

Geologischer Atlas der Schweiz Atlas géologique de la Suisse

1:25 000

Feuille:

1224 Moudon

Topographie: Carte nationale de la Suisse 1: 25 000

(Feuille 103 de l'Atlas)

Notice explicative

par

JACQUES H. GABUS

Avec 1 figure et 2 planches

2000

Herausgegeben vom Bundesamt für Wasser und Geologie
Landeshydrologie und -geologie

Publié par l'Office fédéral des eaux et de la géologie
Service hydrologique et géologique national

Recommandation pour la citation en bibliographie:*Carte:*

GABUS, J.-H., BOEGLI, J.-C., MORNOD, L. & PARRIAUX, A. (2000): Feuille 1224 Moudon. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 103.

Notice explicative:

GABUS, J.-H. (2000): Feuille 1224 Moudon. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 103.

Diffusion: Office fédéral de topographie, CH-3084 Wabern

© 2000, Office fédéral des eaux et de la géologie, CH-3003 Berne. – Tous droits réservés. Toutes traductions ou reproductions de ce document ou partie de celui-ci, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (analogique ou digital), et qui ne sont pas d'un usage exclusivement privé, ne sont autorisées qu'avec l'accord de l'éditeur.

ISSN 1420-2913

ISBN 3-906723-36-4

TABLE DES MATIÈRES

Préface.....	4
Introduction.....	5
Stratigraphie.....	8
Molasse du Plateau et molasse Subalpine.....	8
Molasse marine inférieure — UMM.....	9
Molasse d'eau douce inférieure — USM.....	11
Molasse marine supérieure — OMM.....	14
Ultrahelvétique.....	18
Jurassique.....	18
Crétacé–Eocène.....	19
Nappe du Gurnigel.....	21
Quaternaire.....	23
Pléistocène supérieur.....	23
Pré-/Eowürm.....	23
Würm.....	24
Tardiglaciaire.....	27
Postglaciaire/Holocène.....	29
Archéologie.....	33
Tectonique.....	34
Matières minérales exploitables.....	36
Hydrogéologie.....	39
Bibliographie.....	41
Cartes géologiques publiées.....	45

PRÉFACE

Une région intéressante du front alpin est couverte par la feuille Moudon. Elle offre une coupe à travers la Molasse du Plateau, les diverses écaillés de la Molasse subalpine et les unités charriées ultrahelvétique et pennique, Préalpes externes et nappe du Gurnigel. Avec les cinq feuilles de l'Atlas déjà publiées qui la jouxtent (fig. 1, p. 44), elle offre une vision géologique complète et détaillée de l'ensemble du bassin de la Haute Broye.

Monsieur le Professeur J.-H. Gabus a proposé en 1983 à la Commission Géologique Suisse d'alors, d'entreprendre la cartographie géologique de cette feuille. Aidé par l'existence de divers levés exécutés dans le cadre de travaux de thèse ou de diplôme (voir la carte de répartition des levés géologiques en haut à droite de la feuille d'Atlas), il a réalisé, entre 1986 et 1992, un nouveau levé géologique de l'ensemble du territoire de la feuille Moudon, puis établi une minute originale et rédigé la présente notice explicative.

Le Service hydrologique et géologique national (SHGN) a complété les levés de M. Gabus par une étude chronostratigraphique par nannoplancton du Flysch du Gurnigel, confiée au Dr J. van Stuijvenberg, et par des données sur les instabilités de terrain, fournies par la «carte d'inventaire des terrains instables du Canton de Fribourg» (Office des constructions et de l'aménagement du territoire).

Le SHGN exprime sa reconnaissance à M. Gabus pour son travail de lever, de compilation et de rédaction, de même qu'aux auteurs qui ont bien voulu mettre leurs levés à disposition. Il tient à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette carte par la fourniture d'informations ou l'expression de conseils critiques. Sa gratitude va également aux divers organismes officiels et aux bureaux privés qui ont bien voulu ouvrir leurs archives, et ainsi permettre d'accéder à de nombreuses données inédites.

Novembre 1999

Service hydrologique et géologique national

INTRODUCTION

La feuille Moudon (voir l'esquisse tectonique) est géologiquement divisée en deux régions bien distinctes par une diagonale qui d'Oron au sud-ouest, passe au nord-est près du Châtelard.

Les roches y sont toutes sédimentaires, et comme on peut le voir d'après leur contenu fossillifère, elles sont d'origine *continentale*, – restes de petits mammifères terrestres, anciens sols avec racines ou dépôts de marécages –, *lacustre*, – fossiles de gastéropodes, charbons –, *marine littorale*, – empreintes de pattes d'oiseaux, traces d'arthropodes ou de mollusques –, ou *marine*, – fossiles de lamellibranches, dents de requins. Ces roches présentent une dominante à caractère détritique essentiellement gréseux pour les molasses; elles ont un âge qui, du Rupélien inférieur au Burdigalien, s'étage de –35 à –15 millions d'années.

Une moitié du territoire triangulaire nord-ouest, délimitée par Moudon (point le plus bas à 510 m d'altitude), Oron, le Châtelard, est constituée par la *Molasse du Plateau* alors que l'autre, sud-est, qui s'étend d'Oron aux Alpettes et au Châtelard comprend la *Molasse subalpine* qui a été déplacée sur la précédente en direction du Jura par la poussée des *Préalpes*, dont un chaînon frontal, avec son sommet Les Alpettes, domine à 1412,7 m d'altitude, toute la surface de la carte.

Les roches de cette dernière région auxquelles on donne le nom de flysch, font partie de la *nappe du Gurnigel*. Elles aussi sont détritiques et se sont déposées dans un bassin marin profond comblé par des avalanches sédimentaires sous-marines dont les éléments rocheux, arrachés par l'érosion, provenaient des chaînes alpines qui commençaient à s'élever au dessus de la mer sous forme d'une guirlande d'îles, très loin vers le sud-est.

Le flysch du massif des Alpettes est âgé de –70 à –40 millions d'années, du Maastrichtien au Lutétien. On y rencontre des blocs de roches cristallines très diverses provenant d'un très vieux socle, ainsi que ceux des roches sédimentaires qui le recouvraient.

Le *Flysch du Gurnigel* est tectoniquement écaillé. Sous et entre ces écailles sont intercalées les lentilles du *Wildflysch subalpin*. Ce dernier contient en olistolites l'*Ultraschelvétique* constitué de roches sédimentaires marines âgées de –140 à –70 millions d'années (marnes et calcaires du Jurassique supérieur au Crétacé supérieur), mais aussi quelques roches de –45 millions d'années (calcaires zoogènes à nummulites et lithothamnies de l'Eocène moyen).

La région a été entièrement recouverte par le glacier du Rhône durant le Würm (de –50 000 à –15 000 ans). Elle est donc très largement revêtue d'un manteau morainique qui cache les restes de l'ancienne topographie ainsi que le soulèvement rocheux dont les affleurements sont relativement rares, sauf dans les gorges et sur les plus hautes crêtes. Actuellement les eaux se dirigent toutes vers le bassin du Rhin. Et par exemple, la Broye qui dès sa source coule vers le sud-ouest rejoint la direction nord-est après un coude de 180°.

De très nombreux tassements et glissements, parfois de très grande taille, affectent les zones du Flysch du Gurnigel, du Wildflysch et de la Molasse sub-alpine. Le relief actuel reflète tout de même assez bien l'architecture des couches géologiques (tectonique), ainsi que l'histoire complexe des invasions glaciaires, et surtout celle de leur récent retrait.

Le travail millénaire des hommes, agriculteurs, artisans ou encore premiers industriels, est partout gravé sur ces terres. Que ce soit sous forme de banquettes séparées par des talus dans les régions cultivables, sous forme d'anciens chemins qui se sont transformés en ruisseaux au parcours inattendu, ou encore de cours d'eau, détournés de leur lit naturel, pour aboutir à des moulins ou à des scieries aujourd'hui disparus. La recherche et l'exploitation de la houille du 18^e au 20^e siècle dans la *Molasse à charbon* entre Oron et la Verrerie ont laissé de nombreuses traces: tranchées d'exploration ou d'exploitation, galeries et puits, en général effondrés, terribles.

De très nombreux étangs artificiels destinés à l'ancienne utilisation de la force hydraulique ont laissé en travers des vallons leurs murs ruinés, leur digues éventrées ou encore leurs surfaces comblées d'alluvions. Les dépressions, mais aussi les terrains peu inclinés et imperméables, ont été occupés par des marécages qui ont donné naissance, jusqu'à 1300 m d'altitude, à des tourbières pratiquement toutes exploitées, et aujourd'hui quasiment épuisées. Certaines ont été ensuite comblées par des décharges. On remarque que pour gagner des surfaces cultivables, toutes les zones humides ont été drainées dès le début du 19^e siècle et même avant, y compris les forêts sillonnées de dizaines et de dizaines de kilomètres de fossés de collature creusés le plus souvent à la main.

Aujourd'hui, les travaux de construction sont assistés par de puissants engins de terrassement ce qui entraînent une rapide et importante modification de la topographie. Ce n'est parfois qu'en consultant les anciennes cartes qu'il est possible de se faire une idée des formes naturelles d'un pays, qui demeure cependant particulièrement harmonieux, intéressant et séduisant à parcourir.

De 1986 à 1992, l'ensemble de la surface de la carte, qui avait été auparavant partiellement couverte par des levés géologiques dans le cadre des trois thèses de MORNOD. (1949); BOGLI (1972) et PARRIAUX (1981), a été entièrement relevée au 1:10 000. D'autres cartes géologiques ont été levées à l'occasion de travaux de diplôme dont on trouvera la liste dans la bibliographie. Ils ont été mis à ma disposition par les Universités de Fribourg et de Lausanne.

Je me dois de remercier ici les bureaux d'études ABA-Géol., C.S.D., Géolina et G. Schmutz, tous à Fribourg, ainsi que divers offices cantonaux et fédéraux, qui sans restrictions, sauf légales, m'ont très aimablement ouvert leurs dossiers, ce qui m'a permis de reporter sur la carte de nombreux renseignements qui, sans leur fructueuse contribution, seraient demeurés inconnus.

Ma gratitude va aussi à Jean-Pierre Berger, Michèle Caron, Burkart Engesser, Jean Guex, Lucas Hottinger, Alain Lejay, Raphael Mayoraz, Christian Meister, Carla Müller, Aurèle Parriaux, Raymond Plancherel, Chantal Python, Michel Septfontaines, et plus particulièrement à Marc Weidmann qui a patiemment relu un premier texte de la notice et qui m'a adressé ses critiques constructives. Mes remerciements vont aussi à tous ceux qui, occasionnellement, m'ont assisté de leur savoir ou qui m'ont accompagné sur le terrain, tous très patients et amicaux collègues, sans la collaboration desquels ce travail n'aurait pas vu le jour sous sa forme actuelle.

STRATIGRAPHIE

MOLASSE DU PLATEAU ET MOLASSE SUBALPINE

Au front des Préalpes nous rencontrons les écailles de la *Molasse subalpine*, laquelle chevauche la *Molasse du Plateau*. Comme ces Molasses appartenaient au même bassin, elles seront traitées ci-dessous ensemble.

Le bassin dans lequel s'est déposé la Molasse était soumis à une subsidence continue contemporaine de la formation des Alpes en surrection. Sitôt émergée, cette chaîne de montagne est démantelée par l'érosion. Dès lors des cours d'eau vont transporter leurs alluvions vers le bassin molassique. Celui-ci sera comblé au fur et à mesure de son enfoncement par des sédiments détritiques, si bien que la profondeur d'eau y sera toujours très faible. Par moments la mer en sera même chassée pour laisser place à de très basses terres épisodiquement inondables.

La Molasse débute par la *Molasse marine inférieure* (ou UMM), qui possède encore des figures de sédimentation de coulées turbides. Son âge va de l'Eocène supérieur (Priabonien) à l'Oligocène moyen (Rupélien supérieur). Dès l'Oligocène moyen (Rupélien inférieur), les olistostromes du *Wildflysch subalpin* viennent en partie la recouvrir (LATELTIN 1988, WEIDMANN 1985, 1993).

Ensuite, durant l'Oligocène supérieur et jusqu'au Miocène inférieur, le bassin marin, alors comblé, se présente comme une très basse et vaste plaine. C'est sur cette étendue que vont se déposer des sédiments franchement continentaux: c'est la *Molasse d'eau douce inférieure* (ou USM). Elle comporte des faciès extrêmement variables puisqu'elle est le résultat du dépôt des alluvions de rivières qui, descendant des Alpes en formation, y ont abandonné en cônes d'épandages leurs galets, et divaguant plus aval, leurs sables et limons dans des marécages et des lacs où se sont parfois déposés calcaires d'eau douce et charbons. Sur les terres émergées qui séparaient méandres fluviaux, lacs et marécages, poussait une abondante végétation. Vers le sommet de l'USM des restes de palmiers témoignent d'un climat relativement chaud. On peut y trouver de rares fossiles de gros mammifères, des dents de micromammifères, des empreintes de pattes d'oiseaux (à ce dernier sujet: voir WEIDMANN & REICHEL 1979).

MAURER (1983) a étudié les associations de minéraux lourds rencontrés dans la succession des grès de la molasse. Il a ainsi pu déterminer, pour chaque formation molassique, les zones d'apport des éléments détritiques, puis l'évolution de leur trajet. Au Chattien inférieur les courants transportant les éléments détritiques des nappes nord-alpines venaient du sud (éventail détritique du Val d'Illeiez) et du sud-est (éventail détritique du Mont-Pèlerin) puis ils s'orientaient en direction du nord-est. Au Chattien supérieur et pour notre région, c'est toujours le fleuve qui alimente l'éventail du Mont-Pèlerin qui apporte ses alluvions. Mais

durant l'Aquitaniien un vaste courant venant du sud-ouest assume ce transport. Durant le Burdigalien inférieur et moyen la subsidence du bassin permet le retour de la mer qui transgresse au front des Alpes et relie le bassin du Rhône au bassin de Vienne. Se dépose alors la *Molasse marine supérieure* ou OMM.

Selon WEIDMANN (1982a), «il faut noter que la limite supérieure des formations molassiques est partout une limite d'érosion et qu'en conséquence nous ne connaissons pas la fin de l'histoire sédimentaire du bassin molassique, d'âge probablement pliocène».

Molasse marine inférieure — UMM

(Oligocène)

o₁ Formation de Cucloz (Oligocène inférieur – moyen?)
(MORNOD 1947; WEIDMANN et al. 1982; LATELTIN 1988; WEIDMANN 1993).

La Formation de Cucloz affleure à la base nord-ouest des Alpes. C'est un ensemble tectoniquement écaillé, formé de trois différents faciès pas toujours présents dans chaque écaille. On distingue de bas en haut:

1. *Schistes marno-micacés*: marnes silteuses finement micacées entrecoupées de grès décimétriques granoclassés à nombreuses figures sédimentaires. Epaisseur 90 m. Visible vers les Baboles (561.680/159.220) et dans la forêt sur la Grosse Gîte (563.050/159.850).
2. *Marnes gris-souris*: marnes très plastiques, finement litées, à passées silteuses. Epaisseur visible 130 m. Affleurant dans la région de Sur Râpa (563.300/160.500) et en lisière du bois du Devin (563.870/161.130), où elles semblent recouvertes directement par les:
3. *Grès de Cucloz*: (syn. «Grès du Val d'Illez») qui ne se montrent qu'en de rares affleurements, mais aussi en paquets glissés sur les marnes. Ce sont des grès moyens à grossiers, gris-vert, à débris andésitiques (563.890/161.150). Epaisseur apparente comprise entre 5 et 10 m.

Sur les Grès de Cucloz repose la formation du Wildflysch subalpin.

f_w Formation du Wildflysch subalpin (Oligocène moyen probable)
(WEIDMANN et al. 1982; WEIDMANN 1993)

Dans une matrice argilo-silteuse gris très foncé, presque noire, très altérable et donc en général recouverte de terre, sont emballés des éléments de toutes tailles, qui seront décrits dans le chapitre «Ultraschelvétique» (p. 18), certaines de ces lentilles pouvant provenir du Flysch du Gurnigel.

WEIDMANN (1993), considère que le wildflysch est nettement interstratifié vers le sommet de la Formation de Cucloz si bien qu'il lui attribue un âge probable correspondant au début de l'Oligocène moyen.

