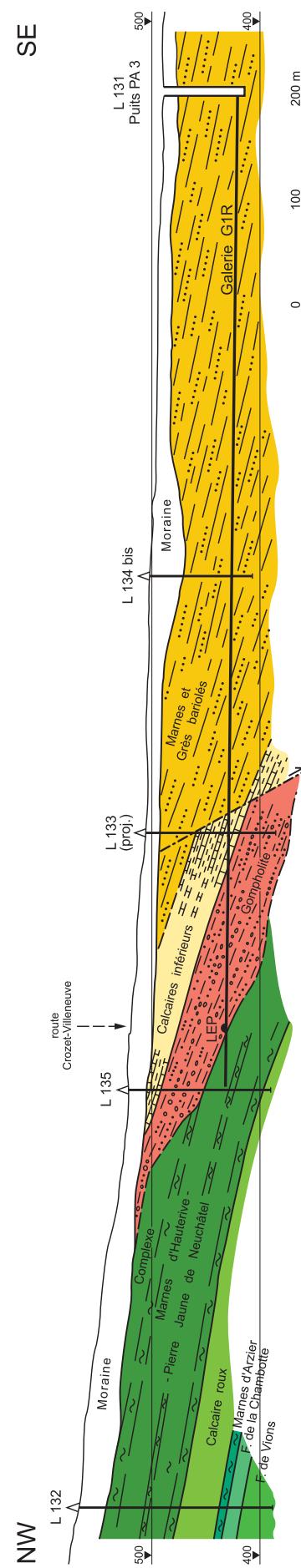


Fig. 56: Coupe verticale selon l'axe de la galerie G1R, d'après le plan 2271.318 du Bureau Dériaz, 24.11.1982 (modifié). La situation de la galerie et des sondages est donnée sur la Fig. 4. Coord. suisses des sondages L 131 (490,56/125,05/487,69) et L 134 bis (490,24/125,34/502,1); les coordonnées des sondages L 132, L 133 et L 135 sont données dans le texte.

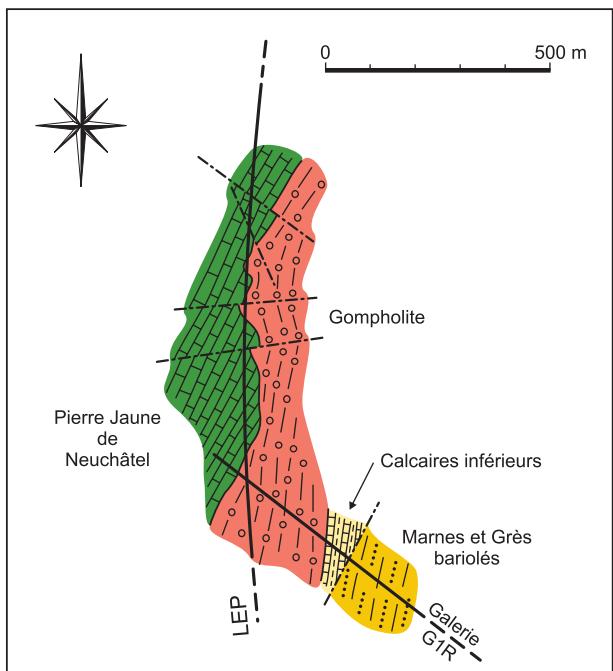


Fig. 57: Coupe horizontale au niveau du LEP, montrant la discordance de la Gompholite sur le Crétacé dans le secteur Villeneuve-Crozet (d'après Fourneaux 1998, modifié); cote env. 434 msm (situation: voir Fig. 4).

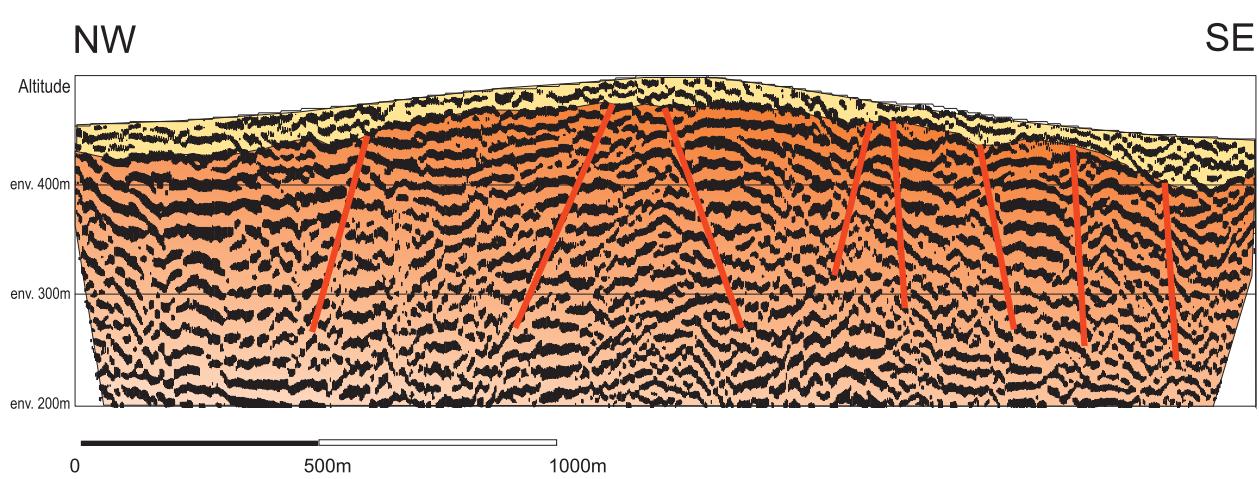


Fig. 58: Profil sismique selon le tracé de la galerie de Chouilly, extrait du rapport GEO2X (2006), modifié (coord. suisses: 490,44/120,98 [extrémité NW du profil]; 492,22/119,36 [extrémité SE du profil]) et reproduit avec l'autorisation du Service cantonal de Géologie de Genève. En jaune clair: couverture morainique.

Bibliographie

- **AMBERGER G.** 1978. Contribution à l'étude du Quaternaire de la région lémanique: résultats de quelques sondages profonds exécutés à Genève. *Eclogae geol. Helv.* Basel, 71: 193-206.
- **AMBERGER G.** 1982. Profil tectonique schématique à travers le canton de Genève. In *Encyclopédie de Genève*, 1: Le Pays de Genève, éd. Roto-Sadag, Genève.
- **AMBERGER G.** 1983. Isohypses du contact Molasse - Quaternaire au 1/25000. Département Intérieur & Agriculture, République et Canton Genève.
- **AMBERGER G.** 1987. La Molasse du Bassin genevois. *Cahiers de la Fac. Sciences*, Univ. Genève, 15: 81-88.
- **AMBERGER G.** 1988. Isobathes du sommet du Crétacé. Service cantonal de Géologie Genève, rapport inédit, réf. SCG 100.88.3.
- **ANGELILLO V.** 1986. Le comportement gonflant des faciès à anhydrite des Marnes et Grès gris à gypse («Molasse grise») du bassin genevois. Exemple de la galerie de décharge du bassin de l'Aire. Diplôme inédit Ing.-géol. Univ. Genève et Service cantonal de géologie de Genève, 124 p.
- **ANGELILLO V.** 1987. Les Marnes et Grès gris à gypse («Molasse grise») du bassin genevois. Géologie, sédimentologie, stratigraphie. Diplôme inédit Ing.-géol. Univ. Genève, 183 p.
- **ARN R., CONRAD M-A. & WEIDMANN M.** 2004. Feuille 1261 Nyon. Atlas géol. Suisse 1:25'000, carte 117, O.F.E.G., Ittigen/Berne.
- **ARN R., CONRAD M-A., MEYER M., WEIDMANN M.** 2005. Notice explicative de la feuille 1261 Nyon de l'Atlas géol. de la Suisse au 1:25'000. O.F.E.G., Ittigen-Berne, 1-101.
- **BARRAGNE-BIGOT P.** 1981. Approche géologique du Piémont jurassien entre Gex et Collonges. Rapport interne inédit, Soc. Fr. Explor. BP, Paris, 9 p.
- **BASSIOUNI M A.** 1979. Brackische und marine Ostrakoden (Cytherideinae, Hemicytherinae, Trachyleberidinae) aus dem Oligozän und Neogen der Türkei. *Geologisches Jahrbuch*, Stuttgart (B) 31: 3-195.
- **BAUMBERGER E.** 1903-1910. Fauna der unteren Kreide im westschweizerischen Jura. *Abh. Schweiz. Paläont. Ges.*, Basel, I-VI, 313 p.
- **BECK C., DEVILLE E., BLANC E., PHILIPPE Y., TARDY M.** 1998. Horizontal shortening control of Middle Miocene marine siliciclastic accumulation (Upper Marine Molasse) in the southern termination of the Savoy Molasse Basin (northwestern Alps/southern Jura). In: *Mascle A*, Puigdefabregas C, Luterbacher H P, Fernandez M. (eds): *Cenozoic Foreland Basins of Western Europe*. Geol. Soc. London, spec. publ. 134: 263-278.
- **BECKER D.** 2003. Paléoécologie et paléoclimats de la Molasse du Jura (Oligo-Miocène): apport des Rhinocerotoidea (Mammalia) et des minéraux argileux. *GeoFocus*, 9, Fribourg, 1-327.
- **BECKER E.** 1999. Orbitoliniden-Biostratigraphie der Unterkreide (Hauterive-Barrême) in den spanischen Pyrenäen (Profil Organyà, Prov. Lérida). *Rev. Paléobiol. Genève*, 18: 359-489.
- **BERGER J-P.** 1983. Charophytes de l'«Aquitanien» de Suisse occidentale. Essai de taxonomie et stratigraphie. *Géobios*, Lyon, 16: 5-37.
- **BERGER J-P.** 1986. Biozonation préliminaire des charophytes oligocènes de Suisse occidentale. *Eclogae geol. Helv.* Basel, 79: 897-912.
- **BERGER J-P.** 1990. Floral changes in the Molasse of Western Switzerland (Oligo-Miocene): paleoclimate implications. In: Knobloch E & Kvacek Z (eds.): *Proc. Symp. «Paleofloristic and paleoclimate changes in the Cretaceous and Tertiary»*, 189-194, *Geol. Surv. Public.*, Praha.
- **BERGER J-P.** 1992. Paléontologie de la Molasse de Suisse occidentale. Thèse d'habilitation inédite, Univ. Fribourg, 25.5.1992, 450 p.
- **BERGER J-P.** 1997. *Nitellopsis (Tectochara)* du groupe *meriani* (Charophyta): les populations de la Molasse suisse (types) et du gisement miocène de Li Mae Long, Thaïlande. *Geodiversitas*, Paris, 19/4: 773-781.
- **BERGER J-P.** 1998. «Rochette» (Late Oligocene, Swiss Molasse), a strange example of a fossil assemblage. In: Ferguson D. (ed.): *Case studies in the Cenophytic Palaeobotany of Central Europe*. Rev. Paleobot. & Palynol., Amsterdam, 101: 95-110.
- **BERGER J-P.** 1999. Redefinition of European Oligo-Miocene Charophyte Biozonation. *Austr. J. Botany*, Sydney, 47/3: 283-296.
- **BERGER J-P., KUNZ E., WEIDMANN M.** 1986. La Molasse oligocène du sondage Noréaz-1 près d'Yverdon (Vaud). *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* Lausanne, 78/2: 207-213.
- **BERGER J-P., CHAROLLAIS J., HUGUENEY M.** 1987. Nouvelles données biostratigraphiques sur la Molasse rouge du bassin genevois. *Archs. Sc.*, 40: 77-95.
- **BERGER J-P., REICHENBACHER B., BECKER D., GRIMM M., GRIMM K I., PICOT L., STORNI A., PIRKENSEER C., SCHÄFER A.** 2005. Eocene-Pliocene time scale and stratigraphy of the Upper Rhine Graben (URG) and the Swiss Molasse Basin (SMB). *Intern. J. Earth Sciences*, Stuttgart, 94: 711-731.
- **BLANC E.** 1996. Transect plateforme-bassin dans les séries carbonatées du Berriasien supérieur et du Valanginien inférieur (domaines jurassien et nord vocontien); chronostratigraphie et transferts de sédiments. *Géol. Alpine Grenoble*, 25: 312 p.
- **BLONDEL T.** 1984. Etude tectonique de la partie septentrionale de la Montagne du Vuache (Haute-Savoie, France). Diplôme inédit Sc. Terre, Dépt. géol. pal. Univ. Genève, 115 p.
- **BLONDEL T.** 1990. Lithostratigraphie synthétique du Jurassique et du Crétacé inférieur de la partie septentrionale de la Montagne du Vuache (Jura méridional, Haute-Savoie, France). *Archs. Sci. Genève*, 43: 175-191.
- **BLONDEL T., CHAROLLAIS J., CLAVEL B., SCHROEDER R.** 1986. Livret-guide de l'excursion du congrès Benthos'86, Jura méridional et chaînes subalpines, 27 septembre 1986. *Publ. Départ. Géol. Pal. Univ. Genève*, sér. Guide géol. 5, 107 p.
- **BOEKER E.** 1994. Interprétation des milieux de dépôts et recherche des discontinuités sédimentaires dans une coupe de la Haute-Chaîne à la limite Berriasien/Valanginien. Diplôme inédit. Sc. Terre, Dépt. géol. pal. Univ. Genève, 43 p.

