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

Artikel: La Molasse du bassin franco-genevois et son substratum
Autor: Charollais, Jean / Weidmann, Marc / Berger, Jean-Pierre
Kapitel: XI: Nouvelles données sur le substratum pré-molassique
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-738416

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

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

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

Download PDF: 12.07.2025

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

des minéraux et d'analyse statistique des résultats d'autre part. C'est pourquoi des comparaisons fines entre ces divers travaux n'ont guère de sens, mais cependant les mêmes tendances générales se retrouvent partout, avec des particularités locales dues principalement à la position proximale/distale dans le bassin de la série étudiée.

A la base de la série molassique, le spectre de minéraux lourds de la Gompholite est largement dominé par les minéraux ultrastables (tourmaline, zircon, staurotide, sphène et groupe TiO2), avec de très rares grains d'épidote, d'apatite et de hornblende (Ducloz 1980, p. 176). Ce spectre dérive directement de celui des grès sidérolithiques et des formations jurassiennes d'âge crétacé.

Ensuite, le spectre des Calcaires inférieurs montre une nette dominance de l'apatite et du grenat, avec présence discrète mais régulière de la staurotide, les minéraux ultrastables étant toujours présents en faible quantité. L'épidote est quasiment absente.

Enfin, le spectre des Marnes et Grès bariolés est caractérisé par la dominance de l'apatite et du grenat, ainsi que par de fortes variations de l'épidote qui montre au moins trois pics successifs. Les minéraux ultrastables sont subordonnés, mais leur proportion peut varier elle aussi entre 10 et 30%.

Comme cela avait été déjà illustré par Maurer (1983, p. 34), Burbank et al. (1992, p. 426) et d'autres auteurs, ces données démontrent l'existence de deux zones d'apport (ou «Schüttungen») différentes qui alimentent simultanément le bassin. La zone d'apport principale («Genferseeschüttung») est axiale, permanente et d'origine alpine, son matériel provient du SW et est transporté en direction du NE. Une autre zone d'apport, secondaire et épisodique, est d'origine locale, elle alimente latéralement le bassin depuis le NW.

XI. NOUVELLES DONNÉES SUR LE SUBSTRATUM PRÉ-MOLASSIQUE

1. Etat des connaissances

Dans ce chapitre, nous présenterons une revue critique des principaux travaux de synthèse élaborés au cours des cinquante dernières années sur le territoire étudié (Figs. 50, 51, 52).

1.1. Données de terrain

Vingt ans après la synthèse de Paréjas (1938) sur la géologie des environs de Genève, Rigassi (1957) publiait de nombreuses données originales dans une note sur le Tertiaire de la région genevoise et savoisienne. Dans ce travail, l'auteur ne disposait pas d'informations sur la stratigraphie et sur la structure du substratum du bassin molassique franco-genevois. En 1961, Rigassi présentait aux participants de la Réunion annuelle de l'Association suisse des géologues et ingénieurs du Pétrole, dans un livret-guide à tirage limité, une remarquable coupe «palinspastique»du Tertiaire entre le front des chaînes subalpines (massif des Bornes) et la région de la Pesse (Jura méridional). Cette coupe reprise par Lombard & Charollais (1965, p. 546 et Fig. 4) n'apportait pas de précisions supplémentaires sur le substratum de ce bassin molassique.

Un autre travail de Rigassi (1977b) amène de nouvelles données tant sur le substratum mésozoïque de la Molasse que sur la Molasse elle-même. L'auteur y présente notamment:

- une carte «paléogéologique» du substratum mésozoïque (1977b, Fig. 6), supposé constitué uniquement par l'Urgonien, sauf sur la rive gauche du lac Léman, au NE de Vésenaz, où l'Albien et le Crétacé supérieur ont été préservés de l'érosion «fin Crétacé-début Tertiaire»;
- les isopaques des formations du Crétacé inférieur (1977b, Fig. 7), orientées parallèlement aux directions des axes de la Haute-Chaîne et du Salève et montrant un épaississement progressif de la série du NW vers le SE, entre le synclinal de la Valserine et le Plateau des Bornes;
- les isopaques du «Chattien inférieur» ou Marnes et Grès bariolés (1977b, Fig. 5) orientées NE-SW en croissant du NW vers le SE, entre le Plateau des Bornes et le synclinal de la Valserine;
- les Calcaires de Grilly, ou Calcaires inférieurs, dessinant «un fond de cuvette» orienté NE-SW et présentant des amincissements en bordure de la Haute-Chaîne et du Salève.

1.2. Données cartographiques

Les feuilles géologiques à 1/50000 St-Claude (Meurisse et al. 1971) et St-Julien-en-Genevois (Donzeau et al. 1997) ne donnent qu'un reflet relativement approximatif de la géologie du versant SE de la Haute-Chaîne entre Gex et le défilé de l'Ecluse. En effet, les cartographes n'ont pas arpenté systématiquement le flanc SE du Jura; soulignons à leur décharge que le terrain très accidenté et l'importante couverture végétale (même en hiver) nuisent fortement à l'accès et à l'observation. Pourtant l'étude des très nombreuses anciennes carrières sises sur ce versant du Jura permettrait certainement d'en acquérir une bien meilleure connaissance stratigraphique et structurale. Schardt (1891, p. 34) n'écrivait-il pas: «entre Crozet et les Echenevex, il y a une dizaine de carrières, en partie abandonnées, dans lesquelles on exploite les bancs supérieurs du Valanginien inférieur, le vrai marbre bâtard. [...] Deux faits rendent cette partie du pied de la chaîne fort intéressante; c'est d'abord la disposition presque horizontale des bancs et leur plongement N-W vers l'intérieur

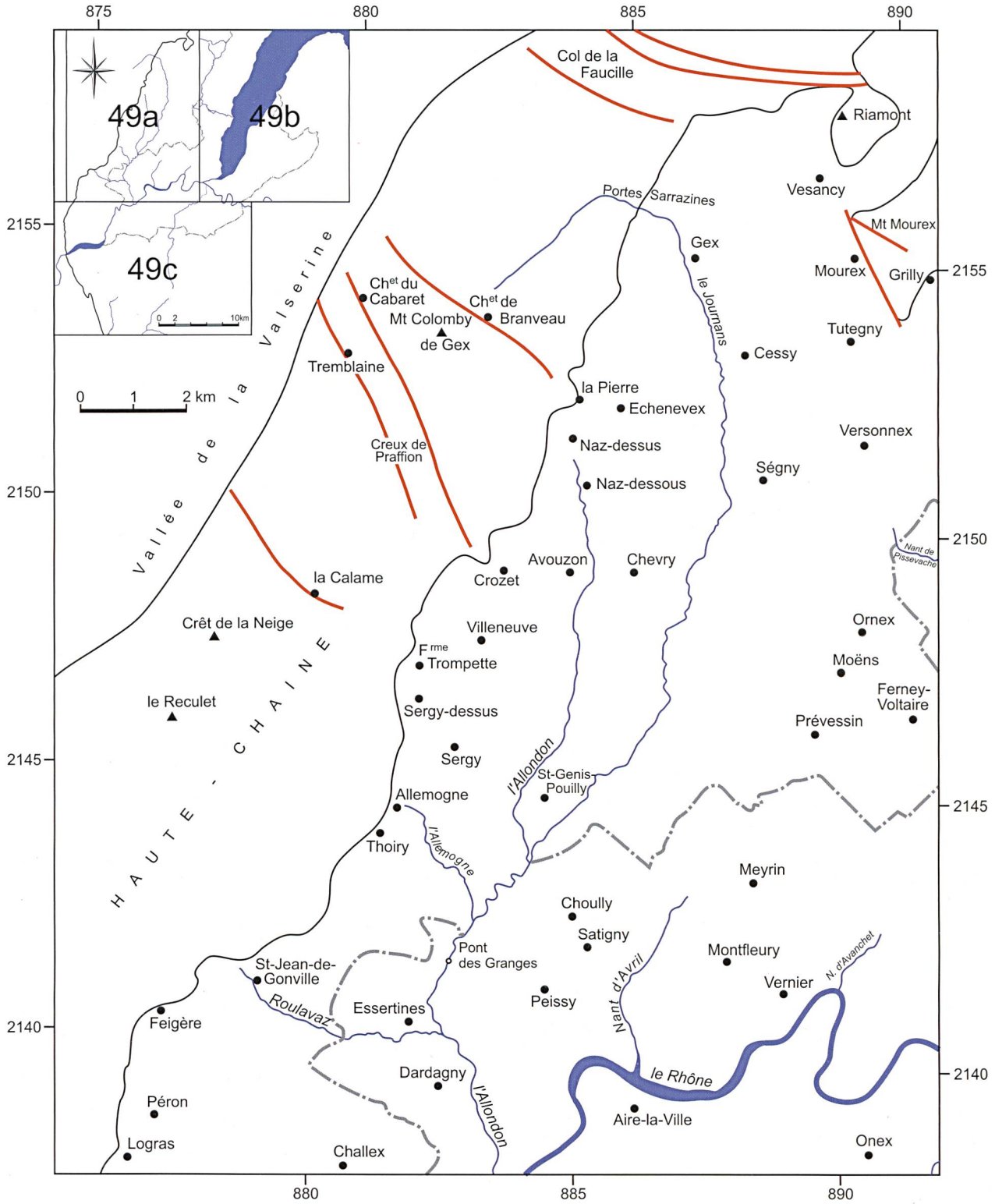


Fig. 50: Localités de la partie nord-occidentale du bassin franco-genevois, mentionnées dans le texte.

de la chaîne, ce qui accuse un pli secondaire, répétition de l'accident de la colline de Vesancy». Or, ce pli secondaire, pourtant bien visible au-dessus d'Avouzon sur le profil 2 de Schardt (1891, pl. II/VII), ne figure pas sur les profils géologiques récents. A relever encore que dans sa magnifique monographie, Schardt (1891) avait reconnu dans cette portion du Jura méridional, le «vrai marbre bâtard», qu'il considérait comme équivalent de celui décrit dans le stratotype de Valangin, et dénommé aujourd'hui «Formation de Pierre Châtel».

De plus, sur la feuille St-Claude à 1/50000 (Meurisse et al. 1971), il manque l'affleurement des sources de l'Allondon décrit par Ducloz (1980) qui montre le

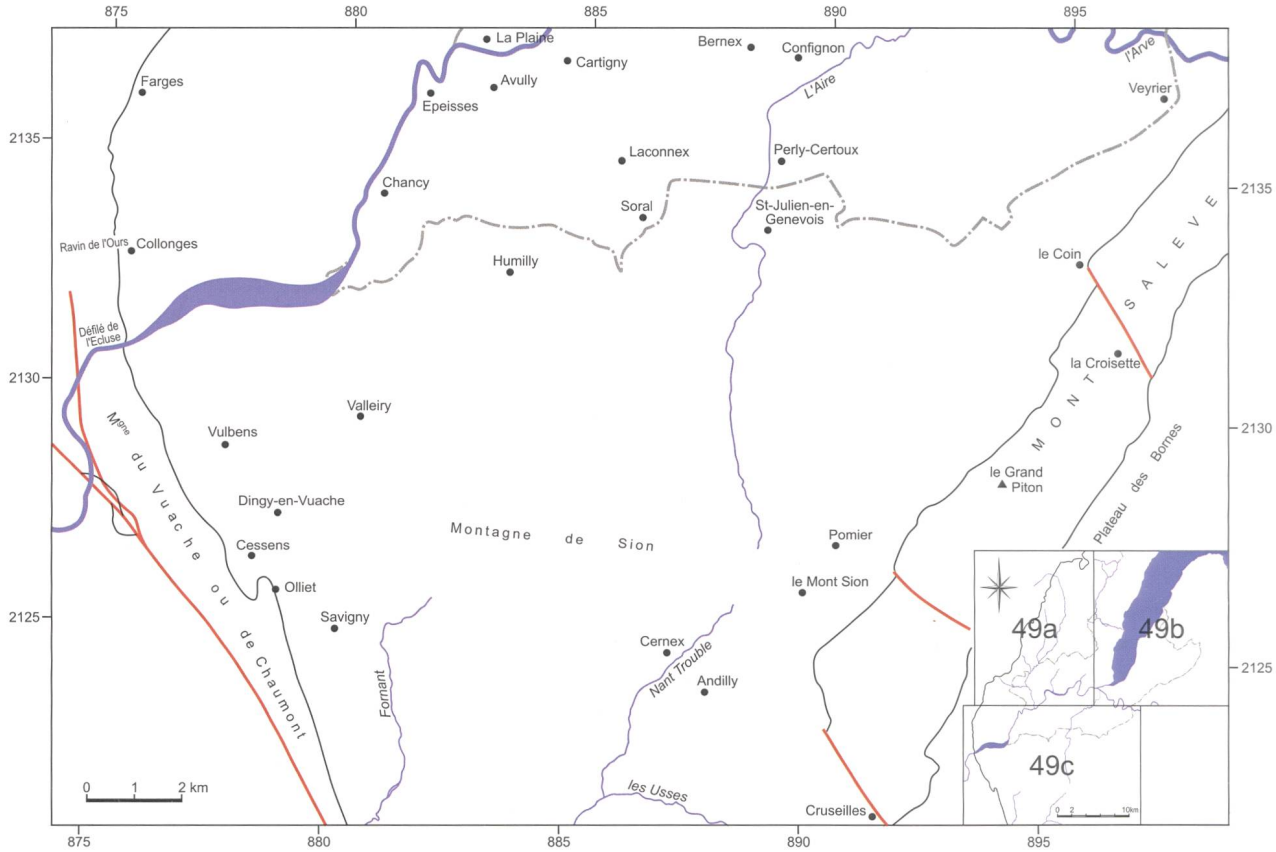


Fig. 51: Localités de la partie méridionale du bassin franco-genevois, mentionnées dans le texte.

contact entre la Gompholite tertiaire et la Formation de la Chambotte (membre inférieur). L'importante faille décrochante de Branveau, pourtant bien visible dans la carrière de «La Pierre» (au-dessus d'Echenevex), a été omise, tout comme les failles bien observables dans les carrières bordant et dominant le parking de la télécabine du Crozet. Les mêmes remarques s'appliquent au versant NE de la Montagne du Vuache, dont l'extrémité méridionale figure sur la feuille à 1/50000 Seyssel (Donze 1972). Par exemple, sur cette feuille géologique, une étude récente des affleurements de Calcaires urgoniens de la région d'Olliet, au NW de Savigny, permet d'identifier un «kink», qui n'apparaît pas sur les profils géologiques actuellement publiés; il manque également la fracturation parallèle à l'axe du Vuache dans les terrains molassiques affleurant au-dessus de Vulbens.

