

Geologischer Atlas der Schweiz

Atlas géologique de la Suisse

1:25 000

Feuille

1205 Rossens

Topographie: Carte nationale de la Suisse 1: 25 000

(Feuille 105 de l'Atlas)

Notice explicative

par

MARC WEIDMANN

Avec la contribution de J. VAN STUIJVENBERG

Avec 7 figures et 3 planches

2005

Herausgegeben vom Bundesamt für Wasser und Geologie

Publié par l'Office fédéral des eaux et de la géologie

Recommandation pour la citation en bibliographie:

Carte:

WEIDMANN, M., DORTHE, J.-P. & EMMENEGGER, C. (2002): Feuille 1205 Rossens. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 105.

Notice explicative:

WEIDMANN, M. (2005): Feuille 1205 Rossens. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 105.

Diffusion: Office fédéral de topographie, CH-3084 Wabern

© 2005, Office fédéral des eaux et de la géologie, CH-3003 Berne-Ittigen. – 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 3-906723-79-8

TABLE DES MATIÈRES

Préface.....	4
Introduction.....	5
Stratigraphie.....	8
Molasse du Plateau.....	8
Molasse d'eau douce inférieure – USM.....	8
Molasse marine supérieure – OMM.....	9
Molasse subalpine.....	17
Molasse marine inférieure – UMM.....	17
Molasse d'eau douce inférieure – USM.....	20
Mélange infrapréalpin.....	24
Nappe du Gurnigel.....	26
Quaternaire.....	30
Généralités.....	30
Pléistocène.....	31
Holocène.....	46
Morphologie.....	53
Pédologie.....	54
Tectonique.....	54
Matériaux exploitables.....	61
Hydrogéologie.....	66
Données géophysiques.....	69
Bibliographie.....	74
Cartes géologiques publiées.....	84

PRÉFACE

La feuille Rossens de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000 (feuille N° 105) couvre un territoire entièrement fribourgeois en bordure du relief préalpin. De Marly – aux portes de Fribourg – au lac de la Gruyère s'étend son secteur molassique, au modelé de collines et de plateaux profondément entaillé par la Glâne, la Sarine et la Gérine. Au sud-ouest, le relief du Gibloux montre le redressement et le plissement de la Molasse du Plateau devant la poussée de la Molasse subalpine qui la borde vers le sud. L'angle sud-est de la feuille est occupé par le front des Préalpes, avec ses formations d'origine pennique, venues loin du sud.

S'appuyant sur les données fournies par les travaux de thèse de EMMENEGGER (1961, partie orientale de la feuille) et de DORTHE (1962, partie occidentale de la feuille), le Dr Marc Weidmann a réalisé, de 1992 à 1995, et sur mandat de l'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), un relevé géologique complet de la feuille Rossens, y compris la partie préalpine non encore cartographiée. Dans ce cadre, une étude chronostratigraphique par nannoplancton du Flysch du Gurnigel a été confiée au Dr J. van Stuijvenberg. Grâce aux nombreux contacts qu'il a su développer avec les bureaux d'ingénieurs et de géologues, avec les diverses autorités cantonales et avec ses collègues spécialistes intéressés à la cartographie géologique, l'auteur a pu fournir à l'OFEG un document de synthèse à l'échelle 1:25 000 extrêmement riche en informations et de haute qualité scientifique.

Des circonstances malheureuses, liées entre autres à l'absence de ressources adéquates, ont retardé de façon regrettable la parution de cette notice explicative. Elle fut rédigée en 1996 avec quelques adaptations entre 2001 et 2004. Faute de moyens, et en accord avec l'auteur, nous avons renoncé à en refaire une révision approfondie avant sa parution. Il se peut que quelques données récentes n'y soient pas mentionnées et nous prions le lecteur de nous en excuser. Les révisions en cours de la stratigraphie du Quaternaire, en particulier, n'ont guère pu être prises en compte et la nomenclature, considérée maintenant comme obsolète a quand même été conservée.

L'OFEG remercie les auteurs qui ont bien voulu mettre leurs levés à disposition, M. Weidmann pour son travail de recherche d'informations et la minutie de ses levés, et toutes les personnes et institutions qui, à un titre ou à un autre, ont contribué à la réalisation de la carte Rossens et de sa notice explicative.

Aout 2005

Office fédéral des eaux et de la géologie
Cartographie géologique

INTRODUCTION

Les premières descriptions géologiques du territoire de la feuille Rossens remontent à 1808–1809; sommaires, mais fort pertinentes, elles se trouvent dans les lettres que le chanoine fribourgeois C.-A. Fontaine écrivait au Comte de Montlosier à Paris (lettres publiées par DAGUET en 1852).

A part l'«affaire du gaz inflammable du Burgerwald» qui attira en 1840 l'attention des naturalistes sur notre contrée, il n'y eut pas de travaux géologiques importants avant que GILLIÉRON publie en 1885 son excellente carte au 1:100 000 qui fut accompagnée d'un volumineux mémoire explicatif.

Entre 1890 et 1930, plusieurs thèses d'inégale valeur traitant de notre région ont été soutenues à l'Université de Fribourg; elles ont apporté d'utiles compléments à la connaissance des formations du Quaternaire ou de l'évolution morphologique du Pays de Fribourg et elles seront citées plus loin. La thèse de TERCIER (1928) est la seule qui comporte une carte géologique au 1:25 000; cette carte manuscrite est conservée dans les archives de l'Institut de Géologie de Fribourg, elle couvre notamment le secteur sud-est de la feuille Rossens comprenant le Flysch du Gurnigel, la Molasse subalpine et son contact basal. Sur la prolongation orientale de ce secteur, les levés de J. Tercier ont été publiés sur la feuille Gurnigel (N°36) de l'Atlas géologique (TERCIER & BIERI, 1961).

En 1935–1936, J. Kopp, géologue de la «Petroleum Experten Kommission» (P.E.K.) mandatée par la Confédération, dessine une carte structurale et des profils du Plateau fribourgeois et de sa bordure subalpine (KOPP 1936): les traits essentiels de la structure régionale sont désormais reconnus et dénommés. Ce travail de pionnier est longtemps resté confidentiel; un résumé en fut toutefois publié (KOPP 1946), de même que la carte redessinée au 1:100 000 (SCHUPPLI 1950).

Les études préliminaires, puis la construction du barrage de Rossens et de ses ouvrages annexes entre 1940 et 1948 (BRUTTIN 1951, COCHARD et al. 1988) ont motivé de nouvelles études locales de la Molasse et du Quaternaire, notamment des anciens cours de la Sarine et de ses affluents (TERCIER 1947 et rapports inédits; MORNOD 1947), que SCHARDT (1920) et BÜCHI (1926) avaient déjà esquissés.

De 1935 à 1953, O. Büchi avait été chargé par la Commission géologique suisse de lever les feuilles Marly, Matran et Farvagny de la carte Siegfried au 1:25 000 et de réviser la feuille La Roche préalablement levée par J. Tercier. La carte de Büchi était terminée lorsqu'elle fut consultée par Dorthé et par Emmenegger vers 1960; mais elle a malheureusement disparu après le décès de son auteur en 1966.

Le secteur molassique de la feuille Rossens fut ensuite cartographié au 1:10 000 et décrit en détail par les thèses de EMMENEGGER (1961, partie orientale de la feuille) et de DORTHE (1962, partie occidentale).

Au cours des 30 dernières années, plusieurs monographies ont approfondi nos connaissances sur la Molasse (BERGER 1985, SCHOEPPFER 1989, LEJAY 1992), sur le Quaternaire (VAN DER MEER 1982) ou sur l'hydrogéologie de la région (SCHMID 1969, THIERRIN 1990). De plus, le très rapide développement du Plateau fribourgeois a motivé un grand nombre d'études ponctuelles ou régionales qui n'ont pas été publiées, mais que j'ai pu consulter: recherches d'eau ou de gravier, étude et exécution de l'autoroute A12, divers autres grands travaux de génie civil, de prospection pétrolière, etc.

Mandaté par le Service hydrologique et géologique national (SHGN), aujourd'hui Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), j'ai à nouveau, en 1992–1995, entièrement cartographié la feuille Rossens au 1:10 000. Ce travail a largement profité des observations notées par mes prédécesseurs (EMMENEGGER 1961, DORTHE 1962) et de documents inédits dus à J. van Stuijvenberg dans la partie sud-est de la feuille. J'ai également pu consulter les travaux de diplôme présentés à l'Institut de Géologie de Fribourg (FÜRST 1993, GHIRLANDA 1993) et à l'Institut de Géophysique de Lausanne (LIACI & MARESCOT 1998).

Une riche documentation géologique et géophysique fut mise à ma disposition par les Archives géologiques suisses (AGS) à Berne (aujourd'hui Service d'Informations Géologiques, OFEG), par des bureaux d'études, par des administrations publiques, par des collègues enfin qui ont tous généreusement répondu à mes demandes. J'ai donc le plaisir de remercier pour leur aide:

- les bureaux ABAGéol, A. Briel, C.S.D., Géolina, Géotest, G. Schmutz, Ph. Zahner, tous à Fribourg, ainsi que le bureau Müller & Perrottet à Marly.
- l'hydrogéologue cantonal F. Becker, le Service archéologique cantonal, le Bureau de construction des autoroutes fribourgeoises.
- les Instituts de géologie des universités de Fribourg (C. Caron, C. Emmenegger, R. Plancherel, J.-P. Berger) et de Genève (W. Wildi, A. Pugin, C. Signer et R. Schegg).
- M. Bouzelboudjen (CHYN, Neuchâtel), B. Engesser (Musée d'histoire naturelle de Bâle), J.-H. Gabus (Vulliens), H.A. Jordi (Herrenschwanden), U. Menkveld-Gfeller (Musée d'histoire naturelle de Berne), C. Python (Fribourg), D. Rigassi (Genève) et J. van Stuijvenberg (Ostermundigen).
- la Direction des Travaux publics du canton de Fribourg, la Société Swisspetrol S.A. (Zürich) et M.R. Multone (Monthey) qui ont autorisé la consultation de la documentation pétrolière concernant la feuille Rossens.

La carte figure un grand nombre de sondages, sélectionnés parmi tous ceux qui ont été exécutés sur le territoire de la feuille et dont j'ai eu connaissance des profils, établis par des géologues, des géotechniciens ou des sondeurs. N'ayant jamais vu personnellement ces sondages, j'ai dû souvent réinterpréter ces données disparates, acquises à partir de déblais et non de carottes pour ce qui concerne la plupart des sondages relativement profonds, tels ceux des sondes thermiques ou des calibrages sismiques (sondages «VT»).

J'ai figuré la géologie des rives du lac de la Gruyère, telle qu'on peut la voir lorsque le lac est plein. Je n'ai que très occasionnellement débordé dans le lac pour améliorer la lecture de la carte. J'ai cependant reporté sur celle-ci des pendages mesurés par J. Kopp et par J. Tercier avant la mise en eau du lac en 1948.

Situation géographique et géomorphologique de la feuille 1205 Rossens

Le territoire couvert par la feuille Rossens appartient entièrement au canton de Fribourg.

La structure de la Molasse se marque peu dans la morphologie du Plateau qui est avant tout dictée par l'action érosive des glaciers rhodanien et sarinien, ainsi que par leurs dépôts morainiques ou fluviolacustres qui atteignent souvent plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Il en résulte un paysage au relief peu accusé de collines aux formes arrondies (drumlins ou buttes molassiques), séparées par des dépressions marécageuses.

Le pays est drainé vers le nord par la Glâne, la Sarine, la Gérine (ou Ärgera) et par leurs affluents respectifs. Ces trois rivières principales suivent un cours épigénique postglaciaire sur presque toute leur longueur, d'où de profondes et étroites gorges incisées dans la Molasse et donc peu visibles de loin; seule la Gérine s'inscrit localement dans le paysage par une vallée relativement large. Les anciens réseaux fluviatiles (préglaciaires, interglaciaires ou interstadières würmiens) n'ont quasiment pas laissé de trace dans la morphologie actuelle qui est donc très récente.

Au sud de la feuille, le relief s'accroît et devient alors entièrement molassique dans les massifs du Gibloux, de la Combert, de la Feyla et vers St-Silvester: ces plus fortes pentes sont dues aux bancs conglomératiques résistants des Couches du Belpberg.

Le plan de chevauchement de la Molasse subalpine, souvent décalé par une succession de décrochements sénestres, n'influence pas beaucoup la morphologie; il en est de même des écaillles molassiques plus ou moins replissées qui lui font suite vers le sud. Ces dernières sont en effet très souvent masquées par d'importants glissements de terrain et par les moraines de petits appareils glaciaires locaux.

La crête Berra–Cousimbert–Chrüzflue, ainsi que les pentes boisées et escarpées qui la précèdent à l'ouest et au nord, sont déterminées par un flysch gréseux appartenant à la nappe du Gurnigel. Tout l'angle sud-est de la feuille (Plas-selschlund, Kapberg, Höllbach) est occupé par les différentes formations, alternativement tendres et dures, de cette même nappe du Gurnigel, par les importants glissements de terrain qu'elle motive, ainsi que, localement, par une forte couverture de glaciaire local.

STRATIGRAPHIE

MOLASSE DU PLATEAU

Molasse d'eau douce inférieure – USM

(Oligocène supérieur – Miocène inférieur)

m₁ **Formation de la Molasse grise de Lausanne** (Aquitanien) (NECKER 1841)

Voir dans le lexique de HABICHT (1987, p. 256ss) les généralités concernant cette formation: synonymie, localité-type, description, littérature, etc.

Les grès et marnes bariolées de cette formation d'origine fluvio-terrestre n'affleurent, très médiocrement, qu'à Prez-vers-Noréaz dans l'angle nord-ouest de la feuille. Ils existent aussi, cachés sous les dépôts du Quaternaire, dans le versant gauche du Galtera (Gotteron) au nord d'Etiwil, sur la limite avec la feuille 1185 Fribourg. Les mêmes couches ont été traversées par un sondage implanté à Matran (573.910/181.360/590 m), dès 170–180 m de profondeur (= environ cote +415 m) et jusqu'à 330 m (= cote +260 m, profondeur totale).

On trouvera des descriptions plus complètes de cette formation dans les notices explicatives des feuilles voisines de Fribourg (PYTHON et al. 1998) et de Romont (WEIDMANN 1996). Rappelons que l'épaisseur de la Molasse grise de Lausanne dans les sondages proches de la feuille Rossens est, d'après MAURER (1983) et MAURER & NABHOLZ (1980), supérieure à 600 m à Courtion-1, de 870 m à Romanens-1 et de 910 m à Sorens-1. La limite supérieure de la Molasse grise de Lausanne est en général bien visible dans la morphologie, car les grès sus-jacents de l'OMM déterminent des pentes nettement plus accentuées que celles de l'USM avec ses alternances de grès et de marnes. Il n'y a pas de discordance visible entre les deux formations et on n'a pas jusqu'ici pu y démontrer l'existence d'une lacune importante (BERGER 1985), la transgression de l'OMM ayant été rapide. Elle est datée de $20,2 \pm 0,1$ millions d'années (STRUNCK 2001).

Rappelons que l'âge de la Molasse grise de Lausanne, dans sa région-type, est l'Aquitanien (BERGER 1983, ENGESSER et al. 1993).

Molasse marine supérieure – OMM

(Miocène inférieur)

m₂ Couches de la Singine (Burdigalien inférieur) («Sense-Schichten», RUTSCH 1966)

Voir dans le lexique de HABICHT (1987, p.361s) et dans la thèse de SCHOEPPER (1989, p. 165s) les généralités concernant cette formation non encore formellement définie: synonymie, localité-type, description, âge, littérature, etc.

Lithologie

Grès: Ils forment à eux seuls la quasi-totalité de la formation. Ce sont des grès gris, gris-bleu ou verdâtres, beiges ou jaunes à l'altération, fins à moyens. Leur ciment carbonaté est peu abondant et ils ne sont généralement pas très durs. Les composants en sont, par importance décroissante: quartz, feldspaths, micas-chlorite, glauconie, grains calcaires, opaques et minéraux lourds. Rappelons que le faciès des grès coquilliers n'affleure pas sur la feuille Rossens, mais seulement dans des secteurs plus distaux du bassin; toutefois, la carrière de la Perreire/Lovens (567.8/180.4) a été exploitée dans un faciès qui rappelle un peu celui du grès coquillier, en plus friable (GILLIÉRON 1885, p. 384).

Conglomérat: On n'observe pas, sur la feuille Rossens, le «niveau inférieur de molasse conglomératique» qui souligne la base des Couches du Maussion (MORNOD 1949), pas plus que la «Scherli-Nagelfluh» (RUTSCH 1933) qui occupe la même position à l'est de notre feuille, où elle fut distinguée par KOPP (1936).

Plus haut dans la série, il n'y a pas de véritable niveau étendu de conglomérat, mais seulement des lentilles conglomératiques en remplissage de chenaux («lag-deposits»), des cordons de galets ou des galets isolés dans les grès. Quelques accumulations plus importantes ont été notées sur la carte comme *niveau de micropoudingue*; elles sont plus fréquentes et plus épaisses dans la moitié sud-est de la feuille et dans la partie supérieure de la formation. Les galets dépassent rarement 10 cm de diamètre, quoique EMMENEGGER (1961, p.23) en signale qui atteignent 40 cm. Ce sont surtout des roches siliceuses dures: granite, diorite, porphyre quartzifère, gneiss, quartzite, radiolarite, accompagnées de rares calcaires et grès (CRAUSAZ 1959, p. 56).