- **BÜCHLI H, PAQUIN R, DONZE A.** 1976. Etude géoélectrique et gravimétrique du Chablais entre Anières et Evian. *Mat. Géol. Suisse, Géophys.* Zürich, 18: 170 p.
- **BULOT L, THIEULOUY J-P.** 1995. Les biohorizons du Valanginien du Sud-Est de la France: un outil fondamental pour les corrélations au sein de la Téthys occidentale. *Géol. alpine Grenoble, Mém. h. s.* 20: 14-41.
- **BURBANK D W, ENGESSER B, MATTER A, WEIDMANN M.** 1992. Magnetostratigraphic chronology, mammalian faunas and stratigraphic evolution of the Lower Freshwater Molasse, Haute-Savoie, France. *Eclogae geol. Helv.* Basel, 85: 399-431.
- **CAMINADE J-P.** 1981. Reconnaissance structurale des Avants-Monts de Gex-Divonne. *Permis de Clairvaux-Gex. Rapport interne inédit, Soc. Fr. Explor. BP, Paris*, 10 p.
- **CARBONNEL G, WEIDMANN M, BERGER J-P.** 1985. Les ostracodes lacustres et saumâtres de la Molasse de Suisse occidentale. *Rev. de Paléobiologie Genève*, 4: 215-251.
- **CAROZZI A.** 2005. Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799). Un pionnier des sciences de la Terre. Ed. Slatkine, Genève.
- **CAROZZI M.** 1983. Voltaire's Attitude toward Geology. *Archs. Sci.*, 36: 1-145.
- **CASTEL M.** 1967. Charophytes de l'Oligocène supérieur de Marseille. *Bull. Soc. géol. France, Paris, 7e sér.*, 9: 514-519.
- **CEDERBOM C, SINCLAIR H, SCHLUNEGGER F, RAHN M.** 2004. Climate induced rebound and exhumation of the European Alps. *Geology*, Boulder, 32: 709-712.
- **CHAROLLAIS J, AMATO E, DESJACQUES P, GISCHIG F.** 1982. Analyse lithologique des forages du CERN. *Rapports inédits, Archives du CERN, Genève*.
- **CHAROLLAIS J, BUSNARDO R, CARDIN M, CLAVEL B, DEPILLER D, DELAMETTE M, GORIN G, LEPILLER M, MONDAIN P, ROSSET J, VILLARS F.** 1988. Notice explicative, *Carte géol. France (1:50'000)*, feuille Annecy-Bonneville (678). BRGM, Orléans, 139 p. *Carte géologique par J. Charollais, C. Ruchat, C. Ginet, J.-P. Müller, A. Lombard, D. Dondey, J. Rosset (1986)*.
- **CHAROLLAIS J, CLAVEL B, BUSNARDO R.** (2007). Biostratigraphie et découpage séquentiel des formations du Crétacé inférieur de la plate-forme jurassienne (France, Suisse). *Livre jubilaire Prof. A. Soares, Coimbra (sous presse)*.
- **CHAROLLAIS J, CLAVEL B, BUSNARDO R, MAURICE B.** 1989. L'Hauterivien du Jura du bassin genevois. *Mém. Soc. neuchâtel. Sci. nat., Neuchâtel*, 11: 49-72.
- **CHAROLLAIS J, GINET C, HUGUENEY M, MÜLLER J-P.** 1981. Sur la présence de dents de mammifères à la base et dans la partie supérieure de la Molasse rouge du plateau des Bornes (Haute-Savoie, France). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, 74/1: 37-51.
- **CHAROLLAIS J, PLANCHEREL R, MONJUVENT G, DEBELMAS J**, avec la collaboration de **DEVILLE Q, DONZEAU M, GALLAY A, GORIN G, NICoud G, KINDLER P, RUCHAT C, TURREL C, WERNLI R.** 1998. Notice explicative, *Carte géol. France (1:50'000)*, feuille Annemasse (654). BRGM, Orléans, 130 p.
- **CHAROLLAIS J, WERNLI R, JAN DU CHÈNE R, SALIS K von, STEINER F.** 2006. La Molasse marine supérieure de la Combe d'Evuaz et de La Pesse (Jura méridional, France). *Archs. Sci.*, 59: 21-46.
- **CLAVEL B, CHAROLLAIS J.** 1989. Biostratigraphie de l'Hauterivien du Jura méridional. *Mém. Soc. neuchâtel. Sci. nat., Neuchâtel*, 11: 291-298.
- **CLAVEL B, CHAROLLAIS J, BUSNARDO R, SCHROEDER R.** 1994. Biozonation de l'Hauterivien supérieur et du Barrémien inférieur en domaine de plate-forme carbonatée. *Publ. Départ. Géol. Pal. Univ. Genève*, 14: 1-14.
- **CLAVEL B, CHAROLLAIS J, CONRAD M, JAN DU CHÈNE R, BUSNARDO R, GARDIN S, ERBA E, SCHROEDER R, CHERCHI A, DECROUEZ D, GRANIER B, SAUVAGNAT J, WEIDMANN M.** 2007. Dating and progradation of the Urgonian limestone from the Swiss Jura to South-East France. *Z. dt. Ges. Geowiss.*, Stuttgart, 158/4: 1025-1062.
- **COLLET L W, PARÉJAS E.** 1934. Les environs de Mornex. *C. R. Soc. Phys. Hist. nat. Genève*, 51: 171-174.
- **CONRAD M-A.** 1969. Les calcaires urgoniens dans la région entourant Genève. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, 62: 1-79.
- **CONRAD M-A, DUcloz C.** 1977. Nouvelles observations sur l'Urgonien et le Sidérolithique du Salève. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, 70: 127-141.
- **COPPONEX J-P.** 1955. Etude géologique de l'anticlinal du Reculet (Ain, France) entre le Col de Crozet et le Crêt de la Neige. *Diplôme inédit, Laboratoire de Géologie, Univ. de Genève*, 1-36.
- **CORNIOLEY Y.** 1988. Géochimie des hydrocarbures dans les sédiments anciens du bassin lémanique. *Thèse Fac. Sciences Univ. Genève*, n° 2309, 147 p.
- **DELAMETTE M, CHAROLLAIS J, DECROUEZ D, CARON M.** 1997. Les Grès verts helvétiques (Aptien moyen - Albien supérieur) de Haute-Savoie, Valais et Vaud (Alpes occidentales franco-suisses). Analyse stratigraphique et inventaire paléontologique. *Publ. Dépt. Géol. Pal. Univ. Genève*, 23, 400 p.
- **DÉRIAZ P + C, HOTELLIER J-F.** 1980 et suivantes. Nombreux rapports inédits concernant les sondages et divers travaux souterrains du CERN. *Archives géologiques et géotechniques du CERN et Bureau Dériaz, Genève*.
- **DEVILLE Q.** 1990. Chronostratigraphie et lithostratigraphie synthétiques du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur de la partie méridionale du Grand-Salève (Haute-Savoie, France). *Archs. Sci. Genève*, 43: 215-235.
- **DEVILLE Q.** 1991. Stratigraphie, sédimentologie et environnements de dépôts, et analyse séquentielle dans les terrains entre le Kimméridgien supérieur et le Valanginien du Mont-Salève (Haute-Savoie, France). *Thèse inédite, Fac. Sciences Univ. Genève*, 141 p.
- **DONZE P.** 1972. Feuille 677 Seyssel. *Carte géologique de la France à 1:50'000*. BRGM, Orléans.
- **DONZEAU M, WERNLI R, CHAROLLAIS J.** 1998. Interprétation nouvelle de la géométrie de l'accident du Vuache dans le Jura méridional: le relais de failles transpressif sénestre Léaz-Champfromier (Ain). *Géologie de la France*, Orléans, 2: 25-45.
- **DONZEAU M, WERNLI R, CHAROLLAIS J, MONJUVENT G.** 1997. Carte géologique et notice explicative, *Carte géol. France (1:50'000)*, feuille Saint-Julien-en-Genevois (653). BRGM, Orléans.

- **DUCLOZ C.** 1980. Observations géologiques aux sources de l'Allondon (Ain, France). C. R. Séances Soc. Phys. Hist. nat. Genève, N.S., 15: 167-178.
- **DUCLOZ C.** 1983. Les croûtes calcaires des environs de Genève: comparaisons avec les encroûtements du Jura oriental, de l'Allemagne méridionale et du sud-est de la France. Archs. Sci., 36: 265-289.
- **DUPUY D.** 2006. Etude des sédiments quaternaires, de la Molasse et de sa tectonique dans le Grand Lac (Lac Léman) à partir de données sismiques 2D et 3D. Thèse Inst. Géophys. Univ. Lausanne, 1-236.
- **ENGESSER B.** 1976: Zum Milchgebiss der Dimyiden (Insectivora, Mammalia). Eclogae geol. Helv. Basel, 69: 795-808.
- **ENGESSER B.** 1990: Die Eomyidae (Rodentia, Mammalia) der Molasse der Schweiz und Savoyens. Schweiz. Paläont. Abh. Basel, 112: 1-144.
- **ENGESSER B, MÖDDEN C.** 1997. A new version of the biozonation of the Lower Freshwater Molasse (Oligocene and Agenian) of Switzerland and Savoy on the basis of fossil mammals. In: Aguilar J-P, Legendre S, Michaux J. (eds): Actes du congrès BiochroM'97, Mém. Trav. EPHE Inst. Montpellier 21: 475-499.
- **FASEL J-M.** 1986. Sédimentologie de la Molasse d'eau douce subalpine entre le Léman et la Gruyère. Thèse Univ. Fribourg, no 907, 142 p.
- **FAVRE A.** 1843. Considérations géologiques sur le Mont Salève et sur les terrains des environs de Genève. Mém. Soc. Phys. Hist. nat. Genève, 10: 49-162.
- **FAVRE A.** 1879. Description géologique du Canton de Genève.- Bull. Classe Agricul., Soc. des Arts, Genève, 79, 2 vol.
- **FEIST M.** 1977. Description du nouveau genre *Krassavinella* (Charophyta, Characeae) et répartition de *K. lagenalis* (Straub) dans l'Oligocène supérieur de la Molasse suisse. Eclogae geol. Helv., Basel, 70: 771-775.
- **FEIST-CASTEL M, RINGEADE M.** 1977. Etude biostratigraphique et paléobotanique (Charophytes) des formations continentales d'Aquitaine, de l'Eocène supérieur au Miocène inférieur. Bull. Soc. géol. France, Paris, (7), t. XIX/2: 341-354.
- **FEIST M, ANADON P, CABRERA I, CHOI S J, COLOMBO F, SAEZ M.** 1994. Upper Eocene-Lowermost Miocene charophyte succession in the Ebro Basin (Spain). Contribution to the charophyte biozonation in Western Europe. Newsl. Stratigr., Stuttgart, 30: 1-32.
- **FOURNEAUX J-C.** s. d. Analyse géologique du percement du tunnel du LEP sous le Jura. Rapport inédit, Archives géologiques et géotechniques du CERN, Genève.
- **FOURNEAUX J-C.** 1988. Les conditions géologiques et hydrogéologiques du percement du tunnel du LEP sous le Jura. Travaux, juin 1988, Ed. Science et Industrie, Paris, 42-45.
- **FOURNEAUX J-C, LANDRU B, SOMMERIA L.** 1990. La karstification profonde dans le Jura à partir des observations faites lors du percement du tunnel du LEP (Ain et canton de Genève). Karstologia, Chambéry, 16: 1-8.
- **FOURNEAUX J-C, LAPORTE H.** 1990. Influence des conditions hydrogéologiques sur le percement du tunnel du LEP sous le Jura. Mem. 22nd Congress I.A.H., EPF-Lausanne 1990, 22/2: 1269-1277.
- **GALLOWAY W E.** 1977. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis. I: Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. Am. Assoc. Petroil. Geol. Bull., Houston, 73: 125-142.
- **GAUDANT J, REICHENBACHER B.** 1998. Skelette der Gattung *Enoplophthalmus* Sauvage 1880 (Teleostei, Osmeridae) mit Otolithen in situ aus dem Unter-Miozän des Mainzer Beckens. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 210, Stuttgart, 237-266.
- **GAUDANT J, WEIDMANN M, BERGER J-P, BOLLIGER T, KÄLIN D & REICHENBACHER B.** 2002. Recherches sur les dents pharyngiennes de Poissons Cyprinidae de la Molasse d'eau douce oligo-miocène de Suisse (USM, OSM) et de Haute-Savoie (France). Rev. Paléobiol. Genève, 21: 371-389.
- **GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE & GÉOPRODUCTION CONSULTANTS.** 1994. Forage géothermique de Thônen. Rapport final inédit et annexes. Office cantonal de l'énergie, Etat de Genève.
- **GEO2x-GEOFYSIC & GEOLOGY.** 2006. Galerie de Chouilly (Genève). Etude géophysique par sismique. Rapport inédit, Service cantonal de Géologie de Genève.
- **GORIN G, GÜLAÇAR F, CORNIOLEY Y.** 1989. Organic geochemistry, maturity, palynofacies and palaeoenvironment of Upper Kimmeridgian and Lower Tertiary organic-rich samples in the southern Jura (Ain, France) and subalpine massifs (Haute-Savoie, France). Eclogae geol. Helv. Basel, 82: 491-515.
- **GORIN G, SIGNER C, AMBERGER G.** 1993. Structural configuration of the western Swiss Molasse Basin as defined by reflection seismic data. Eclogae geol. Helv. Basel, 86: 693-716.
- **GUILLAUME A, GUILLAUME S, LLAC F, MEURISSE M.** 1972. Notice explicative, Carte géol. France (1:50'000), feuille St-Claude (XXXIII-28). BRGM, Orléans, 15 p. Carte géologique par M. Meurisse, F. Llac, S. Guillaume & A. Guillaume (1971).
- **GUILLEMIN M.** 1981. Imprégnations d'huile dans l'Oligocène des forages du CERN. Demande de permis Clairvaux-Gex (périmètre de Gex). Rapport inédit, Société française d'exploration BP, Paris.
- **GUILLEMIN M.** 1983. Rapport de fin de sondages Gex CD 01 à 07 (Géologie). Permis de Clairvaux-Gex. Rapport inédit, Société française d'exploration BP, Paris.
- **HANTKE R.** 1984. Die Fächerpalmreste aus der Molasse der Schweiz und ihrer nordöstlichen Grenzgebiete sowie ihr paläoklimatischer Aussagewert. Diss. Bot., Vaduz, Festschrift Welten, 72: 137-175.
- **HEER O.** 1855. Flora Tertiaria Helvetiae, Wurster, Winterthur, 1-118.
- **HEIM A.** 1922. Le sondage pour la recherche du pétrole à Challex (Ain). Eclogae geol. Helv., Basel, 17: 115-123.
- **HOOKER J J, WEIDMANN M.** 2000. The Eocene mammal faunas of Mormont, Switzerland. Systematic revision and resolution of dating problems. Schweiz. Paläont. Abh., Basel, 120: 1-143.