Le bord SE du bassin franco-genevois, bordé par le chaînon du Salève et tel que cartographié sur la feuille Seyssel (Donze 1972), ne reflète pas exactement ce que l'on peut observer sur le terrain. Si les principaux décrochements sont bien identifiés dans ce secteur, il n'en va pas de même pour la fracturation de la montagne elle-même: en effet, le Salève correspond bien à un pli-faille (Hottinger 1990), et non pas à un pli déjeté dont la charnière serait préservée, comme l'exprime le dessin de la carte géologique à 1/50000 (Donze 1972). Cette même remarque s'applique également à la portion du chaînon du Salève, comprise entre Cruseilles et la Croisette et reportée sur la feuille Annemasse à 1/50000 (Kerrien et al. 1998).

Cette analyse critique n'est pas faite pour dévaloriser les travaux souvent remarquables de nos prédécesseurs; son seul but est de mettre en évidence les lacunes de nos connaissances sur la structure et plus particulièrement sur la fracturation des chaînons jurassiens (Haute-Chaîne, Vuache, Salève) qui encadrent le bassin franco-genevois. C'est donc avec prudence qu'il faut raccorder les accidents repérés au Salève avec ceux de la Haute Chaîne à travers le bassin molassique franco-genevois. Bien des géologues n'ont pas hésité à dessiner d'assez nombreux décrochements à travers ce bassin; malheureusement tous les dessins ne concordent pas! C'est pourquoi ne sont reportées sur le plan de situation (Fig. 1) que les principales fractures admises par la plupart des auteurs.

Dans le cadre du Permis Clairvaux-Gex, la Société française d'exploration BP a réalisé diverses études

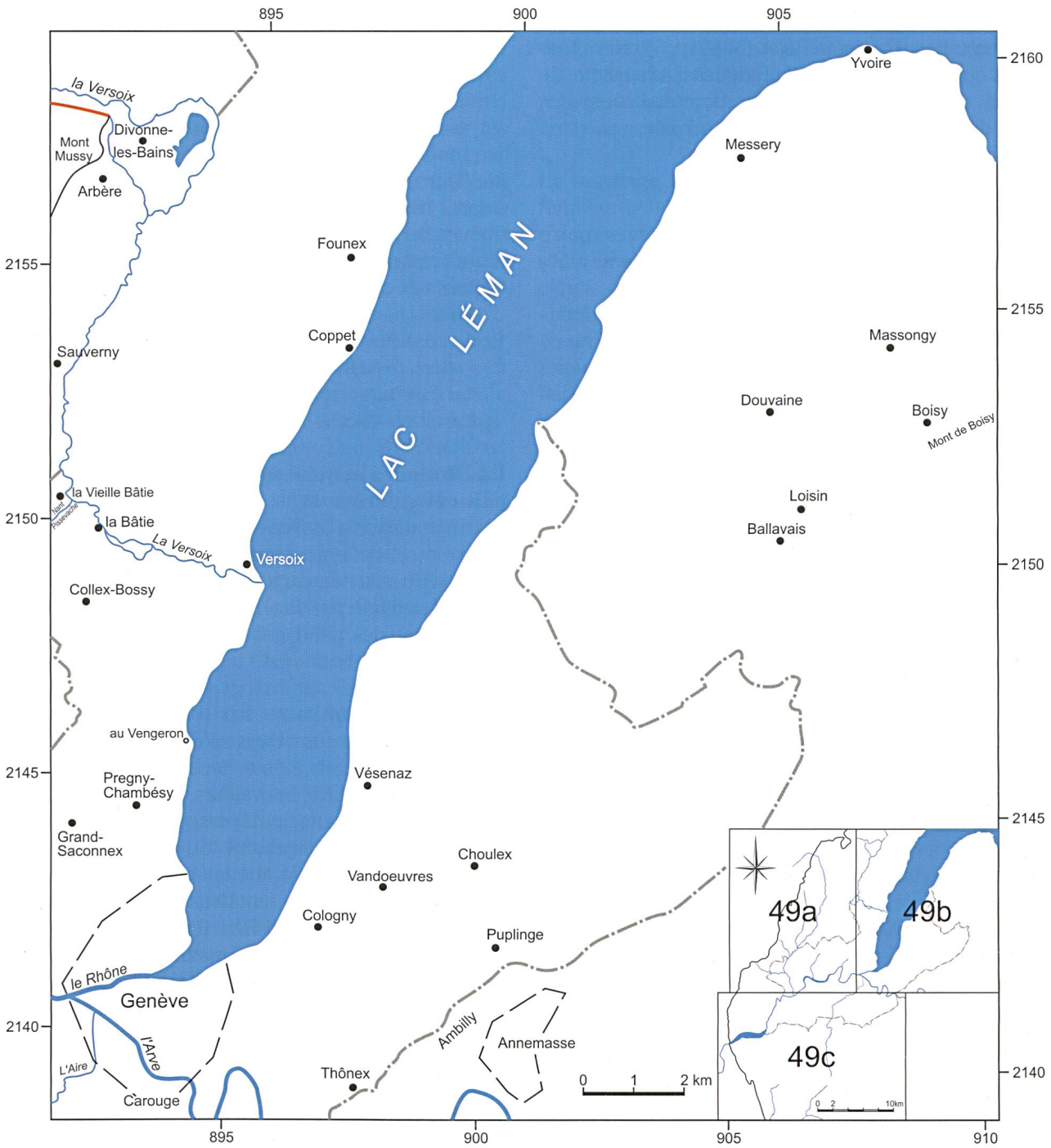


Fig. 52: Localités des parties centrale et nord-orientale du bassin franco-genevois, mentionnées dans le texte.

préliminaires avant l'implantation des sept sondages Gex CD 01 à 07 sur territoire français. Ainsi, dans un de ces rapports, Barragne-Bigot (1981) apporte des données stratigraphiques et tectoniques sur le piémont du Jura entre Echenevex au nord et Collonges au sud. L'auteur identifie une série de failles transverses (Branveau, Tremblaine, la Calame, Crêt de la Neige, Reculet), dont trois atteignent le piémont:

- la faille de Naz-Dessus déjà reconnue par Meurisse & Llac (1971) sur la feuille St-Claude;
- la faille du Ravin de l'Ours à l'aplomb de Collonges, reportée sur la feuille St-Julien-en-Genevois par Donzeau et al. (1997);
- une faille à l'aplomb de St-Jean-de-Gonville, qui ne figure pas sur la feuille St-Julien-en-Genevois (1997).

En revanche, Barragne-Bigot (1981), Meurisse & Llac (1971), Donzeau et al. (1997) ne signalent pas de faille longitudinale orientée NE-SW, donc parallèle à l'axe de la Haute-Chaîne et située à son piémont. Si des failles

longitudinales n'ont pas été reconnues par photo-interprétation, Barragne-Bigot (1981, p. 5) relève toutefois que les «exurgences karstiques d'Allemogne, de Thoiry et de Logras se situent aux intersections des deux directions transverse et longitudinale:

- pour Allemogne et Thoiry: N20 et N110
- pour Logras: N60 et N90-100

Ces directions longitudinales ont été observées entre 520 et 540 m d'altitude, mais une faille inverse N50-60 existe entre Echenevex et Crozet à 720 m».
En plus des feuilles géologiques à 1/50000 éditées par le Service de la Carte géologique de France (BRGM) mentionnées ci-dessus, nous avons bénéficié de nombreux autres documents cartographiques parfois très détaillés mais inédits, commandités par différents organismes: CERN (Malatrait 1981, 1982), BP-France (Barragne-Bigot 1981), Service cantonal de Géologie de Genève (Ruchat 1978; Amberger 1983, 1988).

Enfin, il faut citer les profils structuraux établis par Meyer (2000, Fig. 14), qui traversent le bassin franco-genevois et qui sont basées sur des données cartographiques, stratigraphiques, structurales et géophysiques.

1.3. Données de géophysique

Amberger (1982), Signer (1992), Gorin et al. (1993), Jenny et al. (1995), Signer & Gorin, 1995, Morend (2000), GEO2X-Geophysic & Geology (2006) ont présenté des cartes et/ou des profils du bassin franco-genevois et de ses abords en partie basés sur des analyses de photos aériennes et surtout sur des données sismiques. Ces travaux montrent parfois des divergences qui se manifestent dans le nombre, l'emplacement et l'orientation des failles reportées.

Il semble unanimement admis, même dans les travaux relativement récents, que le toit du substratum mésozoïque est toujours et partout constitué par les Calcaires urgoniens, malgré les résultats contradictoires publiés par Ducloz (1980). En effet, par exemple, Gorin et al. (1993, p. 706-707) notent que, dans la région de Genève, «the Tertiary serie rests unconformably on karstified Urgonian carbonates. Between the Jura mountains and Mount Salève, this unconformity has the configuration of an essentially southeasterly dipping monocline».

Toutefois, comme l'écrivent Signer & Gorin (1995, p. 236 et Fig. 13), il ressort des études géophysiques que la tectonique du bassin franco-genevois serait dictée par l'existence de linéaments permo-carbonifères qui montrent deux orientations:

- l'une, SW-NE, indétectable en surface, détermine des demi-grabens permo-carbonifères, qui ont rejoué à plusieurs reprises, notamment pendant l'orogenèse tardi-alpine;
- l'autre, NW-SE, correspond à l'orientation des failles décrochantes identifiées en surface par de nombreux auteurs: décrochements du Vuache, de Cruseilles, du Coin et de l'Arve (Fig. 1); ces accidents s'expriment également par des culminations liées à des «structures en fleur».

Sur leur carte du bassin franco-genevois, Signer & Gorin (1995, Fig. 13) dessinent, au SE d'une ligne Chevry-Sergy-Thoiry-Péron, une succession de «hauts morphologiques» (= anticlinaux ?) et de «sillons» (= synclinaux ?) du NE au SW:

- «haut» de Challex-Choully-Prévessin-Moëns,
- «sillon» de Montfleury,
- «haut» de Bernex-Confignon,
- «sillon» du Petit Lac
- «haut» de Cologny-Vandoeuvres-Choulex.

1.4. Données acquises dans les sondages, puits et galeries

Notre étude sur la Molasse du bassin franco-genevois repose essentiellement sur des analyses de carottes et de «cuttings» extraits de sondages qui n'ont pas fait l'objet d'une pendagemétrie. Sur les carottes, le plongement des pendages n'a pas toujours été mesuré et leur direction reste inconnue. La plupart des pendages indiqués sur les logs sont qualifiés de «subhorizontaux», sauf pour ceux relevés dans les sondages proches du Jura; dans ce cas, ils peuvent localement atteindre et même dépasser 40°. Dans les puits d'accès au LEP, les valeurs parfois relevées au cours du creusement ne dépassent pas 3 à 5°, avec une direction du plongement toujours orientée vers le SW. Il est regrettable que les informations sur les pendages de la Molasse que nous avons pu recueillir dans les rapports du CERN demeurent très lacunaires ou imprécises, voire inexistantes en ce qui concerne les tunnels SPS et LEP. En conséquence, il est difficile de préciser l'allure et la localisation des plis, ou plutôt des faibles ondulations, qui affecteraient la Molasse et que la sismique suggère dans ce secteur du bassin franco-genevois (Signer 1992, Signer & Gorin 1995, GEO2X 2006).

A plusieurs reprises et du haut en bas de la série molassique, nous avons observé sur les carottes des plans subhorizontaux calcitisés avec stries, témoignant de décollements (par exemple sondages F 6 à 59,0 m, F 13 entre 31,1 et 31,3 m). Mais de telles observations n'ont pas été systématiquement faites et ne sont pas reportées sur la plupart des logs consultés.

2. Bord occidental du bassin franco-genevois[9]

2.1. Affleurements de la région de Grilly

Entre Divonne-les-Bains et Grilly (Figs 50, 52), les Monts Mourex et Mussy correspondent à «une voûte d'axe nord-sud délimitée par des failles inverses, rap-

pelant une structure en fleur» d'après les profils sismiques interprétés par Signer (1992, p. 49). Dans ce secteur, la Gompholite surmontée par les Calcaires inférieurs repose en plusieurs points sur les Calcaires urgoniens. Ce contact entre la Gompholite et les Calcaires urgoniens avait été signalé tout d'abord par Michel (1965, p. 706, Fig. 1) dans une fouille à l'W du village de Grilly (890,48/154,56), puis par Ducloz (1983, p. 267, Fig. 2) dans une excavation au pied du Mont Mourex, près de Grilly, où il décrit avec minutie le contact entre le sommet des Calcaires urgoniens encroûtés et altérés et la base des marnes gompholitiques (= Gompholite). Suivant ce dernier auteur (1983, p. 283), une croûte calcaire riche en *Microcodium* sépare ces deux formations et scelle des poches sidérolithiques; elle serait «vraisemblablement d'âge Lutétien terminal». Dans son étude sur les Monts Moussy, Mourex et Riamont, Morel (1946-1947) décrit le sommet du substratum mésozoïque: l'Urgonien blanc à rudistes épais d'une cinquantaine de mètres (environs d'Arbère) surmontant une vingtaine de mètres d'Urgonien jaune. La structure de ce secteur a également été décrite par Caminade (rapport inédit, 1981), par Marti (1983), puis par Meyer (*in* Arn et al. 2005).