Marnes: Le «niveau supérieur des grès plaquetés et des grès à enclaves marneuses» (MORNOD 1949) existe dans le ruisseau de Villarlod (568.3/172.2) et dans celui de Villarsiviriaux vers 810–820 m: ce sont des brèches à galets mous remplissant des chenaux de marée, ainsi que des glissements de berges de chenaux, qui remanient des dépôts d'estran silto-argileux. Ce niveau n'a pas été distingué sur la carte, bien qu'il ressemble parfois aux «Couches de Montécù» (EMMENEGGER 1961, p. 51ss) qui, elles, ont été cartographiées séparément

(niveau marno-silteux). Ces dernières sont faites de marnes silteuses et de grès fins plaquetés qui soulignent le sommet des Couches de la Singine et qui atteignent 280 m d'épaisseur d'après EMMENEGGER (1961, p. 81). On observe cette série depuis le Praudo à l'ouest (577.8/174.4) jusque vers St-Silvester à l'est (582.700/176.350). Elle est toujours fortement bioturbée et les traces fossiles observées appartiennent aux ichnofaciès à *Scolithos* et à *Cruziana* qui indiquent un milieu intertidal ou subtidal peu profond. On y trouve parfois des foraminifères benthiques bien conservés. Ce faciès à tendance marno-silteuse du sommet des Couches de la Singine se poursuit encore vers l'est: ce sont les «Mergelige Platensandsteine» de SCHMID (1970).

D'autres niveaux marno-silteux associés à des grès fins plaquetés, épais de quelques décimètres à plusieurs mètres, sont parfois présents plus bas dans la formation. Citons les plus importants: ruisseau du Roule (579.870/180.840), Buntschumühlibach (583.300/180.200) ou encore ruisseau du Rialet à l'ouest d'Ependes (576.750/178.050).

Minéraux lourds: Le spectre des minéraux lourds des Couches de la Singine n'a jamais été étudié sur le territoire de la feuille Rossens. Il a par contre été déterminé par MAURER & NABHOLZ (1980) dans le sondage Romanens-1 (564.2/167.4), où il est identique à celui de la Molasse grise de Lausanne sous-jacente: association épidote-grenat-apatite avec tourmaline-zircon subordonnés.

Faciès et environnement de dépôt

L'étude de l'agencement réciproque des diverses lithologies, de leurs épaisseurs, des structures sédimentaires et de leur variation dans l'espace, c'est à dire l'analyse des faciès, a permis de reconstituer les milieux et les rythmes de la sédimentation de l'OMM, notamment dans le territoire qui s'étend entre les Préalpes fribourgeoises et le lac de Neuchâtel (HOMEWOOD 1981, ALLEN et al. 1985, BERGER 1985, HOMEWOOD et al. 1989, LEJAY 1992). On trouvera dans les travaux de SCHOEPFER (1989) et de STRUNCK (2001) une description détaillée et une illustration des différents types de dépôts caractéristiques de la mer molassique: environnement littoral, environnement estuarien, deltas, baies.

Sur la feuille Rossens, les excellents affleurements continus dégagés dans les gorges de la Sarine et de la Glâne ont permis à P. Homewood et A. Lejay une étude approfondie des corps sableux des Couches de la Singine et de leur découpage en séquences négatives de comblement qui comprennent, de bas en haut (LEJAY 1992): un niveau condensé de houle très peu épais mais constant latéralement, dont la profondeur de dépôt se situe vers 10–15 m, puis des barres d'estuaire ou des chenaux subtidaux, enfin des faciès d'estran sableux et des barres intertidales d'estuaire ou des chenaux à sommet intertidal. Ces séquences de comblement se répètent, semble-t-il, de la base au sommet de la formation.

On rappellera (SCHOEPFER 1989, LEJAY 1992, STRUNCK 2001), et bien que cela dépasse le cadre étroit de la feuille Rossens, que l'analyse des séquences permet de bâtir une stratigraphie de haute résolution et de parvenir à une meilleure estimation des rôles respectifs de la subsidence, des variations périodiques du niveau relatif de la mer et de l'apport détritique, c'est-à-dire des relations entre l'arrière-pays alpin en voie d'édification et l'avant-pays molassique subsident en voie de comblement. Une telle analyse exige des affleurements étendus et une quasi-absence des lacunes d'observation.

Sur la feuille Rossens, la sédimentation des Couches de la Singine s'organise dans un environnement toujours estuarien dans lequel les courants de marée sont principalement responsables de la dispersion du matériel détritique d'origine alpine amené sur les cônes deltaïques, celui du Gibloux à l'ouest et celui du Guggisberg à l'est. La figure 1 de HOMEWOOD et al. (1989) illustre cette paléogéographie, dans laquelle les limites entre les divers environnements de dépôt ont souvent varié. Le même travail présente une reconstitution chiffrée des conditions de la mer «burdigalienne» qui se caractérisait par un régime de marée semi-diurne, méso- à macrotidal (marnage de 2,5 à 4,6 m).

Signalons deux bons affleurements facilement accessibles qui permettent l'étude des cyclicités de marée (cycle de vives eaux – mortes eaux), matérialisées en quelque sorte sous forme de séquences de «bundles»:

- Bois du Dévin/Marly (576.500/180.900), analysé par HOMEWOOD et al. (1989, fig. 3) et figuré par EMMENEGGER (1992, fig. 2);
- tranchée CFF d'Avry/Matran (572.400/181.550).

Autres bons profils accessibles dans les Couches de la Singine:

- route du Vieux Moulin (env. 576.000/181.650);
- chemin de croix taillé dans la falaise de la Gérine, au sud de Giffers/Oberdorf (env. 582.700/178.200);
- route montant en rive droite de la Sarine depuis le barrage de Rossens vers Treyvaux.

Épaisseur

DORTHE (1962) et EMMENEGGER (1961) estiment à 700–750 m l'épaisseur des Couches de la Singine sur la feuille Rossens, ce qui est peut-être excessif si l'on se réfère à SCHOEPFER (1989, tabl. 3 et 5), dont les estimations vont de 650 à 700 m pour la partie sud de la feuille. SCHMID (1970) penche pour 450–500 m au sud et 350 m au nord du territoire qu'il a étudié, jouxtant la feuille Rossens à l'est. Sur la feuille voisine Romont (WEIDMANN et al. 1995) à l'ouest, cette épaisseur devrait être de 520 m au sud et un peu plus vers le nord de la feuille.

Contenu fossilifère

Les troncs et branches flottés sont fréquents dans les grès, surtout dans les grès grossiers; leur bois transformé en charbon est riche en pyrite qui s'oxyde à l'affleurement et signale ainsi ces fossiles par des auréoles ou des traînées rouillées. Des empreintes de feuilles ornent la surface d'un banc de grès fin dans le ruisseau de la Bagne (572.270/180.680); mal conservées, ces feuilles ne sont pas déterminables.

Les mollusques sont rares et ce sont toujours des bivalves, à l'état d'empreintes ou de moules internes, attribués aux genres *Tapes* sp. et *Maetra* sp. De nombreux fragments de coquilles d'huitres sont conservés dans un niveau marneux, au sommet du Rüdigraben (env. 582.4/176.7). Les grès grossiers contiennent parfois des fragments de coraux et de bryozoaires, très rarement des dents de squales ou des fragments d'os.

La carrière de Villarlod, sur la limite occidentale de la feuille, a livré en 1912 un fossile tout à fait exceptionnel dans la Molasse marine (MUSY 1913): le squelette complet d'un poisson plat, *Solea kirchbergana* VON MEYER, typique des fonds marins sableux et peu profonds; cette pièce fut révisée et figurée par LERICHE (1927, pl. 4, fig. 4), puis par DORTHE (1962, fig. 20), enfin par CHANET & BERGER (1995); elle est conservée au Musée d'histoire naturelle de Fribourg.

La microfaune est par contre courante: EMMENEGGER (1961, p. 56) signale notamment un riche gisement de foraminifères benthiques dans les niveaux marneux du ruisseau de Montécu, altitude 810 m. SCHMID (1970, p. 25) a isolé à quelques kilomètres à l'est de la feuille Rossens une des plus belles faunes d'ostracodes de la Molasse suisse, qui ne comprend que des formes marines littorales, sans aucune influence saumâtre.

De nombreux échantillons marneux ont été prélevés dans l'espoir d'y isoler des nanfossiles permettant une bonne datation de ces couches, mais presque tous les échantillons sont stériles et les seules et rares formes déterminées sont remaniées du Crétacé et/ou de l'Eocène (rapport inédit de C. Müller, Rueil-Malmaison, avril 1994).

Tout à la base des Couches de la Singine, la localité de Maison Rouge (569.370/181.800) fut la seule à permettre le lavage sur tamis d'un volume important de sédiment, en l'occurrence des marnes silteuses bioturbées noires et vertes, en galets mous remaniés d'un estran vaseux ou d'un marais côtier et accumulés dans des chenaux de marée. DORTHE (1962, p. 35s) donne un profil de cette localité où il avait signalé des gastéropodes terrestres; BERGER (1985) y avait ensuite isolé des charophytes, des fruits de *Cladocarya* (Cypéracées) et des foraminifères benthiques, auxquels il faut désormais ajouter des dents pharyngiennes de poissons d'eau douce, ainsi que des os et dents de rongeurs qui n'autorisent toutefois pas une datation précise (*Peridyromys* sp., *Peridyromys* cf. *murinus*; dét. B. Engesser). Tous ces fossiles témoignent de la persistance, à la base de la formation, de milieux de dépôt terrestre et d'eau douce alternant avec

les sables de la transgression marine (voir BERGER 1985). Plus haut dans la série, de telles alternances n'ont pas été observées sur la feuille Rossens.

Age

Les fossiles énumérés ci-dessus ne permettent pas une datation précise des Couches de la Singine affleurant sur la feuille Rossens et les rares foraminifères planctiques isolés par BERGER (1985) indiquent la biozone N5.

On sait que la transgression marine de l'OMM est hétérochrone aussi bien en Suisse occidentale (BERGER 1985, STRUNCK 2001) qu'en Suisse centrale et orientale (KELLER 1989). Dans notre région, la mer s'installe vers la limite entre les biozones de mammifères MN2a et la base de MN3 (BERGER 1985, fig. 94), = La Chauz 7 et Vully 1 (KEMPF et al. 1997), ce qui, pour beaucoup d'auteurs, correspond à la limite entre Aquitaniens et Burdigaliens, ou encore à la limite entre Egériens et Eggenburgiens (BERGER 1992a). Les données paléomagnétiques situent cette limite à $20,2 \pm 0,1$ Ma (STRUNCK 2001).

Sur la feuille voisine 1204 Romont, quelques fossiles ont été trouvés qui permettent de situer la partie médiane des Couches de la Singine dans la biozone MN3, sans davantage de précision pour l'instant. Rappelons que les grands mammifères trouvés dans les grès coquilliers (carrières de la Molière, de Seiry, de Bollion et des Saus sur la feuille 1184 Payerne) datent eux aussi de la zone MN3 (WEIDMANN & GINSBURG 1999). Le sommet des Couches de la Singine n'est pas daté sur la feuille Rossens: voir plus loin la détermination de l'âge des Couches du Belpberg.

En conclusion, les Couches de la Singine datent très probablement du Burdigalien inférieur.

m₃ Couches du Belpberg (Burdigalien moyen) («Belpberg-Schichten», RUTSCH 1926, 1967)

Voir HABICHT (1987, p. 39ss) et SCHOEPPER (1989, p. 167ss, tabl. 5–6) pour la synonymie, l'histoire et pour une discussion critique des caractéristiques de cette formation qui n'est pas encore formellement définie.

La limite inférieure des Couches du Belpberg est traditionnellement placée à l'apparition des premiers bancs conglomératiques qui surmontent les termes marno-silteux ou gréseux plaquetés soulignant le sommet des Couches de la Singine. Cette limite est visible dans quelques localités de la feuille Rossens: ruisseau de Villarod (568.630/171.670), les Molleyres (573.860/171.370), ruisseau de Zénauva (580.420/174.98) ou ruisseau de Montécu (581.920/175.290). Le contraste morphologique entre les deux ensembles est ainsi généralement bien marqué, d'où le choix de cette limite commode pour la cartographie, même si elle se révèle être diachrone, comme l'a bien montré SCHOEPPER (1989, p. 155ss). Elle est

datée de $18,6 \pm 0,2$ Ma par les données paléomagnétiques mesurées dans la coupe de la Singine (STRUNCK 2001).

La limite supérieure est une limite d'érosion sur la feuille Rossens; le passage à la Molasse d'eau douce supérieure (OSM), lui aussi diachrone, est toutefois visible et décrit par SCHMID (1970) sur la feuille voisine 1206 Guggisberg.

SCHOEPFER (1989, p. 146ss, 155ss) discute cette limite supérieure et affirme que la base de l'OSM est visible au sommet de la Combert, sous la forme de son «horizon-repère majeur», un grès moyen à grossier, conglomératique, à galets cristallins, riche en débris d'huitres et d'autres mollusques marins, et légèrement discordant sur les termes antérieurs. Il n'est à mon avis pas judicieux d'attribuer à l'OSM une couche d'origine franchement marine; de plus, les affleurements du sommet de la Combert sont trop médiocres pour que l'on puisse y tracer une limite. J'estime en conséquence que la corrélation proposée par Schoepfer n'est pas bien fondée et que, jusqu'à plus ample informé, la Molasse d'eau douce supérieure n'affleure pas sur la feuille Rossens, ce qui était déjà reconnu par les anciens auteurs.

SCHOEPFER (1989, chap. 3) a par ailleurs tenté une analyse séquentielle des Couches du Belpberg et une corrélation des séquences depuis le Gibloux jusqu'au Belpberg. Au sein de chacune des sections mesurées sur la feuille Rossens, l'importance des nombreuses lacunes est telle que je doute fort de la validité des corrélations ainsi postulées; d'autant plus que Schoepfer ne parait pas avoir tenu compte de l'existence des grands décrochements méridiens qui décalent la série et compliquent considérablement les corrélations.

EMMENEGGER (1961) avait décrit dans les Couches du Belpberg de la feuille Rossens quatre lithofaciès, dont les épaisseurs varient fortement et qui ne sont pas présents partout dans le même ordre de succession. Il n'a pas été possible de les cartographier séparément et on n'a distingué sur la carte que les termes conglomératiques.

Lithologie

Conglomérats: Les bancs de *poudingue* qui caractérisent la formation présentent des épaisseurs et des structures sédimentaires variées, dictées par leurs environnements de dépôt respectifs, décrits et illustrés par SCHOEPFER (1989): estuaire, front de delta marin, plaine deltaïque.

Le ciment est un grès fin, calcaire ou marneux, qui contient souvent des fragments de coquilles; il n'est en général ni abondant, ni très tenace et c'est pourquoi les poudingues sont toujours altérés en surface. Au sommet du Gibloux, plusieurs sondages, ainsi que les fondations de la tour des télécommunications, ont montré que la profondeur de l'altération va de 4 à 10 m. Si bien que, là où la pente n'est pas très forte, la présence d'un banc de conglomérat ne se traduit que par un sol épais très riche en galets siliceux.

Les galets sont presque toujours bien arrondis, leur taille moyenne se situant vers 5–10 cm; dans les termes stratigraphiquement élevés, la taille des galets augmente, atteignant couramment 50–60 cm, par exemple au sommet de la Feyla ou vers le Bois de la Bruggera (583.000/176.030; 582.6/175.8). Les plus grands éléments observés, parfois des blocs subanguleux, mesurent 100–120 cm de diamètre: ce sont des grès du flysch. Les galets impressionnés ou fracturés sont fréquents.

La composition des galets varie elle aussi géographiquement et stratigraphiquement, comme l'ont remarqué tous les auteurs qui en ont dressé la liste, mais sans en faire une étude statistique précise (GILLIÉRON 1885, FRÜH, 1890, KURBERG 1919, MORNOD 1949, EMMENEGGER 1961, DORTHE 1962). Les quartzites, radiolarites et calcaires siliceux dominent vers la base de la formation, alors que, vers le sommet, ce sont les grès de type flysch. Les calcaires de types divers, souvent fossilifères, sont assez courants partout, alors que les granites rouges ou verts et les autres roches cristallines sont peu fréquents, sauf au sommet. D'après EMMENEGGER (1961), la plupart des galets proviennent de flyschs et de wildflyschs à blocs exotiques identiques à ceux qui affleurent actuellement dans la région toute proche de la Berra.

Un fait important doit être souligné: l'apparition de galets gréseux et conglomératiques de type molassique dans les 50 à 100 m supérieurs de la formation qui sont visibles à la Feyla et plus à l'est (= séquences 20–21 de SCHOEPFER 1989). Ces grès et poudingues en galets sont identiques à ceux des Couches du Gérignoz (= Couches de La Roche) et des Couches de Chaffa appartenant à la Molasse subalpine oligocène. La base de la séquence 20 correspondrait, d'après SCHOEPFER (1989, p. 152), à une discontinuité sédimentaire importante d'extension régionale qui se traduit par une augmentation brutale des influences fluviales, du volume des apports, de la taille des galets.

Grès: Tout comme les conglomérats, les grès n'ont pas une grande extension latérale et l'épaisseur des épisodes gréseux est très variable. Ce sont surtout des grès moyens, un peu glauconieux, à ciment plus ou moins marneux; les faciès les plus marneux sont très fossilifères et fortement bioturbés. Les structures sédimentaires indiquent des environnements de dépôt d'estuaire ou de delta marin dominés par les marées (une belle séquence tidale à «bundles» s'observe dans la carrière de Russille, 573.370/171.110). L'influence fluviale ou même terrestre (paléosols) devient plus importante au sommet de la série.

Les minéraux lourds des Couches du Belpberg de notre région n'ont pas été étudiés jusqu'ici.