- **HOOKER J J, WEIDMANN M.** 2007. A diverse rodent fauna from the middle Bartonien (Eocene) of Les Alleveys, Switzerland: snapshot of the early theridomyid radiation. *Swiss j. geosci.* 100: 469-493.
- **HOTELIER J-F, REBUFFÉ P.** 1988. Les parois moulées dans la construction du LEP. *Travaux, juin 1988, Ed. Science et Industrie*, Paris, 31-33.
- **HOTTINGER M.** 1990. Géologie de la partie centrale du Chaînon du Salève, au Nord de Cruseilles (Haute-Savoie, France). Région de la Grande Montagne - les Avenières. Diplôme inédit, Départ. Géol. Paléont. Univ. Genève, 33 p.
- **HUANG R J.** 1978. Early Tertiary Charophytes from coastal region of Bohai.(en chinois).
- **HUGOT G.** 1983. Hydrogéologie et paléomorphologie glaciaire du Pays de Gex (Ain). Thèse, Univ. scientif. et médic., Grenoble, 1-261.
- **HUGUENY M, KISSLING D.** 1972. Nouveaux gisements de mammifères de l'Oligocène supérieur de Suisse occidentale. *Géobios*, Lyon, 5: 55-66.
- **JAQUET J-M, DUCLOZ C, VUAGNAT M.** 1990. Introduction géologique. In: *Sentier naturaliste, Vallon de la Roulavaz (Dardagny)*. Conservatoire et Jardin botanique, Ville de Genève, Sér. docum. 27: 9-16.
- **JAYET A.** 1926. Etude stratigraphique de la Perte du Rhône près de Bellegarde (Ain, France). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, 20: 159-222.
- **JAYET A.** 1964. Feuille 1281 Coppet et notice explicative. *Atlas géol. suisse 1:25.000, Comm. géol. suisse*, Basel.
- **JENNY J, BURRI J-P, MURALT R, PUGIN A, SCHEGG R, UNGEMACH P, VUATAZ F, WERNLI R.** 1995. Le forage géothermique de Thônex (Canton de Genève): aspects stratigraphiques, tectoniques, diagénétiques, géophysiques et hydrogéologiques. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, 88: 365-396.
- **JOUKOWSKY E, FAVRE J.** 1913. Carte géologique du Salève, 1:25.000. *Mém. Soc. Phys. Hist. nat. Genève*, 37/4.
- **KÄLIN D.** 1997. The mammal zonation of the Upper Marine Molasse of Switzerland reconsidered – a local Biozonation of MN 2-MN 5. In: Aguilar J-P, Legendre S, Michaux J (eds): *Actes du congrès BiochroM'97*, Mém. Trav. EPHE Inst. Montpellier, 21: 515-535.
- **KELLER B, BLÄSI H-R, PLATT N H, MOZLEY P S, MATTER A.** 1990. Sedimentäre Architektur der distalen Unteren Süsswassermolasse und ihre Beziehung zur Diagenese und den petrophysikalischen Eigenschaften am Beispiel der Bohrungen Langenthal.- *Geol. Ber. Landeshydrol. u. -geol.*, Bern, 13: 1-100.
- **KEMPF O, BOLLIGER T, KÄLIN D, ENGESSER B, MATTER A.** 1997. New magnetostratigraphic calibration of early to middle Miocene mammal biozones of the North Alpine Foreland Basin. In: Aguilar J P, Legendre S, Michaux J. (eds) *Actes du congrès BiochroM'97*. Mém. Trav. EPHE Inst. Montpellier 21: 547-561.
- **KEEN M C.** 1971. A palaeoecological study of the ostracod *Hemicypriidea montosa* (Jones & Sherborn) from the Sannoisian of North-West Europe. In Oertli H.J. (ed.): *Colloque sur la Paléoécologie des Ostracodes*. Bull. Centre Rech. SNPA, Pau, 5 suppl.: 523-543.
- **KERRIEN Y, TURREL C, MONJUVENT G, CHAROLLAIS J, LOMBARD A, BALMER F, OLMARI F, PAPILLON R, FONTANNAZ L, AMBERGER G, RUCHAT C, GREBERT Y, MARTHALER M.** 1998. Carte géol. France (1:50'000), feuille Annemasse (654). BRGM, Orléans, Notice explicative par J. Charollais, R. Plancherel, G. Monjuvent, J. Debèlmas et coll. (1998), 130 p.
- **KISSLING D.** 1974. L'Oligocène de l'extrémité occidentale du bassin molassique suisse. Stratigraphie et aperçu sédimentologique. Thèse n° 1648, Univ. Genève, Impr. Gessler, Colombier, 94 p.
- **KRUIT C.** 1955. Sediments of the Rhône Delta. 1. Grain size and microfauna. *Verhandelingen Koninklijk Nederlandsch geologisch-mijnbouwkundig Genootschap*, Geol. Ser. 15: 357-514.
- **LAGOTALA H.** 1932. Les gîtes bitumineux de Dardagny (Genève). *Le Globe, Soc. géogr. Genève*, 71: 1-118.
- **LAGOTALA H.** 1945. Profil géologique du sondage de Peissy au 1:100e. In: *Rapport pour la Société d'Etudes pour la mise en valeur des gisements métallifères suisses*, Berne. Rapport inédit, Archives du Service cantonal de Géologie, Genève.
- **LAGOTALA H.** 1947. Quelques résultats du sondage de Peissy (Genève). *C. R. Séances Soc. Phys. Hist. nat. Genève*, 64: 73-76.
- **LAGOTALA H.** 1948. Les roches bitumineuses de Peissy (Genève). *Le Globe, Soc. géogr. Genève*, 87: 39-85.
- **LANTERNO E.** 1972. Rapport inédit du 1^{er} juillet 1972, réf. MC/61/Rev., Archives géol. et géotechn. du CERN, Genève.
- **LANTERNO E.** 1975. Dix kilomètres d'excavation dans le sous-sol molassique franco-genevois. *Musées de Genève*, 158: 9-17.
- **LANTERNO E, KÜNZLE A, GERVaise J, BRUDERLEIN J.** 1981. Projet LEP. Sondages de reconnaissance 1979-1980. Rapport inédit, réf. SPS-SU-81-2, 13 p. + annexes. Archives géol. et géotechn. du CERN, Genève.
- **LOMBARD A.** 1965. Feuille 1301 Genève, notice explicative. *Atlas géol. de la Suisse au 1:25'000*. Comm. géol. suisse, Bâle, 42 p.
- **LOMBARD A, CHAROLLAIS J.** 1965. La flexure du Salève - Les Bornes et son influence sur la paléosédimentologie régionale. *Geol. Rundschau*, Stuttgart, 55: 542-548.
- **LOMBARD A, PARÉAS E.** 1965. Feuille 1301 Genève. *Atlas géol. de la Suisse au 1:25'000*. Comm. géol. suisse, Bâle.
- **MAEDLER K.** 1955. Zur Taxonomie der tertiären Charophyten. *Geol. Jb. Hannover*, 70: 265-328.
- **MALATRAIT A M.** 1981. Etude géologique détaillée des Monts du Jura à l'aplomb du projet LEP sur le territoire des communes de Echenevex, Crozet, Sergy, Thoiry (01). Rapport inédit au CERN, BRGM, Orléans, réf. 81 SGN 079 RHA, 95 p.
- **MALATRAIT A M.** 1982. Conditions géologiques pour le percement du tunnel du LEP en Piémont du Jura (01). Rapport inédit au CERN, BRGM, Orléans, réf. 82 SGN 505 RHA, 7 p.
- **MALZ H.** 1971. A palaeoecological review of the Chattian/Aquitanian boundary in the Mainz Basin by means of Ostracoda. In: Oertli HJ (ed.): *Colloque sur la paléoécologie des ostracodes*. Bull. Centre Rech. Pau, SNPA, 5: 515-522.
- **MALZ H.** 1978. Neue *Hemicypriidea*-Arten (Ostracoda; Tertiär) aus dem Mainzer Becken und seinen Randgebieten. *Senckenbergiana lethaea*, Frankfurt a.M., 59: 71-91.
- **MANIGLER A.** 1887. Le sondage de Challex. *Bull. Soc. Industrie Minérale*, Paris, 1: 397.
- **MARTENS K, BEHEN F.** 1994. A Checklist of the Recent Non-Marine Ostracods (Crustacea, Ostracoda) from the Inland Waters of South America and Adjacent Islands. *Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg*, 22: 1-81.