Enfin, dans son travail sur les sources de l'Allondon, Ducloz (1980, p. 177) rappelle que «d'après Schardt (1894), certains affleurements de Molasse dans le voisinage de l'Hauterivien près de Tutegny et Grilly indiqueraient même une transgressivité du Tertiaire sur le Néocomien». Il semblerait donc que Schardt avait déjà soupçonné que la Molasse puisse reposer sur différentes formations du substratum mésozoïque. Ducloz (1980) adhère à ce point de vue puisqu'il démontre que sur le flanc SE de l'anticlinal du Mont-Mussy, la Molasse est en contact suivant les points avec différents niveaux stratigraphiques de la Formation des Calcaires urgoniens.

2.2. Zone faillée de la région de Gex

Au SW du Mont Mourex (Fig. 50) se développe une zone faillée décrochante très complexe, comme le montre la feuille St-Claude à 1/50000 (Meurisse et al. 1971). Le contact entre la base de la Molasse et le sommet du Mésozoïque n'apparaît pas à l'affleurement; sur la carte géologique, seul l'Hauterivien (= faciès Pierre jaune de Neuchâtel) est mentionné aux Portes Sarrazines, sur rive gauche du Journans (Fig. 53), ce qui n'exclut pas dans cette région la présence de terrains plus jeunes (Calcaires urgoniens par exemple); ces derniers sont, soit masqués par des dépôts glaciaires, soit en grande partie décapés par les érosions quaternaires.

Le sondage L 129 (492,08/130,64/624) d'une profondeur de 94,2 m, dont les pendages sont inconnus, n'a traversé que les Marnes et Grès bariolés (Fig. 39) selon Lanterno et al. (1981); il ne donne donc pas d'indication sur la nature du substratum mésozoïque entre Gex et les sources de l'Allondon.

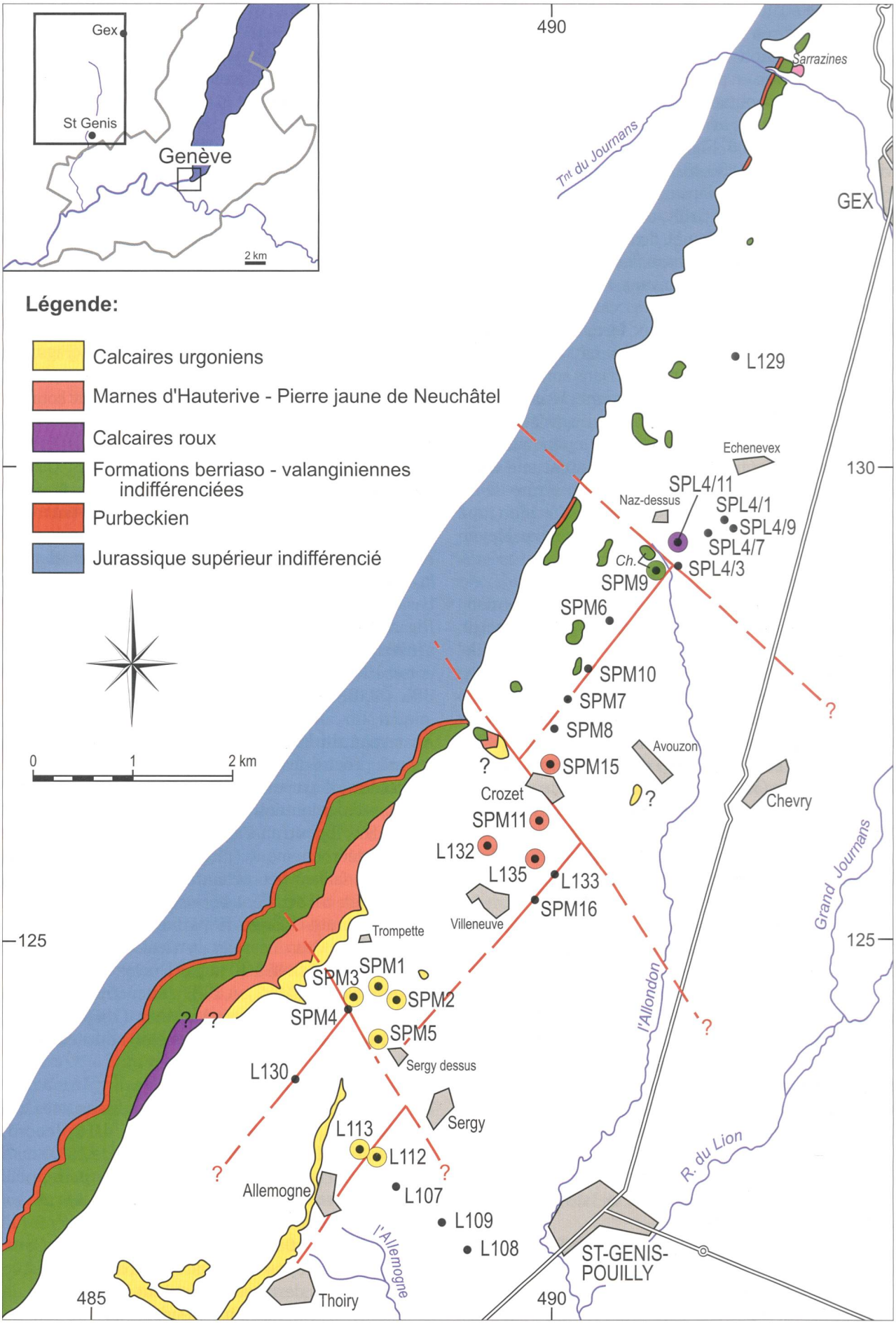
2.3. Affleurement et sondages près des sources de l'Allondon

Proche de Naz-dessus en direction du SW (Figs. 50, 53), un affleurement découvrant «une gompholite oligocène sur des calcaires valanginiens aux sources de l'Allondon» a été décrit minutieusement par Ducloz (1980). Comme mentionné plus haut, cet affleurement ne figure pas sur la feuille St-Claude (Meurisse et al. 1971), alors qu'il avait été indiqué en 1894 déjà par Schardt et identifié en tant que «Valanginien». Ces calcaires «valanginiens» correspondent au Membre inférieur de la Formation de la Chambotte (Berriasien sommital-Valanginien basal; voir II.2.1). Bien que contestées, à tort, par Rigassi (1980a), les observations de Ducloz (1980) s'inscrivent logiquement dans le contexte régional, comme le révèlent les résultats des forages SPM 9, SPL 4/3, SPL 4/10 et SPL 4/11 (Figs. 4, 29, 52, 54).

Au niveau du LEP, le contact Jura-Molasse septentrional, proche des sources de l'Allondon, est quant à lui déterminé par un système de failles inverses décrochantes, orientées N145E et plongeant de 70-75° vers le SW. Il pourrait s'agir de la prolongation vers le NW du décrochement (plus exactement d'une «famille de failles décrochantes») du Coin - Nant d'Avanchet; cet accident se poursuit au NW et affecte toute la Haute-Chaîne de part et d'autre du Mont Colomby de Gex. Le rejet vertical de cet accident complexe fut estimé à 40 m par Ducloz (1980), à 100 m par Malatrait (1982), à 130 m au moins par Dériaz & Hotellier (1982) et par Martinez (1986, p. 102), mais il serait de l'ordre de 70 m selon notre coupe de la Fig. 54.

Le sondage SPL 4/11 (coord. suisses: 491,29/128,64/ 558), très proche de **SPL 4/10** (coord. suisses: 491,32/128,62/559) et profond de 151,0 m, a traversé successivement, 42 m de Quaternaire, puis les Marnes et Grès bariolés entre 42 et 58 m, les Calcaires inférieurs entre 58 et 103,5 m et enfin la Gompholite de 105,5 à 121,3 m (Figs. 4, 54). Cette série tertiaire repose sur les Calcaires roux jusque vers 138 m; ces derniers surmontent la Formation de la Chambotte (Membre inférieur) jusqu'à 151 m. Le

[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.


Gex
St Genis
Genève
2 km
490
Sarrazines
Tnt du Journans
GEX
Légende:
Calcaires urgoniens
Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel
Calcaires roux
Formations berriaso - valanginiennes indifférenciées
Purbeckien
Jurassique supérieur indifférencié
0
1
2 km
L129
Echenevex
130
SPL4/11
Naz-dessus
SPL4/1
SPL4/9
SPL4/7
Ch.
SPL4/3
SPM9
SPM6
SPM10
SPM7
SPM8
Avouzon
SPM15
Crozet
Chevry
SPM11
L132
L135
L133
SPM16
Villeneuve
Grand Journans
125
Trompette
SPM1
SPM3
SPM2
SPM4
SPM5
Sergy dessus
l'Allondon
L130
Sergy
L113
L112
R. du Lion
Allemogne
L107
L109
L108
l'Allemogne
ST-GENIS-POUILLY
485
Thoiry
490

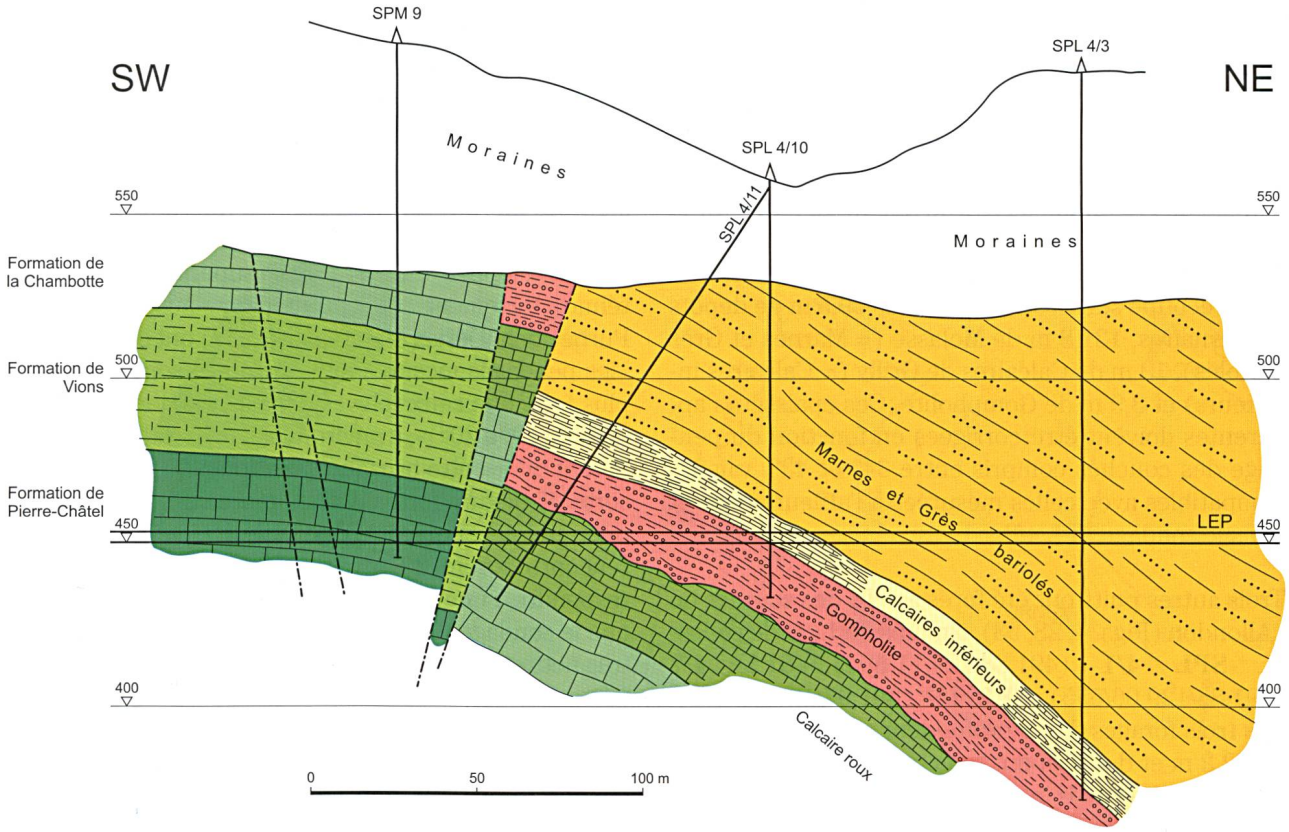


Fig. 54: Coupe verticale selon l'axe du LEP dans le secteur de l'Allondon, entre les sondages SPM 9 et SPL 4/3. La situation de la galerie du LEP et des sondages est donnée sur la Fig. 4.

contact Gompholite/Calcaires roux démontre la structuration du substratum mésozoïque dans la région des sources de l'Allondon puisque, aux sources elles-mêmes, la Gompholite «transgresse» directement sur le Membre inférieur de la Formation de la Chambotte.