Formation de Vulruz (Oligocène moyen, Rupélien supérieur)
(MORNOD 1949; WEIDMANN et al. 1982)

On considère aujourd'hui que la Formation de Vulruz se divise en deux membres, à savoir les *Marnes de Vulruz* à la base et les *Grès de Vulruz* au sommet.

o₂ Marnes de Vulruz

Ces marnes grises micacées et bioturbées sont bien visibles dans le ruisseau au nord du château de Vulruz, dans la Sionge au sud du château et dans le ruisseau de Létivan (566.900/165.050) où leur aspect rappelle singulièrement celui des Marnes gris souris de la Formation de Cucloz; mais les marnes comprennent ici quelques gros bancs gréseux qui comportent encore des figures de sédimentation et de minces bancs gréseux couverts de fins débris végétaux noirs.

Au lavage les marnes livrent des ostracodes saumâtres et parfois d'eau douce. MORNOD (1949) y signale des cyrènes et des écailles de poissons. Voir aussi WEIDMANN (1982b). Épaisseur dans la région de Vulruz: environ 150 m.

o_{2g} Grès de Vulruz

Ce sont les grès sur lesquels est fondé le château de Vulruz. Il s'agit de grès calcaires, fins à moyens, gris-bleuté, un peu glauconieux et micacés, constitués de bancs dont la puissance augmente du bas, où – décimétriques – ils sont finement lités, à la partie supérieure où la stratification – dans des bancs métriques – est oblique avec rides de vagues et de courants.

MORNOD (1949) y signale de nombreux fossiles de vertébrés du Rupélien: anthracotherium, rhinocéros, crocodiles, tortues, poissons, de mollusques: cyrena, cardium, mytilus, de plantes (empreintes charbonneuses).

Ils totalisent une épaisseur de 50 m: 30 m pour la partie inférieure des grès plaquetés et 20 m pour la partie supérieure dans laquelle ont été ouvertes les anciennes carrières des Grès de Vulruz.

Molasse d'eau douce inférieure — USM

(Oligocène supérieur – Miocène inférieur)

(MORNOD 1949; WEIDMANN et al. 1982; FASEL 1986)

Durant le Chattien inférieur, se dépose la *Molasse rouge* qui est contemporaine des *Poudingues du Mont-Pèlerin* situés au sud de la carte. Ces formations témoignent d'un milieu franchement lacustre et fluvatile ou encore dépôts de playas, sous climat chaud humide et oxydant qui leur a donné leur couleur rouge-violacé.

Ensuite, au Chattien supérieur se dépose la *Molasse à charbon* qui, vers le nord-est, change de faciès (elle ne contient plus de charbon). Elle est dénommée alors *Couches du Gérignoz*.

Caché par un chevauchement, le contact entre la Molasse rouge et la Molasse à charbon ne se voit pas sur la feuille Moudon. L'ensemble Molasse à charbon – Couches du Gérignoz est recouvert pendant l'Aquitanién par les dépôts de la *Molasse grise de Lausanne*, qui affleure dans la vallée de la Broye entre Oron et Rue. Elle a aussi été traversée par le forage de Romanens-1.

o₃ Molasse rouge, Couches de Chaffa (Chattien inférieur)

Selon MORNOD (1949), de minces niveaux centimétriques de charbon, associés à des calcaires lacustres, des grès et des argiles gris, aujourd'hui invisibles, ont été trouvés au sud-est des Arzilliers sur Vulruz (env. de 567.0/164.6). Ils étaient considérés par cet auteur comme faisant partie des «Couches de passage» décrites comme troisième membre de la Formation de Vulruz. Ces couches étant lacustres, elles sont désormais attribuées à la Molasse d'eau douce inférieure (WEIDMANN et al. 1982). Épaisses d'environ 5 m, elles forment la base de la Molasse rouge.

Viennent ensuite des marnes versicolores beige ou verdâtre, des argilites rouge-violacé, dont la couleur a donné son nom à la formation. Ces termes péliques sont entrecoupées de bancs de grès décimétriques à métriques, fins ou grossiers, d'aspect verdâtre ou violacé, à stratification oblique ou en auge, avec quelques déformations synsédimentaires («contorted bedding»). Vers la base, les grès contiennent, parfois encore, de la glauconie peut-être remaniée (la Chenaletta: 566.100/163.580). On y rencontre aussi des niveaux gris décimétriques, d'origine palustre, riches en matière organique, où ont été trouvés des dents de micromammifères qui en ont permis la datation (FASEL 1981, ENGESSER et al. 1984).

Sur cette carte, la meilleure coupe de la Molasse rouge est située dans le ruisseau à l'ouest de la Calonida (566.600/164.000). On pourra voir aussi quelques petits affleurements de cette formation près de Pra Lassey (564.300/161.900) et au-dessus des Grès de Vulruz dans les environs nord-est de Sur

Râpa (563.270/160.780). Dans la région couverte par la feuille Moudon, cette molasse marneuse est la cause de nombreux glissements.

Lorsqu'elle n'est pas tectoniquement trop écrasée, la Molasse rouge est épaisse, en surface, de 400 m environ et de 529 m (2320 m à 2849 m) dans le forage de Romanens-1 (564.2/167.4) selon MAURER & NABHOLZ (1980).

o_{3p} Poudingues du Mont-Pèlerin (Chattien inférieur)

(TRÜMPY & BERSIER 1954; FASEL 1986; WEIDMANN 1993)

L'extrémité nord-est du grand cône d'épandage (fan-delta) des Poudingues du Mont-Pèlerin forme la croupe chevauchant tectoniquement la Molasse à charbon vers la bordure sud de la carte. Ces poudingues polygéniques affleurent au confluent de la Rougève avec le canal des Rogigues (559.400/158.130), en un banc métrique à fort pendage sud-est qui forme l'extrémité boisée de la crête. Il est recouvert, sous très faible couverture herbeuse, d'un grès marneux gris.

o_{3c} Molasse à charbon, Couches du Gérignoz (Chattien supérieur)

(MORNOD 1949; BOEGLI 1972; FASEL 1986)

Sur cette feuille, la Molasse à charbon et la formation des Couches du Gérignoz n'ont pas été distinguées l'une de l'autre, la seule présence dans la première de rares lits de calcaires lacustres et de lits de charbons ne le permettant pas. MORNOD (1949) constatait que les Couches du Gérignoz contenait vers le sud-ouest, à partir de la Joux, des charbons (Molasse à charbon). Mais la limite entre les deux formations est impossible à tracer sur le terrain. Tout au plus peut-on constater que vers le nord-est (formation des Couches du Gérignoz), les lits argileux rubéfiés sont plus abondants que dans le sud-ouest (Molasse à charbon). Pour le reste, les deux formations sont identiques.

Il s'agit d'une épaisse série de teinte relativement foncée et à prédominance marneuse qui n'affleure bien que dans les ruisseaux. Elle comprend aussi des grès marneux gris-brun, le plus souvent micacés, qui forment des reliefs ainsi que des épisodes de marnes verdâtres, de marnes grises à *Unionidae*, (le Flon à l'est de Porsel, 556.580/161.320), de marnes parfois versicolores avec minces lits rouge brique caractéristiques qui sont plus abondants vers l'est, milieu de dépôt fluvio-palustre, et plus rares vers l'ouest, milieu palustro-lacustre. Selon FASEL (1986), les niveaux bigarrés témoignent de la formation de sols hydromorphes par fluctuation de la nappe phréatique dans les sédiments.

Dans la partie supérieure de la Molasse à charbon, on retrouve une molasse dans un faciès «Couches du Gérignoz». C'est le cas rencontré à St-Martin à l'occasion de travaux de fondation et dans le ruisseau qui draine les tourbières de la Commune de Porsel (env. de 557.4/160.2).

Les couches palustres grises plus ou moins sombres, souvent sableuses et toujours riches en matière organique, livrent souvent des fossiles: mammifères

étudiés par DE BEAUMONT & WEIDMANN (1982), ENGESSER et al. (1984) ENGESSER (études en cours), FASEL (1986), poissons étudiés par REICHENBACHER & WEIDMANN (1992), ostracodes étudiés par CARBONNEL et al. (1985) et charophytes étudiés par BERGER (1986, 1992). Les Couches du Gérignoz sont datées par les mammifères de la zone Fornant 6 et Brochene Fluh 53 et la Molasse à charbon de la zone Rickenbach, donc du Chattien supérieur (FASEL 1986, ENGESSER 1990).

Les *lits de charbon* qui se rencontrent, d'Oron à la Verrerie, dans deux écailles superposées, on donné lieu à des exploitations par grattages de surface, mais aussi en mines. Epais de quelques centimètres à quelques décimètres, ils sont associés à des calcaires lacustres reposant systématiquement sur des marnes grises. Ils disparaissent à hauteur de la Joux, le dernier affleurement centimétrique au nord étant dans le lit de la Neirigue près des Troncs (562.500/163.870), et le plus à l'est, celui de la Gisette qui a permis à MORNOD (1949) d'y récolter une faune caractéristique (562.740/161.540).

De plus en 1978, P. Homewood prélevait à la Gisette 1 (562.5/161.4), un échantillon sur le chantier de l'autoroute N9. Il contenait des dents de rongeurs qui donnaient un âge oligocène supérieur à la Formation et M. Weidmann, en 1988, échantillonnait Gisette 2 (562.80/161.46) dont le lavage donnait un peu de gypse, des otolithes de poissons, des dents de mammifères, des mollusques, des fruits, des ostracodes, des charophytes. Ces fossiles ont été déterminés par J.-P. Berger et par B. Engesser: leur âge n'est pas plus jeune que le niveau de Rickenbach (Chattien supérieur). Dans le Flon d'Oron (553.73/158.40), BUCHER (1985) découvrait une faune de mammifères comprise entre Boningen et Fornant 6, donc aussi d'âge chattien.

Sur la carte, au sud-ouest, c'est à Auboranges (travaux à la laiterie, 1991) que nous avons trouvé le sommet de la Molasse à charbon avec calcaires lacustres (niveau de Brochene Fluh 53 = MP30, Oligocène terminal: ENGESSER et al. 1993). Pour la région d'Oron, BERSIER (1951), en a fait la magistrale description et la synthèse. On trouvera un résumé de la géologie ou de l'histoire des charbonnages dans MUSY (1919), LETSCH & RITTER (1925), CLAUDE (1974), WEIDMANN (1987), MAIGNAN (1987) et dans VIAL (1988).

FASEL (1986) estime l'épaisseur de la série du bassin charbonnier d'Oron à 700 m dans la région comprise entre le Maflon et Chesalles-sur-Oron, mais elle se poursuit par 700 m de marnes et de grès sans charbon jusqu'à la Mionna. Son épaisseur totale est donc de: 1400 m au sud et de 1060 m au nord (forage de Romanens-1: de 1260 à 2320 m, MAURER & NABHOLZ 1980).

Comme cette molasse, en gros très marneuse, a une inclinaison sud-est, elle donne lieu, couche sur couche, ou même en situation de pendage contraire, à de nombreux glissements de terrain.

m₁ Molasse grise de Lausanne (Aquitarien)
(BERSIER 1938, 1945a, 1953, 1958a, 1958b; WEIDMANN 1988)

Située en boutonnière anticlinale dans la Molasse du Plateau ainsi qu'au front des écaïlles de la Molasse subalpine, elle affleure dans la région comprise entre Oron, Rue et Mossel. Elle a aussi été rencontrée, sous le chevauchement de la Molasse subalpine, dès 366 m, dans le forage de Romanens-1.

On doit à A. Bersier l'étude approfondie de cette Molasse; et c'est en 1958 que cet auteur la décrit comme issue de milieux fluviaux anciens. C'est une série en partie formée de grès grossiers gris, érosifs et chenalisés, à base érosive donc lenticulaires, à stratification oblique, plus grossiers à la base qu'au sommet, qui peuvent atteindre 10 m environ. Ces bancs contiennent ici et là des restes de végétaux, surtout des troncs charbonneux et souvent pyriteux, dont il ne reste, lors que l'affleurement est très altéré, que les moules externes.

Les autres couches de la série sont constituées de grès fins, de marnes silteuses grises et souvent bariolées, verdâtre, rosées ou franchement rouge-brique, de paléosols plus ou moins tronqués à traces de racines, marmorisés, horizons à caliche noduleux, parfois surmontés de niveaux décarbonatés, gris ou noirs, riches en matière organique (sols). Les termes pélitiques de la série, très souvent glissée, n'affleurent que dans les cours d'eau et seuls les bancs de grès apparaissent en falaises ou en reliefs. Ils ont motivé l'ouverture de carrières, toutes abandonnées aujourd'hui.

Les environnements de dépôt de la Molasse grise de Lausanne sont ainsi décrits par WEIDMANN (1988): «vaste plaine d'inondation à faible relief, le plus souvent boisée, sur laquelle serpentent et vagabondent des rivières à méandres; les sols de la plaine d'inondation sont bien drainés, sauf en quelques points bas marécageux (méandres abandonnés)». BUCHER (1985) y signale, dans le Maflon, des empreintes de pattes d'oiseaux (554.60/160.17).

Cette molasse est datée par les charophytes et par les micromammifères: niveaux de Boudry 1, Fornant 11 dans la coupe du ruisseau de Vuibroye (551.01/158.10) et La Chaux à la localité des Fontanettes (BERGER 1983, 1985; BUCHER 1985; ENGESSER & al. 1993).

Dans la boutonnière de la Broye, la Molasse grise de Lausanne est visible sur une épaisseur d'environ 900 m en tenant compte des variations de pendage des couches, elle mesure 844 m dans le forage de Romanens-1 (de 366 m à 1210 m).

Molasse marine supérieure — OMM
(Miocène)

C'est dans la vallée de la Broye et dans les proches environs de Rue que peuvent s'observer les arrivées locales transgressives de la Molasse marine supérieure.

Les grès et les conglomérats deltaïques de la Molasse marine supérieure forment des croupes allongées dont les sommets sont à des altitudes comprises entre 700 et 1100 m. Leur relative résistance à l'érosion a obligé les rivières à y entailler des gorges qui montrent ainsi des coupes assez continues de 150 à 200 m d'épaisseur dans le Mausson, la Neirigue et la Broye.

La Molasse marine supérieure est divisée de bas en haut en deux formations:

- la formation des *Couches de la Singine* (Burdigalien inférieur) surtout constituée de grès verdâtres qui occupent la majeure partie de la moitié nord-ouest de la carte et qui sont surmontés de:
- la formation des *Couches du Belpberg* (Burdigalien moyen) constituée essentiellement de conglomérats qui apparaissent en fort relief à l'angle nord-est de la carte dans les premiers contreforts du Gibloux.

m₂ **Couches de la Singine** (Burdigalien inférieur)

(«Sense-Schichten», RUTSCH 1966, ou Couches du Mausson, MORNOD 1949; BOEGLI 1972; BERGER 1985; BUCHER 1985; HABICHT 1987; SCHOEPFER 1989)

Cette Molasse ne peut pas être bien datée à l'aide des très rares faunes de mollusques et de foraminifères benthiques qu'on y trouve. Fort heureusement la transgression marine a épargné ici et là des restes de la plaine deltaïque côtière où sont conservés les restes d'une faune et/ou d'une flore continentale caractéristique.

C'est dans les gorges de la Broye (551.760/164.370) que BERGER (1985) a daté, dans les sédiments terrigènes emplissant un chenal de marée situé entre les premiers bancs de grès marins de la formation des Couches de la Singine, une intercalation de marnes («Broye 555»). Celle-ci contenait une faune de mammifères (niveau de La Chaux) et une riche flore de feuilles. Il s'agit encore de l'Aquitanién. Mais dans le Gotto au sud de Lieffrens (558.830/164.350), une intercalation de même origine a livré une faune de mammifères (*Pseudotheridomys*) s'étalant du niveau de Bierkeller à celui de Wattwil, c'est-à-dire d'âge Burdigalien (BERGER 1985; ENGESSER 1990).