- **MARTI L.** 1983. Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du Mont Mourex - Mont Mussy (Ain, France). Diplôme inédit, Dépt. Géol. Pal. Univ. Genève, 1-140.
- **MARTINEZ J-F.** 1986. Etude du fonctionnement d'aquifères complexes, Pays de Gex, Ain. Thèse 3e cycle, Univ. scientif. et médic., Grenoble, 261 p.
- **MARTINI E, REICHENBACHER B.** (2007). Nannoplankton und Fisch-Otolithen in der Mittleren Pechelbronn-Formation (Unter-Oligozän, Oberrheingraben/Mainzer Becken). Geol. Abhandl. Hessen, 116: 235-273.
- **MARTINI J.** 1962. Note sur le Tertiaire des environs de Mornex. Arch. Sci. Genève, 15: 619-626.
- **MARTINI J.** 1969. Note sur le gypse chattien de la région genevoise. C. R. Séances Soc. Phys. Hist. nat. Genève, NS, 4: 183-186.
- **MAURER H.** 1981. Pétrographie sédimentaire des sondages Peissy et L 112. Rapport inédit, 1-6.
- **MAURER H.** 1983. Sedimentpetrographische Analysen an Molasseabfolgen der Westschweiz. Jb. Geol. B.-A. Wien, 126: 23-69.
- **MEURISSE M, LLAC F, GUILLAUME S, GUILLAUME A.** 1971. Carte géol. France (1:50'000), feuille St-Claude (XXXIII-28). BRGM, Orléans. Notice explicative par A. Guillaume, S. Guillaume, F. Llac, M. Meurisse (1972), 15 p.
- **MEYER M.** 2000. Le Complexe récifal kimméridgien-tithonien du Jura méridional interne (France), évolution multifactorielle, stratigraphie et tectonique. Terre & Environnement, Genève, 24: 179 p.
- **MEYER DE STADELHOFEN C.** 1980. Prospection géoélectrique pour le CERN. Rapport inédit, Arch. géol. et géotechn., CERN, Genève.
- **MICHEL R C.** 1965. Les calcaires oligocènes de Grilly (Ain, France). Archs. Sci., 10: 706-711.
- **MOJON P-O.** 1987. Affleurements molassiques de la Roulavaz (Dardagny). Rapport inédit, Dépt. géol. paléont. Univ. Genève, 1-8.
- **MOJON P-O, ENGESSER B, BERGER J-P, BUCHER H, WEIDMANN M.** 1985. Sur l'âge de la Molasse d'eau douce inférieure de Boudry, NE. Eclogae geol. Helv. Basel, 78: 631-667.
- **MONJOIE A.** 1990. Impact des travaux souterrains profonds sur les nappes aquifères en région montagneuse. Mem. 22nd Congress of IAH, EPF-Lausanne 1990, vol. 22/2: 1208-1232.
- **MOREL P.** 1946-1947. Riamont, Mt Mourex, Mt Mussy. Etude de quelques avant-plis du Jura gessien. Bull. Soc. Natural. Archéol. Pays Ain, Bourg-en-Bresse, 60: 86-117 et 61: 37-46.
- **MOREND D.** 2000. High-resolution seismic facies of alluvial depositional systems in the Lower Freshwater Molasse (Oligocene-early Miocene, western Swiss Molasse Basin). Terre et Environnement, Genève, 23: 1-97.
- **MOREND D, PUGIN A, GORIN G E.** 1998. Sedimentological interpretation of high-resolution seismic facies in the Lower Freshwater Molasse (Chattian, western Switzerland). Terra Nova, Paris, 10: 155-159.
- **MÜLLER D.** 1985. Biostratigraphische Untersuchungen in der subalpinen Unteren Süßwassermolasse zwischen Inn und Lech anhand von Ostrakoden. Palaeontographica, Stuttgart, Abt. A, 187: 1-57.
- **MUMENTHALER T, PETERS T, WEIDMANN M.** 1981. Niveau de bentonite dans la Molasse grise de Lausanne (USM-«Aquitaniens»). Eclogae geol. Helv., Basel, 74: 639-650.
- **NECKER L-A.** 1841. Etudes géologiques dans les Alpes. 1 vol., Pitois, Paris.
- **ODIER M.** 1996. Projet LHC, Lot 1: reconnaissances géologiques et géotechniques. Géotechnique appliquée P. & C. Dériaz, Genève, rapport inédit 3545/81, 35 p., Archives géol. et géotechn. du CERN.
- **OERTLI H-J.** 1956. Ostrakoden aus der Oligozänen und Miozänen Molasse der Schweiz. Schweiz. Paläont. Abh., Basel, 74: 1-119.
- **OLIVE P, VIAL R, ALAIN Y, CONRAD M-A, VERNET J-P.** 1987. Carte géol. France (1:50'000), feuille Douvaine (629). BRGM, Orléans.
- **OLIVIER R.** 1983. Atlas gravimétrique du Plateau suisse, partie Ouest, au 1:100'000. Bull. Inst. géophys. Univ, Lausanne, 5.
- **OLMARI F.** 1983. Etude sédimentologique de la Molasse du bassin genevois. Rapport inédit à la S.F.D.P.-B.P., Paris, 39 p.
- **PARÉJAS E.** 1938. Feuille 12: 449 Dardagny, 449bis Chancy, 450 Vernier, 450bis Bernex, avec notice explicative. Atlas géol. Suisse au 1/25'000. Comm. géol. suisse, Bâle.
- **PARÉJAS E.** 1944. Plissemens dans la molasse de Vernier (Genève). C.-R. somm. Soc. Phys. Hist. nat. Genève, 61: 75-77.
- **PARKIN R.** 2000. A megascience project: the design and construction at Point 1 of the CERN LHC project. Tunnels & Tunnelling International, London, nov. 2000, 42-44.
- **PIRKENSEER C.** 2007. Foraminifera, Ostracoda and other microfossils of the Southern Upper Rhine Graben. Thèse Nr. 1565, 340 p. Univ. Fribourg (Suisse).
- **PLATT N H.** 1992. Fresh-water carbonates from the Lower Freshwater Molasse (Oligocene, Western Switzerland): sedimentology and stable isotopes. Sedimentary Geol., Amsterdam, 78: 81-99.
- **PLATT N H, KELLER B.** 1992. Distal alluvial deposits in a foreland basin setting – the Lower Freshwater Molasse (Lower Miocene), Switzerland: sedimentology, architecture and palaeosoils. Sedimentology, Oxford, 39: 545-565.
- **PLATT N H, WRIGHT V P.** 1992. Palustrine carbonates and the Florida Everglades; towards an exposure index for the fresh-water environment. J. Sedim. Petrology 62: 1058-1071.
- **POLDINI E.** 1963. Les anomalies gravifiques du canton de Genève. Mat. géol. Suisse, sér. Géophys. 4, Bern, 63 p.
- **REGGIANI L.** 1989. Faciès lacustres et dynamique sédimentaire dans la Molasse d'eau douce inférieure oligocène (USM) de Savoie. Eclogae geol. Helv., Basel, 82: 325-350.
- **REICHENBACHER B.** 1999. Preliminary otolith-zonation in continental Tertiary deposits of the Paratethys and adjacent areas. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., Stuttgart, 214: 375-390.
- **REICHENBACHER B.** 2000. Das brackisch-lakustrine Oligozän und Unter-Miozän im Mainzer Becken und Hanauer Becken: Fischfaunen, Paläoökologie, Biostratigraphie, Paläogeographie. Courier Forschungsinst. Senckenberg, Frankfurt am Main, 222: 1-143.

- **REICHENBACHER B, PHILIPPE M.** 1997. Les otolithes de Téléostéens oligocènes du bassin d'Apt (Vaucluse, France). N. Jb. Geol. Paläont. Abh., Stuttgart, 203: 391-423.
- **REICHENBACHER B, SCHWARZ J.** 1997. Charophyten und Otolithen aus den Cyrenen-Schichten des nördlichen Alpenvorlandes. Paläont. Zeitschrift, Stuttgart, 71: 173-188.
- **REICHENBACHER B, UHLIG U.** mit einem Beitrag von Jürgen Schwarz 2002. Die Fischfauna der chattischen Unteren Cyrenen-Schichten in der Murnauer Mulde (süddeutsche Faltenmolasse). Courier Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt am Main, 237: 175-191.
- **REICHENBACHER B, WEIDMANN M.** 1992. Fisch-Otolithen aus der oligo-miozänen Molasse der West-Schweiz und der Haute-Savoie (Frankreich). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, B, 184: 1-83.
- **RIGASSI D.** 1957. Le Tertiaire de la région genevoise et savoisiennne. Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. U. Ing. Basel, 24/66: 19-34.
- **RIGASSI D.** 1977a. Subdivision et datation de la Molasse «d'eau douce inférieure» du Plateau suisse. Paleolab News, Nyon, 1, 42 p.
- **RIGASSI D.** 1977b. Encore le Risoux. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. Lausanne, 73: 379-413.
- **RIGASSI D.** 1980. Couches détritiques de La London (Pays de Gex, Ain). Chez l'auteur, Genève, 11 p.
- **RIGASSI D.** 1982. Bassin molassique sud-occidental. Carte géologique interprétative (sans Quaternaire) au 1:200'000. In: Jung, P. (éd.), Doc. Labo géol. Univ. Lyon, H.S. 7.
- **RIGASSI D.** 1996. Regional geological framework of the Pays de Gex (Jura foldbelt, Molasse basin, Bresse). Rapport inédit, 1-50, Soc. Gén. Industrie, Genève.
- **RIVE A DE LA, MARCET F.** 1834. Quelques observations de physique terrestre. Mém. Soc. phys. hist. nat. Genève, 6: 503-528.
- **RIVELINE J.** 1985. Les charophytes du Paléogène et du Miocène inférieur d'Europe occidentale. Cah. Micropaléont., Paris, 227 p.
- **RIVELINE J, BERGER J-P, FEIST M, MARTIN-CLOSAS C, SCHUDACK M, SOULIE-MÄRSCHE I.** 1996 European Mesozoic-Cenozoic charophyte biozonation. Bull. Soc. géol. France, Paris, 167: 453-468.
- **RUCHAT C.** 1978. Relevé tectonique général du bassin genevois. In: Etude de la fracturation tectonique active dans le canton de Genève et environs. Rapport inédit, 1-45, E.O.S. et Service cantonal de Géologie de Genève.
- **RUCHAT C.** 1997. Carte géologique de la Molasse du bassin genevois. In: Charollais et al. 1998. Notice explicative, Carte géol. France (1:50'000), feuille Annemasse (654). BRGM, Orléans, 130 p.
- **RUCHET H.** 2005. Micropaléontologie des formations de Vions, Chambotte et Calcaires roux (Berriasien supérieur-Valanginien) dans trois forages du CERN près de Genève. Diplôme inédit, Dépt. Géol.-Paléont., Univ. de Genève, 1-103.
- **RUTSCH F.** 1971. Région-type et faciès de la Molasse. Archs. Sci. Genève, 24: 11-15.
- **SAVINI-BONNARD G, ZANINETTI L, CHAROLLAIS J.** 1984. Les foraminifères dans le Crétacé inférieur (Berriasien moyen - Valanginien inférieur) de la région de la Corraterie, Grand Salève (Haute-Savoie, France): inventaire préliminaire et remarques stratigraphiques. Rev. Paléobiol. Genève, 3: 175-184.
- **SAUSSURE H B DE.** 1779-1796. Voyages dans les Alpes, précédés d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève. 4 vol., Fauche-Borel, Neuchâtel.
- **SCHARDT H.** 1891. Etudes géologiques sur l'extrême méridionale de la première chaîne du Jura (Reculet-Vuache). Bull. Soc. vaud. Sci. nat. Lausanne, 27: 1-92.
- **SCHARDT H.** 1894. Excursion géologique dans le Jura méridional. Exc. 1, Livret-guide géologique dans le Jura et les Alpes, Congrès géol. Intern. VIème session, Zürich, 1-10.
- **SCHEGG R.** 1993. Thermal maturity and history of sediments in the North Alpine Foreland Basin (Switzerland, France). Publ. Dépt. Géol. Pal. Univ. Genève, 15: 1-194.
- **SCHEGG R, MORITZ R.** 1993. Indications for paleogeothermal anomalies in the Molasse Basin (Switzerland and France). In: Parnell J, Ruffell A H, Moles N R. (eds.): Geofluids 93. Contributions to an International Conference on fluid evolution, migration and interaction in rocks. Torquay, England.
- **SCHEGG R, LEU W.** 1996. Clay mineral diagenesis and thermal history of the Thônex well, Western Swiss Molasse Basin. Clays and Clay Miner., Aberdeen, 44: 693-705.
- **SCHLUNEGGER F, RIEKE-ZAPP D, RAMSEYER K.** 2007. Possible environmental effects on the evolution of the Alps-Molasse Basin system. Swiss j. geosci., Basel, 100: 383-405.
- **SCHROEDER J W.** 1958. Géologie du Pays de Genève. Le Globe, Genève, 97: 51-87.
- **SCHROEDER R, CLAVEL B, CHERCHI A, CHAROLLAIS J.** 1999. *Praedictyorbitolina busnardoii* n. sp. (Foraminiferida) et évolution de la lignée *Praedictyorbitolina-Dictyorbitolina* (Hauterivien supérieur - Barrémien basal). Paläont. Zeitschr., Stuttgart, 73: 203-215.
- **SCHROEDER R, CLAVEL B, CONRAD M A, ZANINETTI L, BUSNARDO R, CHAROLLAIS J, CHERCHI A.** 2000. Corrélations biostratigraphiques entre la coupe d'Organyà (Pyrénées catalanes, NE de l'Espagne) et le Sud-Est de la France pour l'intervalle Valanginien-Aptien. Treb. Mus. Geol. Barcelona, 9: 5-41.
- **SCHULZ-MIRBACH T, REICHENBACHER B.** 2006. Reconstruction of Oligocene and Neogene freshwater fish faunas - an actualistic study on cypriniform otoliths. Acta Palaeont. Polonica, Varsovie, 51: 283-304.
- **SIGNER C.** 1992. Interprétation sismique structurale et sismostratigraphie entre Jura et front alpin dans la région genevoise. Diplôme inédit, Dépt. géol. paléont. Univ. Genève, 1-90.
- **SIGNER C, GORIN G E.** 1995. New geological observations between the Jura and the Alps in the Geneva area, as derived from reflection seismic data. Eclogae geol. Helv. Basel, 88: 235-265.
- **SITTLER C.** 1965. Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Etudes sédimentologiques et paléoclimatiques. Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr., Strasbourg, 24: 392 p.