Marnes: Elles sont quasiment absentes à la partie inférieure de la formation. Plus haut, là où les influences fluviales s'accroissent, on observe souvent des gros galets mous de silts argileux gris à débris végétaux, ainsi que quelques couches métriques de marnes jaunes ou un peu bariolées contenant des nodules

calcaires de type «caliche» (ruisseau des Pilon, 581.7/174.9) ou des marno-grès fins plaquetés à empreintes de feuilles. Ce sont des dépôts de plaine d'inondation ou de lagune côtière, en eau douce ou saumâtre.

Épaisseur

L'épaisseur visible des Couches du Belpberg serait d'après EMMENEGGER (1961) d'environ 430 m vers la Feyla, 320 m au Pratzey, 225 m à la Combert, 200–300 m au Gibloux. Rappelons que la limite supérieure de la formation est une limite d'érosion sur la feuille Rossens. Les épaisseurs mesurées par SCHOEPFER (1989, tabl. 5 et passim) sont peu différentes.

Contenu fossilifère

Les Couches du Belpberg sont connues depuis longtemps pour leurs riches gisements de mollusques marins à coquille bien conservée (importante collection au Musée des Sciences naturelles de Fribourg). Un certain nombre de gisements ont été reportés sur la carte; ils sont tous localisés au flanc sud-est de la Combert et vers Montévraz-Dessus ou la Feyla. Par contre, les fossiles sont beaucoup plus rares dans le massif du Gibloux (MORNOD 1949, p. 11; DORTHE 1962, p. 375). Des listes de taxa ou d'autres détails ont été publiés par GILLIÉRON (1885), DILLENUS (1911), BUSS (1920), EMMENEGGER (1962), SCHOEPFER (1989), DEMARCO & SCHOEPFER (1990). BERGER (1992b) a présenté une synthèse de ces travaux. La plupart des fossiles sont des mollusques endobiontes vivants dans le sable à des profondeurs variées et certains ont été retrouvés en position de vie; il y a quelques mollusques épibiontes et de rares formes sessiles fixées sur les coquilles. Tous indiquent une salinité normale. A part les mollusques, les couches fossilifères ont livré quelques débris d'oursins, de coraux et de bryozoaires, des balanes, ainsi que des dents de sélaciens. Les nannofossiles, les foraminifères et les ostracodes sont très rares.

Age

SCHOEPFER (1989, p. 169ss) et SCHOEPFER & BERGER (1989) exposent en détail les conclusions biostratigraphiques tirées de l'étude des divers groupes de fossiles permettant une datation des Couches du Belpberg: pectinidés (DEMARCO & SCHOEPFER 1990), nannoplancton (SCHOEPFER 1986), foraminifères planctoniques et benthiques; quelques-uns de ces fossiles proviennent des gisements de la feuille Rossens. Ces datations sont en outre confrontées avec les résultats de datations absolues acquises en mesurant le rapport isotopique $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de l'eau de mer, tel qu'il est enregistré dans les coquilles de pectinidés (FISCHER 1988).

L'âge des Couches du Belpberg est le Burdigalien moyen (= Eggenburgien supérieur – Otnangien). Rappelons que l'équivalent oriental des Couches du

Belpberg, la Formation de St-Gall, est de même âge, c'est-à-dire environ 18,5 à 17 Ma (KELLER 1989, p. 243; ENGESSER 1990; voir aussi KEMPF et al. 1999).

Paléogéographie et environnement de dépôt

Comme on l'a déjà vu plus haut, la sédimentation des Couches du Belpberg est dictée par les variations des apports détritiques fluviaux d'origine alpine, apports centrés sur deux cônes deltaïques («fan deltas») progradant vers le nord: surtout celui du Gibloux à l'ouest et un peu moins celui du Guggisberg tout à l'est de la feuille. Les processus fluviaux édifient une relativement grande épaisseur de sédiments dans le secteur proximal méridional. Distalement, la série devient très rapidement moins épaisse et franchement marine. La sédimentation y est dominée, selon les endroits, par les courants de marée ou par les vagues (houle et tempêtes) qui fonctionnent comme agent principal de tri, de remaniement et de dispersion des apports fluviaux le long du littoral de l'étroite «voie marine» de l'OMM (HOMEWOOD et al. 1989).

Les meilleurs affleurements des Couches du Belpberg se situent au sud de Kaisa d'Amont dans le flanc nord du Gibloux, au flanc sud-est de la Combent et dans les torrents coulant à l'ouest et à l'est de la Feyla.

MOLASSE SUBALPINE

Molasse marine inférieure – UMM

(Oligocène inférieur)

o₁ Formation de Cucloz (Rupélien inférieur = «Latdorfien») (GAGNEBIN 1920)

De nombreux synonymes ont été introduits par la suite: Grès de la Guiga p.p. (TERCIER 1928), Couches de Villarvolard ou Flysch subhelvétique (MORNOD 1945), Flysch subalpin ou subhelvétique (MORNOD 1949), Couches de Cucloz-Villarvolard (EMMENEGGER 1961). Voir aussi ces termes dans le lexique de HABICHT (1987).

Cet ensemble, parfois qualifié de «flysch» ou de «molasse à faciès flysch», a été temporairement rattaché aux Préalpes externes, c'est-à-dire au domaine ultrahelvétique. Mais MORNOD (1945, p. 444ss; 1949, p. 75s) a clairement démontré quelles étaient son origine paléogéographique, ainsi que sa position stratigraphique et structurale. La Formation de Cucloz est désormais placée dans la série molassique et elle en constitue le terme le plus ancien en position proximale. Voir aussi WEIDMANN et al. (1982, p. 161 ss) et LATELTIN (1988).

Sur la feuille Rossens, la base apparente de la Formation de Cucloz est chevauchante sur la Formation de Vaulruz, ce contact n'étant pratiquement jamais visible. A son sommet, la Formation de Cucloz est à son tour chevauchée par la nappe du Gurnigel, ce chevauchement étant localement souligné par des lentilles du «Mélange infrapréalpin» ou «Wildflysch à blocs exotiques». Le contact sommital n'est bien visible qu'en un point, dans le ruisseau des Roches (579.750/171.100). Des replis et écaillages internes affectent les couches, mais le peu d'étendue des affleurements ne permet pas de les détailler, ni de mesurer l'épaisseur réelle de la série, probablement supérieure à 300 m.

Lithologie

Classiquement, la Formation de Cucloz comprend trois faciès principaux, avec tous les termes de passage de l'un à l'autre; ces trois faciès ne se suivent jamais sur de longues distances et semblent se succéder dans le désordre au sein de la série, mais les médiocres affleurements ne permettent guère d'en tirer des conclusions.

Il s'agit tout d'abord de *marnes litées gris souris*, argileuses ou silteuses, avec laminations et minces intercalations de *turbidites silto-gréseuses*; ces marnes génèrent des sols argileux épais, à l'origine de nombreux glissements de terrain. Puis les mêmes marnes grises se chargent de bancs gréseux turbiditiques plus grossiers, épais de quelques centimètres à plusieurs décimètres. Enfin des grès moyens à grossiers, souvent microconglomératiques, de teinte gris-vert, qui sont soit des turbidites grossières classiques, soit des séquences de remplissage chenalisées et amalgamées. Les composants des grès sont typiques de la Formation de Cucloz: abondance des roches volcaniques (andésites prédominantes, spilites, etc.) et des radiolarites (MORNOD 1949, p. 68s; CORMINBOEUF 1959, p. 272ss). Le spectre des minéraux lourds se caractérise par une large dominance de l'apatite sur la tourmaline et le zircon (MAURER & NABHOLZ 1980, fig. 5; MAURER 1983).

Paléontologie, âge et milieu de dépôt

A part quelques troncs ou fragments de végétaux, il n'y a pas de macrofossiles dans la Formation de Cucloz. Les microfossiles sont par contre courants, mais souvent mal conservés et remaniés du Crétacé supérieur, du Paléocène et de l'Eocène. Les foraminifères planctoniques, les Dinophycées et les pollens, probablement contemporains du dépôt mais déplacés, indiquent un âge rupélien inférieur ou «latdorfien» pour la Formation de Cucloz, avec éventuellement la présence de termes un peu plus jeunes (résultats acquis dans les massifs des Alpettes et des Pléiades, au sud de la feuille Rossens; WEIDMANN et al. 1982, p. 164ss). Dans le massif des Voirons en Haute-Savoie, l'équivalent latéral de la Formation de

Cucloz est également daté du Rupélien inférieur, zone à *Globigerina ampliapertura* ou P20, par UJETZ et al. (1994).

Le milieu de dépôt de la Formation de Cucloz se situe entre quelques dizaines et quelques centaines de mètres de profondeur; c'est une sédimentation de front deltaïque qui juxtapose des turbidites fines de prodelta, des accumulations plus grossières de chenaux et de lobes gréseux, ainsi que des dépôts grossiers moins profonds sis au sommet du «mont» deltaïque.

Formation de Vulruz (Rupélien supérieur)

(MORNOD 1945)

Pour les synonymes et discussion: voir le lexique de HABICHT (1987).

La Formation comprend deux membres: les *Marnes de Vulruz* à la base et les *Grès de Vulruz* au sommet, tous les affleurements paraissant être en position normale. La base de la Formation est partout soulignée par un plan de chevauchement; il y a donc ici une lacune d'origine tectonique entre la Formation de Cucloz et celle de Vulruz. Au sommet, on devrait pouvoir observer un passage stratigraphique normal aux Couches de Chaffa, mais cet intervalle n'affleure pas sur la feuille Rossens. Les écaillages au sein de la formation sont fréquents, puisqu'on relève notamment en plusieurs points la présence des Marnes de Vulruz au-dessus des grès.

0₂ Marnes de Vulruz

Ce sont des marnes micacées grises plus ou moins silteuses et/ou carbonatées, à laminations parallèles, toujours bien litées, parfois bioturbées. Elles contiennent souvent des minces intercalations de grès fins (= sables de tempêtes). Les Marnes de Vulruz livrent des dents, otolithes et écailles de poissons, des cyrènes et des *Cardium* de petite taille, mais surtout une riche microfaune d'ostracodes saumâtres et parfois d'eau douce qui fut étudiée par H.-J. Oertli (*in* EMMENEGGER 1961), SCHERRER (1964), CARBONNEL (1982), CARBONNEL et al. (1985). Le milieu de dépôt est celui d'une plate-forme protégée ou d'une vaste lagune, dont la profondeur dépassait à peine le niveau d'action des vagues. L'eau était salée ou saumâtre, avec des invasions temporaires et locales d'eau douce.

L'épaisseur des Marnes de Vulruz est normalement de 300 m environ; sur la feuille Rossens, on n'en voit pas plus de 100 m. Altérées en surface, elles affleurent très sporadiquement et sont la cause de glissements de terrain étendus. Comme tous les auteurs l'ont déjà souligné, il est souvent très difficile de distinguer sur le terrain les Marnes de Vulruz des Marnes de Cucloz.

o_{2g} Grès de Vulruz

Cet épisode gréseux est épais de 30 à 50 m; il se traduit dans la morphologie par une barre rocheuse plus ou moins continue, fréquemment tassée ou écroulée sur les Marnes sous-jacentes. Ce sont des grès calcaires fins à moyens, soit massifs, soit en bancs métriques avec stratification oblique tabulaire ou en auge; les rides de vagues et les rides de courant sont fréquentes. Les Grès de Vulruz livrent en abondance, à leur sommet surtout, des cyrènes, des *Cardium* et quelques débris de plantes. C'est un milieu de dépôt de haute énergie qui correspond à une barrière sableuse côtière et à une plage accumulées sous l'effet de la houle.

Age

Les ostracodes isolés dans les Marnes de Vulruz, ainsi que les quelques restes de vertébrés trouvés dans les Grès de Vulruz à Vulruz, Prévondavaux et Champotey (feuilles Moudon et Gruyères, MORNOD 1949, p.61) datent de l'Oligocène moyen (Rupélien supérieur). Voir aussi WEIDMANN et al. (1982, p. 171 ss).

Le spectre des minéraux lourds du Rupélien subalpin diffère peu de celui de la Formation de Cucloz, avec toutefois l'apparition de la staurotide (MAURER & NABHOLZ 1980, fig. 5; MAURER 1983).

Molasse d'eau douce inférieure – USM

o₃ Couches de Chaffa (Chattien inférieur) (MORNOD 1945)

Synonymes: Molasse rouge de la Veveyse, Couches de Ramsera (EMMENEGGER 1961), Rossboden-Formation (SCHMID 1970). Voir ces termes dans le lexique de HABICHT (1987). Par souci de simplification et parce que les différences de faciès me semblent être mineures et ne pas justifier la création d'un nouveau nom local, je préfère conserver le terme de Couches de Chaffa créé par MORNOD (1945) pour la série homologue affleurant au sud de la feuille Rossens, sur les feuilles Moudon (GABUS et al. 2000) et Gruyère (PASQUIER 2004).

Sur la feuille Rossens, les Couches de Chaffa affleurent sporadiquement, toujours en position apparemment normale. Comme elles ne se présentent jamais en profil continu, on ne sait si la série est peu ou beaucoup écaillée et replissée. L'épaisseur apparente est d'environ 700 à 1000 m, ce qui représente peut-être près du double de l'épaisseur réelle. Le contact basal, jamais visible, devrait être concordant sur les Grès de Vulruz marins ou saumâtres. Le contact sommital est un plan de chevauchement.

Le membre basal des Couches de Chaffa n'affleure pas sur la feuille Rossens. Il s'agit des «Couches de passage» à calcaires lacustres et à charbon, équivalent des «Untere Cyrenen Schichten» (MORNOD 1949, fig. 22; WEIDMANN et al. 1982, pp. 169, 174).

Lithologie

Les Couches de Chaffa sont caractérisées par leurs teintes bariolées, souvent rouges, et par l'abondance des marnes silteuses ou argileuses bioturbées ou bréchifiées par pédogenèse; de fines laminations n'y sont pas rares, de même que des granules et nodules calcaires de type caliche. Les grès sont fréquents, à ciment calcaire ou marneux, souvent riches en galets mous et en débris lithiques (radiolarite, dolomie jaune, biomicritique claire à calpionnelles, quartzite, rare granite rouge). Les grès se chargent souvent de galets à la base érosive des bancs, ou en traînées irrégulières. On note aussi des *niveaux de poudingue* qui ont jusqu'à 3 m d'épaisseur. Les galets y sont en général bien arrondis, de même nature que les débris lithiques cités ci-dessus; leur diamètre moyen est de 3–6 cm, la taille maximale observée atteint 10 cm. On n'a jamais trouvé de calcaire lacustre ou de charbon au-dessus du membre basal de la série («Couches de passage»).

Les minéraux lourds des Couches de Chaffa montrent des proportions à peu près égales d'apatite, de tourmaline, de zircon, de spinelle, de staurotide et de rutile (MAURER & NABHOLZ 1980, p. 221; MAURER 1983).

Les structures sédimentaires indiquent des environnements de dépôt fluviaux avec détritisme soutenu (grès grossiers et poudingues accumulés dans les chenaux, grès fins lités de «crevasse splays») et des dépôts de plaine d'inondation caractérisés par des phénomènes pédogénétiques et par des nappes d'eau temporaires.

On trouvera d'assez bons affleurements des Couches de Chaffa dans le ruisseau de la Linda et dans le ruisseau du Brand (env. 578.0/171.1).

Contenu fossilifère et âge

Les Couches de Chaffa de la feuille Rossens n'ont pas fourni jusqu'ici de fossiles permettant une datation. Seul un échantillon de marnes silteuses sombres, prélevé dans le ruisseau de la Linda (578.060/171.120), contenait des fragments indéterminables de mollusques, de coquille d'oeuf de reptiles, d'os et de dents de mammifères; les autres échantillons analysés étaient stériles. Rappelons que, sur la feuille adjacente 1225 Gruyères, la base des Couches de Chaffa est proche de la limite Oligocène moyen – Oligocène supérieur et correspond probablement au niveau de Lovagny, anciennement nommé niveau de La Combe = MP22 (WEIDMANN et al. 1982, p. 178; ENGESSER et al. 1984, p. 33ss). La suite des Couches de Chaffa devrait dater du Chattien inférieur.

o_{3c} Couches du Gérignoz (Chattien supérieur? – Aquitaniens inférieur?)
(MORNOD 1945, 1949)

Synonymes: Couches de La Roche (EMMENEGGER 1961), Seftigschwand-Formation (SCHMID 1970); voir ces termes dans le lexique de HABICHT (1987). Formation de la Cornalle (FASEL 1986).

Sur la feuille Rossens, cette série ne se différencie de son homologue affleurant sur la feuille Gruyères que par l'absence des calcaires lacustres et par un détritisme sableux un peu plus prononcé. Ce qui ne me semble pas justifier l'introduction d'un nouveau nom.

Le chevauchement principal de la Molasse subalpine met en contact les Couches du Gérignoz avec les Couches du Belpberg de la Molasse du Plateau, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un coussinet écrasé et lenticulaire de terrains plus anciens; ainsi, la base des Couches du Gérignoz est semble-t-il toujours une limite tectonique, de même que leur sommet, chevauché à son tour par les Couches de Chaffa.

Dans la région de La Roche, l'épaisseur apparente des Couches du Gérignoz est de 1400 m, mais ce chiffre est certainement trop élevé, car il ne tient pas compte des replis et chevauchements internes qui affectent la série (MAURER & NABHOLZ 1980) et dont il est difficile d'estimer l'importance en l'absence de niveaux marqueurs ou de datations paléontologiques précises.