À la base, les premiers grès marins beiges puis verdâtres, alors un peu glauconieux, comprennent encore des intercalations de marnes grises lacustres ou saumâtres contenant des gastéropodes (physes et limnées, dans le lit de la Broye: 551.300/166.120). On relève aussi la présence de marnes silteuses versicolores continentales, parfois varvées, alternativement violettes et vertes (551.980/165.750). La transgression marine est souvent soulignée par des grès contenant des galets divers, dont des galets mous, arrachés à la Molasse d'eau douce sous-jacente. Les bancs gréseux fins, plaquetés centimétriques à ripple-marks, alternent avec des bancs plurimétriques et décamétriques de grès grossiers ou moyens à stratification oblique avec troncs flottés charbonneux. LEJAY (1991) a retrouvé dans la Molasse marine les groupes de séquences sédimentaires dues à

l'alternance périodique des courants de marée (lunaison). Les grès se sont parfois aussi déposés avec une lamination parallèle horizontale (dépôts de plage).

Les courants de marée ont provoqué l'érosion de cheneaux, avec éboulement ou basculement des parois de sable ou de marnes auparavant sédimentés. C'est ainsi qu'on peut observer dans le lit de la Broye des *marnes versicolores* finement litées avec un pendage de 40° vers le NW (551.570/166.070) ou encore une brèche de grès sur la bordure d'un chenal (551.970/165.150). L'arrivée brutale d'un important volume de sables peut être à l'origine, dans les couches sous-jacentes, de déformations des lits: contorsions et ball-and-pillow (la Broye: 551.710/165.760, ruisseau du Bois de Ban: 551.050/160.380).

On accède, dans la Broye, aux cinquante premiers mètres de la formation des Couches de la Singine. Ils montrent la trace de cordons littoraux qui isolaient les étendues vaseuses côtières de la mer ouverte. Dans un banc de 3 m constitué de minces feuillets de silts marneux, des oiseaux ont laissé leurs empreintes et les pluies l'impact de leurs gouttes d'eau. Nous y avons trouvé (551.940/165.100) des traces de limnicoles, charadriidés, anatidés et grands échassier en partie analogues à ceux décrits par WEIDMANN & REICHEL (1979). Des niveaux de paléosols inclus dans les couches marines s'observent aussi dans le Gotto au sud de Liefrens (558.820/164.370) et dans le Forchaux à l'ouest de Villaraboud (559.460/167.450).

MORNOD (1949) puis BOEGLI (1972) ont étudié au sud du Châtelard les coupes du Maussion qui montrent les très rapides variations latérales de la partie moyenne et supérieure de la formation. A des poudingues qui sont peut-être proches de la base de la série succèdent des grès massifs glauconieux, des grès à galets et stratification entrecroisée, des grès grossiers, des grès à ripple-marks, des grès à très nombreuses enclaves argileuses qui passent latéralement à des grès à bois flotté, des grès à galets avec lamellibranches, des grès à flasers, des grès plaquetés. La série se termine par des grès à enclaves argileuses. En partie masquée par le Quaternaire, cette coupe, qui débute avec un pendage nord-ouest de 40° et qui se termine avec 5°, pourrait atteindre une épaisseur de 550 m.

La Neirigue ne montre que 320 m de la formation des Couches de la Singine, dont à la base un grès grossier à moulures de lamellibranches.

C'est au centre de la carte entre Liefrens, Bouloz et Prez-vers-Siviriez que devait progresser un cône d'épandage qui a laissé des poudingues polygéniques à ciment calcaire pétris de lamellibranches. A l'Hormont par exemple (557.4/164.4), où plusieurs carrières ont été ouvertes, les fore-sets soulignent un éventail deltaïque. Au sommet, ils sont inclinés de 20° vers le nord-ouest et 500 m plus loin de 20° vers le nord-est. Ce type de poudingues chapeaute le relief accusé du Petit Mont vers le sommet de la formation (564.1/169.8). Noyés dans les grès, des cheneaux de poudingues polygéniques à ciment grés-marneux s'observent près de Bionnens ainsi que dans la région de Moudon. A Ursy ils contiennent des dents de squales.

m₃**Couches du Belpberg** (Burdigalien moyen)

(«Belpberg-Schichten», RUTSCH 1926; MORNOD 1949; BOEGLI 1972; HABICHT 1987; SCHOEPEFER 1989)

C'est sous le nom de Couches du Gibloux que MORNOD (1949) a décrit les affleurements de la partie supérieure de l'OMM, l'«Helvétien» des précédents auteurs. Cette série est actuellement reconnue sous l'appellation de Couches du Belpberg. Elle se trouve à l'angle nord-est de la carte dans la région du Châtellard où seule en affleure la partie inférieure. Elle débute au contact d'une surface ravinée du sommet de la formation des Couches de la Singine, au dessus des grès à enclaves argileuses plissés (probablement des slump).

C'est à partir de l'excellente coupe dans le talus de la route à l'entrée du Châtellard (564.600/169.550), que MORNOD (1949) puis BOEGLI (1972), ont décrit 4 horizons lithologiques superposés. On rencontre de bas en haut:

1. *Poudingues et grès de base*. La série débute par 0,4 m de grès et conglomérats à stratification oblique, tronqués par 0,1 m de grès en plaquettes fins, gris, micacés, à ripple-marks. Suivent 5 m de grès massifs à passées conglomératiques dont les galets de quartzite, silex, calcaire siliceux et ferrugineux, ont 1 à 2 cm de diamètre. Epaisseur totale: env. 6 m.
2. *Poudingues du Châtellard*. Reposant par une surface ravinée sur le niveau précédant, ce poudingue dont les galets mesurent de 5 à 15 cm de diamètre sont formés de radiolarites rouges et vertes, de quartzites, de calcaires siliceux ou gréseux, de calcaires à silex, de silex et de blocs de calcaire gréseux blond perforés par des pholades. Epaisseur: 10–15 m.
3. *Grès du Mont-Olivet*. Toujours riches en bryozoaires, ils débutent par des grès plaquetés avec de minces délits marneux encore en partie visible dans l'ancienne carrière et dans ses proches environs (565.35/169.30). Ce sont des grès grossiers très durs, gris verdâtre, des grès grossiers friables, des grès conglomératiques. Epaisseur: 25–30 m.
4. *Poudingues de la Sapallaz* (la Sapala: 566.9/169.6). Ces poudingues reposent directement sur les grès de l'horizon précédent. Ils contiennent des balanes, des huîtres et des pectens. Ils ont été exploités en carrières, abandonnées et en partie comblées aujourd'hui (566.650/169.710). Ils sont relativement peu résistants à l'altération si bien qu'on les observe rarement à l'affleurement et que leur présence n'est indiquée que par les galets résistants qui jonchent les sols des croupes boisées qui montent vers le Gibloux. On y remarque des boulets de 20 à 30 cm, voire 60 cm.

La pétrographie des éléments des poudingues a été étudiée statistiquement par BOEGLI (1972) qui cite en ordre décroissant; quartzite, calcaires compacts et détritiques, grès, radiolarite, quartz filonien, silex, granite. Ces éléments pro-

viendraient des Préalpes, des Flyschs, de la Molasse et pour une faible part des nappes helvétiques. Épaisseur: 25 m ou plus.

ULTRAHELVÉTIQUE

(en olistolithes dans le Wildflysch subalpin)

Ces séries dont l'âge est compris, sur la feuille Moudon, entre le Jurassique supérieur et l'Eocène supérieur étaient autrefois appelées par GAGNEBIN (1924) «Préalpes bordières» et assimilées aux nappes ultrahelvétiques. Elles sont aussi décrites sous le terme de *Préalpes externes*.

Elles sont considérées aujourd'hui comme faisant partie, sous forme d'olistolithes, du Wildflysch subalpin. Ce wildflysch est interprété comme masse tectoniquement glissée, venue s'arrêter dans le bassin nord-alpin de la Molasse marine inférieure durant l'Oligocène inférieur – moyen (WEIDMANN et al. 1982). Cette interprétation est contestée par JEANBOURQUIN (1992) qui voit là un mélange tectonique.

L'Ultrahelvétique affleure sous forme de longues lentilles dans les forêts du flanc nord-ouest des Alpes entre Semsales, la Queue des Alpes et le Diron. Ces lentilles paraissent de plus avoir été écaillées lors de la mise en place du Flysch du Gurnigel dont elles soulignent par leur présence deux surfaces de chevauchement internes.

L'Ultrahelvétique a été décrit, pour sa partie d'âge crétacé supérieur, par CORMINBOEUF (1961) et étudié pour toute la série, de part et d'autre de cette carte, par GAGNEBIN (1924), WEIDMANN (1985) et ANATRA (1986).

Jurassique

Il s'agit de six affleurements de petite taille puisque le plus grand n'atteint que 120 m de long. Trois d'entre eux sont situés entre 1300 et 1400 m d'altitude à l'ouest de la Queue des Alpes (env. 564.350/159.200) et les autres vers 1200 m, entre Derrière Plané et la Defforida, soit de 563.220/158.970 à 563.880/159.850.

i, Calcaires en petits bancs (Kimméridgien)

Ce sont des calcaires micritiques, de patine grise, à cassure gris-beige, contenant des niveaux à silex gris-bleu, où l'on trouve: radiolaires, spicules d'éponges et ostracodes. Les bancs ont une épaisseur pluri-centimétrique à pluri-décimétrique. On remarque à la base des niveaux à surface noduleuse, suivis de calcaires bien lités en petits bancs avec une intercalation décimétrique de schistes marneux gris, surmontés de bancs (dm) avec rares débris d'ammonites. Un banc décimétri-

que noduleux, recouvert de bancs pluri-décimétriques de calcaires micritiques, termine la coupe. Il s'agit très probablement d'une partie des «calcaires lités et noduleux» décrits par MOREL (1980) puis par ANATRA (1986) qui les a appelés «calcaires en petits bancs».

Epaisseur: environ 15 mètres.

i₈ Calcaire conglomératique (Tithonique)

Epais de 3 m, c'est un calcaire conglomératique beige à éléments un peu arrondis, centimétriques à pluri-centimétriques. Les éléments contiennent des calciponelles. Ce banc est un peu tassé. Les éléments sont cimentés par de la calcite grenue. Le plus bel affleurement est celui situé le plus au nord (ouest de la Queue des Alpettes, 564.450/159.340). On le retrouve avec une épaisseur de quelques décimètres pincé entre deux écailles de la falaise centrale de calcaires en petits bancs du Kimméridgien décrits précédemment.

Ce calcaire conglomératique forme aussi, mais alors sous forme de brèche grossière, l'affleurement situé le plus au sud (564.260/159.050).

Crétacé – Eocène

Les formations d'âge crétacé constituent deux bandes principales superposées. La première dans sa partie sud est réduite à celles du Crétacé supérieur. Elle monte obliquement vers le nord-est à partir de Semsales. Vers le nord, elle est tectoniquement juxtaposée aux séries du Crétacé inférieur. La seconde bande la surmonte en partie, après intercalation partielle d'une écaille du Flysch du Gurnigel. Cette deuxième bande comprend tous les étages du Crétacé, du Valanginien au Maastrichtien. Il s'agit de grandes lentilles parfois séparées par les argilites noires du Wildflysch subalpin.

Dans les écailles supérieures, le Crétacé inférieur paraît très réduit. Il est beaucoup moins consolidé et de couleur beaucoup plus claire que celui de la Veveyse de Châtel au sud ou que celui du Montsalvens au nord.

c₂₋₅ Calcaires et marnes tachetés (Valanginien – Aptien inférieur)

Dans sa partie nord (forêt du Devin, 564.4/161.4), cette série correspond à celles décrites dans la Veveyse ou au Montsalvens. C'est une alternance de bancs décimétriques, de calcaires tachetés et de marnes gris-clair, riches en ammonites, dans lesquelles s'intercalent des *niveaux siliceux* et glauconieux. On observe parfois au sommet de la série une *calcarénite beige oolithique* d'épaisseur métrique rappelant l'Urgonien dans laquelle CORMINBOEUF (1959) a trouvé des microcodium et *Orbitolina conoidea* (Aptien inférieur) (563.970/161.210).

Cette série a une épaisseur d'environ 150 m; elle est fortement replissée à son front. Dans sa partie centrale et tectoniquement supérieure, dès 1120 m d'altitude (forêt des Esserts), cette série plissée à sa base (563.170/159.320), est réduite à une épaisseur de 30 m. Elle se différencie de la précédente par des bancs peu consolidés de couleur très claire et qui reflètent probablement une diagenèse plus faible. Débutant par 5 m de calcaire finement détritique gréseux et glauconieux, recouvert par une surface de condensation à bélemnites et nodules phosphatés, elle est attribuée à l'Hauterivien par sa microfaune de foraminifères (buliminidés, textularidés, spicules d'éponges, dét. M. Caron).

Ce niveau est ensuite surmonté d'une alternance de bancs calcaires et de marnes tachetés très clairs, riches en ammonites parfois pyriteuses, d'affinité Crétacé inférieur.

c₆₋₇ Calcaires gréso-glauconieux
c_{6-7m} Marnes noires pyriteuses (Aptien supérieur – Albien)

Analogues aux séries de la nappe d'Anzeinde (GABUS 1958, ANATRA 1986), les calcaires gréso-glauconieux (c₆₋₇) n'ont été observés qu'en un unique et petit affleurement dans la forêt des Esserts (563.300/159.120). Il en est de même des marnes noires (c_{6-7m}) en bordure ouest du pâturage de l'Essert du Sex (564.060/159.800).

L'épaisseur, pour chacun des deux formations, est estimée à une dizaine de mètres.

c₈₋₁₃ Marnes et calcaires argileux (Cénomanien – Maastrichtien)

Les formations du Crétacé supérieur, dont l'étude complète reste à effectuer, sont dispersées en lentilles de toutes dimensions (dm, m, dam) dans les argilites sombres du Wildflysch subalpin. Mais par analogie avec les descriptions d'une région toute proche, celle des Pléiades (WEIDMANN 1985), il est tout à fait vraisemblable que les étages du Crétacé supérieur – Cénomanien et Turonien –, soient aussi représentés dans la forêt des Esserts (563.420/159.420). Il s'agit de calcaires argileux gris à pâte très fine, très clairs à la cassure et dans lesquels, à la loupe, apparaissent les sections de nombreux foraminifères planctoniques.

Dans les écaillles supérieures, (forêt des Esserts dès 1160 m d'altitude, 563.250/159.220), le Crétacé supérieur, paraissant reposer directement sur les calcaires et marnes tachetés, semble réduit au Coniacien – Santonien, sous forme de quelques mètres de calcaire argileux rosé à globotruncanidae (dét. M. Septfontaines et M. Caron).

Pour des raisons tectoniques, la suite de la série stratigraphique est située topographiquement plus bas. Il s'agit d'un ensemble, épais de 50 m, de calcaires argileux en petits bancs de couleur blanc-grisâtre, parfois verdâtre ou rosé, sur-

monté de marnes grises épaisses de 20 m, qui forment la colline du pt 934 m au nord-est de Semsales et qui, ensuite, se suivent par affleurements intermittents jusque dans les parois au sud de la cabane forestière dans la forêt des Esserts (pt 1030 m) puis dans celles situées au sud de Pra à la Donna, soit entre les coordonnées 561.3/158.4 et 564.2/160.2.

CORMINBOEUF (1961 a, 1961 b) y a déterminé une riche microfaune de foraminifères planctoniques d'âge campanien et maastrichtien. Il y a en outre découvert des rostrs de *Belemnitella* accompagnés d'*Inoceramus* et d'autres lamelli-branches (563.080/159.730).

e₄₋₅ Calcarénites à nummulites et lithothamnies (Eocène moyen)

Le Paléocène et l'Eocène inférieur paraissent absents. L'Eocène moyen est différent de celui que WEIDMANN (1985) a trouvé aux Pléiades. Aux Alpettes, il s'agit de calcarénites de plate-forme très riches en discocyclines, astero-cyclines, nummulites, archéolithothamnies, etc. d'âge lutétien supérieur – bartonien (dét. L. Hottinger).

Cet Eocène moyen a été trouvé dans le Creux des Enfers (563.940/158.740) et, éboulé, dans la forêt, près de la Joux des Ponts (563.470/160.240). Il rappelle celui de la nappe du Wildhorn proche de la dépression du Rawyl.

NAPPE DU GURNIGEL

On considère aujourd'hui que la nappe du Gurnigel (ou nappe Gurnigel-Sarine) est d'origine sud-pennique (Ultrabriançonnais). Elle appartient au groupe des *nappes supérieures des Préalpes* (CARON 1976). Elle s'étend en Suisse au front des Préalpes de Thoune à Blonay sur Montreux.