- **SOCIÉTÉ CARTOGRAPHIQUE DE FRANCE.** 1989. Etude de géologie structurale. Carte d'interprétation de synthèse 1:50'000 du bassin du Genevois. Rapport inédit, Service cantonal de Géologie, Genève.
- **SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'EXPLORATION PÉTROLIÈRE BRITISH PETROLEUM FRANCE (SFEPBP).** 1982-1983. Permis de Clairvaux-Gex. Masterlog des puits Gex CD 01 à 07 et Rapport de fin de sondages. Documents inédits, Société française d'exploration pétrolière BP, Paris.
- **SOULIE-MÄRSCHE I.** 1989. Etude comparée de Gyrogonites de charophytes actuelles et fossiles et phylogénie des genres actuels. Thèse d'Etat, Univ. de Montpellier, Imprimerie des Tilleuls, Millau, 237 p.
- **STEINHAUSER N, LOMBARD A.** 1969. Définitions des unités lithostratigraphiques dans le Crétacé inférieur du Jura méridional (France). C.R. Séances SPHN Genève, N.S., 4: 100-113.
- **STRASSER A, HILLGARTNER H.** 1998. High-frequency sea-level fluctuations recorded on a shallow carbonate platform (Berriasian and Lower Valanginian of Mount Salève, French Jura). *Eclogae geol. Helv.* Basel, 91: 375-390.
- **SCHRAUB E W.** 1952. Mikropaläontologische Untersuchungen im Tertiär zwischen Ehingen und Ulm an d. Donau. *Geol. Jb.*, Stuttgart, 66: 433-525.
- **STRUNCK P.** 2001. The Molasse of Western Switzerland. Unpubl. Thesis, Univ. Bern, 244 p.
- **STRUNCK P, MATTER A.** 2002. Depositional evolution of the western Swiss Molasse. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, 95: 197-222.
- **TRIEBEL E.** 1959. *Moenocypris* n. g. (Crust., Ostr.). *Senckenbergiana lethaea*, Frankfurt a. M., 40: 1-17.
- **TRÜMPY R.** 1980. Geology of Switzerland. A guide-book. Part A: An outline of the Geology of Switzerland. Schweizer. Geol. Kommission, Ed. Wepf & Co, Basel, 104 p.
- **VERNET J-P.** 1964. Pétrographie sédimentaire du sondage de Peissy. *Archs. Sci.*, 17: 92-99.
- **VIAL R.** 1976. Etudes géologique et hydrogéologique de la région de Thonon-Douvaine (Haute-Savoie). Thèse IIIème cycle Univ. Grenoble, 1-169, + annexes.
- **VIAL R, CONRAD M A, CHAROLLAIS J.** 1987. Notice explicative, Carte géol. France (1:50'000), feuille Douvaine (629). BRGM, Orléans, 21 p.
- **VIANEY-LIAUD M.** 1979. Evolution des rongeurs à l'Oligocène en Europe occidentale. *Palaeontographica*, Stuttgart, A, 166: 135-236.
- **VOLTAIRE (AROUET F-M dit).** 1768. Les Singularités de la nature par un Académicien de Londres, de Boulogne, de Petersbourg, de Berlin, &c. A Basle, in-8.
- **WAGNER A.** 1969. Etudes minéralogiques et sédimentologiques dans les formations tertiaires des bassins lémanique (Suisse occidentale) et de Frangy-Bellegarde (Haute-Savoie). *Archs. Sci.*, 22: 605-623.
- **WASSALL H & ASSOCIATES** 1961. Résultats sommaires des forages, Genève-Haute Savoie-Ain. Document distribué aux participants de la réunion de l'Assoc. suisse des Géol. et Ing. du pétrole, Genève, 24-26 juin 1961, 6 p.
- **WILDI W, PUGIN A.** 1998. Histoire du relief géologique du bassin lémanique. *Archs. Sci.*, 51: 5-12.
- **WILLETT S D, SCHLUNEGGER F, PICOTTI V.** 2006. Messinian climate change and erosional destruction of the central European Alps. *Geology*, Boulder, 34: 613-616.
- **ZACHOS J, PAGANI M, SLOAN L, THOMAS E, BILLUPS K.** 2001. Trends, rythms, and aberrations in global climate 65 Ma to Present. *Science*, Washington, 292: 686-693.

Annexe

Liste, profondeurs et coordonnées des sondages mentionnés dans le texte

Nom	Année	Profondeur [m]	Coordonnées [CH ou F]
Avully école	1965	88,8	489,108/113,866
CERN F 6	1970-1971	78,6	493,980/123,335
CERN F 13	1971	41	494,010/124,940
CERN F 15	1971	41,2	494,610/125,630
CERN L 107	1979	22,5	488,547/122,549
CERN L 108	1979	34	489,258/121,896
CERN L 109	1979	40	488,967/122,205
CERN L 112	1979	130,5	488,356/122,871
CERN L 113	1979	30,3	488,137/122,938
CERN L 126	1979	42,1	494,297/129,827
CERN L 129	1980	94,2	492,080/130,644
CERN L 130	1980	192,7	487,448/123,851
CERN L 131	1980	99,2	490,563/125,025
CERN L 132	1980	180,5	490,113/125,564
CERN L 133	1980	122,2	490,113/125,564
CERN L 134 bis	1980	96,2	490,244/125,343
CERN L 135	1981	135	489,910/125,694
CERN SLHC 20	1996	120,2	493,278/121,432
CERN SPL 2/1	1981	60,5	490,534/121,588
CERN SPL 2/2	1981	66,5	490,544/121,652
CERN SPL 2/3	1981	66	490,692/123,276
CERN SPL 2/5	1982	37	491,399/122,319
CERN SPL 2/6	1982	32,7	491,490/122,200
CERN SPL 2/7	1982	23	489,998/124,734
CERN SPL 4/1	1982	164	491,880/129,106
CERN SPL 4/3	1982	218,2	491,382/128,699
CERN SPL 4/5	1982	54	493,680/129,750
CERN SPL 4/7	1982	62,2	491,880/129,060
CERN SPL 4/9	1982	55	491,972/129,013
CERN SPL 4/10	1982	125	491,324/128,622
CERN SPL 4/11	1982	151	491,290/128,640
CERN SPL 5/1	1982	120,5	492,725/129,230
CERN SPL 5/4	1982	88	495,111/129,627
CERN SPL 5/6	1982	34	495,268/129,595
CERN SPL 5/7	1982	49,2	494,961/129,658
CERN SPL 5/8	1982	55,2	495,032/129,643
CERN SPL 5/9	1982	45,3	494,065/129,777
CERN SPL 5/10	1982	31,6	495,463/129,557
CERN SPL 6/1	1981	100,6	494,085/129,150
CERN SPL 6/2	1982	101,2	494,115/129,200
CERN SPL 6/5	1982	23,1	497,063/128,698
CERN SPL 6/7	1982	23,5	496,445/129,137
CERN SPL 7/2	1982	90	497,923/124,752
CERN SPL 7/3	1982	2,6	498,287/124,601
CERN SPL 8/2	1982	121,2	496,477/121,934
CERN SPL 8/5	1982	80	497,001/122,359
CERN SPL 8/7	1982	91	496,548/122,044
CERN SPL 8/8	1982	94,3	496,726/122,159
CERN SPL 8/9	1982	84	497,124/122,525
CERN SPL 8/13	1982	88	496,865/122,257
CERN SPM 1	1981	205,5	488,375/124,589
CERN SPM 2	1981	180	488,490/124,390

Nom	Année	Profondeur [m]	Coordonnées [CH ou F]
CERN SPM 3	1981	198,1	488,230/124,330
CERN SPM 4	1981	100	488,147/124,569
CERN SPM 5	1981	165,6	488,301/124,080
CERN SPM 6	1982	180,1	490,750/128,080
CERN SPM 7	1982	170,2	490,315/127,827
CERN SPM 8	1982	151,2	490,186/127,000
CERN SPM 9	1982	150,0	491,210/128,570
CERN SPM 10	1982	180,5	490,485/127,630
CERN SPM 11	1981-1982	119,7	490,036/126,099
CERN SPM 15	1982	130	490,146/126,732
CERN SPM 16	1982	102	489,936/125,389
Challex-1	1887	225	env. 487,82/115,05
Challex-2	1918-1920	273,5	487,750/115,000
Chouilly S 3	2006	30	491,945/119,573
Collonges	1884	225	env. 877/133
Founex PAC	2007	200	503,160/132,300
Gex CD 01	1983	290,5	494,600/123,750
Gex CD 02	1983	403,2	490,240/123,170
Gex CD 03	1982	294	880,600/138,500
Gex CD 04	1982	291,7	881,650/137,975
Gex CD 05	1983	560	880,550/135,050
Gex CD 06	1983	422	884,700/132,950
Gex CD 07	1983	256	494,280/123,830
Humilly-1	1960	905	883,878/128,036
Humilly-2	1968-1969	3051	885,020/130,535
La Plaine (Gardy)	1889	124,5	env. 489,4/114,9
Messery-1	1958	737,7	904,732/157,523
Mont de Boisy-1	1959	1954,5	908,360/152,670
Mont Sion SC 11	1996	55,2	889,495/124,686
Mont Sion SC 12	1996	115,1	889,496/124,929
Mont Sion SC 14	1996	134,1	889,657/126,113
Mont Sion SC 19	1996	121,6	889,941/127,055
Mont Sion SC 20	1996	110	889,950/127,089
Mont Sion SC 21	1996	133,4	889,927/127,019
Mont Sion SC 22	1996	98,7	889,861/127,124
Peissy-1	1944-1945	293,6	489,975/119,050
Pont des Granges	1889	135	env. 488,9/119,5
Pregnay	1831-1833	221,5	env. 499/121
SCG 6481	1985	89	496,238/119,055
Thônex	1993	2530	505,270/117,450
Vernier PAC	2006	200	495,869/119,503
Veyrier stand	1966	86,5	501,985/114,080

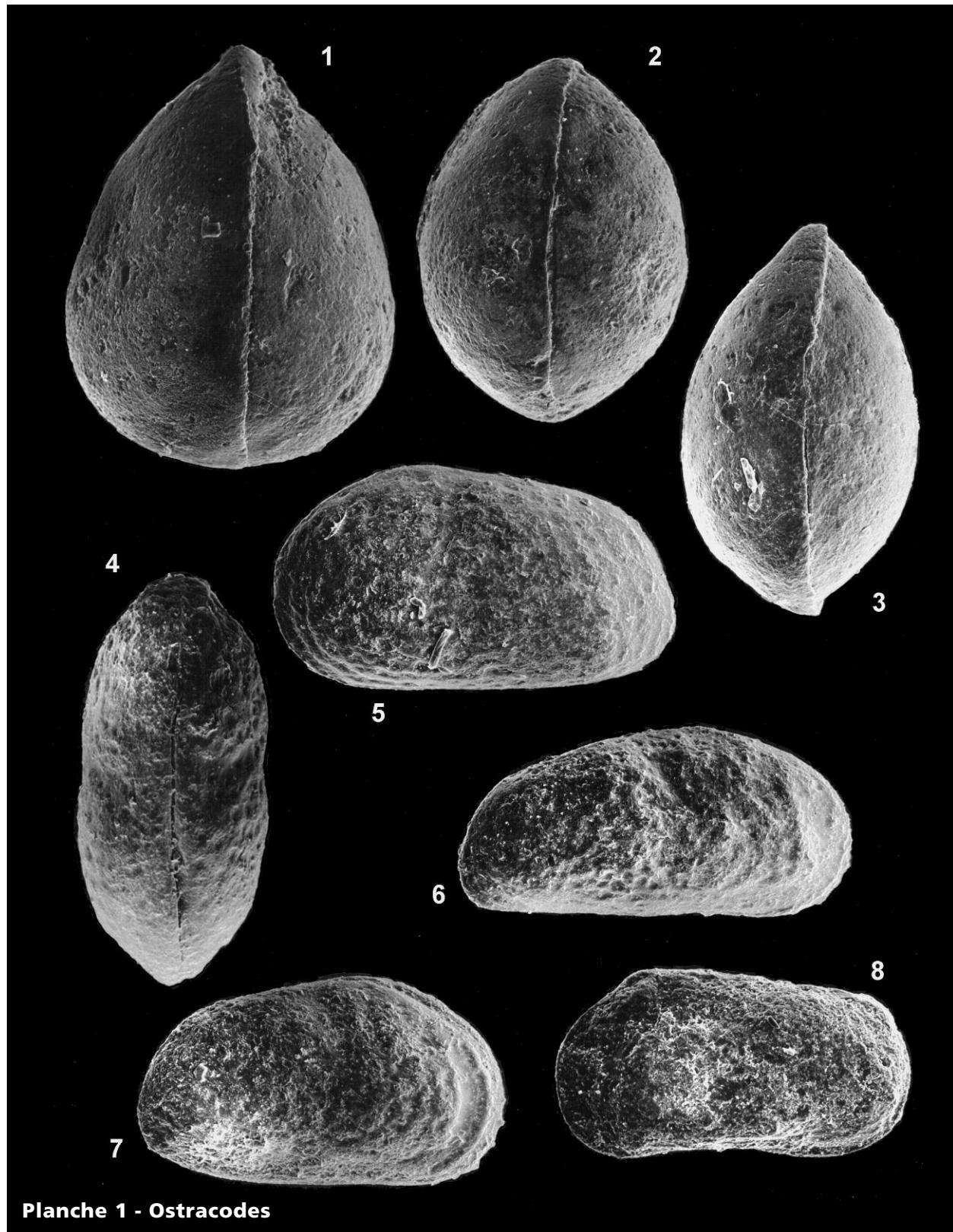


Planche 1 - Ostracodes

C = carapace, G = valve gauche, D = valve droite. Entre parenthèses: dimension en mm.

Figs. 1-2: *Metacypris* cf. *danubialis* STRAUB 1952 - Sondage SPM 11, 23,5 m. 1: C (0,41) vue de dessus / 2: C (0,35) vue de dessus.