Lithologie

Alternance irrégulière de marnes bariolées beiges, jaunes ou noires, parfois rouges ou vertes, plus ou moins silteuses ou argileuses et de grès granoclassés en bancs décimétriques à métriques (jusqu'à près de 10 m), à base souvent fortement ravinante dans les marnes bioturbées sous-jacentes. On note aussi des épisodes de marnes calcaires plaquetées à pistes, empreintes de feuilles et polygones de dessiccation. De véritables calcaires lacustres n'ont pas été observés, mais seulement des minces épisodes de calcaires argileux gris ou vert clair qui terminent les séquences fluviales et montrent des traces de pédogenèse. Le charbon ne se trouve jamais en couche, mais sous forme de troncs ou branches flottés et inclus dans les grès. Du gypse n'a été observé qu'en un seul point, dans un sondage au sud du Villaret (576.080/170.470), entre 16 et 22 m de profondeur, sous forme de filons discordants de gypse fibreux («Fasergyps») dans un grès, ainsi que sous la forme plus diffuse de petits cristaux isolés dans une marne.

Les minéraux lourds des Couches du Gérignoz ont été peu étudiés sur la feuille Rossens. Un peu plus au sud, ils se répartissent en deux spectres (MAURER & NABHOLZ 1980): l'un est dominé par l'apatite et devrait correspondre aux couches d'âge chattien supérieur et l'autre, dont l'âge serait aquitaniens, est dominé par l'épidote.

Les environnements de dépôt sont ceux d'une vaste plaine d'inondation où méandrent des rivières de moyenne importance. Les fluctuations des plans d'eau

y créent temporairement des lacs et marais. Les phénomènes de pédogenèse jouent un rôle très important.

Paléontologie

Les empreintes de feuilles et les mollusques, surtout des hélicidés, ne sont pas très rares (TERCIER 1928, EMMENEGGER 1961), mais sont mal conservés et ne permettent pas une datation précise. En 1972, CARON et al. ont signalé la découverte de dents et de plaques dermiques de crocodile dans des grès marneux bigarrés, le long de l'ancien chemin montant de La Roche vers Montsoflo (577.000/171.070).

La recherche systématique de niveaux palustres (marnes sombres à débris de mollusques) et le lavage sur tamis de volumes importants de sédiment m'ont livré des mammifères permettant une datation relativement précise, mais seulement dans 3 prélèvements sur 25:

- niveaux de Fornant 6 ou de Rickenbach (= MP28–29), nouvelle route de Montsoflo, 576.700/171.250 (ENGESSER et al. 1984, p. 23).
- niveaux de Fornant 7 ou de Fornant 6 (= MP28), ruisseau de Montécu, 582.025/174.720: base apparente de la Formation, juste au-dessus du chevauchement principal de la Molasse subalpine (fig. 4, p. 57 et EMMENEGGER 1961, fig. 24).
- niveaux de Küttigen à Boudry 2 (= MP30 – MN1), ruisseau de la Belle-Scierne (578.990/173.570).

D'autres échantillons analysés ont livré des fragments indéterminables de poisson, de reptile et de dents de mammifère, ainsi que des populations de characées qui datent toujours de l'Oligocène supérieur et permettent parfois une datation plus précise:

- zone à Ungerer ou à Notata (= MP27–29), ruisseau de la Rinaude à 960 m et à 1080 m, ainsi qu'au Burgerwald, ruisseau à l'est du Pt 1118 m, à 1080 m et 1130 m.

En conclusion, et sur la base des datations acquises à ce jour sur le territoire de la feuille Rossens, l'âge des Couches du Gérignoz est le Chattien supérieur (MP27 à MP30). Rappelons toutefois que, dans le prolongement oriental des Couches du Gérignoz (= Seftigschwand-Formation, SCHMID 1970; = Studweid-Formation, BLAU 1966), le gisement du Seligraben est daté du niveau de Fornant 11 de l'Aquitainien inférieur (= MN1; ENGESSER 1990, p. 141; STRUNCK 2001). Des restes de mammifères mis à jour à quelques kilomètres à l'est de la feuille Rossens (Feuille 1206 Guggisberg, ruisseau de Chrütère, 589.6/176.3) permettent d'attribuer un âge MP27 (Wynau 1 ou Boningen 1) à la Formation du Seftigschwand de cette région (MARESCOT 2000).

On trouvera de bons affleurements des Couches du Gérignoz, pas toujours très accessibles, dans tous les torrents qui dévalent du Cousimbart ou du Muschegg.

Molasse sous couverture quaternaire peu épaisse

BERSIER (1942, p. 146), GRATIER & BARDET (1980), AUBERT (1981) ont tous relevé la difficulté d'évaluer sur le terrain l'épaisseur de la couverture qui masque la molasse: ni la composition du sol, ni les formes du terrain ne permettent un diagnostic toujours sûr. Cette couverture est faite, soit des produits de l'altération sur place de la molasse, y compris les sols sableux profonds qu'ils engendrent, soit d'une mince pellicule morainique, le plus souvent argileuse avec cailloux alpins. En principe, l'épaisseur de la couverture qualifiée de «peu épaisse» sur la carte se situe autour de 1 m, mais cette valeur est assez approximative.

MÉLANGE INFRAPRÉALPIN

(Eocène supérieur?)

Entre la Molasse subalpine écaillée et la nappe du Gurnigel s'intercale parfois une zone appelée «Mélange infrapréalpin», constituée par des masses écrasées et discontinues de wildflysch, décrit sous le nom de formation du «Wildflysch subalpin».

f_w Wildflysch, à matrice de schistes noirs et éléments à faciès d'affinité sudalpine

Sur la feuille Rossens, ce wildflysch n'existe qu'au nord de la Chrüzflue (582.850/174.290): c'est notamment le fameux affleurement autrefois exploité du «gypse de Burgerwald» (voir le chapitre «Matériaux exploitables»). Les descriptions des anciens auteurs cités par TERCIER (1928, p. 41), ainsi que les observations qu'EMMENEGGER (1961, p. 122) a pu faire lors de la construction de la route forestière, permettent de situer cette localité sur la carte et d'en décrire la lithologie, bien qu'elle soit actuellement recouverte par des éboulis en glissement et qu'on n'y trouve plus que des fragments gypseux épars dans le sol forestier.

Les schistes argileux sombres de ce wildflysch contiennent des lentilles «exotiques» de tailles très variable, allant du décimètre au décimètre: Trias (gypse, grès et argilites rouges ou verts, calcaires dolomitiques), Jurassique supé-

rieur (calcaires blancs à aptychi, calcaires tachetés à calpionnelles), Crétacé supérieur (calcaires à globotruncanidés).

Je n'ai pas retrouvé les affleurements de wildflysch que TERCIER (1928, p. 5 et passim) avait signalés dans le ruisseau des Roches et à l'est de Gross Schwand. Par contre, ceux qu'il avait cartographiés au NNE de Crau (582.650/173.730) existent toujours, dans un secteur où les tassements et glissements de terrain modifient constamment les affleurements: j'y ai noté plusieurs blocs de 1 à 5 m³ de biocalcarénites et de microbrèches glauconieuses, inclus dans des schistes marneux sombres écrasés contenant une nannoflore priabonienne (NP19–20). Ce dernier terme pélitique, plus ou moins glissé, affleure sur une assez grande surface au nord et à l'ouest de la Chrüzflue et il est lui-même étroitement associé à des lentilles de marnes à microfaune maastrichtienne appartenant à la Série de Hellstät.

Les blocs de biocalcarénites et de microbrèches sont très fossilifères: corallinacées, coraux, bryozoaires, fragments de mollusques, nummulites, discocyclines, operculines, *Sphaerogypsina*, *Asterigerina*, hétérostégines, *Chapmanina*, *Silvestriella*, foraminifères benthiques arénacés et encrouants, foraminifères planctoniques. L'âge de cette faune est le Priabonien et cette association, de même que le faciès comprenant passablement de biodétritus pélagiques, ne se rattachent pas du tout aux termes contemporains connus dans le Sud-helvétique ou dans l'Ultrahelvétique. Leur origine pourrait donc se situer dans un domaine plus interne, associé à la Fosse valaisanne ou encore plus méridional (déterminations et commentaires par U. Menkveld-Gfeller, Musée d'histoire naturelle de Berne).

L'âge du Mélange infrapréalpin ou Wildflysch subalpin n'est pas déterminé avec certitude, mais il s'agit très vraisemblablement du Priabonien (VAN STUIJVENBERG 1979, p. 28s); cet âge est, comme on vient de le voir, celui des foraminifères identifiés dans les blocs inclus dans le wildflysch et c'est aussi l'âge le plus récent indiqué par les associations de nannofossiles parfois isolées dans ce qui paraît être la matrice pélitique du Wildflysch. Voir dans WEIDMANN et al. (1982, p. 154ss) une discussion de l'attribution stratigraphique et paléogéographique du Wildflysch du front préalpin: son origine «ultrahelvétique», postulée par les anciens auteurs, n'est pas démontrée.

TERCIER (1928, p. 7) avait signalé un autre lambeau de Wildflysch au sommet de la Feyla (nommée alors la «colline de Derrière-Château»), en position allochtone au-dessus de la Molasse du Plateau. Mais EMMENEGGER (1961) a ensuite montré que les poudingues molassiques contiennent en ce lieu des blocs de roches diverses, d'où une confusion possible avec un véritable affleurement de Wildflysch. Plus récemment et sur la base des dossiers du Service archéologique cantonal, FÜRST (1993) affirme que les blocs «exotiques» épars sur la Feyla proviennent des fondations démantelées d'un couvent ou d'un château médiéval. Il n'y a donc pas ici de «Wildflysch ultrahelvétique» au-dessus de la Molasse autochtone.

NAPPE DU GURNIGEL

(FLYSCH DU GURNIGEL)

(Crétacé supérieur – Eocène moyen)

(par M. WEIDMANN & J. VAN STUIJVENBERG)

On trouvera dans les publications de CARON (1976), VAN STUIJVENBERG (1979) et WINKLER (1984) des généralités et un historique des recherches traitant de la nappe du Gurnigel («Gurnigel-Sandstein», STUDER 1825), une unité structurale préalpine d'origine interne encore mal déterminée, qui ne comprend que du flysch turbiditique, déposé dans un bassin profond (plaine abyssale sous le niveau de la CCD) et sur des cônes sous-marins.

Dans notre région, le Flysch du Gurnigel a déjà fait l'objet de la monographie de TERCIER (1928 et carte géologique inédite au 1:25 000 conservée à l'Institut de Géologie de l'Université de Fribourg), qui y avait distingué plusieurs niveaux lithologiques différents, dont la «Série de Hellstätt»; l'ensemble était alors daté de l'Eocène par des nummulites. Grâce à la détermination du nannoplancton, KAPellos (1973) et VAN STUIJVENBERG (1979) ont ensuite précisé l'âge maastrichtien à éocène et la structure du Flysch dans les secteurs voisins du Höllbach-Schwyberg et du Gurnigel.

Après la publication de sa thèse en 1979, l'un de nous (J. v. St.) avait étendu ses recherches aux secteurs plus méridionaux de la nappe du Gurnigel, notamment dans le Plasselschlund; ce travail était demeuré inachevé, mais les résultats biostratigraphiques déjà acquis ont pu être complétés et affinés dans le cadre d'un mandat confié en 1995 par le SHGN (devenu depuis OFEG).

Dans la nappe du Gurnigel, les affleurements en général médiocres, les changements latéraux de faciès, ainsi qu'une tectonique relativement complexe, limitent l'application des méthodes lithostratigraphiques conventionnelles, si bien qu'une approche biostratigraphique basée sur le nannoplancton a été préférée pour pouvoir mieux cerner et définir les formations, suivant en cela la méthodologie décrite par VAN STUIJVENBERG (1979, p. 15 ss). Les unités ainsi déterminées (Flysch 1 à 4) sont informelles et, dans leurs grandes lignes, identiques à celles qui avaient été définies dans les travaux plus anciens (WEIDMANN et al. 1977, MOREL 1978), puis reprises par VAN STUIJVENBERG (1979, p. 21 ss).

Sur la feuille Rossens, nous avons échantillonné tous les affleurements de marnes non décalcifiées; un peu moins de la moitié des 250 prélèvements ont ainsi permis une datation précise. Ces données, jointes aux observations de terrain et aux mesures de pendages, demeurent toutefois insuffisantes pour démontrer la justesse des attributions, souvent fort hypothétiques, reportées sur la carte au 1:25 000 ou prises en compte pour l'essai d'interprétation structurale proposée (Pl. III). Tous deux sont donc largement perfectibles.

Les ichnofossiles sont très fréquents et variés dans les divers termes de ce Flysch; ils ont été décrits par CRIMES et al. (1981) et ne seront pas détaillés ici, pas plus que les très rares et minces couches de bentonite d'origine volcanique (WINKLER et al. 1985), qui n'ont pas encore été identifiées sur le territoire de la feuille Rossens.

F_{G1-2} Flysch 1 et 2a, à pélites variées, turbidites siliceuses et calcaires fins

Flysch 1 (= Série de Hellstätt, TERCIER 1928) (Maastrichtien supérieur)

Turbidites de types variés comportant des grès et surtout des marnes qui sont la lithologie dominante, et plus rarement des microconglomérats polygéniques. Les marnes montrent souvent des fucoides; elles ont une teinte gris clair ou blanche à l'altération, de type «Alberese»; on observe aussi des marnes noires ou verdâtres. Les calcaires sont peu fréquents, mais très caractéristiques: patine blonde, cassure gris-bleu clair. Des argiles hémipélagiques vertes et dépourvues de carbonates sont courantes en sommet de cycle, mais toujours très peu épaisses. Vu la nature essentiellement pélitique de la Série de Hellstätt, les affleurements sont rares et médiocres sur le territoire de la feuille. Ils offrent toujours un aspect très tectonisé par broyage ou intense replissement. L'épaisseur de cette série a été estimée à 100–300 m par VAN STUIJVENBERG (1979, p. 23), mais elle paraît se limiter à moins de 100 m sur la feuille Rossens.

Flysch 2a (NP1–NP4, Danien)

Turbidites comprenant des bancs peu épais de grès parfois siliceux («Öl-quarzite») et riches en glauconie, des marnes noires ou grises souvent non carbonatées. Cette formation est peu épaisse (<100 m) et a rarement été mise en évidence sur la feuille Rossens, si bien que, sur la carte, elle a été confondue avec la précédente.

F_{G2} Flysch 2b, à turbidites gréseuses (NP5–NP8, Thanétien)

En contraste morphologique frappant au-dessus des formations tendres plus anciennes, le Flysch 2b détermine des parois, des pentes très escarpées ou des arêtes sommitales. Il comprend surtout des grès en gros bancs, parfois très grossiers et microconglomératiques, séparés par des intervalles pélitiques noirs, gris ou verdâtres, nettement subordonnés; ces derniers sont généralement dépourvus de carbonate à la base de la formation. C'est vraisemblablement dans les plans de fractures affectant cette formation gréseuse que FREY (1968) et SOOM (1981) ont signalé la présence de divers minéraux rares. Épaisseur: 100–150 m.

Flysch 3 (NP9–NP14, Ilerdien-Cuisien)

- F_{G3} Flysch 3 a, à turbidites gréseuses**
F_{G3'} Flysch 3 b, à dominance pélitique

Il s'agit d'un nouvel ensemble à dominance pélitique, affleurant en général assez mal, caractérisé par des alternances de grès calcarénitiques et bioclastiques fins à moyens en petits bancs et de marnes grises ou de pélites vertes. La partie inférieure de la formation, datée de l'Ilerdien (NP9), est cependant nettement plus gréseuse et grossière et passe aux grès du Flysch 2b. C'est dans cet intervalle gréseux, dans l'ancienne carrière de Bruch (584.70/173.35; BÜCHI 1931) ou dans la carrière de Zollhaus sur la feuille 1206 Guggisberg (voir aussi KRÄHENBÜHL 1988), que l'on peut trouver des fragments d'une résine fossile baptisée plafféite par TSCHIRCH & KATO (1926). De rares couches (5–20 cm) de calcaire argilo-silteux brun ou orangé ont été observées dans la partie supérieure pélitique, d'âge cuisien. Le Flysch 3 est très souvent replissé, si bien que son épaisseur varie énormément et ne peut être que grossièrement estimée: 50–500 m? On a tenté de distinguer sur la carte un Flysch 3a plus gréseux à la base, daté de l'Ilerdien (NP9), d'un Flysch 3b plus pélitique au sommet, daté du Cuisien (NP10–14).

- F_{G4} Flysch 4, à turbidites silto-marneuses (NP15–NP16, Lutétien inférieur et moyen)**

Turbidites fines, également à dominance silto-marneuse, toujours carbonatées; les grès sont rarement grossiers ou conglomératiques et ne forment pas des bancs très épais. La nannoflore est souvent abondante et parfois bien conservée. Le Flysch 4, également très replissé, peut être fort épais: s'il est absent ou ne mesure qu'une centaine de mètres dans les écaïlles externes, il paraît dépasser 1000 m dans le massif du Kapberg et entre la Berra et l'Autà Chia (feuille 1225 Gruyères).

Flysch sous couverture quaternaire peu épaisse

Sur d'importantes surfaces, le Flysch est profondément altéré et n'affleure pas: on ne peut l'observer que dans les lits de torrents, les niches d'arrachement des glissements ou les excavations artificielles. Cette couverture d'altération est décalcifiée, argileuse, de teinte jaune, beige ou parfois ocre. Son épaisseur est en général inférieure à 1 m, mais elle peut mesurer jusqu'à 3 m. Elle est presque toujours solifluée.

Gisements fossilifères

Ce signe n'a été utilisé que pour les riches gisements à mollusques marins des Couches du Belpberg. Les autres fossiles, rares et dispersés, que l'on a trouvés dans les Couches de la Singine ou dans la Molasse subalpine n'ont pas été signalés sur la carte. Il en est de même des grès à nummulites du Flysch du Gurnigel.