Sur rive droite de l'Allondon, à environ 250 m en aval de l'affleurement décrit par Ducloz (1980), **le sondage SPM 9** (coord. suisses: 491,21/128,57/593,8) a traversé sous 68 m de dépôts quaternaires, le Membre inférieur de la Formation de la Chambotte représentée ici par des calcaires biodétritiques blanc crème à rosé, renfermant *Pfenderina neocomiensis* (Figs. 53, 54). Les pendages relevés dans ce sondage varient entre 35° et 40°, ce qui s'accorde parfaitement avec ceux que Ducloz (1980, Fig. 4) avait reportés sur sa carte géologique; sur la Fig. 54, ces pendages sont plus faibles du fait de l'orientation de la coupe. Sous le Membre inférieur de la Chambotte, Dériaz & Hotellier (1982) avaient identifié les Couches de la Corraterie (= Formation de Vions) et les Calcaires de Thoiry (= Formation de Pierre-Châtel). Bien que ce sondage SPM 9 n'ait pas montré, comme à l'affleurement, le contact entre la Formation de la Chambotte et la Gompholite, il est

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 coincident 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.*

évident, suivant la proposition de Dériaz & Hotellier (1982), que son absence est due à «l'érosion glaciaire ou anté-glaciaire».

Les terrains traversés par **le sondage SPL 4/3** (coord. suisses: 491,38/128,70/591) implanté sur rive gauche de l'Allondon à environ 200 m du forage SPM 9, confirment les données précédentes (Figs. 4, 29, 54). En effet d'après Dériaz & Hotellier (1982), SPL 4/3 a recoupé successivement, sous 69,5 m de dépôts quaternaires, 131,8 m de Molasse (= Marnes et Grès bariolés), 13 m de Calcaires de Grilly (= Calcaires inférieurs) et 3,9 m de Gompholite. Ces épaisseurs apparentes doivent être corrigées en fonction du pendage des couches compris entre 34° et 43°, valeurs compatibles avec celles mesurées à l'affleurement et dans le sondage SPL 4/3.

Trois autres puits ont été forés au NE des sources de l'Allondon (Figs. 4, 28, 53), à moins de 1 km de celles-ci: **SPL 4/1** (491,88/129,11/594), **SPL 4/7** (491,88/129,06/595), **SPL 4/9** (491,97/129,01/590). Ces trois forages d'une profondeur respective de 164 m, 62,2 m et de 55 m ont tous traversé les Marnes et Grès bariolés, mais n'ont pas atteint le substratum mésozoïque. Dans le 1er puits, les pendages des couches oscillent entre 3 et 6°, dans le 3e entre 8 et 10° et dans le 2e ils atteignent 5° environ. Dériaz & Hotellier (1982), qui ont analysé ces trois forages, relèvent que les «niveaux de calcaire molassique» (= Calcaires inférieurs) n'ont pas été atteints, même dans le sondage SPL 4/1; ceci laisse donc supposer que le substratum mésozoïque se situe au moins à 200 m de profondeur. Or, d'une part le toit de ce substratum affleure aux sources de l'Allondon à 570 m (Ducloz 1980, Fig.1) et d'autre part les pendages relevés dans les 3 forages sont faibles, il est donc nécessaire de supposer la présence d'un accident important, parallèle à la direction de l'axe de la Haute-Chaîne.Selon Rigassi (1996, p. 44), il s'agirait d'une faille inverse avec un rejet vertical de 200 à 300 m.

2.4. Sondages entre les sources de l'Allondon et Crozet

D'après la feuille St-Claude à 1/50000 (Meurisse et al. 1971), le contact entre la Molasse et le substratum mésozoïque (n2 = «Valanginien») est masqué par les éboulis et les dépôts morainiques entre les sources de l'Allondon et Crozet. Toutefois, les 4 sondages (Figs. 4, 53) implantés par le CERN (du NE au SW: SPM 6, SPM 10, SPM 7, SPM 8) apportent de précieux renseignements d'ordre stratigraphique et tectonique. En effet, bien que n'ayant pas recoupé le contact Molasse/Mésozoïque, ils nous renseignent sur l'âge minimum du substratum antémolassique; celui-ci a fait l'objet d'une étude détaillée (Ruchet 2005).

Le sondage SPM 6 (490,75/128,08/624; Figs. 4, 54) d'une profondeur de 180,1 m, a traversé sous 24,3 m de dépôts quaternaires, les formations berriaso-valanginiennes comprises entre le Calcaire roux et le Purbeckien. Les pendages atteignent 63° au début du forage et décroissent avec la profondeur; ils ne dépassent pas 22° au fond du puits. La fracturation importante dans l'ensemble est irrégulièrement distribuée: très développée dans la partie supérieure, elle s'atténue fortement en profondeur au niveau du Purbeckien. Dériaz & Hotellier (1982) ont observé que «les pendages mesurés dans le forage sont beaucoup plus forts que ceux relevés dans les carrières juste en amont (10° à 20°)», à environ 300 m au N de SPM 6. Ils notent que «cette brusque variation correspond à une sorte de flexure formant une amorce de pli en genou, peut-être accompagné d'une faille. [...] La zone broyée rencontrée vers 20 m de profondeur pourrait correspondre à une petite faille inverse». Ils en concluent que le sondage SPM 6 «a mis en évidence une flexure très nette orientée parallèlement à la chaîne».

Le sondage SPM 10 (490,48/127,63/619 m; Figs. 4, 54) de même profondeur que SPM 6 a recoupé les mêmes formations que ce dernier, soit du Calcaire roux au Purbeckien. Les variations de pendage y sont également comparables: ces derniers atteignent 47° jusqu'à 100 m de profondeur, puis diminuent assez brusquement au-delà et avoisinent 25° à 30°. D'autre part, entre 84,5 et 85,6 m, une cavité karstique d'ordre métrique remplie de matériaux sablo-graveleux à cailloux jurassiens et alpins, peut-être liée à une faille inverse à faible rejet, affecte la Formation de Vions. Au vu des variations des pendages et de la fracturation, Dériaz & Hotellier (1982) en déduisent que le sondage SPM 10, comme le SPM 6, «se situe sur une flexure orientée parallèlement à la chaîne».

Le sondage SPM 7 (490,31/127,83/599; Figs. 4, 54) d'une profondeur de 170,2 m, a traversé les mêmes formations berriaso-valanginiennes que celles reconnues dans les puits SPM 6 et SPM 10. Bien que les pendages oscillent entre 21° et 31° tout le long du forage, des zones broyées (avec brèches de faille) ont été observées entre 36,5 et 44 m. Pour Dériaz & Hotellier (1982), elles représentent une faille inverse qui entraîne la répétition partielle de deux formations valanginiennes: Chambotte et Calcaires roux; ils estiment son rejet vertical à 40 m.

Le sondage SPM 8 (490,19/127,00/585; Figs. 4, 54) profond de 151,2 m, a rencontré sous les dépôts quaternaires, successivement les Marnes d'Hauterive (sur 3 m), les Calcaires roux, les Formations de la Chambotte et de Vions, et peut-être celle de Pierre-Châtel (partie sommitale). Avec des pendages variant entre 25° et 27°, la fracturation est «dans l'ensemble très peu développée» (Dériaz & Hotellier 1982).

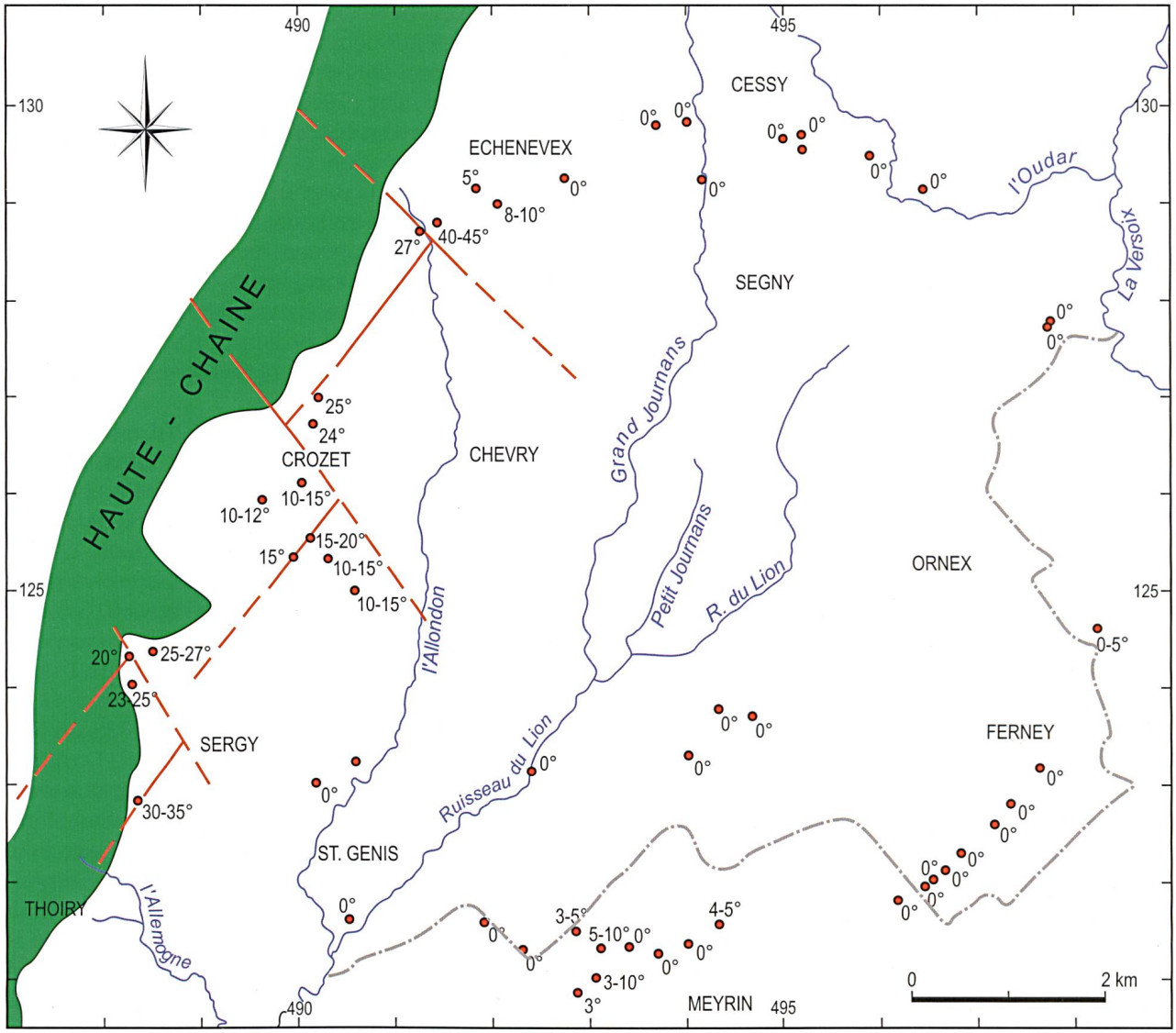


Fig. 55: Carte des failles supposées au pied du Jura et des plongements des couches relevés dans les sondages du CERN. La valeur "0°" est le plus souvent notée "subhorizontal" sur les logs et rapports décrivant ces sondages.

Les quatre sondages sus-décrits démontrent, sur un axe orienté NE-SW au pied de la Haute-Chaîne, la présence sous la Molasse aujourd'hui érodée, des Calcaires roux et même de la base du «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel»; la présence de Calcaires urgoniens n'est pas à exclure d'emblée, car l'importance de l'érosion quaternaire dans cette région n'est pas connue. Or moins de 2 km plus au NE, aux sources de l'Allondon, la base de la série molassique repose sur le Membre inférieur de la Formation de la Chambotte. Ces observations démontrent une structuration déjà bien marquée du substratum mésozoïque avant le dépôt de la Molasse.

Comme on l'a vu, l'étude des pendages et de la fracturation dans les sondages SPM 6, SPM 10 et SPM 7, incite Dériaz & Hotellier (1982) à proposer, au pied de la Haute Chaîne, l'existence d'un «pli en genou» souligné par une fracture, pli dont l'axe serait orienté parallèlement à celui de la Haute-Chaîne (Figs. 53, 55). Au NE, cet accident pourrait se prolonger par celui qu'évoquait Rigassi (1996, p. 44; voir plus haut); au SW, nos observations ne permettent pas de le poursuivre au-delà du sondage SPM 8, implanté à 500 m au N de Crozet. L'hypothèse d'un «pli en genou» proposée par Dériaz & Hotellier (1982) est compatible avec la géologie reportée sur la feuille Saint-Claude (Meurisse et al. 1971); en effet, d'après cette carte géologique, les failles liées au pli supposé ne peuvent pas être attribuées à des décrochements, puisque le secteur compris entre les sources de l'Allondon et le Crozet en semble dépourvu. Par contre, au SW du sondage SPM 8, Signer & Gorin (1995), se basant sur des profils sismiques, signalent un décrochement orienté NW-SE dans la région du Crozet; celui-ci ferait partie de la «famille de failles décrochantes» déjà évoquée plus haut.

2.5. Affleurement d'Avouzon

Sur la feuille St-Claude à 1/50000 (Meurisse et al. 1971), entre Chevry et Crozet, un affleurement de Calcaires urgoniens figure au S du hameau d'Avouzon (Fig. 53), ce qui ne serait peut-être pas en désaccord avec la carte géologique de Schardt (1891); la mauvaise qualité de l'impression des couleurs en rend la lecture très difficile, il n'est donc pas possible de se prononcer avec certitude. Toutefois, sur le profil 2 de la planche II/VII de Schardt (1891), la présence d'une «carrière sur Avouzon» est clairement indiquée; par contre elle serait entaillée non pas dans les Calcaires urgoniens, comme on pourrait le croire en regardant sa carte, mais dans le «Valanginien», d'où le point d'interrogation sur la Fig. 53, à côté d'Avouzon.