Fig. 3: *Metacypris* cf. *helvetica* SCHÄFER 2002 - Sondage SPM 11, 23,5 m. C (0,38) vue de dessus. -

Figs. 4-7: *Hemicyprideis rhenana* (LIENENKLAUS 1905). 4: C (0,85) vue de dessus. - Sondage de Thônex, 222-228 m / 5: G (0,85) vue latérale. - Sondage de Thônex, 222-228 m / 6: D (0,84) vue latérale. - Sondage de Thônex, 276-282 m / 7: C (0,79) vue latérale. - Sondage de Thônex, 276-282 m.

Fig. 8: *Cytheromorpha* sp. - Sondage de Thônex, 276-282 m. C (0,53) vue gauche.

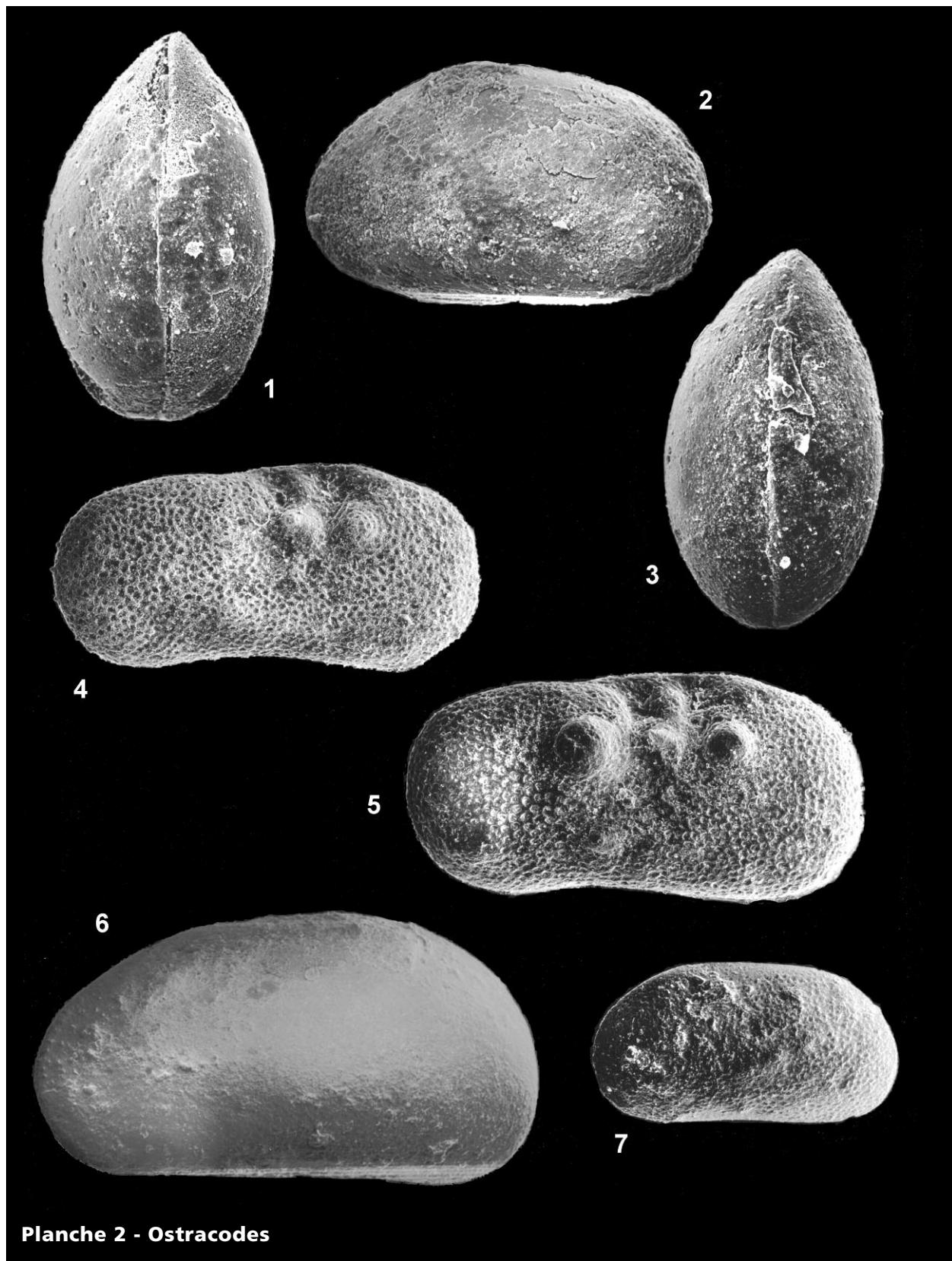


Planche 2 - Ostracodes

C = carapace, G = valve gauche, D = valve droite. Entre parenthèses: dimension en mm.

Figs. 1-3: *Cypridopsis* sp. - Sondage Gex CD 07, 175,4-175,6 m. 1: C (0,50) vue de dessus / 2: C (0,50) vue gauche / 3: C (0,48) vue de dessus.

Figs. 4-5: *Ilyocypris essertinesensis* CARBONNEL 1985 - Sondage de Peissy-1, 75,9-76,1 m. 4: D (0,81) vue latérale / 5: D (0,88) vue latérale.

Figs. 6-7: *Pseudocandona* sp. - Sondage SPL 5/4, 68,5 m. 6: C (0,96) vue gauche / 7: C forme juvénile (0,58) vue gauche.

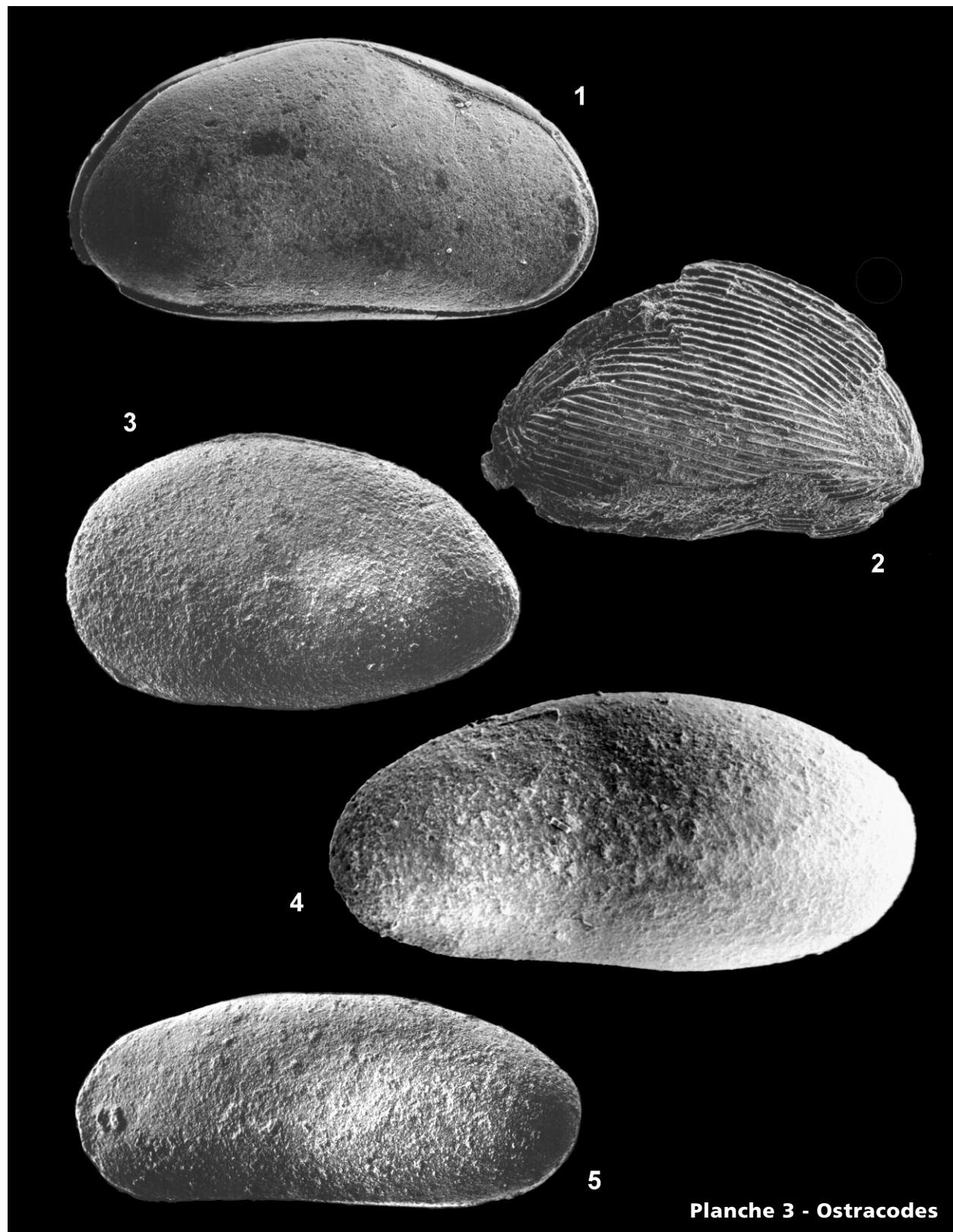


Planche 3 - Ostracodes

C = carapace, G = valve gauche, D = valve droite. Entre parenthèses: dimension en mm.

Fig. 1: *Heterocypris* sp. - Sondage SPM 11, 47,5 m. C (0,74) vue droite.

Fig. 2: *Virgatocypris* sp. - Sondage SPM 11, 47,5 m. C écrasé (0,99) vue gauche.

Fig. 3: *Strandesia* sp. - Sondage de Peissy-1, 32,0-32,1 m. C (0,96) vue gauche.

Fig. 4: *Moenocypris* cf. *ingelheimensis* TRIEBEL 1959. - Sondage SPL 5/4, 68,5 m. C (1,38) vue gauche.

Fig. 5: ?*Stenocypris* sp. - Sondage SPL 5/4, 68,5 m. C (1,39) vue gauche.

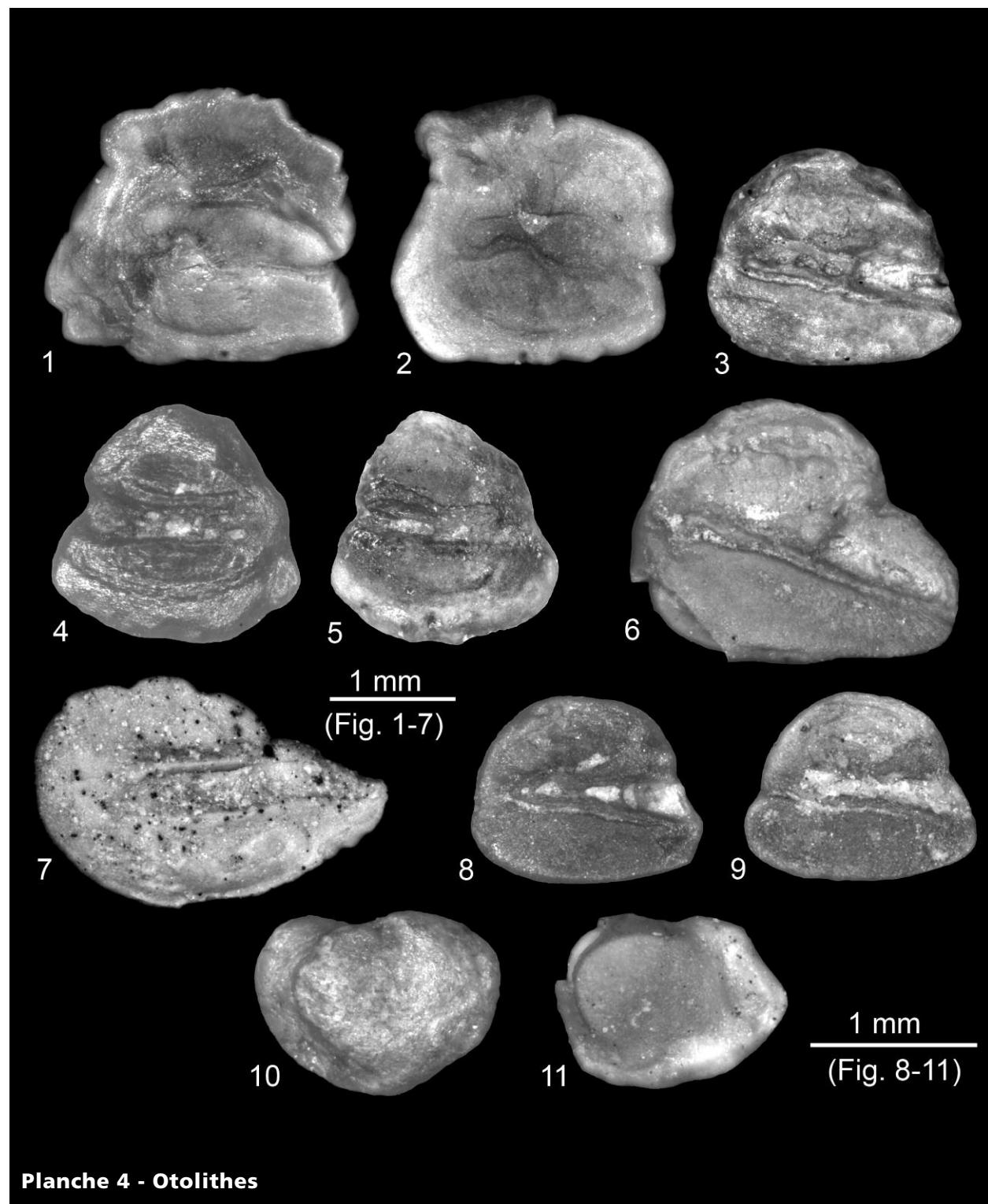


Planche 4 - Otolithes

Figs. 1-9: Otolithes sacculaires gauches, côté interne (médian). Figs. 10-11: Otolithes utriculaires, côté dorsal.