Diagenèse

Afin d'obtenir une image aussi fidèle que possible du degré d'évolution thermique subie par les roches molassiques affleurant sur la feuille Rossens, de nombreux fragments charbonneux (troncs et branches flottés) y ont été prélevés. Il n'a pas été possible de collecter des échantillons de charbon en nombre suffisant dans la Molasse subalpine et dans le Flysch du Gurnigel. R. Schegg (Genève) a préparé les échantillons et a mesuré la réflectance de la matière organique ou pouvoir réflecteur de la vitrinite ($\%R_0$), qui dépend du degré de maturité de la matière organique et reflète ainsi les conditions thermiques subies par les sédiments.

La figure 1 rassemble les valeurs mesurées sur la feuille Rossens et dans les environs immédiats. Dans le bassin molassique de Suisse occidentale et Haute-Savoie, les valeurs du $\%R_0$ mesurées jusqu'ici (KÜBLER et al. 1979; SCHEGG 1993) montrent une maturité croissante de la matière organique lorsqu'on se dirige vers le front alpin. Cette tendance régionale peut être localement compliquée par des variations secondaires. Les valeurs mesurées dans la Molasse du Plateau sur le territoire de la feuille Rossens ne mettent pas en évidence des anomalies remarquables et ne se distinguent pas de celles des territoires voisins, sur lesquels fut mesuré un R_0 moyen de 0,44% pour l'OMM et de 0,50% pour l'USM (SCHEGG 1993). Une valeur élevée (0,96% R_0) est probablement due à des fragments charbonneux remaniés du Mésozoïque ou du Flysch, alors que les valeurs inférieures à environ 0,35% R_0 proviennent d'échantillons altérés et ne sont donc pas représentatives.

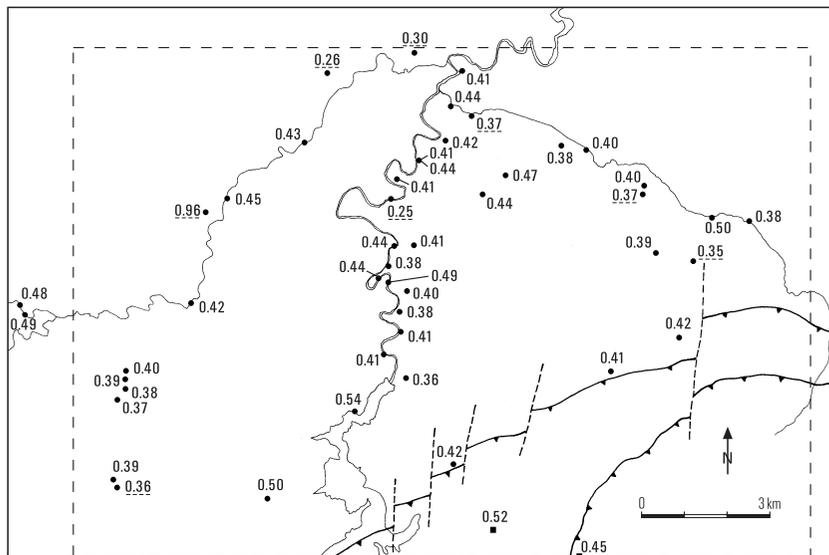


Fig. 1: Valeurs de la réflectance de la matière organique (en % R_0) contenue dans les roches affleurant sur la feuille Rossens (cadre interne) et dans les secteurs proches.

Points = OMM, Molasse du Plateau; carrés = UMM, Molasse subalpine et Flysch du Gurnigel. Les valeurs soulignées en traitillés sont, soit trop élevées (remaniement de matière organique ancienne), soit trop basses (altération de la matière organique ou mesures peu fiables); voir aussi d'autres commentaires dans le texte. Mesures de R. Schegg.

QUATERNAIRE

Généralités

Le Plateau fribourgeois est parcouru par d'anciennes vallées préglaciaires ou interglaciaires, plus ou moins profondes, dont le tracé a été ensuite emprunté, sur certains tronçons, par les cours d'eau postglaciaires et actuels. Ailleurs, ces anciennes vallées sont remplies de sédiments lacustres, fluviaux et/ou glaciaires et ce remplissage est en général scellé par une moraine de fond attribuée à la dernière invasion glaciaire würmienne. Le tracé des paléovallées n'est alors plus visible et il ne peut être reconnu que par sondage ou prospection géophysique.

Après GILLIÉRON (1885), GREMAUD (1887), NUSSBAUM (1907, 1939), BÄRTSCHI (1913), SCHARDT (1920), BÜCHI (1926, 1929, 1946), MORNOD (1947)

et quelques autres, EMMENEGGER (1961, 1992), DORTHE (1962), THIERRIN (1990), SIGNER (1996), MARESCOT et al. (2003) se sont attachés à préciser la stratigraphie des dépôts et la géographie de ces réseaux fluviaux anciens. La plupart de ces auteurs s'appuyaient uniquement sur des critères de superposition, sur des corrélations lithologiques ou sur des considérations morphologiques et ils ont cadré leurs observations dans le schéma stratigraphique classique du Quaternaire alpin édifié par PENCK & BRÜCKNER (1909). On sait maintenant qu'une telle interprétation est souvent erronée si elle n'est pas confortée par des datations fiables acquises par la palynologie, le paléomagnétisme, les analyses isotopiques, etc. L'usage des termes «Riss», «Éémien», «Würm», etc. sera donc limité ici, autant que possible, aux discussions de l'âge des séries et non pas à la dénomination des ensembles lithostratigraphiques cartographiés.

Des descriptions détaillées de toutes les formations quaternaires et de leur genèse, sur le Plateau fribourgeois et en Basse-Gruyère, se trouvent dans les travaux de VAN DER MEER (1982), PUGIN (1989a, 1989b).

Pléistocène

Séquence glaciolacustre basale (Anté-«Riss»)

Cette formation n'affleure pas, mais a été décelée sur les profils sismiques réalisés par SIGNER (1996) dans la région de Pont-la-Ville. Un secteur profondément surcreusé a ainsi été mis en évidence au-dessous du hameau de Bertigny (env. 574.4/172.7); son fond se situe vers la cote +580m. Cette dépression est comblée par des sédiments apparemment fins et stratifiés qui sont recouverts par la «Moraine ancienne». Epaisse d'une quarantaine de mètres, cette série basale présente un faciès sismique qui ressemble à celui des termes glaciolacustres plus récents.

q_{3m} Moraine ancienne («Riss» ou plus vieux p.p.)

Il s'agit d'une moraine de fond classique, toujours très compactée, à galets et blocs striés, dans laquelle les éléments sariniens et rhodaniens sont également représentés. Elle renferme parfois des amas ou lentilles de gravier bien lavé.

La Moraine ancienne repose toujours directement sur la Molasse. Vers le haut, le plus souvent, elle passe graduellement à des argiles grises à galets lâchés qui ont été cartographiées avec la formation suivante; toutefois, en l'absence de bons affleurements, l'attribution à l'une ou l'autre formation est discutable: c'est par exemple le cas en rive droite de la Gérine, entre Fartschera et Stersmühle. La Moraine ancienne et les argiles grises à galets lâchés qui lui font suite constituent le «Complexe rissien» des auteurs (voir par exemple MORNOD 1947, p. 28).

La Moraine ancienne n'est présente qu'en quelques points bas: au nord de Goleta en rive gauche de la Gérine (582.050/177.900), dans le secteur Moulin Neuf – Ste-Apolline dans la basse vallée de la Glâne et dans diverses localités de la vallée de la Sarine; ces derniers affleurements ne sont plus que partiellement accessibles en raison de la mise en eau du lac de la Gruyère (voir leur description par MORNOD 1947). Entre Arconciel et Corpataux, les gorges de la Sarine révèlent le tracé de vallées affluentes qui paraissent colmatées par une moraine ancienne, mais cette attribution demeure hypothétique, car les affleurements sont trop médiocres.

Les sondages profonds implantés dans l'axe des anciens sillons fluviaux de la Sarine et de la Gérine, de même que les profils de sismique haute résolution (SIGNER & PUGIN 1994, SIGNER 1996), révèlent souvent la présence, au-dessus de la Molasse, d'une couche discontinue et peu épaisse de Moraine ancienne, en général moins de 15 m.

L'âge de la Moraine ancienne n'a jamais été déterminé avec certitude et son attribution à la «glaciation du Riss» par tous les auteurs est conjecturale. En tout état de cause, les données actuelles ne contredisent pas cette hypothèse, mais elles n'excluent pas non plus l'attribution de la Moraine ancienne, ou du moins d'une partie de ses affleurements, à un cycle glaciaire antérieur à celui du «Riss».

Le façonnement des anciennes vallées pourrait être le fait d'un réseau fluvial «anté-rissien», emprunté par la suite et plus ou moins remodelé par les glaces «rissiennes» (voir la discussion de THIERRIN 1990, p. 68). Mais VAN DER MEER (1982, p. 119) souligne au contraire «...the tremendous erosion by the glacier that left the lower till...», d'où il conclut que ce glacier était un glacier chaud et que ce furent à ses eaux de fonte sous-glaciaires que l'on doit le creusement des anciennes vallées. Quoiqu'il en soit, il faut retenir que le niveau de base de ce réseau fluvial «anté-rissien» ou fluvioglaciaire «rissien» se situait plus bas que celui du réseau fluvial actuel et que d'importants surcreusements existent, témoignant d'une histoire glaciaire complexe et fort ancienne, dont très peu de témoins subsistent.

q₃₁ Dépôts lacustres et fluviaux anciens (Eémien ou plus vieux p. p.)

Sous cette dénomination sont inclus tous les sédiments très compactés et parfois cimentés compris entre la Moraine ancienne ou la Molasse et les dépôts graveleux sariniens dits «de la Tuffière»; ces sédiments remplissent les anciennes vallées creusées dans la Molasse. Leur épaisseur ne dépasse en général pas une trentaine de mètres, mais elle est très variable et dépend de la profondeur atteinte par les érosions qui ont précédé le dépôt des «Graviers de la Tuffière»; l'épaisseur maximale observée (profil sismique un peu au nord de Rossens) est d'environ 55 m.

Cette série à dominance argilo-limoneuse détermine toujours des glissements de terrain, si bien que ses affleurements sont rares et temporaires. Le meilleur profil est celui que MORNOD (1947, fig. 6), puis DORTHE (1962, fig. 29) ont décrit au Creux d'Enfer. Voir aussi le profil du ruisseau de Pont-la-Ville étudié par SIGNER (1996, p. 48ss). Quelques sondages proches de Corpataux ont traversé entièrement ou partiellement la série et ont permis à THIERRIN (1990, p. 68) d'y distinguer les termes suivants, de haut en bas:

- sable et limon (0–15 m),
- argile limoneuse stratifiée et argile bleue (0–20 m),
- limon argileux avec niveaux de lignite et de craie lacustre (0–2 m),
- gravier fluvatile sarinien comprenant des niveaux métriques d'argile (0–20 m).

Ces sédiments sont issus de milieux de dépôt très divers: lacustres, palustres, fluviatiles, avec également des influences glaciaires qui ne sont pas rares: galets lâchés dans des argiles varvées, passées morainiques peu épaisses, galets et blocs striés, etc. Les galets relèvent principalement, mais pas entièrement, du bassin d'alimentation de la Sarine. Des érosions internes, liées ou non aux épisodes morainiques, déterminent à coup sûr des lacunes dans cette série compréhensive, mais il n'est pour l'instant pas possible d'en apprécier l'importance, ni de les corréler d'un profil partiel à l'autre. Les couches sont en général bien stratifiées et de granulométrie fine (argile, limon, sable), avec toutefois quelques épisodes graveleux. On relève parfois de forts pendages aberrants dans ces couches: ils sont dus à des glissements vraisemblablement contemporains des érosions qui ont précédé le dépôt des «Graviers de la Tuffière».

En un point s'observent en surface des dépôts organiques qui avaient depuis longtemps attiré l'attention des indigènes, mais qui n'ont été étudiés pour la première fois qu'en 1942 par TERCIER: ce sont les lignites du Creux d'Enfer, près de Bertigny, commune de Pont-la-Ville (env. 574.6/173.1). Le *niveau ligniteux* est peu épais (40–60 cm), mais il a pourtant fait l'objet de tentatives d'exploitation en 1918–1919, puis en 1942. MORNOD (1947) en a repris l'étude et a publié le profil détaillé de cette localité qui comprend aussi des sables argileux à mollusques, ainsi qu'une deuxième couche de lignite très peu épaisse, repérée ensuite par DORTHE (1962, fig. 29).

LÜDI (1953) a procédé à une première analyse palynologique des couches organiques et les avait attribuées à l'interglaciaire «Riss-Würm» ou Eémien. VAN DER MEER (1982, p. 21) a ensuite réinterprété le diagramme de Lüdi en le comparant avec ceux de WELTEN (1981; voir aussi HANTKE 1980): pour VAN DER MEER, les lignites dateraient plutôt d'un interstade du «Würm précoce», probablement celui de Brørup selon R. Arn (comm. pers. écrite 1991). Un essai de datation au ^{14}C confirme l'âge relativement ancien des lignites de Pont-la-Ville: $\geq 36\,000$ ans BP (Ly-2215, in ARN 1984, p. 307). Quelques mesures

paléomagnétiques dans les couches encadrant les lignites montrent une aimantation rémanente normale, vers le N (PUGIN 1989, p. 314).

Enfin BEZAT (1994, résultats provisoires de travaux en cours sur mandat SHGN) a repris l'analyse palynologique des limons organiques et de la couche de lignite: le contenu pollinique correspond aux phases successives d'un interglaciaire typique (recolonisation par la végétation, installation d'une forêt de climat froid passant ensuite à la chênaie mixte de climat tempéré). Cet interglaciaire est sans aucun doute l'Eémien. Les niveaux limoneux et sableux surmontant la couche de lignite n'ont pas encore été analysés. Par contre, la couche de sables jaunes à mollusques qui précède les niveaux organiques livre un diagramme qui révèle des érosions et des lacunes importantes ainsi que la présence possible, à la base de la série, de couches beaucoup plus anciennes qui se rattacheraient à l'interglaciaire précédent du «Mindel–Riss» ou Holstein.

THIERRIN (1990, p. 68 et comm. écrite) a signalé sous les «Graviers de la Tuffière» la présence d'un autre épisode palustre, au fond du sondage PF4 implanté à l'ouest de Corpataux (573.345/177.540/cote 645 à 643 m): 2 m de limons stratifiés à feuillettes ligniteux comprenant des niveaux de craie lacustre. Une datation ^{14}C de la matière organique a été tentée à Berne et a donné un âge de $\geq 50\,000$ ans BP. Une partie de la carotte de sondage fut conservée par J. Thierrin, si bien qu'une préparation palynologique a pu y être exécutée par E. Bezat en 1994, mais le matériel organique était trop oxydé pour permettre une étude.

VAN DER MEER (1982, p. 21) avait déjà relevé que des dépôts organiques anciens (lignites surcompactés) devaient être très fréquents sur le Plateau fribourgeois et en Basse-Gruyère, comme en témoignent les nombreux fragments ligniteux remaniés dans la moraine würmienne et dans les couches fluvioglaciaires du Retrait würmien. Quelques-uns de ces fragments ont été datés au ^{14}C ; je ne signale ici que ceux qui proviennent de localités sises sur la feuille Rossens:

- Posat, dans moraine – VAN DER MEER (1982, p. 24) – $> 56\,000$ ans BP (GrN-9349);
- Le Bry, dans dépôts du Retrait würmien – THIERRIN (1990, p. 71) – $20\,690$ ans BP (B-5044), une date peut-être trop jeune, à cause d'une contamination (?);
- Châno/Grenilles, dans dépôts du Retrait würmien – inédit – $> 40\,000$ ans BP (Ly-6327);
- Bois-Momont, dans dépôts du Retrait würmien – inédit – $> 35\,000$ ans BP (Ly-6328);
- Le Chevrey, dans dépôts du Retrait würmien – inédit – $> 38\,000$ ans BP (Ly-6329).

La maturité de la matière organique de ces lignites surcompactés a été mesurée sur deux échantillons par R. Schegg (Genève):

- lignites du Creux d'Enfer de Bertigny: $0,26 \pm 0,04\%$ R_0 ;

- galet de lignite remanié dans les couches fluvioglaciaires du Retrait würmien, gravière du Châno/Grenilles: $0,30 \pm 0,03 \% R_0$.

En résumé, il apparait que les Dépôts lacustres et fluviatiles anciens datent vraisemblablement de l'interglaciaire «Riss-Würm» (Éémien) lorsqu'ils sont recouverts par les «Graviers de la Tuffière»; il est toutefois possible qu'ils soient en partie plus vieux. Là où ils ne sont pas scellés par les «Graviers de la Tuffière», ils pourraient être plus récents que l'Éémien et dater alors d'un interstade würmien (voir plus loin: «Seetone»).

q_{4T} Dépôts sariniens de progression («Graviers de la Tuffière»), localement dépôts glaciolacustres («Seetone») («Würm précoce» et/ou «Würm moyen» p. p.)

Les «Graviers de la Tuffière» occupent les larges vallées préwürmiennes qui ont été en partie suivies par les cours actuels de la Sarine, de la Glâne et de la Gérine. Ils ont été décrits en détail par VAN DER MEER (1982, p. 29ss). Voir aussi SIGNER (1996, p. 74ss).

Il s'agit d'une épaisse (en général 30–40 m, jusqu'à 70 m) et monotone série de graviers plus ou moins sableux, assez mal triés, parfois cimentés, de granulométrie variable, à stratification peu visible, horizontale. Les directions de courant mesurées sont dirigées vers le nord (VAN DER MEER 1982, fig. 15). Les graviers sont localement associés à des sables ou à des sables limoneux qui peuvent être épais. Les galets sont assez bien roulés et proviennent presque exclusivement de terrains affleurant dans le bassin d'alimentation de la Sarine; les galets d'origine rhodanienne sont très rares. Des galets fracturés ou écrasés *in situ* témoignent d'un important recouvrement par le glacier würmien au cours de ses avancées successives.