En conclusion, à notre avis, l'affleurement de Calcaires urgoniens reporté sur la feuille St-Claude (Meurisse et al. 1971) près d'Avouzon, est une erreur de cartographie. En effet, nous avons visité la butte correspondant à cet affleurement: elle a été récemment éventrée par une gravière qui exploitait de la moraine graveleuse et non pas de la roche en place. De plus, le creusement du tunnel du LEP démontre l'absence en profondeur de Calcaires urgoniens dans ce secteur.

2.6. Sondages entre Crozet et Villeneuve

Le sondage SPM 15 (490,15/126,73/165 m; Figs. 4, 53), profond de 130 m et implanté à 200 m au N du village de Crozet, a recoupé le contact entre la Gompholite et le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» (Fig. 48); ici très peu épaisse (moins de 2 m), la Gompholite est surmontée par les Marnes et Grès bariolés. Ce puits est caractérisé par des pendages compris entre 19° et 30°, ainsi que par une faible fracturation; il présente donc beaucoup de similitude avec le sondage SPM 8, situé à environ 300 m plus au N. L'épaisseur du «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» y atteint 35 m, soit environ le 1/3 de l'épaisseur originelle totale de cette formation dans la région. D'après la feuille St-Claude à 1/50000 (Meurisse et al. 1971), des couches de Calcaires urgoniens inclinées à 40° vers le SE affleureraient dans la carrière du parking de la télécabine de Crozet, situés seulement à 500 m du sondage SPM 15: il s'agit certainement d'une erreur de cartographie (d'où le point d'interrogation à côté de l'affleurement, sur la Fig. 53), comme en témoignent le profil de Malatrait (1981, Fig. 4, coupe 7), ainsi que la carte et les profils de Malatrait (1982, Fig. 2, 4/8), qui figurent des couches berriaso-valanginiennes plongeant de 30° seulement vers le SE.

Le sondage SPM 11 (490,04/126,10/537; Figs. 4, 54) situé à 400 m au S du hameau de Crozet et d'une profondeur de 119,7 m, recoupe également le contact entre le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» et la Gompholite surmontée par les Calcaires inférieurs (Fig. 47). Apparemment les pendages sont faibles (15° à 20°). D'autre part, Dériaz & Hotellier (1982) relèvent que «l'ensemble des couches traversées présente une fracturation importante d'orientation essentiellement subverticale ou oblique». Il faut relever que dans ce sondage, la Gompholite atteint presque une cinquantaine de mètres d'épaisseur, alors que dans le forage SPM 15 situé à moins de 600 m plus au N elle ne dépassait guère 1,5 m. De même, dans SPM 11, l'épaisseur des Calcaires inférieurs est de l'ordre d'une trentaine de mètres, alors qu'ils n'existent pas dans SPM 15.

En conséquence, il faut admettre l'existence probable, avant le dépôt des Marnes et Grès bariolés, d'une dépression morphologique entre les sondages SPM 15 et SPM 11, peut-être liée au grand décrochement N155-160°, qui recoupe toute la Haute-Chaîne entre le chalet du Cabaret, au NW, et la cote 1045 m sous le Creux de Praffion, au SE (Figs. 53, 55). Sur leur carte, Meurisse et al. (1971) n'avaient pas poursuivi cet accident sous le placage quaternaire.

Le sondage L 132 (490,11/125,56/570; Figs. 4, 53), implanté à environ 500 m au SW de SPM 11, n'a pas recoupé le contact entre la Molasse et son substratum mésozoïque, celui-ci étant directement recouvert par les dépôts quaternaires. Ce sondage a été décrit par Lanterno et al. (1981) et par l'un de nous (Charollais et al. 1982): si les avis concordent pour reconnaître le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» sous les dépôts quaternaires à 27 m de profondeur, par contre l'interprétation du substratum mésozoïque recoupé par ce sondage diffère complètement.

Dans leur rapport, Lanterno et al. (1981) décrivent une série d'écailles, de haut en bas:

- 27 - 54 m: «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» - Calcaires roux
- 54 - 90,3: «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» - Calcaires roux
- 90,3 - 180,5: «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» - Calcaires roux - Chambotte - Vions.

Cette interprétation avait été retenue par Barragne-Bigot (1981, p. 4), qui estimait que ces «redoublements faillés» indiquaient«l'existence de failles inverses longitudinales au Piémont et de plongement sud-est». A notre avis, ces conclusions ne peuvent être qu'hypothétiques, vu qu'aucune pendagemétrie, a été effectuée dans le sondage L 132.

Par contre, pour Charollais et al. (1982), le substratum mésozoïque serait représenté par une série stratigraphique normale à faible pendage, avec de haut en bas:

- 27 - 92,8 m: «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel»,
- 92,8 - 142,2: Calcaires roux: niveau à *Alectryonia rectangularis*, Calcaire roux *str. s.*, Guiers,
- 142,2 - 153,0: Chambotte (membre inférieur)
- 153 - 180,5: Vions.

Nous retiendrons cette 2e interprétation car, d'une part, elle est basée sur des analyses microscopiques de faciès et sur des déterminations micropaléontologiques, et d'autre part, elle s'intègre tout à fait bien dans le contexte régional tant sur le plan stratigraphique que tectonique.

Le sondage L 135 (489,91/125,69/527; Figs. 4, 54), profond de 135 m et implanté à environ 300 m au S de SPM 11, présente une grande similitude avec ce dernier (Fig. 41); en effet:

- la Gompholite est en contact avec le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel»,
- la Gompholite est bien développée et se trouve directement surmontée par
- les Calcaires inférieurs,
- les pendages des couches sont faibles, compris entre 18° et 20°.

Le sondage L 133 (490,11/125,56/512), d'une profondeur de 122,2 m, a traversé successivement de haut en bas, les Marnes et Grès bariolés, les Calcaires inférieurs et la Gompholite, sans atteindre le substratum mésozoïque (Fig. 40). Situé à 400 m au SE de L 135 (Figs. 4, 53, 56), il lui est tout à fait comparable. De plus les faibles pendages (15° à 20°) s'intègrent parfaitement dans le contexte régional.

Bien que **le sondage SPM 16** (489,94/125,39/515; Figs. 4, 53) implanté à 400 m à l'E de Villeneuve et d'une profondeur de 102 m, n'ait pas atteint le substratum mésozoïque, sa description est d'un grand intérêt. Après 28,2 m de dépôts quaternaires, le forage a traversé les Marnes et Grès bariolés ici à prédominance marneuse, puis, à partir de 84,5 m les Calcaires inférieurs qui comprennent notamment des niveaux charbonneux parfois riches en mollusques; ces faciès ont été observés jusqu'à 102 m. Les pendages relevés dans la Molasse oscillent entre 12° et 19°, soit une moyenne d'environ 16°. Se basant sur les observations faites dans les sondages L 133, SPM 16 et dans la galerie de reconnaissance G1R, Dériaz & Hotellier

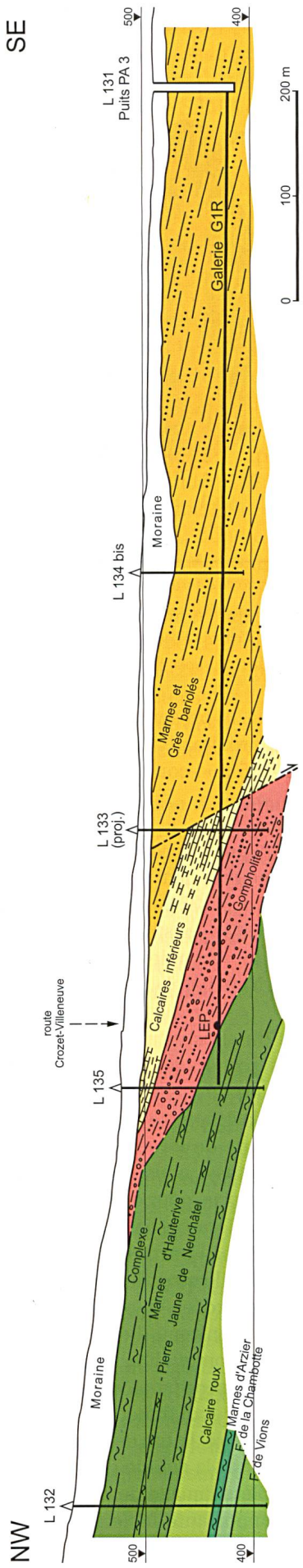


Fig. 56: Coupe verticale selon l'axe de la galerie G1R, d'après le plan 2271.318 du Bureau Dériaz, 24.11.1982 (modifié). La situation de la galerie et des sondages est donnée sur la Fig. 4. Coord. suisses des sondages L 131 (490,56/125,05/487,69) et L 134 bis (490,24/125,34/502,1); les coordonnées des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

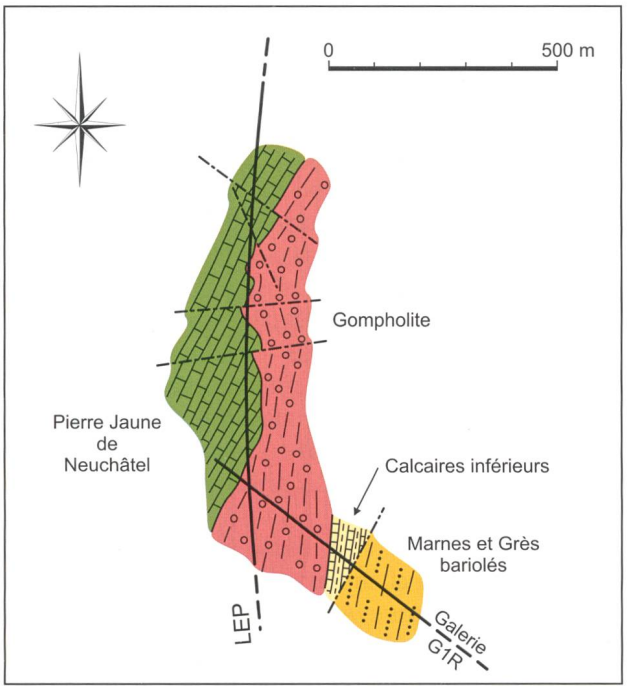


Fig. 57: Coupe horizontale au niveau du LEP, montrant la discordance de la Gompholite sur le Crétacé dans le secteur Villeneuve-Crozet (d'après Fourneaux 1998, modifié); cote env. 434 msm (situation: voir Fig. 4).

(1982) invoquent la présence «d'une faille normale, de direction approximative N70° à 80°E avec rejet vertical de 35 à 45 m», comme le montrent nos Figs. 56 et 57.

Sur les six forages implantés par le CERN entre Crozet et Villeneuve, quatre d'entre eux (SPM 15, SPM 11, L 132 et L 135) montrent donc le contact entre la Molasse et le substratum mésozoïque qui est représenté par le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel».

Si les terrains du substratum mésozoïque traversés par quatre des six forages sont facilement corrélables, il n'en est pas de même pour les formations tertiaires. En effet, la lithologie de la partie inférieure de la Molasse présente de fortes variations en faciès et en épaisseur; là aussi nous supposons la présence d'éventuelles fractures pour expliquer cette observation (Figs. 53, 55). D'autre part, les relevés faits dans le tunnel du LEP par Fourneaux (rapport non daté) nous permettent d'illustrer le contact Jura-Molasse dans la région de Crozet-Villeneuve. La coupe horizontale (Fig. 57) au niveau du LEP montre fort bien que la base de la Gompholite, observée sur près de 400 m, repose en discordance sur une surface d'érosion, probablement karstique, qui a profondément creusé le faciès Pierre Jaune de Neuchâtel. La coupe verticale passant par la galerie d'accès G1R (Fig. 56) d'une part complète l'image de ce contact et d'autre part situe une importante faille normale très probablement orientée parallèlement à l'axe de la Haute-Chaîne. Voir aussi, pour ce même secteur, la coupe verticale selon l'axe du tunnel du LEP que propose Martinez (1986, pl. 21).

2.7. Affleurement et sondages de la région de Sergy-Dessus

A mi-distance entre Villeneuve et Sergy (coord. françaises: 882,0/2147,0; Figs. 50, 53), la feuille St-Claude à 1/50000 indique une carrière dans le «Barrémien» (= Calcaires urgoniens) avec un plongement des couches de 5° vers le SE, ce qui est en accord avec la carte géologique de Schardt (1891). Cette carrière aujourd'hui remblayée avait été cartographiée et décrite par Copponex (1955). Les Calcaires urgoniens découverts dans cette carrière, ainsi que ceux qui sont cartographiés au-dessus de la Ferme de Trompette, jalonnent la limite de leur extension septentrionale; en effet plus au N, cette formation a certainement été érodée avant les dépôts tertiaires. Comme mentionné plus haut, elle ne réapparaît qu'à partir du Mont Moussy.

Le sondage SPM 4 (coord. suisses: 488,15/ 124,57/ 598; Figs. 4, 53), le plus élevé en altitude des six forages implantés dans la région de Sergy-Dessus, est resté sur une centaine de mètres de profondeur dans un plan de faille rempli de marnes sombres écrasées, parfois de brèches, appartenant très probablement aux Marnes et Grès bariolés (Fig. 44).

Le sondage SPM 1 (coord. suisses: 488,37/ 124,59/ 568; Figs. 4, 53) foré au NE de SPM 4, a atteint une profondeur de 205,5 m. Bien qu'il ne montre pas le contact avec la Molasse, il permet de connaître approximativement la nature du toit du substratum mésozoïque. Il s'agit des Calcaires urgoniens, qui atteignent ici une épaisseur minimale de 86 m; ils surmontent successivement le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» et le sommet des Calcaires roux. Les pendages mesurés par Dériaz & Hotellier (1981) dans les Calcaires urgoniens, attribués à l'Hauterivien supérieur (voir VIII. 4. 1), oscillent entre 20° et 25°, ce qui est en accord avec les pendages reportés sur les affleurements voisins cartographiés par Copponex (1955).