Figs. 1-2: Genre *Eleotridarum* *martinii* REICHENBACHER & UHLIG 2002 1: otolith droit (image inversée pour une meilleure comparaison), sondage L 135, 27,5 m; 2: otolith gauche, sondage Gex CD 04, 175,7-176,1 m.

Fig. 3: *Palaeoesox oligocenicus* REICHENBACHER & PHILIPPE 1997; otolith gauche, sondage L 133, 60,5 m.

Figs. 4-5: *Palaeolebias symmetricus* (WEILER 1963); 4: otolith droit, sondage L 133, 85,3 m; 5: otolith droit, sondage SPL 8/7, 79,7 m.

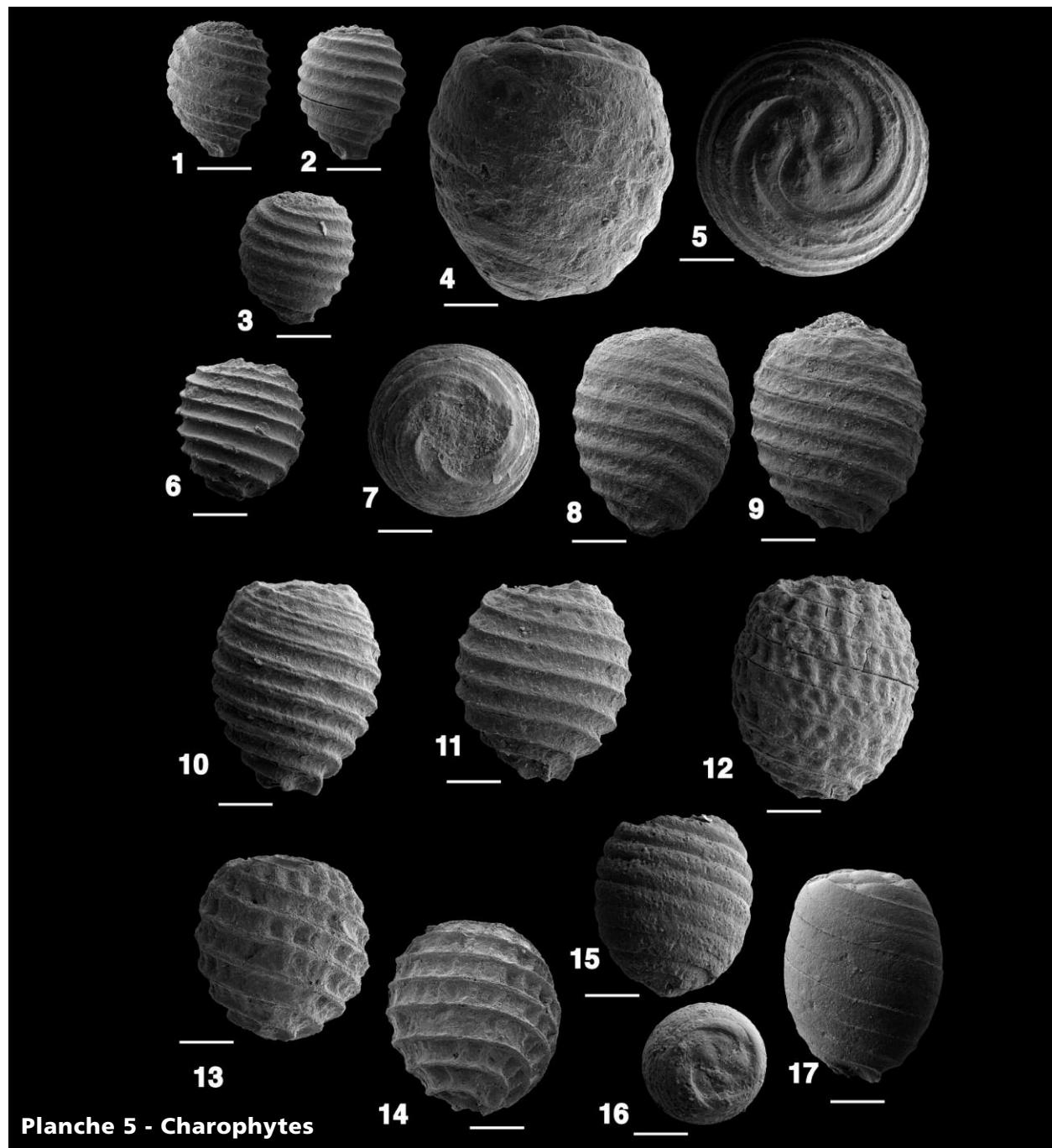
Fig. 6: *Palaeoesox oligocenicus* REICHENBACHER & PHILIPPE 1997; otolith gauche, sondage Gex CD 01, 265,6-266,1 m.

Fig. 7: *Enoplophthalmus* sp. / cf. *schlumbergeri*; otolith gauche, sondage Gex CD 07, 175,4-175,6 m.

Figs. 8-9: *Palaeoesox oligocenicus* REICHENBACHER & PHILIPPE 1997; otolithes gauches, sondage Gex CD 01, 263,5-263,9 m.

Fig. 10: Genus *Cyprinidarum* sp.; otolith droit, vue dorsale, sondage Gex CD 01, 248,3-248,5 m.

Fig. 11: *Tarsichthys* sp.; otolith droit, vue dorsale, sondage Gex CD 04, 99,7 m.



Barre de mesure = 200 m.

Figs. 1-3: *Hornichara* groupe *lagenalis* - profils, sondage SPL 8/5, 79,9 m.

Fig. 4: *Nitellopsis (Tectochara)* groupe *meriani* - profil, sondage L 135, 32,1 m.

Fig. 5: *Nitellopsis (Tectochara)* groupe *meriani* - apex, sondage L 135, 32,1 m.

Fig. 6: *Rhabdochara* groupe *stockmansii-major* - profil, sondage L 135, 32,1 m.

Fig. 7: *Rhabdochara* groupe *praelangeri-major*; forme très proche de *Rhabdochara major* GRAMB. & PAUL - apex, sondage Peissy-1, 292 m.

Figs. 8-9: *Rhabdochara* groupe *praelangeri-major*; formes très proches de *Rhabdochara major* GRAMB. & PAUL - profils, sondage Peissy-1, 292 m.

Figs. 10-11: *Rhabdochara* groupe *praelangeri-major*, forme très proche de *Rhabdochara major* GRAMB. & PAUL - profils, sondage Gex CD 07, 244 m.

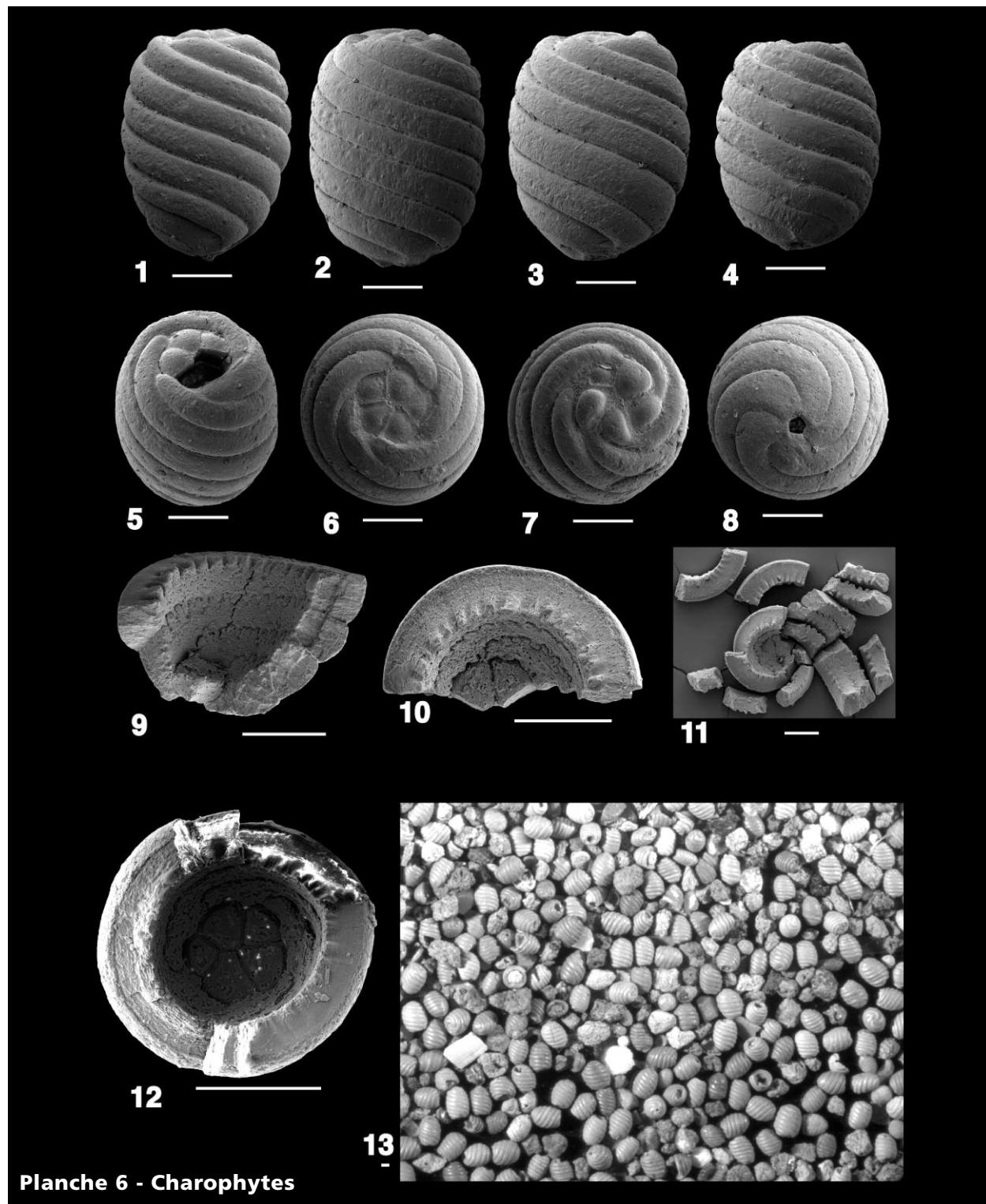
Fig. 12: *Rhabdochara* groupe *langeri* - profil, sondage SPL 4/3, 198,5 m.

Figs. 13-14: *Rhabdochara* groupe *langeri* - profils, Mont Sion A41, éch. PK9683.

Fig. 15: *Stephanochara* groupe *ungeri* - profil, sondage SPL 8/7, 88,4 m.

Fig. 16: *Stephanochara* groupe *ungeri* - apex, sondage SPL 8/7, 88,4 m.

Fig. 17: *Stephanochara* groupe *ungeri* - profils, sondage SPL 8/7, 88,4 m.


Planche 6 - Charophytes

Barre de mesure = 200 m / *Rantzieniella nitida* GRAMBAST, Portail Avanchet, éch. VA 220.

Figs. 1-4: Profils.

Fig. 5: Vue apicale, avec trois cellules apicales sur cinq encore présentes.

Figs. 6-7: Vue apicale, avec cinq cellules apicales planes (Fig. 6) ou en nodules (Fig. 7).

Fig. 8: Vue basale, avec pore basal ouvert.

Fig. 9: Vue intérieure de la base avec plaque basale pentagonale et sutures ondulées.

Fig. 10: Vue intérieure de l'apex avec deux cellules apicales encore présentes et sutures ondulées.

Fig. 11: Divers fragments montrant bien les sutures ondulées.

Fig. 12: Vue intérieure de l'apex avec les cinq cellules apicales nettement séparées des cinq autres cellules.

Fig. 13: Population de *Rantzieniella nitida* de l'éch. VA 220.