Les «Graviers de la Tuffière» ont livré à plusieurs reprises des restes de mammoth (MUSY 1923; WEIDMANN & MONBARON 1993), dont quatre proviennent de la feuille Rossens:

- une défense dans l'ancienne gravière du Bois du Sac (574.600/178.750, commune de Posieux);
- une mandibule dans la gravière inférieure de la Tuffière (574.050/177.800, commune de Corpataux-Magnedens).
- une hémimandibule de mammoth, sans dents, dans la gravière inférieure de la Tuffière (découverte en 1999, J.-P. Berger, comm. orale).
- deux os de mammifère (prob. ongulé), dans la gravière inférieure de la Tuffière (découverts en 2004, J.-P. Berger, comm. orale).

Cette formation graveleuse a été ou est encore intensément exploitée; elle est d'autre part toujours aquifère et fournit une eau abondante et de qualité (voir

les chapitres «Matières exploitables» et «Hydrogéologie»); c'est notamment le cas dans le secteur de la Tuffière, commune de Corpataux-Magnedens, d'où la dénomination informelle de cette formation.

Ces graviers avaient été attribués à un épisode fluvial de l'Interglaciaire «Riss-Würm» (MORNOD 1947; DORTHE 1962, 1986, 1990; SIEBER 1974, etc.), mais VAN DER MEER (1982, p. 29ss) a montré qu'il s'agit en fait d'un dépôt de sandur datant de la progression du glacier de la Sarine, probablement lors d'un stade glaciaire non précisé du «Würm précoce». Mais il ne faut pas exclure la possibilité que ces graviers sariniens de progression n'aient pas partout le même âge et qu'ils puissent dater de stades glaciaires différents selon leur position dans l'une ou l'autre des vallées anciennes. La datation des «Graviers de la Tuffière» sera discutée plus loin.

En divers points, les graviers passent, en général vers le haut mais parfois latéralement, à des sables et limons épais d'une quinzaine de mètres au plus, mais les relations stratigraphiques entre ces deux lithologies ne sont jamais très clairement observables en surface, si bien que ces formations sablo-limoneuses ont été cartographiées avec les «Graviers de la Tuffière»: par exemple dans la vallée de la Glâne à l'ouest et au sud-ouest d'Ecuvillens ou en rive droite de la Sarine à l'ouest de Granges-sur-Marly. VAN DER MEER (1982, p. 24ss) avait d'autre part décrit près de Posat (571.050/176.200, gravière actuellement remblayée), sous une moraine du «Würm récent», un épais paléosol recouvrant des argiles à mollusques qui témoignent d'un climat tempéré. Une tentative de datation des mollusques par racémisation d'un acide aminé avait donné un âge qui pourrait correspondre à un interstade du «Würm précoce». Ces couches argileuses de Posat pourraient bien être dans la même position stratigraphique que les «Seetone» du bassin de la Gérine.

Dans le bassin de la Gérine, les dépôts sablo-limoneux bien stratifiés associés aux graviers ne sont pas mieux visibles et, pour cette raison, ont aussi été cartographiés avec les «Graviers de la Tuffière». Par contre plusieurs sondages (578.810/181.270, 579.920/179.940, 579.950/179.750, 577.260/180.250, etc.) ont révélé que les «Graviers de la Tuffière», plus ou moins profondément érodés, étaient parfois recouverts par quelques mètres de moraine, suivie de dépôts stratifiés sableux, un peu graveleux ou, le plus souvent, limono-argileux de teinte sombre qui peuvent atteindre une trentaine de mètres d'épaisseur et qui paraissent eux-mêmes comprendre une ou deux intercalations morainiques: ce sont les «Seetone» des géologues qui ont décrits ces sondages. A Marly-le-Petit, plusieurs fouilles profondes ont dégagé sous la moraine würmienne le sommet de ces dépôts fins, stratifiés, sombres et imperméables, contenant des galets lâchés, qui affleurent plus ou moins bien au Pré-aux-Moines, en rive gauche de la Gérine (env. 578.0/180.2).

Le terme de «Seetone» n'a qu'une valeur très locale, il est évidemment trop restrictif et souvent impropre, mais, en l'absence d'une étude détaillée de cette

série probablement compréhensive, la dénomination est maintenue ici de façon informelle. Dans la plupart des cas, les «Seetone» sont des sédiments glaciolacustres accumulés dans un lac de barrage glaciaire lors de la progression du glacier rhodano-sarinen qui barrait l'ancienne vallée de la Gérine. Ces conditions ont pu se réaliser à plusieurs reprises, à la limite entre chaque interstade et stade du Würm, dont on ne connaît pas encore l'histoire détaillée.

Par chance, les relations stratigraphiques et chronologiques entre les «Graviers de la Tuffière» et les «Seetone» ont pu être précisées en un point, près de la Corbassière (576.750/181.300; l'échelle de la carte n'a pas permis le dessin de cet affleurement), là où la vigoureuse érosion entretenue par le déversement temporaire d'un collecteur d'égouts avait dégagé un bon profil; ces relations stratigraphiques ont ensuite été confirmées par un sondage proche du déversoir (fig. 2). La couche de lignite à bois visible dans cet affleurement livre une date ^{14}C (Ly 6326): $\geq 40\,000$ ans BP. De plus, la séquence d'atterrissement documentée par les limons organiques bruns (épaisseur 1,4 m) a permis l'établissement d'un diagramme pollinique (BEZAT 1994 et travaux en cours). Son interprétation en rattacherait la base à l'interstade d'Odderade («Würm précoce», env. 60 000–70 000 ans BP) et, après une lacune, le sommet à un interstade un peu plus jeune du «Würm moyen», ce qui est en accord avec la datation au ^{14}C . De même que les sondages, l'affleurement de la Corbassière montre donc que des épisodes d'allure morainique interviennent au sein des dépôts stratifiés sablo-limoneux, globalement dénommés «Seetone». Dans l'état actuel de nos connaissances, il est prématuré de vouloir dater plus précisément chacune de ces couches de tel stade ou interstade du Würm.

Même si ces résultats sont encore préliminaires, ils montrent néanmoins que, dans la vallée de l'ancienne Sarine, les «Graviers de la Tuffière» sont très

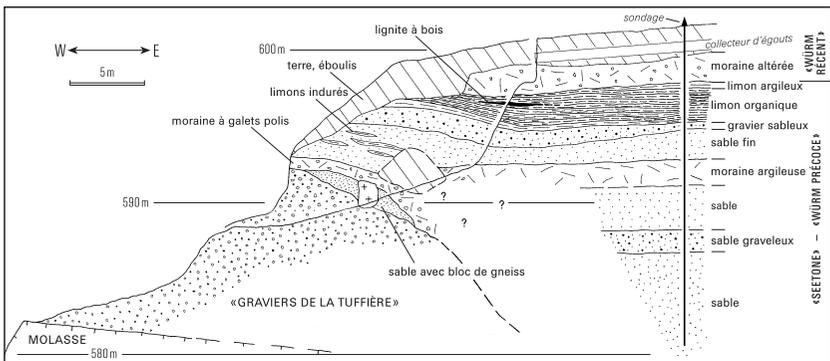


Fig. 2: L'affleurement et le sondage de la Corbassière (576.750/181.300), état en 1990 (d'après un rapport inédit de Géolina S.A., modifié).

vieux et qu'ils datent fort probablement de la progression du premier glacier sarinien, au début du «Würm précoce», soit vers 100 000–110 000 ans BP. Comme on l'a vu plus haut, ces graviers de progression pourraient avoir un âge différent dans les autres vallées anciennes (Glâne, Gérine, Nesslerera, ruisseau du Glèbe, etc.).

q_{4g} Dépôts fluvioglaciaires et glaciolacustres de progression en domaine subalpin («Würm récent»)

Ils s'observent uniquement sur le secteur subalpin de la feuille, dans les ravins creusés par les torrents qui dévalent du massif du Cousimbart-Chrüzflue vers le nord et le nord-ouest, entre 800 et 1050 m d'altitude. Le plus souvent, ces dépôts reposent directement sur les couches molassiques redressées et ils sont recouverts par la moraine du «Würm récent», mais ils semblent aussi interstratifiés dans cette dernière formation. L'extension latérale de ces couches est limitée semble-t-il: on ne peut que rarement les suivre en dehors des ravins.

C'est une succession irrégulière, parfois très épaisse (de quelques mètres à plus de 70 m) de couches stratifiées horizontalement comprenant des graviers fins ou grossiers, des sables ou des bancs d'argile silteuse bleue ou jaune finement litée. Les galets sont en grande majorité d'origine locale (Flysch du Gurnigel et Molasse subalpine), mais du matériel rhodanien est présent; les galets sont en général subarrondis et parfois striés. On n'y a jusqu'ici jamais trouvé des mollusques ou des débris organiques, si bien que cette formation n'est pas précisément datée.

Il s'agit, comme EMMENEGGER (1961, p. 139) l'a montré, de dépôts accumulés dans des lacs temporaires occupant les vallons latéraux barrés vers l'aval par le glacier du Rhône en progression, lors de la dernière invasion glaciaire würmienne. Ce ne sont pas des sédiments d'âge interglaciaire remplissant une ancienne vallée parallèle à l'actuelle vallée de La Roche, comme le supposait TERCIER (1928, p. 96).

q_{4m} Moraine rhodanienne et sarinienne («Würm récent»)

Deux types de moraine ont été distingués sur la carte: la moraine en général, dite «informe», un terme assez vague, mais commode, utilisé par les auteurs précédents, et la moraine sablo-graveleuse. On trouvera dans les thèses de VAN DER MEER (1982, p. 49ss) et de SIGNER (1996) une description des structures sédimentaires, de la composition et des conditions de gisement des moraines du Plateau fribourgeois. La provenance des matériaux composant la moraine est double: les galets et blocs sont principalement d'origine alpine et sarinienne, mais on note aussi des grès durs et des poudingues provenant de la Molasse subalpine. Les deux glaciers de la Sarine et du Rhône confluaient dans la plaine bulloise (PAS-

QUIER 2004), si bien que leurs dépôts sont mélangés sur la feuille Rossens, le matériel sarinien étant toutefois prédominant du côté oriental. La fraction fine est d'origine surtout molassique et locale (GASSER & NABHOLZ 1969).

L'épaisseur de la couverture morainique est extrêmement variable et très difficile à estimer; les sondages ou fouilles profondes montrent qu'elle se situe généralement entre 1 et 5 m, avec des accumulations locales atteignant 10–15 m, exceptionnellement plusieurs dizaines de mètres.

PUGIN (1989, p.317) estime que, lors du dernier maximum de l'extension glaciaire würmienne, l'action du glacier fut principalement érosive «par abrasion, entraînement de blocs ou arrachements» aux dépens de son substratum rocheux ou des anciens sédiments meubles; il n'y a quasiment pas de dépôt au cours de cette phase. Ensuite, lors de la déglaciation, l'eau joue un rôle beaucoup plus important sur et sous le glacier, permettant le transport et l'accumulation d'importants volumes de sédiments fins ou grossiers, plus ou moins bien stratifiés.

Moraine en général, moraine informe

C'est celle qui recouvre les plus grandes surfaces de la carte et qui fut ainsi décrite par GILLIÉRON (1885, p. 422): «...Un mélange d'un limon très fin avec des matériaux de toutes les dimensions possibles, sans aucune tendance à une séparation des éléments suivant leur grosseur. Le limon occupe ordinairement plus de place que les fragments qu'il enveloppe; il arrive même que ces derniers sont si rares ou si petits que l'on croit être en présence d'une alluvion ordinaire. Dans d'autres dépôts, les débris caillouteux occupent autant de place que le limon; d'autres fois encore, ils prédominent, et sur quelques points, ils semblent les composer à eux seuls; mais alors même, il y a toujours des particules fines qui ne se rencontrent que dans ceux qui ont été opérés sous l'influence de l'eau. La teinte fraîche du limon est presque toujours le gris bleuâtre; elle passe au gris jaunâtre ou roussâtre, partout où l'action de l'air et de l'eau a pu se faire sentir, et la limite entre les deux teintes est toujours irrégulière. Habituellement, ce n'est que la dernière que l'on voit. (...) Ces différentes sortes de mélanges alternent les uns avec les autres; une masse limoneuse peut succéder à une autre très caillouteuse, des fragments anguleux à des galets parfaitement arrondis.»

Moraine sablo-graveleuse

Sables et graviers souvent limoneux, le plus souvent mal triés, avec de gros blocs dispersés et parfois une stratification fruste. La moraine sablo-graveleuse constitue fréquemment les vallums morainiques, qui sont toujours plus ou moins démantelés par l'érosion. Le remaniement de la moraine par les eaux de fonte accumule des sables et graviers stratifiés qui ont été cartographiés séparément (voir «Dépôts fluvioglaciaires et glaciolacustres du Retrait würmien», p.43). Sur le terrain, la moraine graveleuse se distingue par des sols sableux, légers,

perméables et par l'abondance des galets dispersés en surface des terres ouvertes. Les épisodes les moins argileux de la moraine graveleuse ont souvent été exploités pour l'empierrement des chemins de campagne. Synonyme: moraine superficielle, moraine caillouteuse.

q_{4m} *Moraine sous-lacustre*

Silts argileux à galets striés, probablement sédimentés sous ou au front du glacier sarinien dont la langue baignait dans un lac proglaciaire barré au nord, vers Le Bry, par le glacier du Rhône (PUGIN 1989a, 1989b; BLUMER & BRAILLARD 2004). Cette formation ne se trouve qu'en rive droite de l'actuel lac de la Gruyère, au sud de la feuille (env. 575/170); elle y détermine de fréquents glissements de terrain entretenus par les variations périodiques du niveau du lac de barrage.

Moraine de fond

Elle n'affleure que rarement, dans les lits de ruisseaux ou dans des fouilles profondes et, pour cette raison, n'a pas été cartographiée séparément.

C'est une argile silteuse compactée, non stratifiée et imperméable, à blocs et galets striés, de teinte gris-bleu à l'état frais, gris jaunâtre une fois altérée. Synonymes: argile à blocaux, moraine compacte, diamictite, «lodgement till», etc.

Moraine «molassique»

Comme GILLIÉRON (1885, p. 424) l'avait déjà observé et décrit, les grès de l'OMM sont souvent recouverts d'une couche pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur de sables glauconieux mimant la molasse marine altérée, cependant ces sables sont un peu argileux, compactés et surtout, ils contiennent de rares galets alpins striés. La moraine «molassique» ne s'observe bien que dans les coupes artificielles ou les sondages. Elle n'a pas été cartographiée séparément. Synonyme: le «matelas» de CHOFFAT & AUBERT (1983, p. 328).

Vallums morainiques

Dans la partie centrale et nord-ouest de la feuille, les vallums sont rarement bien conservés: beaucoup ont été détruits et remaniés par les eaux de fonte, ils ne se signalent plus que par des accumulations sablo-graveleuses plus ou moins stratifiées (BÜCHI 1946, p. 122). Ces lambeaux sont trop rares et dispersés pour qu'on puisse les corrélérer et distinguer ainsi des stades successifs de retrait. Au flanc des reliefs, par contre, on peut observer une succession de vallums souvent accompagnés d'accumulations de blocs erratiques: jusqu'à 1160 m au flanc sud du Gibloux et jusqu'à 1100 m au sud-est de La Roche.

Rappelons que, lors du maximum würmien, le haut-massif Berra–Cousimbert–Schwyberg n'a pas été recouvert de glace.

Cordons morainiques unilatéraux

Il s'agit de dépôts morainiques sous forme de cordons fortement dissymétriques ou de banquettes obliques et allongées à flanc de versant. Ils sont assez nombreux au nord-ouest du Cousimbert.

Drumlins

Sous cette dénomination figurent divers types morphologiques qui n'ont pas été analysés en détail, surtout par manque d'affleurement ou de sondage: vrais drumlins, drumlins rocheux, «drumlinoïdes», kames (voir les commentaires de VAN DER MEER 1982, p. 8s et fig. 3).

Blocs erratiques

Le chanoine FONTAINE, en 1808 (in DAGUET 1852), a le premier affirmé l'origine valaisanne de beaucoup d'entre eux. GILLIÉRON (1885), puis BEHMER (1912) les ont plus particulièrement étudiés. Quelques-uns ont été figurés sur la carte et on trouvera la mention de nombreux autres dans le recensement, encore incomplet, de BOLLIN (1995).

L'homme a toujours porté beaucoup d'intérêt aux blocs erratiques, et ceci pour des raisons fort diverses. Certains ont été sanctifiés et révéérés: c'est le cas du fameux «menhir de La Roche» un bloc de gneiss granitique de 70 m³, haut de plus de 6 m, planté dans les alluvions de la Serbache et actuellement monument protégé (575.930/171.270; voir DEY 1854). La «Pierrafortscha» ou Pierre fourchue (en gneiss granitique; 580.240/181.330) devait être, selon BEHMER (1912), le plus gros bloc erratique du canton de Fribourg et il a donné son nom à la commune qui l'abrite, ce qui ne l'a pas empêché d'être largement exploité au 19^e siècle, avant d'être classé (FONTAINE 1964). Citons aussi la «Pierre au Poste» dans le Bois des Rittes (579.05/182.04) et les superbes blocs de Versannes-Saugy, au nord-ouest de Farvagny-le-Petit, mesurant tous deux près de 100 m³, dont l'un est en poudingue du Mont-Pèlerin et l'autre en gabbro (571.310/175.650).