Le sondage SPM 3 (coord. suisses: 488,23/124,33/553,2; Figs. 4, 53), situé entre SPM 1 et SPM 4 et d'une profondeur de 198,1 m, a recoupé à 32,6 m le contact entre les Calcaires urgoniens et la Gompholite ici très peu épaisse et surmontée par les Calcaires inférieurs (Fig. 43). Les pendages sont compris entre 19° (au sommet) et 30° (à la base); ils concordent avec ceux observés en surface et dans les forages de la région de Sergy-Dessus. L'épaisseur réelle des Calcaires urgoniens *lato sensu* dépasserait 120 m; vu cette épaisseur et les caractères des faciès sommitaux, il nous semble justifié de rattacher ces derniers à l'Aptien inférieur (voir VIII.4.3).

Cette interprétation s'inscrit logiquement dans le contexte régional puisque Favre (1843, p. 97-98) avait signalé un faciès identique à Allemogne, situé à environ 2 km au S du sondage SPM 3, faciès dans lequel il avait découvert une faune caractéristique de l'Aptien inférieur.

Le sondage SPM 2 (coord. suisses: 488,49/124,39/535,8; Figs. 4, 53) d'une profondeur de 180 m est tout à fait comparable à SPM 3, situé quelques centaines de mètres plus à l'W. Ici surmontés directement par les Calcaires inférieurs, les Calcaires urgoniens ont une épaisseur identique à celle découverte dans le sondage SPM 3 (Figs. 42, 43); cependant, dans SPM 2, les faciès attribués à l'Aptien inférieur n'ont pas été observés.

Le sondage SPM 5 (coord. suisses: 488,30/124,08/528; Figs. 4, 53), profond de 165,6 m, a recoupé la succession suivante de haut en bas (Figs. 45, 46): Marnes et Grès bariolés, Calcaires inférieurs, Gompholite, Calcaires urgoniens. Tant la tectonique (pendages compris entre 23° et 25°) que la stratigraphie rappellent celles des sondages voisins, à l'exception de la Gompholite qui présente des variations d'épaisseur déjà observées dans d'autres secteurs, variations qui s'expliquent par une paléomorphologie accentuée du substratum mésozoïque.

Le sondage L 130 (coord. suisses: 487,45/123,85/600; Figs. 4, 53), d'une profondeur de 192,7 m, est situé à moins d'1 km au SW des cinq sondages précédemment décrits. Lanterno et al. (1981) en donnent la succession suivante, de haut en bas:

- 0 - 18 m: moraine locale;
- 18 - 112,1: glaciaire ancien remanié?;
- 112,1 - 192,7: fragments fracturés, karstifiés et altérés de calcaires blancs, jaunes, beiges ou bruns (Crétacé indéterminé: Urgonien?, Pierre jaune de Neuchâtel?), résidus marneux gris jaune, avec traces de remplissage glaiso-limonitique délavé.

Cette description et le figuré lithologique dessiné par Lanterno et al. (1981) suggèrent que le sondage L 130 a été implanté dans un plan de faille ou sur une zone faillée verticale sur près de 100 m.

Si les sondages SPM 1, SPM 2, SPM 3 et SPM 5 présentent une grande cohérence stratigraphique, les sondages SPM 4 et L 130 révèlent d'importants plans de faille. Comme ces failles ne semblent pas affecter l'inclinaison des couches du versant oriental du Jura reconnue soit dans les affleurements, soit dans les forages, elles pourraient correspondre à des décrochements orientés NW-SE. Cette hypothèse ne peut pas être argumentée en l'état actuel de nos connaissances car, entre Sergy-Dessus et Thoiry, aucun décrochement est signalé sur les feuilles St-Claude (Meurisse et al. 1971) et St-Julien-en-Genevois (Donzeau et al. 1997); toutefois, sur la Fig. 53, nous avons figuré la trace d'un décrochement (hypothétique, mais vraisemblable), qui passerait par le sondage SPM 4 et qui se poursuivrait au S de Sergy. D'autre part, considérer les fractures reconnues dans les sondages SPM 4 et L 130 comme des failles parallèles à l'axe de la Haute-Chaîne, paraît également plausible car Signer (1992, p. 42), qui a interprété la ligne sismique SJIU3 perpendiculaire au Jura et traversant ce secteur, signale une rupture de pente des couches mésozoïques bien visible sur ce profil. Pour cet auteur, «l'inflexion du substratum [paléozoïque] a formé dans le Mésozoïque des failles inverses à déversement vers le bassin genevois, il s'agit donc de rétrocharriage». Tout le secteur compris entre Sergy dessus et Allemogne est situé, rappelons-le, à la jonction des feuilles St-Claude (1971) et St-Julien-en-Genevois (1997), dans une zone où les raccords ne coincident pas très bien, donc où une nouvelle analyse sur le terrain serait nécessaire.

Enfin, les forages extrêmement rapprochés de la région de Sergy-Dessus permettent de mettre en évidence les fortes variations d'épaisseur de la Gompholite, variations dictées par l'orientation de la fracturation suivie par une érosion karstique différentielle des Calcaires urgoniens.

2.8. Sondages de la région d'Allemogne

Le sondage L 113 (coord. suisses: 488,14/122,94/493,5; Figs. 4, 53) implanté au NE d'Allemogne n'a que 30,3 m de profondeur. Après 20 m de moraine, il est directement entré dans les Calcaires urgoniens. D'après l'analyse micropaléontologique de M.-A. Conrad (*in* Lanterno et al. 1981), il s'agit de la base de cette formation attribuée dans la région à l'Hauterivien supérieur (voir II.2.4.).

Le sondage L 112 (coord. suisses: 488,36/122,87/481; Figs. 4, 53), d'une profondeur de 130,5 m, a fait l'objet de deux rapports inédits (Lanterno et al. 1981; Charollais et al. 1982). Sous les Marnes et Grès bariolés apparaissent successivement de haut en bas (Fig. 38): les Calcaires inférieurs, la Gompholite, le sommet des Calcaires urgoniens (Couches à orbitolines de l'Aptien inférieur). Dans ce sondage situé à 250 m au SE de L 113, le contact Gompholite / substratum mésozoïque se situe à la cote 361 msm, alors que les Calcaires urgoniens (partie inférieure) du forage L 113 ont été repérés entre les cotes 473,5 et 463,2 msm. Or, comme le montre la feuille St-Julien-en-Genevois à 1/50000 (Donzeau et al. 1997), les pendages mesurés sur les affleurements environnants sont subhorizontaux et ne permettent donc pas d'expliquer cette différence d'altitude de plus de 100 m entre les formations des Calcaires urgoniens des sondages L 113 et L 112.

Elle ne peut être due qu'à une faille à fort rejet vertical, dont le plan serait proche de la verticale et qui expliquerait également les variations de pendages observées dans le forage L 112 (Hugot 1983, Fig. 12).

Les sondages L 107 (coord. suisses: 488,55/122,55/469), **L 109** (coord. suisses: 488,97/122,20/463) et **L 108** (coord. suisses: 489,26/121,90/446) ne dépassent pas une quarantaine de mètres et n'apportent malheureusement pas d'informations, car Lanterno et al. (1981), qui les ont décrits, n'ont pas noté les pendages. Ces trois sondages situés respectivement à 400 m, 800 m et 1400 m au SE du sondage L 112 (Figs. 4, 53) sont tous restés dans les Marnes et Grès bariolés et n'ont pas atteint les Calcaires inférieurs.

L'analyse des sondages de la région d'Allemogne permet donc de mettre en évidence une faille à fort rejet vertical. Selon Lanterno et al. (1981), il s'agirait d'une faille subverticale orientée NE-SW, parallèle à l'axe de la Haute-Chaîne. Cette hypothèse a été confortée par l'analyse des photos aériennes et par les résultats d'une prospection géoélectrique (C. Meyer de Stadelhofen, rapport inédit, juillet 1980). Cette faille avait aussi été repérée dans la région de Thoiry selon la carte tectonique jointe au rapport 2271/1 de Dériaz & Hotellier (1980).

2.9. Région comprise entre Allemogne et le défilé de l'Ecluse

Sur le flanc sud-oriental de la Haute-Chaîne, entre Allemogne et le Défilé de l'Ecluse (Fig. 53), le contact entre la Molasse et le substratum mésozoïque n'apparaît pas selon la feuille St-Julien-en-Genevois (Donzeau et al. 1997) qui montre partout la présence des Calcaires urgoniens, dont l'épaisseur est estimée à une cinquantaine de mètres dans la région du Défilé de l'Ecluse (Blondel 1990). Cette formation est profondément karstifiée et renferme de nombreux filons et poches de Grès sidérolithiques; d'après la feuille St-Julien-en-Genevois (Donzeau et al. 1997), il semblerait que ces Grès prennent une extension beaucoup plus importante vers le S à partir de Collonges.

2.10. Conclusions sur le substratum mésozoïque du bord occidental du bassin franco-genevois

De l'analyse des affleurements et des nombreux forages implantés par le CERN, il ressort que la Molasse du flanc sud-oriental de la Haute-Chaîne repose en discordance (à grande échelle) sur un substratum mésozoïque structuré, morphologiquement accidenté, et dont la composition stratigraphique varie spatialement (Fig. 53). Ce schéma diffère des conceptions antérieures, par exemple, de Rigassi (1977b, Fig. 6) ou de Trümpy (1980, p. 18 et Fig. 5), mais correspond en tous points à ce qu'écrivait Signer (1992, p. 83): «...la Molasse s'est déposée sur un Crétacé inférieur déjà bien structuré». Les observations présentées plus haut, sont résumées ci-dessous:

- Au NE des sources de l'Allondon, l'absence de sondages et les couvertures morainique et/ou végétale ne permettent pas de connaître la nature du substratum mésozoïque. Toutefois le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» a été repéré sur le terrain (Portes Sarrazines), mais rien ne permet de prétendre que cette formation constitue ici le substratum mésozoïque de la Molasse, qui pourrait être représenté par des terrains plus jeunes (Calcaires urgoniens?).
- A partir du Mont Mourex et encore plus au NE, la Molasse (Calcaires inférieurs) repose sur les Calcaires urgoniens.
- Aux sources de l'Allondon, la Molasse (Gompholite) repose sur le Membre inférieur de la Formation de la Chambotte (Berriasien sommital-Valanginien basal).
- Plus au SW, entre ces sources et Crozet, elle transgresse sur les Calcaires roux, plus rarement sur le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel».
- Encore plus au SW, entre Crozet et Villeneuve, le substratum mésozoïque n'est plus représenté que par le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel».
- A partir de la région de Sergy-Dessus et jusqu'au Défilé de l'Ecluse, la Molasse repose sur les Calcaires urgoniens; mais, alors qu'aux environs de Sergy-Dessus cette formation atteint 120 m d'épaisseur (sondage SPM 3), elle ne mesure plus qu'une cinquantaine de mètres près du Défilé de l'Ecluse. A l'inverse, les Grès sidérolithiques semblent peu développés au NE de Sergy-Dessus, alors qu'ils prennent une grande extension au SW.

La grande variabilité des formations constituant le substratum mésozoïque de la Molasse, sur le flanc sud-oriental de la Haute-Chaîne entre Divonne-les-Bains et le Défilé de l'Ecluse, offre des perspectives nouvelles sur la compréhension de la structuration régionale avant le dépôt de la Molasse (Gompholite et/ou Calcaires inférieurs et/ou Marnes et Grès bariolés): ondulations, décrochements, failles parallèles à l'axe de la Haute-Chaîne (Fig. 53). Certaines fractures sont très probablement fort anciennes; c'est elles qui auraient dicté les grands traits de l'érosion karstique différentielle des Calcaires urgoniens, contribuant ainsi à accentuer une paléomorphologie accidentée, d'où les fortes variations d'épaisseur des dépôts de gompholites. Ces conclusions concordent avec les observations de Signer (1992, p. 42), qui a relevé sur toutes les lignes sismiques NW-SE une rampe du substratum paléozoïque qui s'élève vers le NW sous la première chaîne; cette rampe serait à l'origine de plusieurs failles inverses à déversement vers le bassin franco-genevois, failles détectées dans les couches mésozoïques.

3. Bord méridional du bassin franco-genevois

3.1. Flanc sud-est de la Montagne du Vuache
Le bassin franco-genevois est bordé au S par la Montagne du Vuache et, à partir de Dingy, par la ligne de crête dénommée «la Montagne de Sion» (Fig. 51), qui aboutit au col du Mont Sion (785 m). Dans cette région, aucun contact entre la Molasse et son substratum mésozoïque ne serait visible sur le terrain d'après les feuilles St-Julien-en-Genevois (Donzeau et al. 1997) et Seyssel (Donze 1972), bien que Favre (1843, p. 115, note infrapaginale) ait écrit: «...j'ai vu la molasse redressée contre le Vouache». Récemment, l'un de nous (J. C. 2006, inédit) a découvert près de Cessens (726,05/5107,10/760) un affleurement montrant le contact entre les Calcaires urgoniens et la Gompholite. D'autre part, dans un affleurement de Molasse figuré au-dessus de Vulbens sur la feuille St-Julien-en-Genevois (Donzeau et al. 1997), les Calcaires inférieurs, déjà repérés par D. Rigassi (voir Michel 1965), apparaissent en pente structurale et sont en contact tectonique avec les Marnes et Grès bariolés très redressés. Le substratum mésozoïque de la Molasse de tout le versant oriental du Vuache est très certainement constitué par les Calcaires urgoniens, sans que leur épaisseur puisse être évaluée précisément.