Aucun travail récent de synthèse n'a été consacré à la nappe du Gurnigel sur le périmètre de la carte Moudon, mais ce territoire est encadré au nord-est par celui étudié par VAN STUIJVENBERG (1979) et au sud-ouest par ceux étudiés par WEIDMANN et al. (1976) et MOREL (1980). Pour combler cette lacune, une campagne d'échantillonnage a été entreprise sur mandat du SHGN par J.-B. Pasquier et J. van Stuijvenberg en 1997.

La Nappe ou *Flysch du Gurnigel* occupe l'angle sud-est de la carte où elle forme le chaînon des Alpettes entre Semsales et les gorges de la Trême; mais elle est entrelardée de lambeaux du Wildflysch subalpin comprenant des olistolithes d'origine probablement ultrahelvétique. Les bons affleurements de ce flysch sont très rares puisque tout le massif est affecté d'énormes tassements et glissements de terrain. Le flysch n'est vraiment en place que dans les gorges de la Trême ou dans les parois des niches d'arrachement des glissements.

F_G Flysch du Gurnigel

C'est un ensemble de turbidites gréseuses, marno-gréseuses, silteuses, argileuses ou encore siliceuses et parfois calcaires dans lesquelles on rencontre des conglomérats à éléments cristallins et sédimentaires. Des cendres volcaniques s'y retrouvent sous forme de niveaux centimétriques de bentonite signalés aux Esserts (563.850/159.530)¹⁾ par WINKLER et al. (1985). Les couches sont fortement plissées et écaillées. Ce flysch est vraisemblablement épais de 1200 à 1500 m.

L'âge du flysch du Gurnigel est aisément déterminé par la nannoflore qui s'étend du Maastrichtien au Lutétien. Malgré les résultats de la campagne d'échantillonnage de 1997 (130 échantillons datés par J. van Stuijvenberg) et quelques déterminations due à C. Müller, il a été nécessaire de maintenir un figuré de «flysch en général». Il regroupe les affleurements non datés et le plus souvent isolés.

Sur les crêtes, le flysch est profondément altéré. Il se révèle en tant que «terre de flysch», argilo-silteuse ou argilo-sableuse, imperméable et le plus souvent marécageuse.

F_{G1} Flysch 1, à calcaires fins (Maastrichtien supérieur)

Il s'agit de calcaires très fins gris clair ou de calcaire lithographique un peu jaunâtre en bancs de quelques décimètres d'épaisseur entrecoupés de niveaux décimétriques à métriques de marnes ou d'argiles sombres, souvent schisteuses.

Epaisseur difficile à estimer, mais apparemment faible: quelques dizaines de mètres. Ce Flysch a été reconnu et daté dans la vallée de la Mortive (562.370/158.190), et dans la forêt des Esserts; affleurements tassés et discontinus le long de la route (environs de 563.530/159.110).

Signalons encore qu'on trouve dans la forêt des Esserts (563.250/158.400) de très curieux blocs d'un calcaire gris clair, finement détritique, granoclassé, à la surface duquel sont incrustés, épars, des fragments émoussés mesurant quelques centimètres de diamètre, de granite, de gneiss divers et de prasinites. Les foraminifères leur donnent un âge maastrichtien (dét. M. Caron).

F_{G2} Flysch 2, à turbidites siliceuses (Paléocène, NP 1–8)

C'est un flysch à turbidites peu ou pas calcaires, souvent glauconieux, présentant de fréquents ichnofossiles et des figures sédimentaires à la base des

¹⁾ Aux coordonnées indiquées par WINKLER et al. (1985) n'affleure que de la moraine: 40 m plus au nord, en aval de la route dans le fond d'un ruisseau approfondi par drainage (563.890/159.530), existe sur 1 à 2 m² ce qui pourrait avoir été le point de prélèvement de W. Winkler, qui cherchait un schiste jaune de quelques millimètres d'épaisseur.

bancs. Il affleure au-dessus de Semsales vers les Molliettes et Sur Plané, mais aussi dans les gorges de la Trême (567.550/161.000, CN 1225 Gruyères).

Epaisseur estimée: 150 m à l'ouest à 300 m à l'est.

F_{G3} Flysch 3, à turbidites bioclastiques (Yprésien, NP 9–14)

Grès calcaires et essentiellement bioclastiques à débris de nummulites et lithothamnies. Ce flysch semble affleurer dans les pentes à l'ouest et au nord du pt 1220 m qui dominent Sur Plané. Il se présente en bancs métriques, gris très clair, entrecoupés de minces lits argilo-marneux dans lesquels nous avons trouvé un lit charbonneux (562.440/158.700); mais toutes les datations obtenues sur un profil recoupant la masse entièrement en tassement donnent un âge paléocène (NP 1–8).

Il affleure et a été daté dans la paroi boisée au nord-est de Derrière Plané. Un conglomérat chenalisé polygénique semble lui être associé. Les éléments en sont: granite rose type Habkern, micaschistes, rhyolites, dolomies, divers calcaires, silex blancs et silex roses, nodules d'argilite et de pyrite (563.4/158.7).

Epaisseur: 250 à 300 m.

F_{G4} Flysch 4, à turbidites silteuses (Eocène moyen, NP 15–16)

C'est un flysch largement développé sur les Alpes dont il forme les croupes marécageuses et les flancs glissés, même sur de faibles pentes. C'est une puissante série où dominent les marnes grises ou parfois blanchâtres avec des bancs silteux décimétriques. Ensemble très fortement plissé, en directions souvent désordonnées. Il affleure également dans la vallée de la Trême, où il contient des niveaux de conglomérats cartographiables.

Epaisseur: probablement supérieure à 500 m.

QUATERNAIRE

Pléistocène supérieur

PRÉ-/ÉOWÜRM

Il est évident que les restes d'anciens réseaux hydrographiques ont été colmatés par la dernière invasion glaciaire. Cependant de rares témoins de ces anciens sillons fluviaux apparaissent dans le fond des vallées et sur leurs berges.

q_{3g} Dépôt inframorainique graveleux (Interglaciaire «Riss»–Würm ou interstadiaire wurmien ?)

Entre Gillarens et Oron-la-Ville, une couche de sable et gravier, autrefois exploitée, épaisse de 15 à 20 m et recouverte de moraine a été recoupée par trois sondages. Le plus profond a révélé le profil suivant (552.970/159.270):

0 – 15.7 m	moraine
15.7 – 30.2 m	graviers
30.2 – 32.2 m	sables
32.2 – 36.0 m	moraine

Axes de paléovallées

Au sud du Châtelard, le Maussion recoupe par deux fois son ancien cours rempli de matériel glaciaire. De même, la Neirigue qui draine la plaine de Sâles d'est en ouest quitte un lit à fond morainique pour entailler brusquement la molasse avec une direction plein nord (562.480/166.840) (MORNOD 1949).

Près de Moudon, le ruisseau qui descend de Vaucegnery pour se jeter dans la Broye recoupe une ancienne gorge remplie d'alluvions (552.460/169.000) (PARRIAUX 1978).

Tout à l'ouest de la carte (550.100/163.910), le Carrouge quitte son lit sur fond morainique et creuse des gorges dans la molasse.

WÜRM

q_{4m} Moraine rhodanienne

Les dépôts morainiques du dernier Würm ont largement recouvert la surface de la carte jusqu'à l'altitude de 1320 m au sud. Mais on trouve des cailloux et des blocs rhodaniens en minces plaquages sur les Alpettes jusqu'à l'altitude de 1360 m. Peut-être s'agit-il de matériel tombé d'iceberg, flottant sur un lac de retenue temporaire, en bordure du glacier. De cette altitude le glacier qui descendait vers le nord, en entourant le sommet tel un nunatak, avait une pente de 6°. Il a laissé sa moraine sommitale à 1260 m au nord de la Benda (565.450/159.920). Au delà le glacier s'étalait avec une moindre pente et son lit venait buter contre les flancs du Gibloux, qui n'ont été recouverts que jusqu'à l'altitude de 1090 m (région des Crétis, angle nord-est de la carte).

La moraine rhodanienne tapisse le fond et les flancs des vallées. Elle débute en général par une diamictite à matrice fine, blanchâtre, extrêmement compacte dans laquelle sont dispersés des cailloux polis, arrondis et souvent striés, de toutes dimensions. Cette moraine de fond constitue le lit de nombreux cours d'eau y

compris sur les deux flancs des Alpettes jusqu'à 1300 m d'altitude, ou dans les régions de Maules et de Romanens jusqu'à 930 m d'altitude.

Mais parfois, sur le Plateau, la moraine de fond n'est constituée que d'une mince semelle de quelques mètres d'épaisseur. Elle est alors presque entièrement constituée des marnes molassiques sous-jacentes étirées et écrasées. En surface, l'altération les a transformées en terres marneuses qui sont parsemées de cailloux rhodaniens. Quoique les roches qui ont donné naissance à ce type de moraine ne soient jamais bien éloignées, on aurait tendance, à tort, de cartographier ces terrains comme «formation sous couverture quaternaire peu épaisse».

La moraine de fond est recouverte de dépôts des stades de progression ou de régression qui comportent divers types d'alluvions glaciaires. Par exemple la *moraine sablo-graveleuse* parfois assez bien lavée pour qu'on ait pu l'exploiter en tant que graves, ou *moraine remaniée* probablement tardiglaciaire qui a laissé des amas franchement sableux comme à la Lorraine (562.500/165.400) ou sablo-graveleux comme les terrasses de barrage sariniennes qui bordent la vallée de la Sionge au nord de Vuadens (MORNOD 1949).

Dans la dépression de Bulle–Romont l'épaisseur de la moraine est considérable: plus de 78 m à Champ Buchillon (561.980/165.180), plus de 52 m dans la région de Sâles.

Blocs erratiques: Seuls les blocs erratiques remarquables par leur signification géologique ou en raison de leur dimension spectaculaire ont été reportés sur la carte. Nombre de blocs qui gênaient les cultures ont été détruits ou le seront encore; ceux dont la qualité permettait le débit comme matériel de construction ont été exploités; si bien qu'ils ne se rencontrent encore en place que dans les pâturages d'altitude ou en forêt.

Les blocs erratiques proviennent de toute la rive droite, valaisanne et vaudoise, de la vallée du Rhône pour le matériel cristallin et sédimentaire puis du Plateau (Poudingues du Mont-Pèlerin). En surface, les blocs de molasse gréseuse ont disparu par altération.

Des amoncellements de blocs jalonnent le lit de tous les cours d'eau où l'on peut souligner la présence fréquente des blocs violacés du Permien et des poudingues gris du Carbonifère. L'origine de ces amas est double: concentration naturelle due à l'érosion et concentration artificielle imputable aux agriculteurs qui poussent les blocs vers la limite de leurs propriété, souvent bordure de forêt ou ruisseau. La mode actuelle veut que la pelouse entourant une villa soit ornée d'un gros bloc. Il provient très fréquemment, mais pas toujours, de l'excavation nécessaire pour les fondations de la maison.

Vallum morainique, cordon morainique unilatéral: L'histoire du glacier, de sa progression puis des stades de sa régression, apparaît remarquablement tracée par les très nombreux vallums morainiques et par les cordons morainiques unilatéraux. Guidées par la résistance des roches les plus dures, les langues glaciaires

ont déposé leurs vallums peu épais sur les crêtes gréseuses de la Molasse puis en s'épaississant, dans la prolongation de ces dernières. Il en résulte que la morphologie des dépôts glaciaires reflète souvent, mais pas toujours, la tectonique de son soubassement rocheux.

Ces observations étaient déjà celles faites par BERSIER (1942) sur les collines et alignements morphologiques de la moitié sud du Plateau vaudois. Cet auteur au terme de son étude considérait que: «Ce paysage de *cuestas*, très émoussées par l'altération des molasses, a pour origine l'ablation générale, anté- ou interglaciaire, sans que l'érosion glaciaire dirigée puisse y être caractérisée.»

Les vallums morainiques ont une section sommitale arrondie par des siècles d'érosion et de labours. Leur profil n'est bien conservé qu'en vieux territoires forestiers et en pâturages d'altitude.

Les vallums latéraux ont canalisé des lits de cours d'eau latéraux qui évacuaient les eaux de fusion superficielle du glacier. Ils sont aujourd'hui abandonnés et haut perchés, par exemple sur les flancs des gorges de la Broye. Sur les flancs des Alpes, les cordons morainiques unilatéraux racontent spectaculairement, l'histoire du maximum de l'extension glaciaire wurmienne suivi de celle de sa régression en 14 stades principaux, chacun marqué par une banquette presque horizontale (stagnation, glacier flottant sur l'eau) ou descendante (régression et vidange de l'eau) du sud vers le nord. Ces cordons ont aussi un caractère de terrasses de kames. Constitués de moraine rhodanienne typique, ils sont recouverts d'un manteau plus ou moins stratifié de fins débris brun du *Flysch* du Gurnigel ou de sables et graviers de moraine remaniée.

De nombreux *bords d'érosion*, *bords de terrasse* s'observent sur l'ensemble de la couverture morainique, soulignant de modestes dépôts fluvioglaciaires ou fluviolacustres non individualisés, ou laissant préjuger des formes d'érosion du substratum molassique empâté de moraine. Dans la région de Sâles, les terrasses se situent à des altitudes de 860 m et 840 m, alors qu'à Sommentier elles sont à 910 m et 880 m. On en voit aussi dans la région comprise entre Vaulruz et Romans.

Il n'est pas toujours aisé de distinguer ces bordures de terrasses de celles en limite de propriétés, attribuables à deux millénaires de labours et de pacage bovin, et qui ne font pas l'objet d'un relevé.

Stries glaciaires: Sur la molasse, les stries glaciaires ne sont conservées que si elles sont protégées par de la moraine de fond. Entre Ecublens et Vuillens, par exemple, un glissement récent de cette dernière a mis à découvert des stries, mais rapidement altérées à l'air libre, elles ne tardent pas à disparaître (551.330/162.550). Les stries glaciaires sont par contre conservées sur les durs grès lumachelles de la formation des Couches de la Singine, comme à Petit Mont (564.100/169.740).

Les emplacements de probables *surcreusements* glaciaires sont occupés par des marécages ou par les alluvions des vallées principales. PARRIAUX (1981), estime que le bed-rock se situe à une profondeur de 40 m à Moudon et 35 m au nord d'Oron-la-Ville. Dans la vallée de la Glâne, à l'est de Siviriez, c'est à 52 m que se rencontre la molasse et rappelons ici le forage de Champ Buchillon (561.980/165.180), resté dans la moraine à 78 m, ce qui situe le fond molassique en dessous de 730 m d'altitude, alors qu'à 1,5 km en aval, la Neirigue entaille le fond rocheux à 770 m d'altitude.

TARDIGLACIAIRE

Sur le Plateau, les vallums morainiques de progression ont une direction générale SW–NE. Les stades de régression et de stationnement du front glaciaire sont soulignés à l'intérieur de ce réseau par des vallums franchement obliques ou perpendiculaires aux premiers.

Sur les flancs des vallées principales, les stades de retrait du glacier sont soulignés par des ruisseaux ou d'anciens talweg, convergents de part et d'autre en «V» vers l'aval.

Les rivières temporaires et importantes, issues des glaces en fusion, ont abandonné d'anciens lits aux berges bien marquées, aujourd'hui secs, ou parcourus seulement par un ruisseau. Ces vallons perchés entaillent la couverture morainique et parfois la molasse; ils sont repérables, sur la carte, par leur remplissage de colluvions ou par des zones marécageuses.

A l'amont de Bressonnaz, les parois des gorges de la Broye sont en partie encore tapissées de moraine jusqu'à 640 m d'altitude. Ceci démontre qu'une langue glaciaire occupait cette vallée en déviant le cours d'eau dans la curieuse dépression sèche de Châtelard (550.650/166.500). Un peu en amont de Moudon, des restes d'arcs morainiques frontaux très érodés (non reportés sur la carte) sont encore visibles en rive droite (164.640/167.400), et de la moraine abandonnée des exploitants, parce que trop argileuse, était encore visible il y a quelques années, dans les gravières ouvertes sur les basses collines émergeant dans l'axe de la plaine alluviale (550.720/168.190).