Les blocs erratiques jonchaient en très grand nombre les surfaces abandonnées par le glacier, mais, après avoir été systématiquement recherchés et débités pendant des siècles comme pierre à bâtir ou pierre à chaux, seuls subsistent ceux qui n'étaient pas facilement exploitables à cause de leur dureté ou de leur composition (gneiss siliceux, poudingues permien, poudingues du Mont-Pèlerin, euphotide) ou à cause de leur situation dans des lieux difficilement accessibles (fonds de ravins, forêts) ou trop éloignés des secteurs habités (Gibloux, Combert, Mondzémolien–Montévraz-Dessus, etc.).

On observe souvent des blocs erratiques qui sont rassemblés en lisière des champs cultivés après avoir été arrachés à la moraine de fond lors des labours profonds. De plus, ils ornent très systématiquement les jardinets des nouveaux

quartiers de villas, mais dans ce dernier cas, on ne sait s'ils ont été trouvés lors du creusement des fondations ou s'ils ont été «importés».

TERCIER (1928, p. 93) a observé des petits blocs et galets de matériaux rhodaniens jusque vers 1300 m dans le Plasselschlund.

q₁ Moraine locale (Tardiglaciaire)

Dans les flancs septentrionaux des reliefs importants et dans le Plasselschlund, de petits appareils glaciaires se sont installés lors de la phase froide centrée autour de 15 000–14 000 ans BP environ («phase de récurrence des glaciers locaux» de ARN 1992). Il n'est pas toujours facile de tracer la limite entre les moraines sarino-rhodaniennes et celles de ces glaciers tardifs, car ces derniers remanient et recouvrent les moraines précédentes. Sur la feuille Rossens, il n'y a pas d'éléments de datation de cette phase de récurrence.

Au Gibloux, des moraines attribuables à cette phase de récurrence existent semble-t-il jusque vers 900 m d'altitude (limite inférieure); elles sont caractérisées par une grande abondance de galets quartzitiques remaniés des conglomérats molassiques. Des vallums bien conservés s'observent à la Montagne (569/171).

Au nord de la crête Cousimbert–Chrüzflue, le glacier local, déjà signalé par TERCIER (1928, p. 102), est constitué presque exclusivement de grès des flyschs de la nappe du Gurnigel. Il n'est donc pas aisé de le distinguer des éboulis de flysch et des glissements de terrain. Ici aussi, les glaciers locaux paraissent être descendus jusque vers 900 m, abandonnant tout un système de vallums assez bien conservés.

Le glacier local est également bien représenté dans le Plasselschlund (NUSSBAUM 1906, p. 109s, TERCIER 1928, p. 102s). En phase de retrait, des petits glaciers occupaient les cirques sis à l'est du Cousimbert, au nord de la Berra, dans la Haute-Gérine et le Haut-Höllbach. Leurs moraines, faites exclusivement de débris de flysch de la nappe du Gurnigel, sont parfois très épaisses: plusieurs dizaines de mètres de moraine locale assez graveleuse sont exposés par l'érosion du Paradisabach, au sud de Rigeli (581.8/171.7). Des vallums morainiques typiques s'observent en aval vers la Lenzburgera (1000–1080 m) et tout en amont, par exemple à la Fillistorfena (1300–1400 m). Lors du maximum de la phase de récurrence des glaciers locaux, les appareils de la Gérine et du Höllbach devaient confluer, mais ne paraissent pas être sortis de la «région du Flysch» (NUSSBAUM 1906, Taf. IV; TERCIER 1928, p. 103).

q4-5 **Dépôts fluvioglaciaires et glaciolacustres du Retrait würmien** (Tardiglaciaire)

Synonyme: «Formation du Retrait» des anciens auteurs.

Lors des étapes de la fonte du glacier du Rhône würmien, de nombreux lacs de barrage se sont succédés en bordure du glacier et dans les vallées affluentes, au pied des reliefs molassiques déjà libérés des glaces (Gibloux, Combert, Cousimbert, Chrüzflue). Des accumulations considérables de limon plus ou moins argileux, de sable et de gravier sont venues remplir ces bassins éphémères, laissant après la vidange des terrasses de kame étagées ou des cônes d'alluvions perchés. Les plus élevés de ces dépôts se trouvent à 960–970 m au sud de Montévraz-Dessus, à 970 m au lieu-dit Es Asses sur Villarlod, à 870 m au sud de Treyvaux. Plus tard et à plus basse altitude, au front des langues glaciaires latérales du glacier du Rhône, les eaux de fonte très abondantes édifiaient des sandurs parfois étendus ou formaient de vastes lacs dans les dépressions fermées. Ces eaux s'écoulaient vers le nord-est, en bordure de la masse glaciaire principale qui occupait toujours la vallée de la Sarine (KRAYSS 1989, 1992). Les conditions climatiques du Tardiglaciaire limitaient la formation des sols et l'extension d'une couverture végétale capable de fixer les terrains meubles. Tout ceci explique l'ampleur des érosions, remaniements, granoclassements et alluvionnements, là où les eaux pouvaient exercer leurs effets sur les moraines et sur les autres dépôts quaternaires meubles.

Ces dépôts fluvioglaciaires et glaciolacustres du Retrait peuvent en effet être très épais, dépassant 50 m dans certains sondages. Les accumulations cartographiées ne sont toutefois que des restes épargnés par les remaniements et érosions contemporains du dépôt ou postérieurs. Les sables et graviers prédominent le plus souvent sur les termes plus fins, mais le tri granulométrique est hétérogène, passant rapidement d'un sable ou gravier propre à des limons argileux glaciolacustres ou à un mélange argileux de type morainique pouvant inclure des blocs erratiques. Les galets striés sont toutefois rares, ce qui démontre un transport notable. Les dépôts glaciolacustres limono-argileux finement stratifiés peuvent occuper de vastes surfaces et atteindre plus de 10 m d'épaisseur: rive droite de la Glâne sous Autigny, terrasse à 596 m à l'est de Matran, forêt de Bibou – Gros Dévin au nord du Bry, etc. On note assez souvent dans les graviers une cimentation carbonatée peu prononcée.

Dans les termes grossiers, les stratifications sont rarement horizontales, mais varient beaucoup, avec des structures sédimentaires témoignant d'un milieu à énergie changeante et souvent élevée. Les directions de courant mesurées vont en général vers le NE, mais elles ne sont pas constantes (VAN DER MEER 1982, fig. 59). Les forts pendages, les déformations par plis, faille ou glissement (slumping) sont la règle et sont attribuées à la fonte de glace morte située sous le dépôt ou à sa bordure, plutôt qu'à une poussée latérale du glacier. Des couches de loess n'ont pas été signalées jusqu'ici.

De belles dolines périglaciaires sont conservées dans le Schwandholz (S de St-Ursen), dans le bois du Gros Dévin et la forêt de Bibou (N du Bry) et dans la forêt du Chaney (N de Rossens).

La présence de matière organique dans les dépôts du Retrait würmien, sous la forme de galets de lignite remaniés, a déjà été citée plus haut. Comme les conditions climatiques du Tardiglaciaire würmien ne permettaient pas encore la présence d'une végétation bien développée (GAILLARD 1984, 1993; SCHMIDT 1985; WOHLFARTH et al. 1994), il est normal de ne pas rencontrer dans les dépôts du Retrait des accumulations stratifiées de matière organique.

Toutefois, deux sondages exécutés pour le viaduc de la Gruyère (A 12) ont rencontré, au sein de graviers et sables attribués au Retrait würmien, l'un une couche de lignite (573.345/171.750; prof. 9,2–9,3 m) et l'autre un paléosol organique brun foncé (572.890/172.880; prof. 14,15–14,2 m). De plus, THIERRIN (1990, p. 71 et comm. orale) a observé des couches de tourbe alternant avec des sables, dans l'ancienne gravière du Chaney, qui n'exposait pas de la moraine sous les sédiments exploités; l'absence de la moraine a par ailleurs été confirmée par la sismique entre le Chaney et Rossens (SIGNER 1996). Deux échantillons de tourbe furent prélevés et datés au ^{14}C (THIERRIN 1990):

- Le Chaney (573.360/175.550), 33 970 ans BP (B-5050)
- Le Chaney (573.365/175.550), >55 000 ans BP (B-5051)

Si ces observations et datations se confirment, elles démontreraient que, localement, le dernier glacier n'a pas déposé de moraine, ou que la moraine a été érodée après son dépôt et que les dépôts du Retrait reposent directement sur des sédiments datant de divers interstades würmiens. Dans ce cas, il est bien difficile de faire cartographiquement la distinction entre les deux formations. D'autres observations et datations seront nécessaires pour éclairer cette question qui demeure pendante.

Un certain nombre d'ossements et de dents fossiles ont été trouvés dans des gravières exploitant les dépôts fluvioglaciaires du Retrait. Ils ont été signalés dans le Bulletin de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles, sont conservés au Musée des Sciences naturelles de Fribourg et appartiennent aux espèces suivantes:

- Bison: Sur Momont, Pont-la-Ville; Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 40 (1951), 183;
- Rhinocéros laineux: Autigny; Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 48 (1958), 287;
- Cheval: Marly-le-Grand; Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 44 (1954), 296;
- Marmotte: Treyvaux; MUSY (1910);
- Marmotte: Marly-le-Grand; MUSY (1925);
- Marmotte: Ferpicloz; MUSY (1925). Il est possible que les restes des marmottes proviennent d'animaux morts dans leur terrier creusé dans les gra-

viens; ces fossiles pourraient alors être plus récents que le Retrait würmien, comme le souligne SCHNORF (1963);

- Os indéterminable: St Ours; Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 31 (1933), 162;
- Os indéterminable: Es Bons/Magnedens; Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 35 (1941), 62;
- Os indéterminable: La Roche; Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 47 (1957), 80;
- Os indéterminable: Grenilles, trouvé par l'auteur en 1992.

Les dépôts du Retrait würmien ne sont pas datés avec précision sur la feuille Rossens. Ils ne sont pas tous contemporains, puisqu'ils jalonnent les étapes de la déglaciation (entre 18 000 et 15 000 ans BP environ), ainsi que le passage au Postglaciaire (vers 10 000 ans BP). Plusieurs auteurs ont raconté cette histoire qui a vu les ultimes retouches apportées à la morphologie des paysages actuels (EMMENEGGER 1961; HANTKE 1980; PUGIN 1989; KRAYSS 1989, 1992; AMMANN et al. 1994; WOHLFARTH et al. 1994). Beaucoup d'interrogations demeurent toutefois quant aux détails locaux et à la chronologie de ces scénarios, auxquels je renvoie le lecteur.

Un point important doit cependant être souligné quant au territoire de la feuille Rossens (PUGIN 1989a, b): du fait de sa masse plus modeste et de son altitude moyenne plus basse, le glacier de la Sarine a fondu plus rapidement que le glacier du Rhône. Le bassin de Bulle était donc déglacé, alors que le glacier du Rhône contournait le massif du Gibloux par le nord et barrait la vallée de la Sarine dans la région du Bry et de Pont-la-Ville tout d'abord, puis dans le secteur sis immédiatement au sud de Farvagny-le-Grand et de Rossens, comme en témoignent des vallums morainiques relativement bien conservés: un vaste bassin glaciolacustre proglaciaire occupait ainsi la Basse-Gruyère. Après la fonte du glacier, l'érosion des barrages morainiques par la Sarine a diminué graduellement le niveau de ce lac (BLUMER & BRAILLARD 2004). Vers l'aval, la Sarine s'est alors encaissée dans son canyon épigénique, abaissant le niveau de base régional d'un ordre de grandeur de 80–100 m en 5 000 ans environ, ce qui donnerait une érosion moyenne de 2 cm/an. Ces données relativement précises ont été acquises grâce à la découverte d'un site mésolithique au pied de la falaise du canyon actuel à Arconciel/La Souche (MAUVILLY et al. 2000, 2002).

Cet abaissement important et relativement rapide du niveau de base a eu notamment pour conséquence que les affluents de la Sarine ont disséqué et souvent totalement détruit les terrasses et autres accumulations de matériel glaciolacustre et fluvioglaciaire.

Les dépôts graveleux du Retrait würmien ont été et sont toujours exploités dans de nombreuses gravières.

Holocène

q_s Dépôts lacustres récents (Tardiglaciaire et/ou Holocène)

Synonyme: «Postwürm ancien» (EMMENEGGER 1961).

On a cartographié sous ce titre les accumulations de sédiments lacustres fins qui remplissent d'anciennes dépressions barrées par des moraines. Quelques affleurements et des sondages révèlent qu'il s'agit surtout de sables, silts et argiles finement litées, auxquels succèdent souvent des sédiments tourbeux en fin de comblement. La durée de ces bassins lacustres n'est pas connue sur la feuille Rossens: certains se rattachent aux phases anciennes du Tardiglaciaire (Retrait würmien), d'autres sont beaucoup plus récents et passent aux formations palustres modernes. A l'ouest de la Sarine, ces dépôts lacustres récents sont d'une part beaucoup plus restreints et d'autre part moins bien documentés par des sondages; ils n'ont pas été distingués des marais qui leur ont succédé.

Lac du Mouret: barré à l'ouest par la moraine de Senèdes, au nord par celle de Rionbotset et à l'est par les dépôts colmatant l'ancienne vallée de la Nesslera. Les sédiments lacustres, anciennement exploités par la tuilerie du Mouret, ne dépassent probablement pas 6 m d'épaisseur et reposent sur des graviers; les tourbes anciennement exploitées de la dépression de Senèdes atteignent par contre 8 m d'épaisseur.

Lac de Ginggerain: occupait une ancienne vallée profonde qui était barrée par le vallum de Ginggerain–Flachsnera (BÜCHI 1946). Son remplissage lacustre d'argile limoneuse et parfois sableuse atteint 25 m et repose sur des sables et graviers attribués au Retrait würmien (sondage 584.730/178.530).

Lac du Petit Ependes: barré par la moraine du Brésil. Un sondage (576.280/178.970) montre 10 m de remplissage limoneux et sablo-graveleux reposant sur la moraine de fond.

Lac de Muelers (585/175–176): des sables plus ou moins graveleux et des limons stratifiés s'observent entre 852 et 900 m sur les deux rives du Muelersbach. EMMENEGGER (1961) les avait attribués à des «alluvions de barrage de la progression würmienne», alors que SCHMID (1970, p. 105), ayant cartographié leur extension orientale dans le bassin de la Singine, les attribue à un stade de retrait du glacier du Rhône («Stauschotter von Plaffeien und Plassel»). Le barrage local aurait été tout d'abord le glacier du Rhône stationnant un peu en amont de St. Silvester ou, plus tardivement, sa moraine latérale prolongeant vers le nord-est celle de Riederwäli et colmatant l'ancienne vallée interglaciaire de la Gérine, qui fut ensuite à nouveau dégagée par des phases d'érosion récentes. Les dépôts sablo-graveleux du lac de Muelers reposent sur une vingtaine de mètres de limons argileux à lits de sable fin et galets lâchés qui semblent passer vers le bas à de la moraine de fond; ce sont les «Blaue Seetone von Plaffeien» de SCHMID (1969, 1970), qui n'ont pas été distingués de la moraine würmienne sur la feuille Rossens.

q_L Limons de pente, colluvions

Ce terme volontairement assez imprécis désigne des dépôts récents, généralement stratifiés, le plus souvent limoneux et pauvres en cailloux, mais parfois sableux, qui s'accumulent au fond des dépressions allongées ou recouvrent souvent les surfaces planes ou concaves au pied d'une pente. Leur épaisseur est variable, mais dépasse rarement 1–2 m. Ils ont probablement deux origines (GRATIER & BARDET 1980):

- a) Remaniement de la moraine en climat périglaciaire, avec éventuelle éolisation, alors que la couverture végétale était encore limitée, c'est-à-dire avant le réchauffement du Postglaciaire (env. 10 000 ans BP).
- b) Erosion par ruissellement des sols cultivés et, dans ce cas, on y trouve fréquemment des petits charbons de bois et, parfois, des tessons de céramique d'âges divers. Les pratiques culturales de la fin du 20^e siècle, surtout les cultures de maïs, ont considérablement amplifié cette érosion des sols cultivés et leur accumulation dans les dépressions. Synonymes: limons de remaniement, etc.

Terrain tassé, tassement

Très rares en Molasse du Plateau, mais bien localisés (par exemple 583.8/177.8), les tassements sont beaucoup plus fréquents en Molasse subalpine où ils affectent toutes les formations, là où la pente est suffisamment forte.

Dans le Flysch du Gurnigel, l'escarpement frontal (flanc externe de la croupe Cousimbert-Chrüzflue) est parfois tassé sur les Marnes de Cucloz sous-jacentes. Les tassements sont courants et certainement profonds dans les pentes conformes descendant du Cousimbert et du Muschenegg vers la Gêrine. De même, le flysch est très souvent tassé dans les niches d'arrachement des grands glissements de terrain, sur les bords des ravins profondément encaissés et, en règle générale, partout où l'érosion naturelle ou des excavations artificielles imprudentes perturbent l'équilibre toujours précaire des versants. Citons en exemple le tassement suivi de l'écroulement, le 27 janvier 1995, du sommet de la carrière de Tature (584.3/172.8; Freiburger Nachrichten, 28.01.1995).

Terrain en glissement, terrain glissé, Glissement de faible extension

Sur le Plateau molassique, les glissements ne sont pas fréquents et ils n'affectent que les terrains quaternaires. Ce sont, plus particulièrement:

- Les silts et argiles glaciolacustres du Retrait würmien en rive droite de la Glâne au sud d'Autigny, dans le creux des Rittes au nord-ouest de Granges-sur-Marly, aux environs du Bry;

- Les silts et argiles lacustres anciens, ainsi que la moraine argileuse ancienne, qui remplissent les vallées interglaciaires en rive gauche de la Sarine sous Posieux, en rive droite du lac de la Gruyère un peu au sud du barrage de Rossens, sur les deux rives de la Gérine en amont de Brädelen et très spectaculairement au lieu-dit bien nommé «Chrachen» (ou «Im Krachen», env. 584.4/176.2), où GREMAUD (1887b) avait déjà reconnu et fort bien décrit le glissement généralisé du versant gauche de la vallée;
- Parfois, très localement, la moraine de fond argileuse würmienne.