Comme la faille du Vuache borde le versant sud-occidental de la Montagne du Vuache et ne limite donc pas directement le bassin franco-genevois, nous ne traiterons pas ici de ce fameux décrochement sénestre, d'une mobilité constante, comme le prouvent les nombreux séismes décrits dans la littérature; nous renvoyons le lecteur au travail de Donzeau et al. (1998).

A environ 4 km au NE du flanc oriental du Vuache, sur le bord méridional du bassin molassique franco-genevois, l'analyse des profils sismiques a permis à Signer (1992, p. 41) de repérer dans la région de Valleiry une dépression de la surface sous-tertiaire atteignant la cote - 400 m, qu'il a nommée «structure synclinale de Valleiry» et qui correspond à une cuvette d'une quinzaine de km de longueur orientée parallèlement à l'axe du Vuache; d'après cet auteur, elle se prolonge jusqu'au pied du Jura comme le montrent les profils sismiques 82Gex2 et 82Gex5. Par contre, faute de documents géophysiques, Signer (1992, Fig. 17) n'a pu raccorder les structures de subsurface décelées par la géophysique avec les profils géologiques du versant nord-oriental du Vuache, établis à partir des observations d'affleurements.

3.2. Montagne de Sion
Ce haut topographique permet d'observer à l'affleurement dans les régions du Nant Trouble et d'Andilly (Fig. 51), au-dessus des Grès et Marnes gris à gypse, des couches datées de l'Aquitanien et rattachées à la Molasse grise de Lausanne. Les sondages et les tunnels de l'autoroute A41 (Figs. 20, 21) ont traversé la même série, dont le contenu fossilifère a permis de confirmer l'âge aquitanien.

La nature, la cote et la structure du substratum mésozoïque n'ont pas été dévoilées par ces sondages trop peu profonds. Toutefois la présence des Calcaires urgoniens au Mont Salève et dans le sondage Humilly-1 permet de supposer que cette formation constitue le substratum mésozoïque de la série molassique du Mont Sion.

3.3. Sondages Humilly-1 et Humilly-2
Le sondage Humilly-1 (coord. suisses: 883,88/128,04/645; Fig. 2) a traversé successivement les Grès et Marnes gris à gypse (d'une épaisseur apparente dépassant 100 m), les Marnes et Grès bariolés (600 m), les Grès sidérolithiques (20 m). Cette série tertiaire repose sur les Calcaires urgoniens à 700 m de profondeur, soit à une centaine de mètres au-dessous du niveau de la mer; la puissance de l'Urgonien atteindrait une centaine de mètres d'après Wassall et Assoc. (1961).

Le sondage Humilly-2 (coord. suisses: 885,02/130,53/500; Figs. 2, 9) a découvert les Marnes et Grès bariolés (300 m), les Calcaires inférieurs (88 m), la Gompholite (2 m), les Grès sidérolithiques (7,5 m); il s'agit également d'épaisseurs apparentes. A notre avis, la puissance des Calcaires inférieurs a été surévaluée au détriment des Marnes et Grès bariolés. Cette série repose sur les Calcaires urgoniens, dont l'épaisseur apparente (130 m) est du même ordre de grandeur que celle observée dans le sondage Humilly-1.

Si l'on compare l'altitude (par rapport au niveau de la mer) du toit des Calcaires urgoniens dans les sondages Humilly-1 et Humilly-2, on constate une différence d'au moins 160 m, puisque dans le puits Humilly-2, le contact entre la base de la série molassique et le sommet du substratum mésozoïque se situe à 63 m au-dessus du niveau de la mer. Il paraît logique d'imputer cette disposition à la présence d'une faille entre les deux forages Humilly-1 et Humilly-2, en l'occurrence au passage d'un grand décrochement orienté NW-SE, donc parallèle à la «faille du Vuache» et au décrochement dit du Coin (Fig. 1). Ce décrochement bien observable à l'extrémité méridionale du Mont Salève, à Cruseilles, est caractérisé par une composante verticale importante qui explique l'élévation des Calcaires urgoniens dans le compartiment NE (visible à Cruseilles et déductible dans le sondage Humilly-2) par rapport à l'abaissement du compartiment SE. Cette interprétation est confirmée dans le bassin molassique franco-genevois par Signer (1992, p. 45-46), grâce à la ligne sismique HR530 qui révèle «une structure «en fleur» qui s'étend de la limite sud-ouest du décrochement de

Cruseilles à celle nord-est du Pommier». Pour Signer (1992), un linéament parallèle à la faille du Vuache, passe par Cruseilles et le forage Humilly-2; dans ce décrochement de Cruseilles, «toutes les couches du Trias au Tertiaire semblent affectées».

3.4. Sondage Gex CD 06

Le sondage Gex CD 06 (coord. suisses: 884,70/ 132,95/452; Figs. 2, 15), implanté à 2,5 km au N du puits Humilly-2, a rencontré à 398,2 m de profondeur directement les Calcaires urgoniens, sous les Marnes et Grès bariolés et les Grès sidérolithiques. Le toit de cette formation se trouve donc à 53,7 m au-dessus de la mer, ce qui concorde (à une dizaine de mètres près) avec les données fournies par le sondage Humilly-2.

3.5. Conclusions sur le substratum mésozoïque du bord méridional du bassin franco-genevois

Sur le bord méridional du bassin molassique franco-genevois, le substratum mésozoïque est représenté sur une large portion, sinon en totalité, par les Calcaires urgoniens; toutefois les sondages sont trop peu nombreux pour pouvoir en préciser la structure et la profondeur.

4. Partie centrale du bassin franco-genevois

4.1. Région d'Echenevex-Versonnex

Seuls quelques échantillons de Molasse provenant des sondages **SPL 5/4** (coord. suisses: 495,11/129,63/ 508) et **SPL 6/5** (coord. suisses: 497,06/128,70/469) implantés dans cette région (Figs. 4, 30, 31, 50) ont été analysés sur le plan micropaléontologique. Il nous a semblé néanmoins utile de mentionner les données fournies par les nombreux autres forages (Dériaz & Hotellier 1982) qui nous renseignent sur la structure du bassin molassique et de son substratum.

A 500 m au SE d'Echenevex, le sondage **SPL 5/1** (coord. suisses: 492,72/129,23/541) a découvert sous les dépôts quaternaires, de 38,5 à 120,5 m, des alternances de marnes gréseuses bigarrées et de grès quartzo-feldspathiques chloriteux à ciment calcaire, dont le pendage est subhorizontal.

A peu près à mi-distance entre Echenevex et Versonnex, trois sondages ont été forés: **SPL 4/5** (coord. suisses: 493,68/ 129,75/530), **SPL 5/9** (coord. suisses: 494,06/ 129,78/523) et **L 126** (coord. suisses: 494,30/ 129,83/522). Dans le sondage SPL 4/5, les Marnes et Grès bariolés ont été traversés entre 50,6 m et 54,0 m: il s'agit de marnes avec un pendage subhorizontal. Dans le forage SPL 5/9, les Marnes et Grès bariolés rencontrés sous les dépôts quaternaires, entre 40,6 et 44,2 m, ont aussi montré un pendage horizontal. Par contre, dans le sondage L 126 décrit par Lanterno et al. (1981), les pendages n'ont pas été relevés dans les Marnes et Grès bariolés.

A environ 1,5 km au NW de Versonnex, 5 sondages ont été implantés très proches les uns des autres: **SPL 5/4, SPL 5/6** (coord. suisses: 495,27/ 129,59/ 506), **SPL 5/7** (coord. suisses: 494,96/ 129,66/ 511), **SPL 5/8** (coord. suisses: 495,03/ 129,64/ 509), **SPL 5/10** (coord. suisses: 495,46/ 129,56/ 503). Les pendages des couches dans les Marnes et Grès bariolés, lorsqu'ils ont pu être mesurés, sont toujours horizontaux à subhorizontaux. Après avoir traversé 51,5 m de dépôts quaternaires, le forage SPL 5/4 (Figs. 4, 30) a recoupé les Marnes et Grès bariolés sur 36 m d'épaisseur.

Dans **le sondage SPL 6/1** (coord. suisses: 494,08/ 129,15/ 520), les Marnes et Grès bariolés, à pendage subhorizontal, reconnues entre 36,2 et 100,6 m sous les dépôts quaternaires, sont représentés par des alternances de marnes gréseuses bigarrées et de grès quartzo-feldspathiques chloriteux à ciment calcaire. Le sondage **SPL 6/2** (coord. suisses: 494,11/129,20/ 520) a montré, sous les dépôts quaternaires, les mêmes faciès entre 35,0 et 101,2 m avec le même pendage subhorizontal que dans le forage SPL 6/1. Le sondage **SPL 6/5** d'une profondeur de 23,1 m a découvert dès 15 m, les Marnes et Grès bariolés (Figs. 4, 31) dont les rares charophytes isolées n'autorisent pas une datation précise. Cette même formation a été reconnue dans le sondage **SPL 6/7** (coord. suisses: 496,44/ 129,14/ 486), entre 19,0 et 23,5 m; le pendage des couches est également subhorizontal.

En conclusion, entre Cessy et Versonnex (Fig. 50), soit sur un axe d'environ 4 km orienté NW-SE, tous les sondages sus-mentionnés ont atteint la Formation des Marnes et Grès bariolés, dont les pendages sont horizontaux à subhorizontaux. Par contre, nous ne disposons d'aucune information sur le substratum mésozoïque.

4.2. Région de Ferney-Voltaire

Au N de Ferney-Voltaire (Fig. 50), **les sondages SPL 7/2** (coord. suisses: 497,92/124,75/ 432) et **SPL 7/3** (coord. suisses: 498,29/124,60/425) n'ont traversé que les Marnes et Grès bariolés sur une épaisseur de 70,5 m pour le premier et de 5,4 m pour le second, dans lequel un pendage subhorizontal a pu être relevé.

En vue de préciser le contact entre la Molasse et les formations quaternaires, le CERN a implanté de nombreux sondages entre Ferney-Voltaire et Meyrin: SPL 8/1 à 8/13. Ils ont tous recoupé les Marnes et Grès bariolés représentés dans cette région par une alternance de marnes, de marnes finement gréseuses et de grès quartzo-feldspathiques micacés à ciment calcaire.

Des pendages subhorizontaux ont été mesurés sur seulement trois sondages: **SPL 8/2** (coord. suisses: 496,48/ 121,93/ 428), **SPL 8/7** (coord. suisses: 496,55/ 122,04/ 428) et **SPL 8/9** (coord. suisses: 497,12/ 122,52/ 417); dans ces trois puits (Figs. 4, 33, 35), les Marnes et Grès bariolés ont été forés sur moins de 40 m. Vus les pendages observés dans les Marnes et Grès bariolés, il semblerait justifié d'admettre que le pendage du substratum mésozoïque demeure subhorizontal entre Ferney-Voltaire et Meyrin (Fig. 55).

4.3. Région de Prévessin et du site du CERN

D'août 1970 à juin 1971, 36 sondages prévisionnels ont été effectués sur le site du SPS, sur territoire suisse (**S 1** à **S 5**) et sur territoire français (**F 1** à **F 31**). Sous les dépôts quaternaires, tous ces sondages ont atteint les Marnes et Grès bariolés, ce qui représente au total 895,6 m de carottes. Nous n'avons pu examiner que quelques échantillons des forages F 6, F 13 et F 15 (Figs. 4, 22, 24, 25), le reste du matériel n'ayant pas été conservé. Ces sondages n'ont pas atteint le substratum mésozoïque. Le sondage F 6 (coord. suisses: 493,98/ 123,33/ 468; Fig. 23), le plus profond avec 78,60 m, présente des pendages subhorizontaux. D'après Lanterno (1972, p. 9 et Fig. 3), «la carte structurale du toit de la molasse, établie à partir des sondages effectués au CERN de 1955 à 1971, montre que le soubassement rocheux molassique [...] est un bloc parfaitement homogène [...], dont les formations présentent un pendage de quelques degrés vers le SE».

Dans **le sondage Gex CD 01** (coord. suisses: 494,60/123,75/471; Figs. 4, 10), les Calcaires inférieurs surmontés par les Marnes et Grès bariolés reposent directement sur le faciès Pierre jaune de Neuchâtel; les pendages y sont subhorizontaux. Le toit du substratum mésozoïque est situé à 103,2 msm. Dans les forages L 132, L 135, SPM 11 et SPM 15 implantés à 6 km plus à l'W, le toit du substratum mésozoïque, également représenté par le faciès Pierre jaune de Neuchâtel, avait été rencontré entre les cotes 436,7 m (SPM 11) et 543,8 m (L 132). Bien que le substratum soit de même nature, il serait hasardeux en l'état actuel de nos connaissances de relier directement le faciès «Pierre jaune de Neuchâtel» du sondage Gex CD 01 avec celui des sondages du pied du Jura, sans envisager la possibilité d'éventuelles fractures.

Le sondage Gex CD 07 (coord. suisses: 494,28/ 123,83/ 469; Figs. 4, 16) n'a pas atteint le substratum mésozoïque. Toutefois il semble légitime de considérer que celui-ci est également représenté par le faciès Pierre jaune de Neuchâtel. En effet, le sondage CD 07 implanté à une cinquantaine de mètres du puits CD 01 et à quasiment la même altitude, a traversé le contact entre les Calcaires inférieurs et les Marnes et Grès bariolés, à presque la même cote que celui-ci: 222,4 m dans CD 01 et 226,3 m dans CD 07 (ou à 224,8 m si l'on tient compte de la différence d'altitude entre les deux plates-formes de forage). Cet argument n'est certes pas déterminant puisque la limite entre les Calcaires inférieurs et les Marnes et Grès bariolés n'est pas formellement définie et semble assez variable suivant les régions.