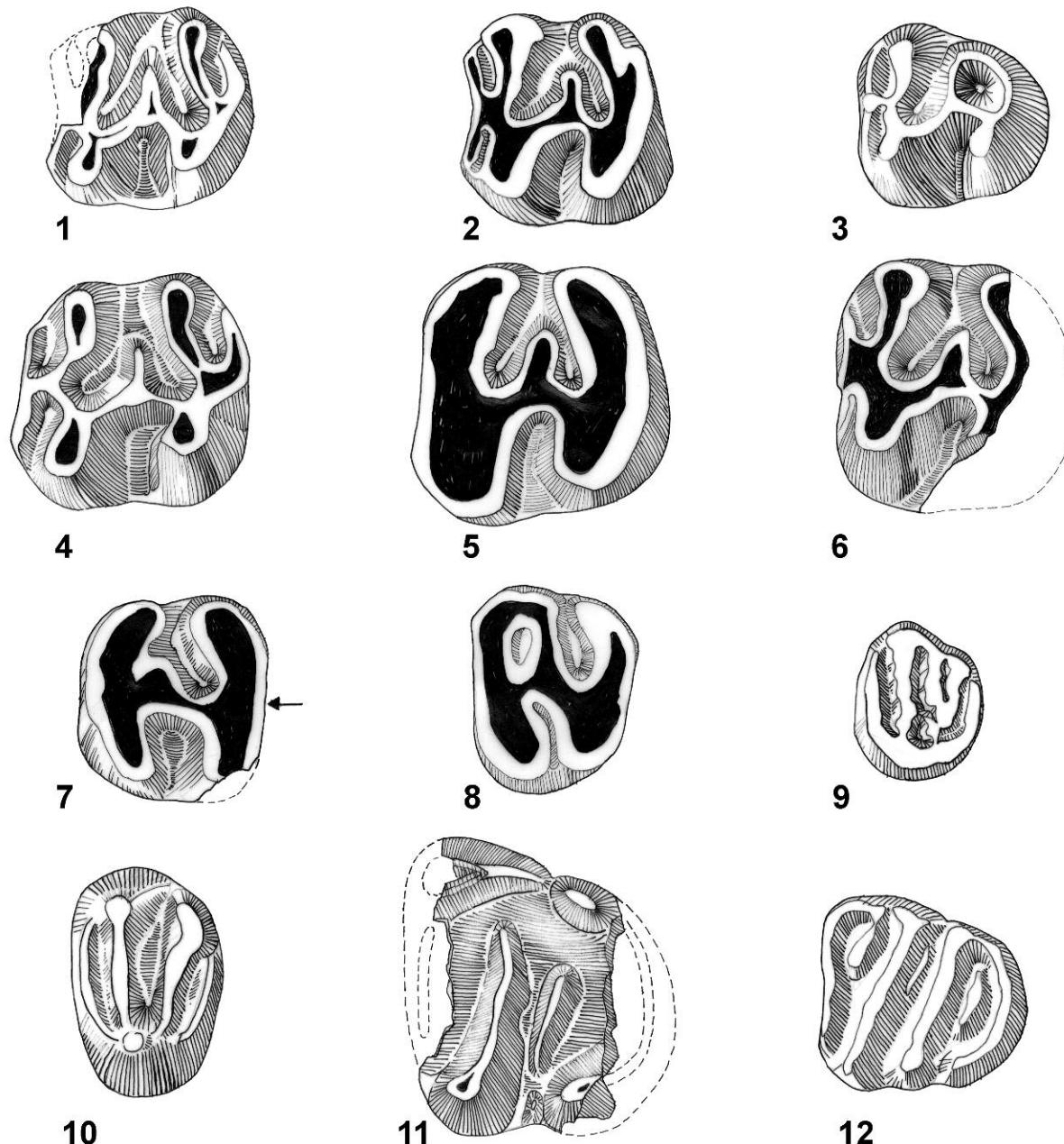


Planche 7 - Mammifères

Dents d'Eomyidés (Figs 1-9) et de Gliridés (Figs 10-12).

Fig. 1: *Eomys molassicus* ENGESSER; M_1 dext. (inversé), BdG 1, sondage L 112, 99,25-99,5 m; 1,20x1,04 mm.

Fig. 2: *Eomys molassicus* ENGESSER; M_1 dext. (inversé), BdG 2, sondage L 112, 99,8-99,9 m; 1,20x1,12 mm.

Fig. 3: *Eomys ebnatensis* ENGESSER; M_3 sin., BdG 3, sondage SPM 15, 36,5 m; 1,01x0,93 mm.

Fig. 4: *Eomys major* FREUDENBERG; M_1 dext. (inversé), BdG 4, sondage SPM 15, 36,5 m; 1,32x1,24 mm.

Fig. 5: *Eomys major* FREUDENBERG; M_2 sin., BdG 5, sondage SPM 15, 36,5 m; 1,36x1,34 mm.

Fig. 6: *Rhodanomys hugueneyae* ENGESSER; M_1 dext. (inversé), V 5197 (Muséum de Genève), Le Vengeron (autoroute)

Fig. 7: *Rhodanomys schlosseri* DEPÉRET & DOUXAMI; P^4 sin., BdG 6, Tunnel du Mont Sion, sondage SC 12, 76,6-76,7 m; 0,96x1,04 mm.

Bien que les racines manquent à cette dent, on peut tout de même supposer qu'il s'agit d'une P^4 gauche, parce qu'on voit une facette de contact du côté postérieur (flèche).

Fig. 8: *Rhodanomys schlosseri* DEPÉRET & DOUXAMI; M^2 sin., BdG 7, Tunnel du Mont Sion, sondage SC 12, 86,80-87,0 m; 0,82x1,04 mm.

Fig. 9: *Pseudotheridomys bernensis* ENGESSER; M^3 dext. (inversé), BdG 8, Tunnel du Mont Sion, sondage SC 19, 86,10-86,30 m; 0,65x0,81 mm.

Fig. 10: *Gliravus* nov. sp.; P^4 sin., BdG 9, sondage Gex CD 07, 215,0-215,4 m; 0,80x1,20 mm.

Fig. 11: *Gliravus* cf. *bravoii* HUGUENAY, ADROVER & MOISSENET; M_3 sin., BdG 10, sondage L 112, 90,3-90,7 m.

Fig. 12: *Glirudinus* sp.; M_3 sin., BdG 16, Tunnel du Mont Sion, sondage SC 20, 75,9-76,0 m; 1,05x1,02 mm.

Toutes les dents sont conservées au Muséum d'Histoire naturelle de Bâle, sauf indication différente.

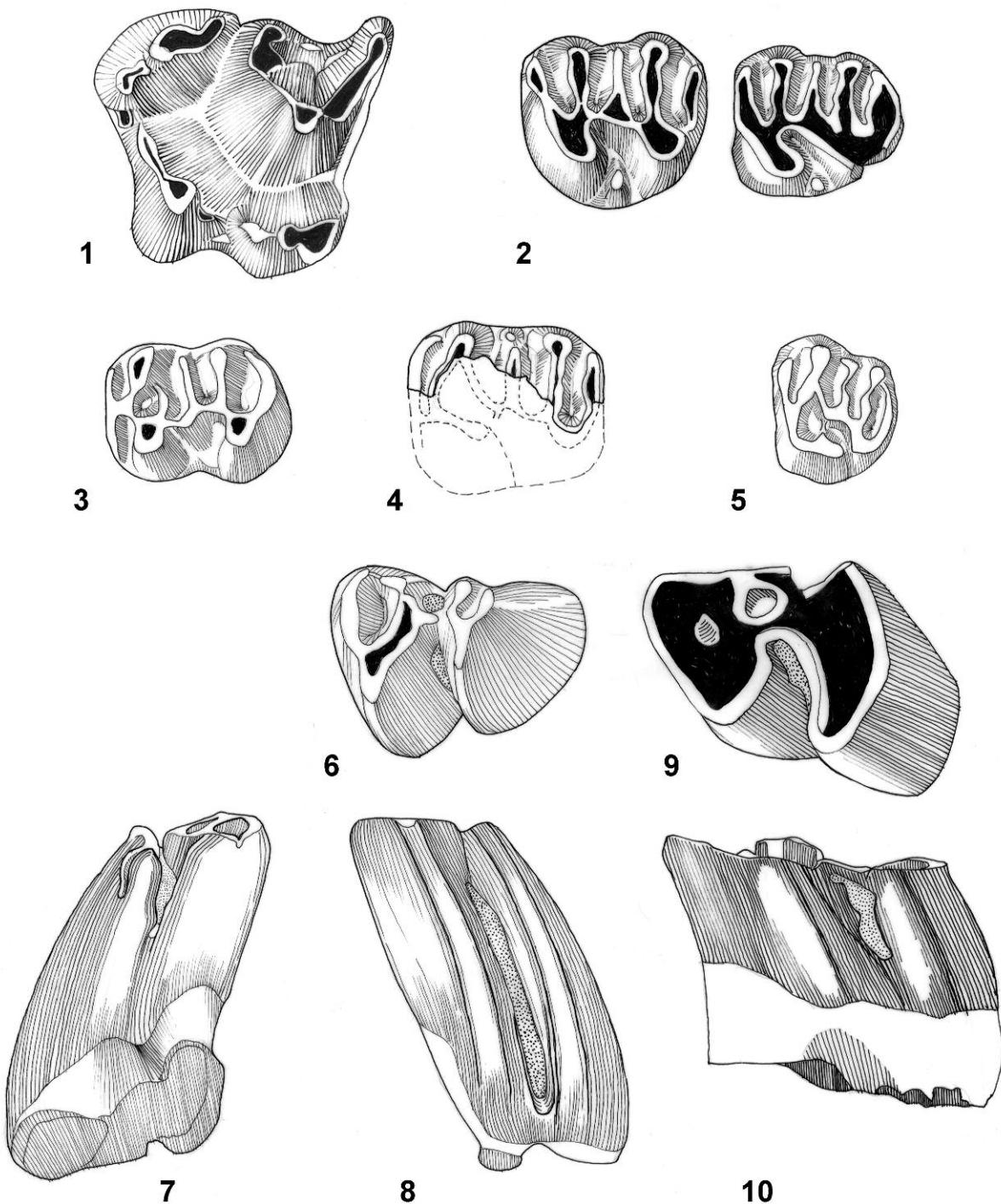


Planche 8 - Mammifères

Dents de Dimyliidé (Fig. 1), Zapodidés (Figs 2-5) et Théridomyidés (Figs 6-10).

Fig. 1: *Dimyloides stehlini* HÜRZELER ou *Pseudocordylodon rigassii* ENGESSER; M^1 dext. (inversé), U.M.7134, Nant Trouble-Andilly; 3,04x2,56 mm.

Fig. 2: *Plesiosminthus schaubi* VIRET; M^1 - M^2 sin., V 5195 (Muséum de Genève), Le Vengeron (ruisseau).

Fig. 3: *Plesiosminthus promyiarion* SCHAUB; M_2 sin., BdG 11, sondage SPL 8/13, 83,0 m; 1,04x0,80 mm.

Fig. 4: *Plesiosminthus myarion* SCHAUB; M^2 sin., BdG 12, Tunnel du Mont Sion, sondage SC 11, 25,7-25,8 m.

Fig. 5: *Plesiosminthus myarion* SCHAUB; M^3 dext. (inversé), BdG 13, Tunnel du Mont Sion, sondage SC 11, 19,3-19,5 m; 0,72x0,82 mm.

Figs 6-8: *Issiodoromys quercyi* SCHLOSSER; M_3 dext. (inversé), MHNG, Vieille Bâtie; 6) vue occlusale, 7) vue linguale, 8) vue labiale; pointillé = cément.

Figs 9-10: *Issiodoromys quercyi* SCHLOSSER; P_4 dext. (inversé), BdG 15, sondage SPM 11, 48,0 m; 9) vue occlusale, 10) vue labiale; pointillé = cément.

Toutes les dents sont conservées au Muséum d'Histoire naturelle de Bâle, sauf indication différente.

Sommaire du volume 60 / 2007

OLIVIER BLUM, ZI-LING HU, FRÉDÉRIC HOUOT and FAZIL O. GÜLAÇAR Evaluation of the Potential of Cutin Hydroxyacids as Paleoenvironmental Markers. Chemotaxonomy Of Higher Plants - Part 1	1
OLIVIER BLUM, ZI-LING HU, FRÉDÉRIC HOUOT and FAZIL O. GÜLAÇAR Evaluation of the Potential of Cutin Hydroxyacids as Paleoenvironmental Markers. Sedimentary Diagenesis And Occurrence - Part 2	7
HUBERT GREPPIN, ROBERT DEGLI AGOSTI, et ANA MARIA PRICEPUTU Environnement et développement durable en Suisse: confédération, cantons et zones métropolitaines	13
JEAN CHAROLLAIS, ROLAND WERNLI, CHRISTIAN A. MEYER, et BERNARD CLAVEL Découverte d'empreintes de dinosaures dans le Berriasien du Jura méridional (Ain, France)	33
MUSTAFA AKYOL and KAMIL KOÇ Four new species of the genus <i>Stigmaeus</i> (Acari: Stigmaeidae) from Turkey	41
ERNST AJ BURKE, JIŘÍ SEJKORA, HALIL SARP, and PIERRE-JACQUES CHIAPPERO Revalidation of pradetite as a mineral	51
GÉRARD BALVAY Microfaune de la zone littorale du léman de 2004 à 2006	55
Assemblée générale annuelle de la SPHN du 23 mai 2007 sous la présidence de M. Michel Grenon	i
JEAN CHAROLLAIS, MARC WEIDMANN, JEAN-PIERRE BERGER, BURKART ENGESSER, JEAN-FRANÇOIS HOTELLIER, GEORGES GORIN, BETTINA REICHENBACHER, PETER SCHÄFER La Molasse du bassin franco-genevois et son substratum	59