Lorsqu'elles coulent sur la molasse, les rivières actuelles montrent dans les parours en gorges des lits emboîtés: un fond ancien large et perché, souvent recouvert d'alluvions qui témoigne de l'importance des débits d'eau du passé tardi-glaciaire. Ce fond est réentaillé, parfois avec méandres, par la gorge actuelle, plus profonde et beaucoup plus étroite.

q_l Moraine locale

La moraine locale, remaniant la moraine rhodanienne, n'est pas aisée à distinguer de cette dernière, si ce n'est par ses *vallums*. Leur position et la nature dominante de leur matériel permet cette distinction. Ces *vallums* se rencontrent dans la vallée de la Trême et sur ses flancs, mais aussi sur les bords du cirque torrentiel dominant le village de Semsales.

q_{sl} Dépôts glaciolacustres fins

L'accumulation principale de dépôts glaciolacustres se situe dans la vallée de la Broye, entre le Moulin de Copet (552.0/160.0) et la Millière (552.0/162.9). Elle résulte du comblement d'un lac en amont d'un seuil glaciaire (PARRIAUX 1981). Le matériel est essentiellement sablo-graveleux, les graviers se concentrant en bordure du dépôt.

Des dépôts glaciolacustres particulièrement fins reposent sur la moraine rhodanienne dans la haute vallée de la Trême. PUGIN (1989) attribue ces «boues» qui sont des marnes grises plus ou moins varvées, extrêmement plastiques, à une sédimentation lacustre dans la vallée, encore barrée à l'aval par le glacier en déroute.

On rencontre des argiles et silts varvés dans toutes les vallées et signalons notamment l'importante accumulation de ceux qui tapissent celle du Maussion au sud et sud-est du Châtelard (565/169). Ils sont visibles dans les niches d'arrachement successivement emboîtées des zones en glissement.

q_{sg} Dépôts fluviatiles grossiers

Cette rubrique ne concerne que les dépôts fluvioglaciaires grossiers du delta de la Grande Citard (feuille Châtel-St-Denis, 565.4/157.4); PUGIN (1989) y décrit des graviers fluviatiles dont le dépôt est lié à la vidange cyclique d'un lac de barrage glaciaire. Ils apparaissent de façon très réduite et intercalés à des dépôts glaciolacustres fins en bordure de la feuille Moudon (566.2/158.1) et sont signalés par PUGIN (1989) le long de la Trême, en pied de glissement (567.080/159.330).

q_{ss} Dépôts fluvioglaciaires et/ou fluviatiles, en terrasses, en cônes d'alluvions perchés ou en placages résiduels

De nombreux dépôts fluvioglaciaires ou en terrasses glaciolacustres rappellent l'existence d'écoulements torrentiels ou de lacs temporaires établis derrière les moraines frontales ou en bordure des restes de la calotte et des langues de glace fondantes. PARRIAUX (1981) a décrit les terrasses de kames développées sur les rives de la vallée de la Broye depuis Moudon et vers l'aval.

Au nord-est de Brenles des terrasses franchement sableuses dominant à 700 m d'altitude le ruisseau de Brenles qui coule 30 m en contrebas. Et à Moudon une ancienne terrasse détermine le replat de Gréchon (551.2/169.8), à 600 m d'altitude.

Des nappes alluviales, probablement des sandur, s'étendent dans les dépressions de la Glâne et de la Neirigue aux débouchés des anciennes rivières issues des restes de la calotte glaciaire fondante.

POSTGLACIAIRE / HOLOCÈNE

L'âge du retour définitif de la végétation se situe vers 13 200 ans BP (Dryas ancien/complexe de Bölling) donc début du Postglaciaire. Il est fixé grâce aux études palynologique de tourbières: à la Joux des Ponts (563.3/161.6) par GAILLARD (1984) et hors carte (552.6/166.1) à Echarlens (SCHMIDT 1985).

q_{SB} Alluvions anciennes (Vallée de la Broye)

L'histoire du dépôt des alluvions anciennes de la vallée de la Broye a été décrite en détail par PARRIAUX (1981) et résumé par WEIDMANN (1996). Il s'agit en majorité de sables et de graviers deltaïques disposés en strates obliques ou parfois complètement plissées et basculées sous l'effet d'une récurrence dans l'avance du glacier. Les anciennes terrasses de la Broye se situent à 540 m, 530 m, 520 m. Et par exemple à Moudon, le Bourg et son château qui de loin paraissent directement perchés sur la molasse, y reposent par l'intermédiaire de quelques mètres de sables et graviers de la terrasse de 540 m. Un bloc erratique calcaire de 20 m³, démontrant l'existence de glaces flottantes, a été trouvé dans les sables de cette terrasse de 540 m lors de la construction des casernes de Bressonnaz.

Dans la terrasse de 520 m, des blocs roulés atteignant fréquemment 60 cm de diamètre témoignent de la violence des courants et de l'important débit de la Broye postglaciaire. Au débouché des gorges de Bressonnaz, la rivière avait alors 400 m de largeur.

q_L Limons de pente, colluvions

Les limons de pente et les colluvions, souvent épais de plusieurs mètres, sont accumulés dans toutes les dépressions et au pied de tous les versants. Les labours favorisent ces accumulations de bonnes terres érodées le plus souvent au printemps, à partir des crêts et de leurs flancs.

Terrains tassés, tassements

Terrain glissé, glissement de faible extension, superficiel

Terrain en glissement

D'importants tassements qui évoluent ultérieurement en glissements de terrain affectent la molasse gréseuse du Plateau, dès qu'elle comprend des assises marneuses (vallée de la Broye, région de Vauderens). Il en est de même dans la Molasse subalpine, en raison de son pendage sud-est, qui motive de gros glissements couche sur couche aux flancs des vallées du Flon entre Oron-la-Ville et Pont, du Maflon, de la Mionna et de ses affluents entre St-Martin et Grattavache. Ces glissements ont eu lieu parfois aussi en position de pendage contraire. En effet, Molasse à charbon et Couches du Gérignoz comprennent, entre les bancs de grès, d'épaisses assises lubrifiantes silto-marneuses qui sont plastiques. Ces zones labiles sont en général abandonnées à la forêt.

Mais c'est aux flancs des Alpettes, entre Semsales et les Ponts d'Amont, dans le Flysch du Gurnigel et les Préalpes externes, que se sont développés de gigantesques tassements qui ont évolué en glissements toujours actifs. Ceux-ci recouvrent même les cônes de déjection de torrents déviés par les masses en mouvement. Tout le flanc ouest du sommet, pt 1220 m (562.700/158.660) est tassé jusqu'à la cote 920 m. De grandes niches d'arrachement limitent les crêtes des Alpettes et donnent ainsi accès aux rares affleurements frais qui montrent la stratigraphie des formations.

Par deux fois, au 13^e et au 19^e siècle (en 1880), le village de Semsales a été détruit par l'irruption de laves torrentielles descendues du cirque de la Mortive dont le cours a été stabilisé, non sans difficultés, par une succession de barrages de contrôle (GETAZ 1977). Mais le haut du cirque torrentiel est toujours en mouvement.

Les dépôts limoneux varvés tardiglaciaires de la vallée du Maussion au sud et à l'est du Châtelard sont toujours en mouvement.

Dans les forêts de la haute vallée de la Trême, ce sont les boues du lac péri-glaciaire, encore fluentes, et les amas morainiques épais de plus de 200 m qui se sont effondrés en gigantesque tassements et glissements vers le talweg du torrent. Dans les environs de la cabane d'Inson (566.5/159.3), les *bourrelets frontaux* de ces masses glissées simulent des crêtes morainiques ce qui a justifié un figuré spécial sur la carte. Derrière ces crêtes, s'adossent des couches basculées de tourbe contenant des troncs d'arbres.

Eboulis, blocs écroulés

En terrain molassique, les éboulis et les blocs écroulés ne se conservent que très peu de temps; ils sont rapidement altérés et ne forment plus au pied des falaises, que des amas argilo-sableux. Font exception les éboulis issus des escarpe-

ments de Grès de Vaulruz, lesquels restent plus longtemps intacts grâce à leur ciment calcaire.

Par contre, dans le flysch, les blocs issus des bancs de grès s'accumulent au pied des parois en éboulis. Ils sont alors rapidement noyés et transportés vers l'aval par les marnes mobiles.

Cône d'alluvions

Les plus spectaculaires des cônes d'alluvions sont ceux de Semsales et de Sâles. La majorité des rivières et des ruisseaux étant canalisés, les cônes ne sont plus alluvionnés. Au débouché des gorges de la Neirigue, un ancien cône perché est réentaillé. A l'ouest du Rue aussi, un très ancien cône sableux, sans alimentation actuelle, est perché sous les falaises du château.

Tuf calcaire

Les sources très riches en bicarbonate de calcium issues de la Molasse burdigalienne engendrent des dépôts de tuf calcaire qui peuvent même tapisser le lit des ruisseaux.

Marais, zone marécageuse

De très nombreux marais, aujourd'hui drainés, occupent le fond des vallées, les replats et faibles pentes des assises marneuses des diverses formations molassiques ainsi que de celles du Flysch du Gurnigel. Ces marais ont permis le développement de *tourbières* autrefois exploitées jusqu'à 1300 m d'altitude. Les plus importantes extractions de tourbe étaient situées au sud de Sâles, au lieu dit Les Mosses, à Villaraboud et au nord-est de Maules dans les marais des Gurles où l'épaisseur extraite atteignait 6 m.

Jusque sur les sommets, les forêts sur sol imperméable sont sillonnées de centaines de kilomètres de fossés de colature, autrefois creusés à la main, et aujourd'hui soigneusement entretenus par les services forestiers.

Des restes de la faune quaternaire postglaciaire ont été trouvés dans la tourbe: cheval à Villaraboud (560.5/167.8), cerf à Progens (560.3/159.4) et à la Joux des Ponts (563.3/161.6), auroch à Vuisternens-devant-Romont (561.0/167.5). Ces fossiles sont conservés au Musée d'histoire naturelle de Fribourg.

A l'aval de Grattavache et jusqu'au sud de Fiaugères, la Mionna coule en partie sur un lit de craies lacustres recouvertes d'alluvions graveleuses qui forment les berges de la rivière. L'origine de ces craies est probablement liée à l'existence d'un lac dans la vallée. Les grosses masses de molasse glissées, au sud de St-Martin, ou l'arc morainique frontal de la Préla (558.0/158.7), peuvent

parfaitement expliquer le barrage temporaire de la vallée et donc ce type de sédiments.

a Alluvions récentes

Les alluvions récentes occupent le fond des vallées: sables argileux et parfois graviers comme à Moudon dans les anciens méandres de la Broye. Le tracé de ces méandres est connu pour l'année 1725 grâce aux relevés de RIEDIGUER (1725); et la Carte DUFOUR de 1860 révèle ceux de la haute Broye dans la région de Semsales.

L'érosion latérale des rivières anciennes et actuelles est marquée par de brutales ruptures de pente soulignées par le figuré *bord d'érosion*, *bord de terrasse*.

Aujourd'hui, dans leur grande majorité, les cours d'eau sont canalisés, et sauf en cas d'inondation catastrophique, plus aucun alluvionnement n'est possible.

Dépôts artificiels, remblais

Les anciennes tourbières, les anciennes carrières, les petites dépressions servent de décharges qui sont reportées sur la carte sous le figuré de dépôts artificiels. En fonction du besoin des collectivités, leur taille et leurs emplacements évoluent rapidement.

Les engins de terrassement utilisés actuellement permettent une rapide modification de la morphologie et les grands chantiers, comme ceux de l'autoroute N12, ont modifié profondément le relief en déplaçant d'énormes quantités de terres. Celles-ci sont déposées sous forme de remblai. Ce n'est souvent qu'à l'aide des anciennes cartes topographiques que le relief naturel a pu être reconstitué.

Formation sous couverture quaternaire peu épaisse

Les surfaces occupées par les «Formations sous faible couverture» ont été reportées de façon assez restrictive. Ces surfaces sont en général aussi parsemées de cailloux d'origine morainique. La notation «sous couverture quaternaire peu épaisse», qui sans sondages ou tranchées, comporte beaucoup d'incertitudes, signifie, dans le cas de la feuille Moudon, que probablement moins d'un mètre de sol d'altération recouvre la roche en place.

Éléments morphologiques anthropogènes

En plus des dépôts artificiels, remblais et autres planies qui modifient la morphologie naturelle d'une région, deux éléments particuliers sont dignes d'être cités.

De très nombreuses prises d'eau dans le haut des ruisseaux conduisaient anciennement, à flanc de coteau par de petits canaux analogues aux «bisses» valaisans, les eaux nécessaires aux moulins, aux scieries mais aussi à l'irrigation. Ce n'est plus guère qu'en forêt que ces ouvrages aujourd'hui abandonnés sont repérables. Dans les vallées, les ruisseaux sont très souvent détournés et canalisés latéralement plus haut que le niveau de leur cours naturel.

Les anciens chemins, souvent abandonnés de nos jours, suivaient, hors des marécages, les flancs des vallées pour rejoindre les crêtes. Sur la molasse, ils se transformaient à la longue en profonds chemins creux devenant des ravins à cause de l'érosion des eaux de pluie. Ils étaient alors abandonnés et un nouveau parcours parallèle à l'ancien était tracé. Cette histoire, plusieurs fois répétée, crée une curieuse morphologie: série de fossés parallèles souvent obliques par rapport à la ligne de plus grande pente. La trace de ces anciens chemins, envahis d'arbres et de broussailles ne se rencontre plus qu'en forêt ou sur les hauts pâturages.

ARCHÉOLOGIE

Sites préhistoriques

Au confluent des cours d'eau, profitant des hauts talus d'érosion et de leur dénivelée protectrice, les anciens habitants du pays ont souvent aménagé des éperons barrés par levée de terre et fossés appelés «Châtelard». Beaucoup datent des périodes de Hallstad et de La Tène ou Age du Fer (env. premier millénaire av. J.-C.).

Gisant sur le flanc, un menhir de 5 m de haut, connu sous le nom de «Pierre au dos à l'Ane» est levé sur la carte à l'emplacement qu'il occupait comme bloc erratique, alors qu'il était en majeure partie enterré. Il a été récemment déplacé de 100 m vers l'ouest et redressé lors d'un remaniement parcellaire. Il était situé à la Montagne (Commune d'Essertes), sur la frontière Vaud-Fribourg (550.720/158.390).

Des *tumulus* protégés par la forêt ont été trouvés 1,3 km au nord-est de Chavannes-sur-Moudon (552.9/168.0), aux Chupiailles (562.460/161.150) et à la Joux de Sâles (564.550/163.880).

A part le site historiquement connu de Moudon, un curieux *établissement romain*, dont il ne reste que les fondations noyées dans le tuf a été découvert dans les gorges du Carrouge lors du captage de la source de la Tuayre sur la Commune de Vulliens (550.200/165.300). Ce site, probablement temple votif dédié à la source, doit encore être exploré par les archéologues.

TECTONIQUE

Cadre régional

(voir esquisse tectonique et coupes, Pl. I et II)

Sans refaire l'histoire des Alpes, rappelons que le bassin molassique s'est formé au front de cette chaîne naissante et qu'au Chattien inférieur, sa bordure était peut-être située à une trentaine ou à une quarantaine de kilomètres au sud-est d'une ligne qui joindrait Bulle à Semsales.

L'épaisseur des formations de la Molasse atteint 2857 m au forage de Romans-1 (y compris les premiers 120 m de la Molasse subalpine chevauchante).

L'origine des déformations de la Molasse est discutée par de nombreux auteurs. SCHUPPLI (1950) avait déjà supputé que les structures transversales du Plateau molassique fribourgeois étaient liées à des accidents du socle. Après une vaste étude des Préalpes médianes plastiques entre Rhône et Aar, PLANCHEREL (1979) met en évidence l'effet d'importants décrochements méridiens sénestres au niveau du socle et admet que «la déformation mio-pliocène traduit un «sous-charriage» de la Molasse sous les Préalpes, plutôt qu'un «charriage» des Préalpes sur la Molasse». Etudiant les relations des déformations entre Alpes et Jura, BURCKHARD (1990) propose, une extension tardi-alpine (Miocène) du bassin molassique et des Préalpes, extension de direction NE–SW.