En conclusion, dans la région de Prévessin et du site du CERN (Fig. 50), le substratum mésozoïque, qui accuse un faible pendage vers le SE, est très probablement représenté partout par le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel».

4.4. Région de Saint Genis-Pouilly

Dans cette région (Fig. 50), il n'y a pas de sondage qui ait atteint le substratum mésozoïque. **Les sondages SPL 2/3** (coord. suisses: 490,69/ 123,27/ 449; Figs. 4, 21) et **SPL 2/7** (coord. suisses: 489,99/ 124,73/ 490) au N de Saint Genis-Pouilly, **SPL 2/5** (coord. suisses: 491,40/122,31/ 440; Figs. 4, 22) et **SPL 2/6** (coord. suisses: 491,49/ 122,20/ 442) à l'E, **SPL 2/1** (coord. suisses: 490,53/ 121,59/ 426) et **SPL 2/2** (coord. suisses: 490,54/ 121,65/ 429) au S, ont tous rencontré sous les dépôts quaternaires les Marnes et Grès bariolés; dans SPL 2/1, SPL 2/2, SPL 2/5, SPL 2/7, les pendages sont subhorizontaux (Fig. 55).

Le sondage Gex CD 02 (coord. suisses: 490,24/ 123,17/ 450; Figs. 4, 8) a traversé les Marnes et Grès bariolés, les Calcaires inférieurs et la Gompholite, sans atteindre le substratum mésozoïque, qui devrait se trouver ici à une cinquantaine de mètres au-dessus du niveau de la mer. D'après le rapport de fin de sondage de BP-France (SFEPBP 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».

Il est intéressant de relever que le sondage Gex CD 02 a été implanté à moins de 2 km à l'E du L 112; or, dans ce dernier, le substratum mésozoïque représenté par le sommet des Calcaires urgoniens (Couches à orbitolines) est situé à 361 msm.

4.5. Région de Vernier

Si les études motivées par le tunnel autoroutier de contournement de Genève ont apporté de nombreux résultats nouveaux sur la connaissance de la Molasse des environs de Vernier (Angelillo 1987, Fig. 19), aucun forage profond n'a été implanté dans ce secteur; nous ne disposons donc pas d'observations directes du substratum mésozoïque (Fig. 22). Cependant, les interprétations de la sismique par Signer (1992) et Signer & Gorin (1995) conduisent à

admettre que les fractures reconnues dans la Molasse de la région de Vernier s'enracinent dans le substratum mésozoïque et correspondent à la prolongation du décrochement sénestre du Coin; son extension dans la Haute-Chaîne reste encore imprécise (région du Crozet - sources de l'Allondon - Branveau; Fig. 50).

4.6. Région de Choully et de Peissy

Le sondage de Peissy-1 (coord. suisses: 489,97/ 119,05 /474; Figs. 2, 5) a traversé les Marnes et Grès bariolés et les Calcaires inférieurs sans atteindre le substratum mésozoïque. Dans la littérature (Heim 1922, Poldini 1963), la partie supérieure de ce substratum est classiquement attribuée aux Calcaires urgoniens.

Signer (1992, p. 46-47) a détecté sur les profils sismiques une structure parallèle à la Haute-Chaîne, qui correspond à un bombement mésozoïque et qui se manifeste dans la morphologie par les coteaux de Challex (510 m), de Choully (505 m) et par la colline de Prevessin-Moëns (482 m). Les anomalies gravimétriques résiduelles avaient déjà révélé un axe positif sous Choully, interprété comme une «remontée» de 250 m du contact de la Molasse sur le substratum mésozoïque (Poldini 1963). Toutefois, l'ampleur de cette remontée est estimée à 50 m au plus par Signer (1992, p. 47).

Tout à l'W et d'après Lagotala (1948, p. 3 et Fig. 1), cet axe positif (anticlinal) est rejeté vers le S d'environ 400 m par un décrochement NNW-SSE que suit le cours inférieur de l'Allondon.

De nouvelles données ont été apportées grâce à une étude sismique à haute résolution (GEO2X 2006) dans la région de Choully, à environ 1 km au N du sondage de Peissy. Un profil orienté NW-SE montre la structure anticlinale de la colline de Choully, affectée de failles subverticales qui la découpent en «mini-blocs» (Fig. 58).

4.7. Région de Challex

L'ancien sondage Challex-2 (coord. suisses: 487,75/ 115,00; Fig. 2) n'a pas touché le substratum mésozoïque. Les sondages **Gex CD 03** (coord. suisses: 880,60/ 138,50 /505; Figs. 2, 12) et **Gex CD 04** (coord. suisses: 881,65/ 137,97/ 415; Figs. 2, 13), situés respectivement au NE et au SW de Challex et séparés latéralement de 1,25 km, ont recoupé la succession «Marnes et Grès bariolés - Calcaires inférieurs» et ont atteint le substratum mésozoïque représenté par les Calcaires urgoniens. Bien que dans ces deux puits les pendages soient subhorizontaux, la différence d'altitude du toit de l'Urgonien dans ces deux sondages est significative: 221 msm pour CD 03 et 138 msm pour CD 04. Cette différence d'altitude, qui reflète une surface topographique irrégulière du substratum, ne peut être imputée qu'à une structuration (bombement, fractures) ou/et à une érosion différentielle anté-molassique des Calcaires urgoniens, ce qui explique:

- la présence de 7 m de Gompholite dans le sondage CD 03, alors qu'elle est absente dans le puits CD 04,
- la surépaisseur des Calcaires inférieurs dans le sondage CD 04 par rapport à celle observée dans le puits CD 03.

4.8. Région de Bernex

Sur le profil sismique GG87-4, Signer (1992, p. 41) constate que dans la région de Bernex (Fig. 51), les rejets des failles affectant tout le substratum mésozoïque «s'amenuisent, ces dernières devenant de simples flexures à l'échelle des profils sismiques, [...] certaines de ces flexures sont exprimées dans la topographie de surface», comme par exemple le

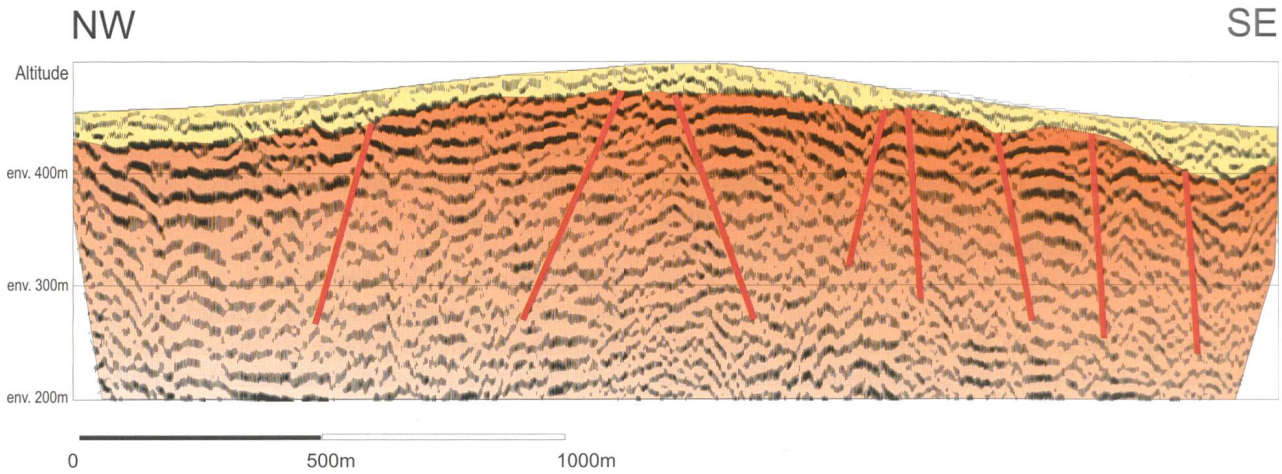


Fig. 58: Profil sismique selon le tracé de la galerie de Choully, extrait du rapport GEO2X (2006), modifié (coord. suisses: 490,44/120,98[extrémité NW du profil]; 492,22/119,36 [extrémité SE du profil]) et reproduit avec l'autorisation du Service cantonal de Géologie de Genève. En jaune clair: couverture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

flanc méridional abrupt du coteau de Bernex. Comme on l'a vu plus haut, Poldini (1963) avait déjà mis en évidence cette relation entre la fracturation de subsurface et la morphologie du coteau de Bernex en se basant sur les anomalies gravimétriques résiduelles: il avait alors interprété l'axe gravifique positif découvert sous Bernex comme étant la résultante d'une tectonique en marche d'escalier descendant vers le SE; d'après Signer (1992, p. 41-42), «les flexures observées sur la sismique correspondent exactement à cette description» et (p. 66) «le flanc abrupt sud-est du coteau de Bernex est lié à une grande faille mésozoïque qui se prolonge, par ailleurs, dans les terrains molassiques tertiaires».

4.9. Région de Chancy

Le sondage Gex CD 05 (coord. suisses: 880,55/ 135,05/ 365; Figs. 2, 14) implanté sur la rive droite du Rhône, au N de Chancy, a traversé les Marnes et Grès bariolés, les Calcaires inférieurs et les Grès sidérolithiques sans atteindre le substratum mésozoïque, qui devrait se trouver ici peu au-dessous de la cote -195 m. La partie inférieure du sondage a révélé des perturbations tectoniques importantes (superposition stratigraphique anormale; voir V.2.5). Situé à 3 km au NNE du forage CD 04 et à un peu plus de 4 km au SE de CD 06, le puits CD 05 révèle une cote du toit du substratum mésozoïque très nettement inférieure à celle découverte dans ces deux autres forages: 138 msm dans CD 04 et 54 msm dans CD 06. Il est donc évident que le sondage CD 05 a été implanté dans une zone tectonisée fortement déprimée.

5. Partie orientale du bassin franco-genevois

5.1. S de la vallée de l'Arve

Sur rive gauche de l'Arve, les seules données sur le substratum mésozoïque du bassin franco-genevois sont fournies par le **forage géothermique de Thônex** (coord. suisses: 505,27/ 117,45/ 428; Figs. 2, 17a, b). Bien qu'implanté à 2,5 km au NW du Petit-Salève (Fig. 52), ce puits a traversé des terrains qui se trouvaient originellement à une dizaine de km en arrière du front de cet «anticlinal» jurassien, si l'on tient compte de l'amplitude de son chevauchement sur le bassin molassique franco-genevois. Le substratum mésozoïque est ici constitué par les Calcaires urgoniens épais d'une centaine de mètres; cette formation est surmontée par les Grès sidérolithiques, puis par les Marnes et Grès bariolés et enfin par les Grès et Marnes à gypse; la Gompholite et les Calcaires inférieurs sont absents.

Au NE de Thônex, sous le village de Puplinge (Fig. 52), la sismique a mis en évidence une dépression du socle mésozoïque, profonde d'un millier de mètres, parallèle au chaînon du Salève et due «à l'enfouissement des couches sous l'effet de surcharge du front chevauchant du Salève» (Signer 1992, p. 41). Cette dépression remonte ensuite en direction du décrochement du Coin, où elle se situe à la cote -500 m.

5.2. Vallée de l'Arve

Il n'y a pas eu de sondage profond dans ce secteur et, comme le soulignent Signer & Gorin (1995), les études géophysiques sont nettement insuffisantes pour permettre d'établir un profil crédible à travers le bassin franco-genevois entre Etrembières au SE et la région de Gex - col de la Faucille au NW.

5.3. N de la vallée de l'Arve

Le sondage de Messery-1 (904,73/ 157,52/ 425; Figs. 2, 7, 52) implanté sur la Molasse autochtone au SE de Messery et le sondage **Mont de Boisy-1** (908,36/ 152,67/ 678; Figs. 2, 8, 52) situé sur la Molasse charriée au NW de Boisy, ont tous deux atteint le substratum mésozoïque représenté par les Calcaires sublithographiques du Crétacé supérieur. Cette formation n'a jamais été observée à l'affleurement ou en sondage dans le bassin franco-genevois, au S d'une transversale passant par la vallée de l'Arve et Gex. Pourtant, les Calcaires crayeux à silex ont dû s'y déposer puisqu'ils se retrouvent très souvent à l'état de galets dans la Gompholite.

La cote du toit du substratum mésozoïque dans les sondages Messery-1 et Mont-de-Boisy-1, distants de 5,5 km, est de -164 m pour le premier et -1089,4 m pour le second. Cette différence d'altitude laisse supposer une pente moyenne du toit du substratum de l'ordre d'une dizaine de degrés vers le SE (pour autant qu'il n'y ait pas de faille), ce qui est tout à fait compatible avec le contexte géologique régional.

6. Conclusions

De l'étude présentée ici, et en accord avec d'autres travaux régionaux (notamment Signer 1992; Morend 2000; Charollais et al. 2006), il ressort très clairement que, dans le bassin franco-genevois et avant le dépôt de la Molasse, le substratum mésozoïque était:

- structuré (ondulations et failles),
- accidenté morphologiquement (karst, paléo-vallées),
- érodé plus ou moins profondément suivant les secteurs.

XII. ÂGE DE LA MOLASSE DU BASSIN FRANCO-GENEVOIS

Les nombreux échantillons de la Molasse du bassin franco-genevois décrits ci-dessus fournissent des informations bio- et chronostratigraphiques de précision très inégale. Toutefois, en assemblant les diffé-