Suite aux travaux du NFP20, LAUBSCHER (1992) voit dans ces déformations l'effet d'une subduction qui écaille, entre autres, la Molasse subalpine dès la fin du Miocène inférieur. Pour PFIFFNER (1992), l'important raccourcissement de la Molasse subalpine, dans l'ouest de la Suisse, est à mettre en relation avec la forte remontée des massifs cristallins au sud et le plissement du Jura. Les poussées latérales engendrées par ces déformations entraînent l'écaillage de la Molasse dont le bassin s'est depuis surélevé de 1000 à 1200 m.

Dans une récente étude sur le pouvoir de réflectance de la vitrinite des débris charbonneux de la Molasse du Plateau et de la Molasse subalpine, SCHEGG (1992, 1993) a cherché quelles pouvaient avoir été les températures qui ont provoqué la maturation de la matière organique. Ce pouvoir de réflectance qui varie de 0,3 % à 0,9 % (0,39 % à 0,59 % sur la feuille Moudon) correspond à un échelonnement des températures de 40° à 110°. En tenant compte d'un gradient géothermique de 25°/km, il faudrait alors postuler un enfouissement de 1 à 4 km. Mais rien ne permet de supposer qu'une couverture sédimentaire de plus de 1000 m d'épaisseur ait jamais existé sur le bassin molassique. SCHEGG considère donc que, s'il y a bien eu une augmentation des températures depuis l'axe du Plateau vers le front alpin, les anomalies locales de la réflectance sont dues à des remontées d'eau chaude dans les zones tectonisées.

GORIN et al. (1993) présentent une carte structurale de la base de la Molasse qui serait à une altitude d'environ –1100 m sous Moudon (env. 1600 m d'épais-

seur) pour atteindre celle de -2250 m vers Semsales (env. 3100 m d'épaisseur). Les séries sédimentaires sous-jacentes, du Trias au Crétacé inférieur, auraient une épaisseur d'environ 1600 m.

Nappe du Gurnigel et Préalpes externes

Dans le massif des Alpes (Pl. I et II, coupes 3 et 4), le Flysch du Gurnigel (**FG**) est affecté de très fortes déformations, plissements, plissottements souvent obliques et plongeants, encore compliqués de charriages internes. Un de ces charriages est souligné par une intercalation de Wildflysch subalpin comprenant des lentilles d'affinité ultrahelvétique (écaïlle de Préalpes externes, **WF**).

Le Flysch du Gurnigel repose sur de longues écaïlles des Préalpes externes, olistolithes du Wildflysch subalpin (**WF**), lui-même interstratifié vers le sommet de la Molasse marine inférieure (Formation de Cucloz, **FC**).

Molasse subalpine

Dans la région de Vaulruz (esquisse tectonique et Pl. I, coupes 1 et 2), MOR-NOD (1949) a décrit une succession de trois écaïlles de la Molasse marine inférieure (Formation de Vaulruz, **FV**) recouvertes de Molasse d'eau douce inférieure (Couches de Chaffa, **CC**). Ce sont du sud au nord les *écaïlles de la Pattaz*, de *Champfotey* et de *Vaulruz* auxquelles il faut ajouter une quatrième, l'*écaïlle de Devin Dessus*. Longue de 1000 m environ, elle forme le sommet de Devin Dessus ($567.0/165.7$) et sert de semelle à l'écaïlle de Vaulruz.

Les couches de la base de ces écaïlles sont parfois rebroussées au contact des surfaces de charriage et un très beau pli peut être vu dans le ruisseau de Létivan ($566.800/164.980$) au contact de l'écaïlle suivante appelée *écaïlle du Gérignoz* (Couches du Gérignoz, **CG** qui passent vers l'ouest à la Molasse à charbon, **MC**). Cette dernière écaïlle est séparée en deux par l'*accident Mionna-Grenet* (feuille Châtel-St-Denis) dont le tracé est bien marqué morphologiquement et qui peut être observée dans un ruisseau au nord-est de Maules ($566.380/165.970$).

Dans leur étude sur la Molasse du forage de Romanens-I et de ses environs, MAURER & NABHOLZ (1980) ont crû devoir introduire une nouvelle écaïlle qu'ils ont appelée *écaïlle de la Gisette*. Cette appellation, qui n'a plus de justification, est ici abandonnée.

L'écaïlle suivante est limitée par le *chevauchement de la Lutrive* (feuilles Châtel-St-Denis et Lausanne) qui d'Oron à l'angle nord-est de la carte (coupes 1 à 6) met au contact la Molasse subalpine et la Molasse du Plateau.

Dans l'angle sud-ouest de la carte, la tectonique se complique et, entre Oron et Rue où vient s'amortir l'*accident Paudèze-Parimbot* (*accident de la Paudèze*:

voir feuille Lausanne), on peut constater la remontée en surface de la Molasse d'eau douce inférieure¹⁾.

Il paraît vraisemblable que la poussée transmise par le Mont-Pèlerin a provoqué le décrochement décalant et pinçant l'*anticlinal «principal»*. Ce dernier est rejeté 1 km au nord pour donner l'*anticlinal du Moulin de Copet* (552.150/160.000; abrégé *Ant. M.d.C.* sur l'esquisse tectonique), dont le cœur est occupé par la Molasse à charbon (Pl. II, coupe 6).

D'autres failles et décrochements se rencontrent au front des Alpettes, dans les écaïlles de la région de Vaulruz, dans le Maussion, dans le Parimbot et la Broye, puis entre Rue et Ursy.

La Molasse d'eau douce inférieure est parfois fortement plissée comme le montrent les affleurements du Flon à l'est de Porsel (556.500/161.150), ceux des ruisseaux situés à l'est de Rue (553.10/163.45 et 553.3/163.5) ou ceux du Crêt d'Illens au nord d'Oron-le-Châtel. Le cœur de l'*anticlinal du Moulin de Copet*, qui culmine d'Auboranges à la Broye, fait apparaître des couches de la Molasse à charbon. Par rapport à la Molasse du Plateau voisine, ces couches sont remontées d'une profondeur de 2 km.

Molasse du Plateau

Des plis anticlinaux et synclinaux à faibles pendages (Pl. I et II, coupes 1 à 6) déforment la Molasse du Plateau. Ils reflètent vraisemblablement ceux du soulèvement mésozoïque. L'*anticlinal «principal»* a été foré pour la recherche de pétrole à Romanens. Il est suivi d'un synclinal qui longe au nord le Châtelard puis recoupe la Glâne en passant par Chavannes-les-Forts. L'*anticlinal de Corserey-Courtion* s'ennoye au nord-est d'Ursy. A l'aval de Moudon, la vallée de la Broye occupe le flanc gauche du *synclinal de Moudon – Bois de Châtel*.

MATIÈRES MINÉRALES EXPLOITABLES

Un artisanat local d'exploitation de matières minérales a extrait du charbon, de la tourbe, de la pierre de taille, des argiles marneuses (argilières), des sables et graviers. L'épuisement des gisements rentables a eu raison de ces activités qui ont toutes cessé aujourd'hui.

¹⁾ BERSIER (1945b) décrit des traces de la Molasse à charbon tectoniquement broyée dans le Parimbot (551.340/160.780). Ces grattages en tranchées superficielles ont aujourd'hui disparu.

Charbon

Exploité durant deux siècles, dans de petites carrières à ciel ouvert, puis en mine, en raison du fort pendage des couches, ce charbon humique, très sulfureux (6 % de soufre), s'est formé par l'accumulation de débris végétaux dans des étendues lacustres ou marécageuses peu profondes. L'histoire passionnante des mines a été écrite par LETSCH & RITTER (1925), CLAUDE (1978) et VIAL (1988), alors que BERSIER (1951) en avait étudié pour la région d'Oron-Palézieux les futures possibilités d'exploitation.

Dans la région d'Oron, les 11 veines de charbon répertoriées, d'épaisseur centimétriques à décimétriques, sont réparties dans une épaisseur de 160 m de la Molasse à charbon. Les lits les plus épais ont justifié une exploitation en mines. On voit encore quelques entrées de galeries dans la vallée du Flon ou de descendre à l'ouest du château d'Oron. De petits terrils marquent la proximité de puits d'aération actuellement comblés (Pra Taluché, 555.1/159.240).

Dans la zone qui s'étend de St-Martin à Grattavache, la présence du charbon a permis le développement de l'industrie du verre à la Verrerie (1780 à 1914). Les galeries traversaient, en travers-banc et en direction, la colline de Progens. Reprises à la fin de la première guerre mondiale (1917 à 1922) au sud-est de St-Martin (LETSCH & RITTER 1925), et à nouveau de 1942 à 1946, elles se sont étendues depuis le sud-ouest du Jordil (feuille Châtel-St-Denis, 557.6/157.9) vers Progens et à la Verrerie dans des couches inclinées de 45 à 50°. Cette dernière phase d'exploitation s'efforçait de suivre 4 couches épaisses de 6 à 30 cm réparties dans une tranche de 8 m de la Molasse à charbon; elle a fourni 56 360 tonnes de combustible en 4 ans. De nombreux terrils témoignent dans toute cette région de l'important volume de stérile rencontré dans les exploitations.

Tourbe

Elle a été exploitée durant le 19^e siècle et la première moitié du 20^e siècle, dans tous les marécages occupant les fonds de vallées ou les dépressions du Plateau, ainsi que dans les forêts de la vallée de la Trême. Des restes d'installations d'extraction mécanique sont encore visibles dans les fourrés marécageux des Mosses au sud de Sâles; des hangars en bois, abandonnés et ruinés rappellent un peu partout cette activité dans les anciens marais.

Pierre de taille

De très nombreuses carrières de toutes dimensions ont été ouvertes dans les grès et les poudingues de la Molasse burdigalienne. De ces exploitations très anciennes, on extrayait les moellons de grès fins destinés à la construction et les grès durs et plus grossiers destinés aux meules à aiguiser. Les grès marneux fournissaient les pierres réfractaires utilisées pour les poêles (DE GIRARD 1896).

Ces carrières ont perduré jusqu'au début de notre siècle; les grès à Moudon, Vuilliens, Ecublens, Servion, Ursy, Rue, Brenles, Vauderens, Porsel, le Châtelard, gorges de la Neirigue etc.; les poudingues à ciment calcaire à l'Hormont (au sud-est de Prez-vers-Siviriez) et aux Ecasseys (558.600/163.650).

Les grès de la Molasse grise de Lausanne ont été exploités dans les environs de Promasens, alors que vers l'est de la carte, ce sont les Grès de Valruz qui ont fourni d'excellentes pierres de taille. On remarque aussi en places en places les débris de taille des blocs erratiques. Le tuf a même été extrait par les Romains dans les flancs des gorges du Carrouge sous Vuilliens.

Argilières

Les argiles marneuses des Couches du Gérignoz ont servi à la fabrication de tuiles. Une tuilerie existait encore au-dessus de Romanens en 1889 (564.6/167.0).

Sables et graviers

Les gravières ouvertes dans les terrasses alluvionnaires ou dans le fond des vallées comme celles de Moudon ou de Grangettes sur la Neirigue (563.0/169.9) sont toutes abandonnées depuis 1991. Certaines gravières extraient des graves dans des dépôts tardiglaciaires et même du sable pour verrerie, comme à la Lorraine durant la dernière guerre (562.4/165.3).

Hydrocarbures

Le pétrole a fait l'objet de recherches dès 1918: le sondage «pétrolier» de Semsales (env. 562.36/161.45), qui a été poussé jusqu'à 63,4 m, était bizarrement implanté dans la Molasse subalpine par un sourcier: l'abbé Mermet (LETSCH & RITTER 1925). Ce sondage est resté dans la Molasse à charbon, il a recoupé des filonnets de charbon accompagnés de calcaires d'eau douce à 7,7 m, 10,2 m et 16,5 m.

De juin à novembre 1977, le Bernische Erdölkonsortium, avec comme opérateur Elf-Aquitaine (Suisse) exploration-production S.A. (Bienne), a foré, sur l'anticlinal «principal», le puits Romanens-1 (564.2/167.4) qui devait atteindre une profondeur de 4022 m.

MAURER & NABHOLZ (1980) ont eu accès aux cuttings des formations tertiaires de 0 à 2857 m. Le forage traverse une écaille de 120 m de Molasse subalpine (Couches du Gérignoz) avant de rencontrer la surface de chevauchement et de poursuivre dans la Molasse du Plateau de 120 à 2857 m, dont les différents termes sont:

120 – 1230 m	Couches de la Singine et Molasse grise de Lausanne
1240 – 2100 m	Couches du Gérignoz

2100 – 2510 m	Molasse rouge
2510 – 2857 m	base de la Molasse rouge, Formation de Vulruz

La succession des couches mésozoïques qui nous a été communiquée par GEOFORM (02.11.93) après accord de SWISSPETROL est la suivante:

2587 – 1230 m	Valanginien
2942 – 3289 m	Kimméridgien
3289 – 3617 m	Oxfordien
3617 – 3630 m	Callovien
3630 – 3785 m	Bathonien
3785 – 3865 m	Aalénien
3865 – 3986 m	Toarcien
3986 – 4001 m	Rhétien
4001 – 4022 m	Keuper

HYDROGÉOLOGIE

Un très grand nombre de petites sources alimentant les fermes éparses et les abreuvoirs sont réparties sur l'ensemble du territoire. Comme le pays est très habité, les sources non captées sont très rares. Ce sont alors des venues très modestes ou temporaires.

Le lever des sources est complété par celui des sources de la «Carte hydrogéologique du Canton de Vaud» par BADOUX & MAUTNER (1977), par celui, plus récent, de la «Carte des zones de protection des eaux du Canton de Fribourg» (OPEN 1994) et pour la région broyarde par le travail de PARRIAUX (1981).

Le fond des vallées, remplies d'alluvions dont une partie est constituée de sables et graviers contient d'importants aquifères qui sont exploités par pompage dans des puits. C'est le cas à Moudon (552.450/169.880), à Siviriez (557.930/167.460), à Oron-la-Ville (552.800/158.800) et au sud de Vuadens (567.440/161.970).

Le contact glaciolacustre sur moraine de fond donne de nombreuses sources, dont celles qui viennent d'être captées dans la vallée du Mausson (564.950/169.150). Un captage au sud d'Ursy (553.250/164.600) pompe les eaux dans un ancien sillon graveleux inframorphe.

Dans les grès de la formation des Couches de la Singine ou de celle des Couches du Belpberg, c'est souvent la couche d'altération superficielle, devenue poreuse par décalcification, qui sert de réservoir parfois drainé par des fissures

jusque sur le niveau basal imperméable de l'aquifère. Les eaux restituées sont alors fortement bicarbonatées calciques et donc très dures.

Au cours des siècles passés, de nombreuses galeries de captage ont été creusées dans la molasse; ces «mines» étaient le plus souvent implantées un peu au hasard par des sourciers. L'avancement était poursuivi jusqu'au moment où les suintements rencontrés dans des fissures ou au contact d'un niveau marneux suffisaient au maître d'œuvre. On signalera celle de Brenles (555.970/168.500) qui du territoire vaudois passe sur celui de Fribourg, celle de Chavannes-sur-Moudon (551.760/167.480), celles de Sepey (550.800/165.250) presque tarie en raison des récents drainages de surface, celle de Sepey Dessous (550.620/165.640) qui présente un beau drapage de stalactites et qui recoupe une ancienne petite gorge remplie de matériel morainique éboulé, celle des Fayes enfin (550.830/164.980) qui, comme beaucoup d'autres, n'a jamais donné une goutte d'eau.

Dans le Flysch du Gurnigel, seules les masses gréseuses tassées, fissurées ou éboulées constituent les réservoirs intéressants des sources pérennes. Signalons près de Semsales celles du Tey et environs (561.9/158.6), celle des Côtes (562.580/159.050) et celles de la Benda (565.580.159.430).

BIBLIOGRAPHIE

- ANATRA, S. (1986): Les faciès pélagiques de l'Ultraschweiz entre Arve et Simme. – Thèse Univ. Fribourg 884, (Multiprint, Fribourg).
- BADOUX, H. & MAUTNER, J. (1997): Cadastre des sources du Canton de Vaud: feuille 1224 Moudon, 1:25 000, avec notice explicative. – Département des Travaux Publics, Service de l'Aménagement régional et Service des Eaux, Lausanne.
- BEAUMONT, G. DE & WEIDMANN, M. (1981): Un crâne de *Plesictis* (Mammifère, Carnivore) dans la Molasse subalpine oligocène fribourgeoise, Suisse. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 75/4 (360), 249–256.
- BERGER, J.-P. (1983): Charophytes de l'«Aquitainien» de Suisse occidentale. Essai de taxonomie et biostratigraphie. – *Geobios* 16/1, 5–37.
- (1985): La transgression de la Molasse marine supérieure (OMM) en Suisse occidentale. – *Münchner geowiss. Abh. (A)* 5, 1–208.
- (1986): Biozonation préliminaire des charophytes oligocènes de Suisse occidentale. – *Eclogae geol. Helv.* 79/3, 897–912.
- (1992): Correlative chart of the European Oligocene and Miocene: Application to the Swiss Molasse Basin. – *Eclogae geol. Helv.* 85/3: 573–609.
- BERSIER, A. (1938): Recherches sur la géologie et la stratigraphie du Jorat. – *Mém. Soc. vaud. Sci. nat.* 6/3 (42), 65–192.
- (1942): L'origine structurale des collines et alignements morphologiques orientés du Plateau vaudois. – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 62 (258), 135–158.
- (1943): Rapport géologique et minier sur la région d'Oron (rapport inédit) – Archives géol. suisses (Berne) 24326.
- (1945a): Sédimentation molassique: variations latérales et horizons continus à l'Oligocène. – *Eclogae geol. Helv.* 38/2, 452–458.
- (1945b): Les indices de charbon du Parimbot près Ecublens-Rue (canton de Fribourg) (rapport inédit). – Archives géol. suisses (Berne) 24336.
- (1951): Les possibilités d'exploitation de charbon dans la région vaudoise d'Oron et de Palézieux (rapport inédit). – Archives géol. suisses (Berne) 7348. (de même: Archives Musée géol. Lausanne)
- (1953): Feuille Jorat (AS 304–307. Echallens–Sottens–Cheseaux–Corcelle-le-Jorat). – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 27.
- (1958a): Séquences détritiques et divagations fluviales. – *Eclogae geol. Helv.* 51/3, 854–893.
- (1958b): Exemples de sédimentation cyclothématique dans l'Aquitainien de Lausanne. – *Eclogae geol. Helv.* 51/3, 842–853.
- BOEGLI, J.-C. (1972): Géologie de la région au SE de Romont. – Thèse Univ. Fribourg 666 (Office multigraphe Renggli, Fribourg).
- BUCHER, H. (1985): Géologie de la région d'Oron. – Diplôme Inst. Géol. Univ. Lausanne (inédit).
- BURKHARD, M. (1990): Aspects of the large-scale Miocene deformation in the most external part of the Swiss Alps (Subalpine Molasse to Jura fold belt). – *Eclogae geol. Helv.* 83/3, 559–583.
- CARBONNEL, G., WEIDMANN, M. & BERGER J.-P. (1985): Les ostracodes lacustres et saumâtres de la Molasse de Suisse occidentale. – *Rev. Paléobiol. (Genève)* 4/2, 215–251.
- CARON, C. (1976): La nappe du Gurnigel dans les Préalpes. – *Eclogae geol. Helv.* 69/2, 297–308.
- CLAUDE, A. (1974): Un artisanat minier: charbon, verre, chaux et ciments au Pays de Vaud. – *Bibl. hist. vaud.* 54.

- CORMINBOEUF, P. (1959): Sur les couches de Cucloz-Villarvolard en Suisse occidentale. – *Eclogae geol. Helv.* 52/1, 271–294.
- (1961 a): Tests isolés de *Globotruncana mayaroensis* Bolli, *Rugoglobigerina*, *Trinitella* et *Heterohelicidae* dans le Maestrichtien des Alpettes. – *Eclogae geol. Helv.* 54/1, 107–122.
- (1961 b): Association de *Belemnitella* et de *Globotruncanidae* dans le Campanien supérieur des Alpettes (Préalpes externes fribourgeoises). – *Eclogae geol. Helv.* 54/2, 491–498.
- DUFOUR, G.H. (1860): Carte topographique 1:100 000 [«Carte Dufour»], feuille XII, Freiburg-Bern. – Office féd. Topographie, Wabern.
- ENGESSER, B. (1990): Die Eomyidae (Rodentia, Mammalia) der Molasse der Schweiz und Savoyens. – *Schweiz. paläont. Abh.* 112.
- ENGESSER, B., MAYO, N.A. & WEIDMANN, M. (1984): Nouveaux gisements de mammifères dans la Molasse subalpine vaudoise et fribourgeoise. – *Schweiz. paläont. Abh.* 107.
- ENGESSER, B., GINSBURG, L., WEIDMANN, M. & BUCHER, H. (1993): Les faunes de mammifères et l'âge de la Molasse grise de Lausanne (Aquitainien). – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 82/3, 209–259.
- FASEL, J.-M. (1981): Etude sédimentologique et cartographie de la Molasse subalpine dans la région de Bulle. – Diplôme Inst. Géol. Univ. Fribourg (inédit).
- (1986): Sédimentologie de la Molasse d'eau douce subalpine entre le Léman et la Gruyère. – Thèse Univ. Fribourg 907 (Quick-Print, Fribourg).
- GABUS, J.-H. (1958): L'Ultrahelvétique entre Derborence et Bex (Alpes vaudoises). – *Matér. Carte géol. Suisse* [n.s.] 106.
- GAGNEBIN, E. (1924): Description géologique des Préalpes bordières entre Montreux et Semsales. – *Mém. Soc. vaud. Sci. nat.* 2/1.
- GAILLARD, M.-J. (1984): Etude palynologique de l'évolution tardi- et postglaciaire de la végétation du Moyen-Pays romand (Suisse). – *Dissertationes bot.* 77, 1–322.
- GÉTAZ, H. (1977): Aménagement de la Mortivue à Semsales [contribution du canton de Fribourg]. In: 1877–1977 Protection contre les crues en Suisse. 100 ans de loi fédérale sur la police des eaux (p. 96–97) – *Veröff. Eidg. Amt Strassen- u. Flussbau* (Bern).
- GIRARD, R. DE (1896): Notice géologique et technique sur les produits minéraux bruts du Canton de Fribourg. – Rey et Malavallon, Genève.
- GORIN, G.E., SIGNER, C. & AMBERGER, G. (1993): Structural configuration of the western Swiss Molasse Basin as defined by reflection seismic data. – *Eclogae geol. Helv.* 86/3, 693–716.
- HABICHT, J.K.A. (1987): Lexique stratigraphique international, Vol. I Europe, Fasc. 7 Suisse, 7b Plateau suisse (Molasse). – *Comm. géol. suisse et Serv. hydrol. géol. natl.*
- JEANBOURQUIN, P. (1992): Les mélanges des Préalpes internes entre Arve et Rhône (Alpes occidentales franco-suissees). – *Eclogae geol. Helv.* 85/1, 59–83.
- LATELTIN, O. (1988): Les dépôts turbiditiques oligocènes d'avant-pays entre Annecy (Haute-Savoie) et le Sanetsch (Suisse). Grès de Taveyannaz et du Val d'Illeiz. – Thèse Univ. Fribourg 949 (Impr. St-Paul, Fribourg).
- LAUBSCHER H. (1992): Jura kinematics and the Molasse Basin. – *Eclogae geol. Helv.* 85/3, 653–675.
- LEJAY, A. (1991): Stratigraphie haute-résolution des dépôts de marées du bassin molassique suisse. – Thèse Univ. L. Pasteur, Strasbourg.
- LETSCH, E. & RITTER, E. (1925): Die schweizerischen Molassekohlen III. – *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 12.
- MAIGNAN, M. (1987): L'histoire des exploitations houillères vaudoises (d'après la thèse de M. André Claude, Lausanne). – *Minaria helv.* 7, 16–29.

- MAURER, H. (1983): Sedimentpetrographische Analysen an Molasseabfolgen der Westschweiz. – Jb. geol. Bundesanst. (Wien) 126/1, 23–69.
- MAURER, H. & NABHOLZ, W. (1980): Sedimentpetrographie in der Molasse-Abfolge der Bohrung Romanens 1 und in der benachbarten subalpinen Molasse (Kt. Fribourg). – *Eclogae geol. Helv.* 73/1, 205–222.
- MOREL, R. (1980): Géologie du massif du Niremont (Préalpes romandes) et de ses abords. – Thèse Univ. Fribourg 783 et Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 69/2, 99–207.
- MORNOD, L. (1947): Extension et position de la Série de Cucloz à la base du Niremont et des Pléiades. – *Eclogae geol. Helv.* 39/2 (1946), 144–153.
- (1949): Géologie de la région de Bulle (Basse Gruyère). Molasse et bord alpin. – Matér. carte géol. Suisse [n.s.] 9/1.
- MUSY, M. (1919): Le charbon en territoire fribourgeois dans la vallée de la Mionnaz. – *Nouvelles Etrennes fribourgeoises* 52, 10–16.
- OPEN (1994): Carte des zones de protection des eaux du Canton de Fribourg, feuille 1224 Moudon, 1:25 000. – Office cantonal de la Protection des Eaux, Fribourg.
- PARRIAUX, A. (1976): Élément hydrographique fossile dans la Broye moyenne. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 73/1, 51–65.
- (1981): Contribution à l'étude des ressources en eau du bassin de la Broye. – Thèse EPF-Lausanne 393.
- PIFFNER, O. A. (1992): Deformation of the Subalpine molasse. – *Eclogae geol. Helv.* 85/3, 778–779.
- PLANCHEREL, R. (1979): Aspects de la déformation en grand dans les Préalpes médianes plastiques entre Rhône et Aar. Implications cinématiques et dynamiques. – *Eclogae geol. Helv.* 72/1, 145–214.
- PUGIN, A. (1989): Déglaciation dans la vallée préalpine de la Sarine en Gruyère: une analyse sédimentologique. – *Eclogae geol. Helv.* 82/1, 285–324.
- REICHENBACHER, B. & WEIDMANN, M. (1992): Fisch-Otolithen aus der oligo-/miozänen Molasse der West-Schweiz und der Haute-Savoie (Frankreich). – *Stuttgarter Beitr. Natkd. (B)* 184, 1–83.
- RIEDIGUER, I. A. (1725): Carte du Baillage de Moudon et de la Délimitation, env. 1:20 000. – Arch. cant. vaud. GC 489.
- SCHEGG, R. (1992): Thermal maturity of the Swiss Molasse Basin: Indications for paleogeothermal anomalies? – *Eclogae geol. Helv.* 85/3, 745–764.
- (1993): Thermal maturity and history of sediments in the North Alpine Foreland Basin (Switzerland, France). – Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève 15.
- SCHMIDT, B. (1985): Etude palynologique de la tourbière d'Echarlens (Fribourg). – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 77/4 (368), 305–325.
- SCHOEPFER, P. (1989): Sédimentologie et stratigraphie de la Molasse marine supérieure entre le Gibloux et l'Aar. – Thèse Univ. Fribourg 965 (Impr. St-Paul, Fribourg).
- SCHUPPLI, H. M. (1950): Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz. Ölgeologische Untersuchungen im Schweizer Mittelland zwischen Solothurn und Moudon – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 26/3.
- STUIJVENBERG, J. VAN (1979): Geology of the Gurnigel area (Prealps, Switzerland). – Matér. Carte géol. Suisse [n.s.] 15/1.
- TRÜMPY, R. & BERSIER, A. (1954): Les éléments des conglomérats oligocènes du Mont-Pèlerin. Pétrographie, statistique, origine. – *Eclogae geol. Helv.* 20/2, 259–274.
- VIAL, J.-C. (1988): Historique des mines de St-Martin-Progens. – *Minaria helv.* 8a, 6–18.

- WEIDMANN, M. (1982a): Le bassin molassique suisse: généralités. In: JUNG, P. (coord.): Nouveaux résultats biostratigraphiques dans le bassin molassique depuis le Vorarlberg jusqu'en Haute-Savoie. Projet P.I.C.G. 73/I/25, sect. 5. – Docum. Lab. Géol. Lyon, H.S. 7, 7–10.
- (1982b): Situation et description des coupes visitées en 1978. In: JUNG, P. (coord.): Nouveaux résultats biostratigraphiques dans le bassin molassique depuis le Vorarlberg jusqu'en Haute-Savoie. Projet P.I.C.G. 73/I/25, sect. 5. – Docum. Lab. Géol. Lyon, H.S. 7, 11–24.
- (1985): Géologie des Pléiades. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 77/3 (367), 195–204.
- (1987): Aperçu géologique des bassins charbonniers molassiques de Vaud et Fribourg. – Minaria helv. 7, 9–15.
- (1988): Feuille 1243 Lausanne. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 85.
- (1993): Feuille 1244 Châtel-St-Denis. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 92.
- WEIDMANN, M., MOREL, R. & STUIJVENBERG, J. VAN (1976): La nappe du Gurnigel entre la Baye de Clarens et la Veveyse de Châtel. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 65/3, 182–196.
- WEIDMANN, M. & REICHEL, M. (1979): Traces de pattes d'oiseaux dans la Molasse suisse. – Eclogae geol. Helv. 72/3, 953–971.
- WEIDMANN, M., HOMEWOOD, P. & FASEL, J.-M. (1982): Sur les terrains subalpins et le Wildflysch entre Bulle et Montreux. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 76/2 (362), 151–183.
- WINKLER, W., GALETTI, G. & MAGGETTI, M. (1985): Bentonite im Gurnigel-, Schlieren- und Wägital-Flysch: Mineralogie, Chemismus, Herkunft. – Eclogae geol. helv. 78/3, 545–564.

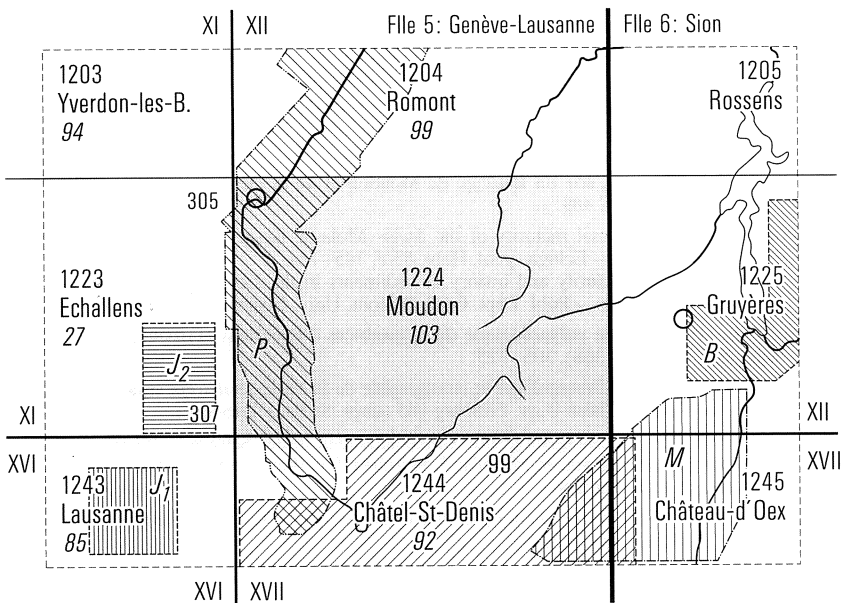


Fig. 1: Répartition des cartes géologiques publiées avec fond topographique.

CARTES GÉOLOGIQUES PUBLIÉES

(avec topographie)

Carte géologique générale de la Suisse 1:200 000

- Flle 5 Genève–Lausanne, par P. CHRIST, 1948.
 Flle 6 Sion, par P. CHRIST, 1942.

Carte géologique de la Suisse 1:100 000

- Flle XI Pontarlier–Yverdon, par A. JACCARD, 1868.
 Flle XII Freyburg–Bern, par V. GILLIÉRON, A. JACCARD & I. BACHMANN, 1879.
 Flle XVI Genève–Lausanne, par A. JACCARD, 1868.
 Flle XVII Vevey–Sion, par E. FAVRE, E. RENEVIER, G. ISCHER et al., 1883.

Atlas géologique de la Suisse 1:25 000

- N° 27 Jorat (AS 304–307), par A. BERSIER, 1952.
 N° 85 Lausanne (CN 1243), par M. WEIDMANN, 1988.
 N° 92 Châtel-St-Denis (CN1244), par M. WEIDMANN, P. HOMEWOOD, R. MOREL et al., 1993.
 N° 94 Yverdon-les-Bains (CN 1203), par H.-A. JORDI, 1994.
 N° 99 Romont (CN 1204), par M. WEIDMANN, A. BRIEL & H. INGLIN, 1995.

Cartes géologiques spéciales

- N° 99 Carte géologique des Préalpes entre Montreux et le Moléson et du Mont Pèlerin, 1:25 000, par E. GAGNEBIN, 1922.

Autres cartes (depuis 1900)

- B* BÜCHI, O. (1923): Geologische Karte der Préalpes externes zwischen Valsainte und Bulle, 1:25 000. In: Geologische Untersuchungen im Gebiete der Préalpes externes zwischen Valsainte und Bulle. – Diss. Univ. Zürich (Rhenania-Druckerei, Bonn).
- J₁* JACCARD, F.: Carte géologique des environs de Savigny, 1:25 000. In: BIERMANN, CH. (1910): Le Jorat. Esquisse géographique. – Bull. Soc. neuchât. Géogr. 20, 5–116.
- J₂* JACCARD, F.: Carte géologique des environs de Corcelles-le-Jorat, 1:25 000. In: BIERMANN, CH. (1910): Le Jorat. Esquisse géographique. – Bull. Soc. neuchât. Géogr. 20, 5–116.
- M* MAUVE, C.C. (1921): Geologische Karte des Molésongebietes, 1:25 000. In: Geologische Untersuchungen im Molésongebiet. – Eclogae geol. Helv. 16, 374–455.
- P* PARRIAUX, A. (1980): Broye hydrogéologie: Carte hydrogéologique, 1:25 000. In: (1981): Contribution à l'étude des ressources en eau du bassin de la Broye. – Thèse EPF-Lausanne 393.

Bases topographiques

1203–1205	}	Feuilles de la Carte nationale de la Suisse 1:25 000
1223–1225		
1243–1245		
305, 307		Feuilles de l'Atlas Siegfried 1:25 000

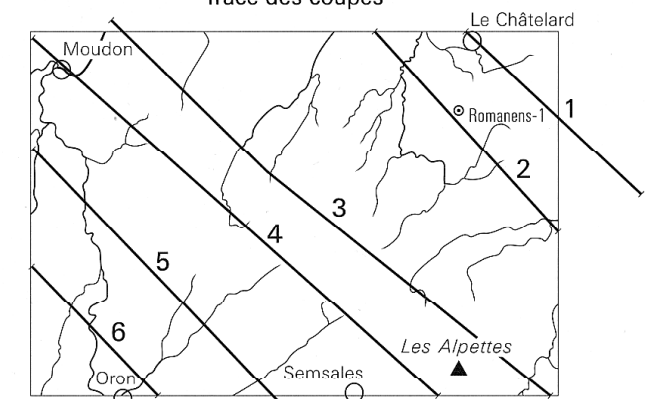
Coupes géologiques à travers la région de la feuille Moudon (I)

par
Jacques H. Gabus

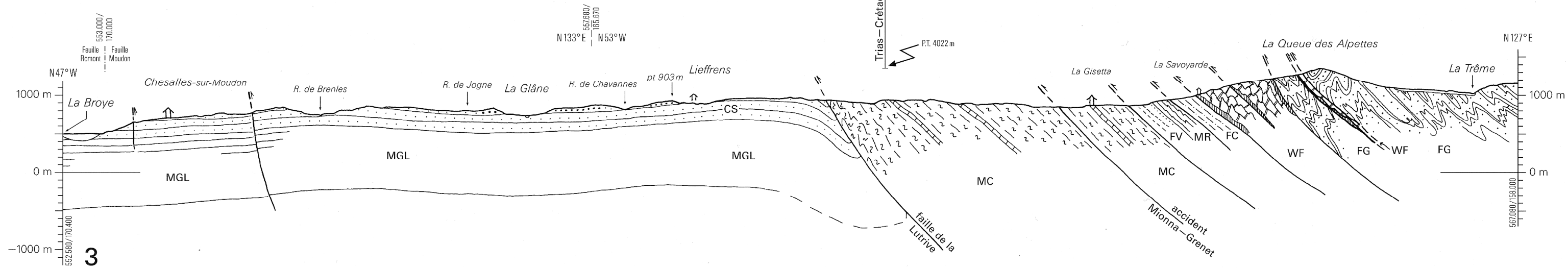
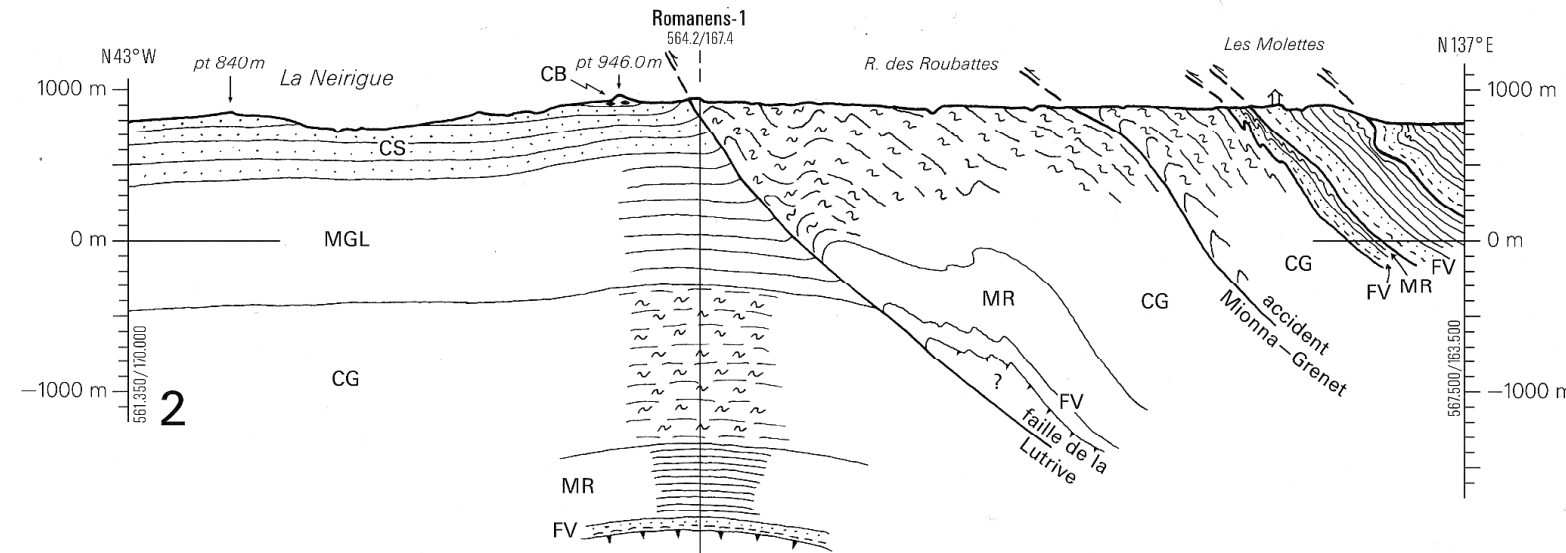
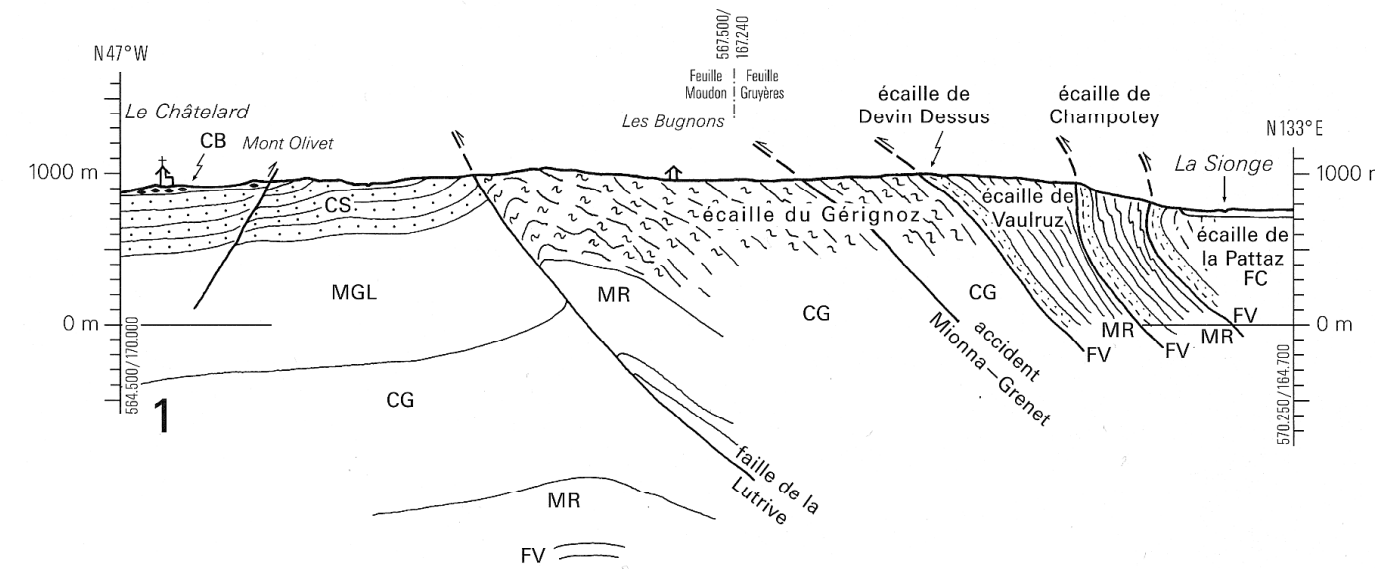
Echelle 1:50 000

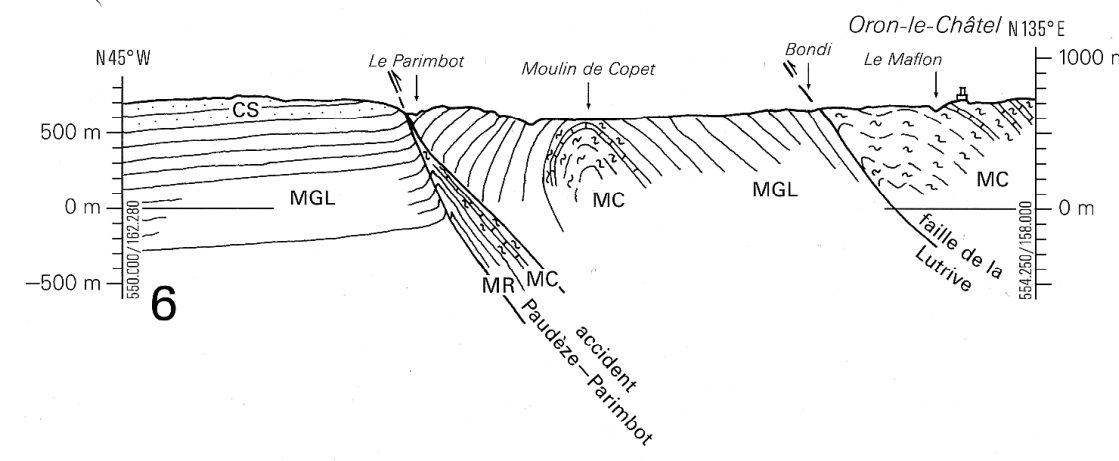
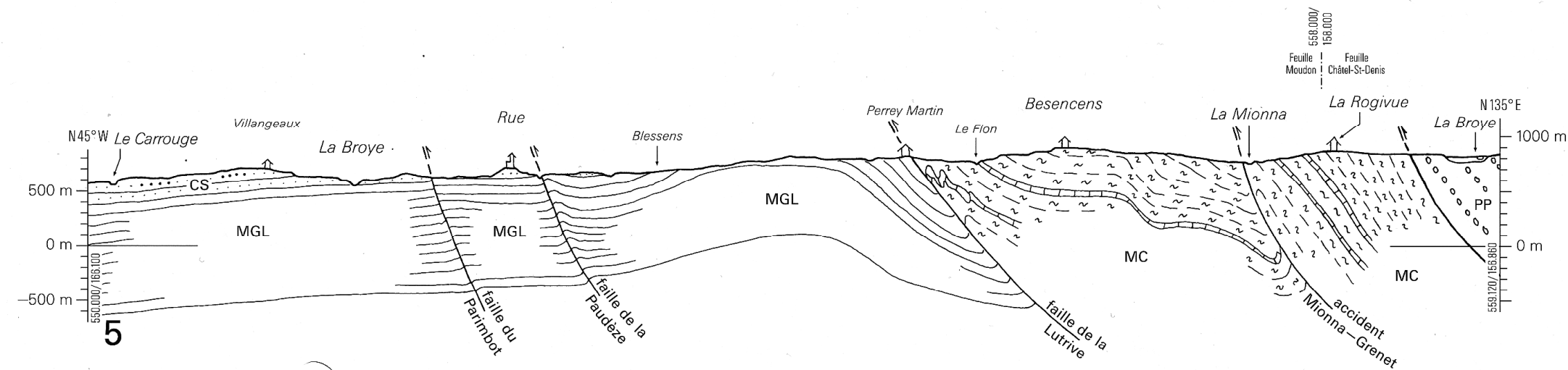
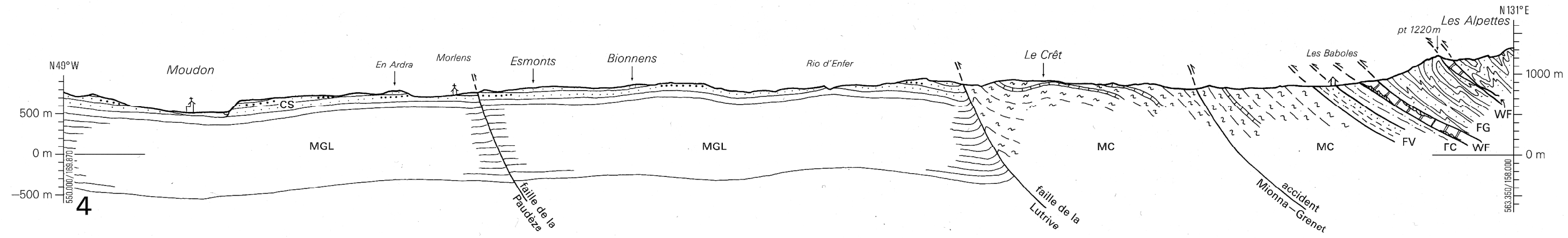


Tracé des coupes



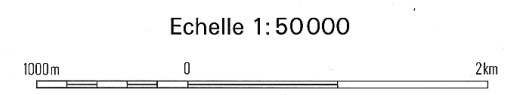
- Molasse du Plateau et Molasse subalpine**
- CB Couches du Belpberg
 - CS Couches de la Singine
 - MGL Molasse grise de Lausanne
 - MC Molasse à charbon (avec lits de charbon, de calcaire)
 - CG Couches du Gérignoz
 - MR Molasse rouge, couches de Chaffa
 - FV Formation de Vaulruz (grès, marnes)
 - WF Formation du Wildflysch subalpin (à olistolithes d'Ultrahelvétique)
 - FC Formation de Cucloz
- Molasse marine supérieure (OMM)**
- Molasse d'eau douce inférieure (USM)**
- Molasse marine inférieure (UMM)**
- Nappe du Gurnigel**
- FG Flysch du Gurnigel
 - Dépôts quaternaires





- Molasse du Plateau et Molasse subalpine**
- | | | |
|-----|---|--------------------------------------|
| CS | Couches de la Singine | Molasse marine supérieure (OMM) |
| MGL | Molasse grise de Lausanne | Molasse d'eau douce inférieure (USM) |
| MC | Molasse à charbon (avec lits de charbon, de calcaire) | |
| MR | Molasse rouge, couches de Chaffa | |
| PP | Poudingues du Mont-Pèlerin | |
| FV | Formation de Valruz (grès, marnes) | Molasse marine inférieure (UMM) |
| WF | Formation du Wildflysch subalpin (à olistolithes d'Ultrahelvétique) | |
| FC | Formation de Cucloz | |
- Nappe du Gurnigel**
- | | |
|----|--------------------|
| FG | Flysch du Gurnigel |
|----|--------------------|
- Dépôts quaternaires

Tracé des coupes: voir Planche I



Coupes géologiques à travers la région de la feuille Moudon (II)

par
Jacques H. Gabus