Dans la Molasse subalpine, les glissements sont nombreux et étendus, le plus souvent actifs et probablement profonds. Citons le glissement du Leich à La Roche, celui de la route de Montsoflo profond de plus de 30 m, l'éboulement-glissement très actif de la Chrüzflue, qui a connu une accélération impressionnante au printemps 2001, enfin les coulées tranquilles, mais spectaculaires, sises entre Laupers Schwand et Eggers Schwand (584–585/174–175).

Dans le Flysch du Gurnigel, les glissements sont innombrables, de toutes tailles et de tous types. GREMAUD (1880, 1887b) avait, après d'autres, attiré l'attention sur ces phénomènes, sur leurs conséquences économiques et surtout sur leur ampleur dans la vallée de la Gérine et dans tout le territoire occupé par le Flysch du Gurnigel. Il en avait publié quelques vues spectaculaires (fig. 3), très surprenantes pour nous, parce qu'elles datent d'une époque au cours de laquelle la déforestation avait largement dépassé la cote d'alerte: vers 1890, les bassins versants du Höllbach et de la Gérine étaient déboisés sur 93–95 % de leur surface, d'où des inondations catastrophiques en aval et aussi le déclenchement et l'entretien des glissements de terrain. Après plus d'un siècle de travaux divers (corrections de cours d'eau, drainages, reforestation: voir JUNGO 1940), la situation s'est notablement améliorée en ce qui concerne les cours d'eau, mais les mouvements de terrain n'ont pas cessé, tant dans les petits glissements locaux que dans les vastes glissements complexes, souvent rapides et profonds comme ceux de Räschera ou de Moosboden (NOVERRAZ 1995).

En 1994, l'accélération brutale et catastrophique du glissement de Chlöwen - Falli Hölli, dans la vallée du Höllbach sur la feuille 1206 Guggisberg, démontre que les mauvaises surprises sont toujours partout possibles (RAETZO & LATELTIN 1996). Cet événement s'est par ailleurs répercuté sur la feuille Rossens, car le bas-vallon du Höllbach a été envahi et partiellement comblé sur plusieurs dizaines de mètres de hauteur par des coulées de boue issues du front du glissement principal.

Fig. 3: «Glissements et érosions de berges au-dessous de la Tature d'en haut (Gérine)». Dessin non signé, 19 x 13 cm, tiré de la publication de GREMAUD (1887 b). Il s'agit du grand glissement de Räschera, en rive droite de la Gérine, vu ici depuis l'aval.



Écroulement, accumulation de blocs

Ils sont peu importants dans la Molasse du Plateau et ne s'observent que dans les gorges de la Sarine, là où la roche est particulièrement fracturée et parfois tassée, ou au pied des escarpements de poudingue des Couches du Belpberg (Vers-les-Châteaux, 576.0/171.5). En rive gauche de la Sarine, au sud de Posieux, les «Graviers de la Tuffière» sont cimentés et ils se sont écroulés en énormes blocs qui glissent sur les argiles glaciolacustres anciennes.

En zone subalpine, les parois de Grès de Vaulruz et de Grès de Cucloz sont presque systématiquement tassées sur les marnes sous-jacentes et ces tassements évoluent vers l'aval en écroulements, puis en coulées de blocs glissés; un bloc gréseux de 400 m³ s'est ainsi déplacé sur plus de 1 km (582.780/175.060). Un écroulement important est dû au système décrochant méridien de la Chrüzflue qui a haché les bancs de grès du Flysch du Gurnigel et a favorisé leur chute; DE GIRARD (1896) mentionne des éboulements en 1836, 1843 et 1848, qui ont peu à peu enseveli la carrière de gypse du Burgerwald.

Des écroulements de grès s'observent au pied de quelques autres parois de flysch; tous ces éboulements passent à des glissements vers l'aval.

Eboulis

Les éboulis n'existent quasiment pas dans la Molasse du Plateau ou dans la Molasse subalpine, la nature de la roche étant telle qu'elle s'altère en sable plus ou moins argileux, mais ne livre pas d'éboulis. Par contre, les parois déterminées par les termes gréseux du Flysch du Gurnigel sont parfois frangées d'éboulis.

Tuf calcaire

Des imprégnations ou des petits amas de tuf sont courants au griffon de nombreuses sources, surtout lorsque les eaux ont circulé dans les sables et graviers des dépôts sariniens, riches en matériaux calcaires; tous n'ont pas été notés sur la carte. Des accumulations plus étendues, mais pas très épaisses, se trouvent à Corbaroche ou aux Noutes (SE de Marly), au creux des Rittes (NW de Granges-sur-Marly), en rive droite de la Glâne sous Posat, dans les deux versants de la Glâne au nord d'Ecuvillens et à l'ouest des Muéses, en rive gauche du ruisseau de Copy à l'est de Chésalles.

Le gisement de tuf de la Tuffière – le Grabe (communes de Corpataux-Magnedens et de Hauterive) était de loin le plus volumineux, mais des siècles d'extraction l'ont épuisé. Il est dû au très important système sourcier, actuellement en grande partie capté, qui fait émerger la nappe phréatique circulant dans l'ancienne vallée de la Sarine (voir les chapitres «Matériaux exploitables», «Hydrologie» et «Anciens cours d'eau»). Outre les habituelles empreintes de végé-

taux, on y a trouvé une mandibule de cerf élaphe (Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 12 (1904), 73).

Marais, ancien marais drainé, tourbière

Sur le Plateau molassique, presque tous les marais dessinés sur la carte sont actuellement drainés et mis en culture. Les contours de ces anciennes zones marécageuses sont tirés de l'examen de la morphologie, de la nature des sols et surtout de diverses cartes topographiques datant du milieu du 19^e siècle, époque au cours de laquelle on n'avait pas encore entrepris l'assainissement des marais sur une grande échelle. On sait en outre que, au Moyen Age et dans la région du Plateau qui nous occupe, l'extension des bas-fonds marécageux non cultivables pouvait facilement atteindre 20 % de la surface totale (MORARD 1990).

Cet antique paysage de marais, dont le souvenir s'est parfois conservé dans la toponymie, est un héritage direct du Tardiglaciaire: dans les dépressions plus ou moins fermées, abandonnées par le glacier et colmatées par de la moraine, se sont accumulées des séquences sédimentaires (argile, craie lacustre, gyttja et enfin tourbe) qui peuvent dépasser une dizaine de mètres d'épaisseur et qui ont enregistré toutes les étapes de l'évolution du climat tardi- et postglaciaire, laquelle a conditionné la formation des sols et leur lente colonisation par la végétation. Celle-ci est bien documentée dans les sédiments par ses spores et ses grains de pollen (GAILLARD 1993, WOHLFARTH et al. 1994).

Sur la feuille Rossens, seule la tourbière de Lentigny, à l'ouest de Cottens (env. 567.4/178.3), a jusqu'ici fait l'objet par DURUZ (1952), puis par GAILLARD (1981, A II, 10–12), d'une analyse palynologique sommaire qui révèle une séquence complète du Tardiglaciaire.

Les marais et tourbières ne contiennent pas que des pollens ou d'autres fossiles végétaux, mais aussi les restes des animaux qui sont venus s'y enliser et qui sont typiques de la grande faune du Tardi- et du Postglaciaire. Ces fossiles ont été trouvés et signalés lors de l'exploitation de la tourbe ou des argiles de tuilerie (voir le chapitre «Matériaux exploitables»):

- tourbière de Lentigny: bois d'élan; Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 17 (1909), 136;
- idem: bois de cerf; Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 25 (1921), 67;
- idem: crâne avec bois de cerf; Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 38 (1948), 38;
- idem: os long d'auroch; Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 40 (1951), 183;
- tourbière de Rosé: bois d'élan; La Liberté, 14.12.1908;
- tourbière près de Maison Rouge: bois de cerf; Musée d'histoire naturelle de Berne, 1915.

En zone subalpine et sur le Flysch du Gurnigel, les forêts et pâturages marécageux sont très courants, si bien que seuls les plus étendus ont été notés sur la

carte. Relevons particulièrement les marais de Muschenegg (SE de la Chrüzflue), de Rigeli (E du Cousimbert), de l'Obere Lenzburgera (583.8/173.1) et de Sapalex (582.2/170.2) où s'observent sur plusieurs mètres d'épaisseur des tourbes à troncs nombreux et volumineux.

a Alluvions récentes
Cône d'alluvion

On a noté en alluvions récentes le fond de la large vallée de la Longive, entre les deux Farvagny, ainsi que celui de la Glâne sous Autigny: ce sont des dépôts limono-sableux et parfois tourbeux, épais de 4 à 8 m, qui sont en partie d'origine lacustro-palustre et qui reposent sur la moraine de fond würmienne. Par contre, les autres nappes d'alluvions présentes dans les vallées de la Sarine, de la Gérine, de la basse Glâne, du ruisseau de Zénauva, du Nesslerabach et du Frommatt Bach sont essentiellement graveleuses.

Dans les deux premiers cours d'eau cités ci-dessus, on observe dans les alluvions graveleuses un système de terrasses d'érosion particulièrement bien développé dans l'intérieur des méandres encaissés. La genèse, l'évolution et la datation des méandres sont loin d'être élucidées, bien qu'on s'en préoccupe depuis longtemps: CALCIATI (1910), BALMELLI (1959), MONBARON & INDERMUEHLE (1987), etc.

Il faut souligner que la Gérine, en aval de Marly-le-Petit et en amont de la Vieille Rossmatte jusqu'au fond du Plasselschlund, demeure une des très rares rivières tressées de Suisse romande qui n'est pas encore endiguée, mais qui divague assez librement dans son lit majeur et dont le débit n'est pas contrôlé par un barrage de retenue. Les contours des terrasses et des affleurements de la Molasse ou du Flysch du Gurnigel peuvent donc y changer passablement d'une crue à l'autre.

Beaucoup des torrents issus des reliefs du Gibloux, de la Combert, du Cousimbert-Chrüzflue ont édifié de puissants cônes d'alluvions surtout graveleuses à leur confluence dans la vallée principale. Un ancien cours du ruisseau de Montécuc a abandonné un cône d'alluvions perché et sec qui est relativement bien conservé (581.750/175.400).

Dépôt artificiel, remblais

Beaucoup de remblais peu volumineux ont été omis sur la carte, notamment le long des routes et chemins. Par contre, la construction ou l'amélioration des grandes voies de communication (autoroute A12, ligne de chemin de fer Lausanne-Fribourg) ont nécessité d'importants mouvements de terre. Il en fut parfois de même dans le cadre des remaniements parcellaires, lors de la mise sous tuyaux d'un ruisseau et du comblement de son vallon. L'aménagement hydro-

électrique de la Sarine a aussi créé de volumineux remblais dans le canyon de la Sarine: un peu en aval du barrage, devant l'usine d'Hauterive et dans le ruisseau de Prassasson, au débouché d'une fenêtre de la galerie d'amenée. Enfin, de très fréquentes accumulations «sauvages» d'ordures, de matériaux de démolition et de déchets divers ont déjà comblé ou combleront à l'avenir les vieilles carrières et gravières abandonnées; ces pratiques sont néfastes non seulement à l'environnement à cause des pollutions des eaux qu'elles génèrent, mais aussi au géologue qui voit ainsi disparaître d'excellents affleurements.

La législation exige désormais que les gravières épuisées soient remblayées sans délai et que les terrains ainsi récupérés soient remis en culture. En conséquence, il ne reste quasiment plus de trace de l'exploitation sur le terrain et il faut se reporter aux archives administratives ou aux éditions successives de la Carte nationale pour localiser approximativement les surfaces exploitées. Comme le rythme d'extraction des gravières en activité évolue très rapidement et très différemment au gré de la conjoncture, il est difficile d'actualiser la situation. En principe, les contours des secteurs exploités et remblayés qui ont été reportés sur la carte datent de l'été 1993.

Morphologie

On trouvera dans les travaux de MICHEL (1910) et de BÄRTSCHI (1913) un exposé des recherches et des théories morphogénétiques appliquées à notre région, et notamment à l'histoire de son réseau hydrographique, sur lequel on reviendra (voir le chapitre «Anciens cours d'eau»). Ce réseau hydrographique a conservé un caractère juvénile et n'a pas encore atteint son profil d'équilibre: la plupart des rivières et torrents érodent encore leur lit qui est souvent épigénique et rocheux. Cet état de fait s'explique avant tout par l'intervention relativement récente du glacier qui a bouleversé l'ancienne topographie, déterminé des changements de cours et des modifications des niveaux de base locaux. Le niveau de base régional a lui aussi passablement varié depuis la disparition du glacier würmien (WOHLFARTH et al. 1993).

En ce qui concerne les formes du relief, il faut rappeler que, pour BERSIER (1942), tous les traits morphologiques orientés du Plateau molassique sont d'origine structurale et que le flux glaciaire s'est contenté d'en émousser les contours et de suivre ainsi des lignes d'écoulement prédéterminées. Ce n'est pas l'opinion d'AUBERT (1981) ou de VAN DER MEER (1982, fig. 3) qui estiment au contraire que le glacier est le seul auteur de la sculpture du relief, laquelle est indépendante de la structure molassique. Pour autant que l'on puisse en juger en se basant sur un territoire restreint comme celui d'une feuille au 1:25 000, il n'y a pas de modèle simple et unique qui soit applicable partout.

Sur le territoire de la feuille Rossens, les dépôts quaternaires sont souvent épais et étendus, comme on l'a vu plus haut, si bien que la surface topographique n'est conforme à celle du relief rocheux que très localement, sur les massifs élevés (Gibloux, Combert, Feyla, etc.) et dans certaines zones de moyennes collines où l'épaisseur de la couverture morainique excède rarement quelques mètres. Là, le relief est donc davantage un relief d'érosion que d'accumulation et, si la carte géologique paraît y montrer le contraire par l'étendue considérable des surfaces notées en moraine, c'est que la limite choisie pour figurer une couverture sur la molasse se situe à environ 1 mètre d'épaisseur: on a ainsi souvent noté en moraine une mince pellicule (1–2 m) de molasse altérée contenant quelques galets alpins striés (= moraine «molassique»).

Il convient encore d'attirer l'attention sur certains traits micromorphologiques à première vue étranges que sont des faisceaux de fossés plus ou moins parallèles qui s'observent en plusieurs endroits sur la feuille Rossens, surtout en forêt, et qui furent parfois interprétés comme étant d'anciens cours d'eau. Il s'agit en fait des chemins creux témoins de tracés aujourd'hui abandonnés d'anciennes voies de communications; DEWARRAT (1992) en donne de spectaculaires exemples pris près de Marly.

Pédologie

Les sols de notre région n'ont pas été systématiquement étudiés et cartographiés. Le document élaboré par AGBA (1977) tient compte des qualités des sols, mais c'est en fait une carte des possibilités de production agricole. VAN DER MEER (1977; 1982, p. 122ss) a donné un aperçu très clair de l'histoire et de la répartition des sols du Plateau fribourgeois, qui ont commencé à se former et à évoluer immédiatement après la fonte du dernier glacier würmien, il y a environ 18 000–15 000 ans BP. Voir aussi l'étude de GRATIER & BARDET (1980), consacrée aux sols du Plateau vaudois, souvent identiques à ceux de notre région.

TECTONIQUE

Molasse du Plateau

On l'a vu plus haut, c'est KOPP (1936, 1946) qui a tracé les grandes lignes de la structure de notre région en se basant sur une cartographie sommaire et surtout sur des mesures de pendages. Les travaux plus récents, et notamment la prospection pétrolière (sondages et sismique), ont confirmé le schéma tracé par

Kopp, tout en le précisant; ces travaux ont, de plus, mis en évidence le rôle important que jouent de nombreuses failles, à composante le plus souvent décrochante sénestre, qui affectent aussi bien les couches molassiques que le substratum mésozoïque.

Comme l'a relevé PLANCHEREL (in PYTHON et al. 1998), le contexte structural régional entre le lac de Morat et les Préalpes est caractérisé par une torsion de l'axe des plis qui dévient vers le N et deviennent ainsi très obliques par rapport à la direction structurale générale du sillon molassique («Querzone von Freiburg» de SCHUPPLI 1950). Cette torsion serait causée par des accidents cisaillants sub-méridiens dans le substratum, accidents qui s'inscriraient dans une réactivation des anciennes failles de direction rhénane (SCHUPPLI 1950), lesquelles sont par ailleurs décelables sur les photos satellite (RIGASSI 1977, p. 24; BETZ 1990, Abb. 3). Pour être complet, on mentionnera sans les commenter les considérations structurales publiées par CHENEVART (1994).

La Molasse du Plateau de la feuille Rossens montre les structures suivantes se succédant du nord-ouest au sud-est (voir l'esquisse tectonique et les coupes des planches I et II):

- Le flanc SE de l'*anticlinal Corserey-Courtion* présente de Prez-vers-Noréaz jusqu'à la Sarine une pente très régulière, à peine marquée par de légères flexures monoclinales.
- Le *synclinal de Fribourg* montre un axe orienté N–S, bien visible dans les falaises de la Sarine, juste au sud de la capitale. Il s'incurve ensuite vers l'W et, peu après avoir retraversé la Sarine vers Ilens, sa prolongation vers le sud-ouest devient incertaine à cause du manque d'affleurements, mais elle est probable et correspondrait au synclinal orienté SW–NE, relevé dans le rio de Crau-Forney au sud de Rueyres-St-Laurent, puis vers la carrière de Villarlod, et ensuite sur la feuille Romont (WEIDMANN et al. 1995), où il est dénommé *synclinal de Villarlod*.
- L'anticlinal suivant, traditionnellement baptisé *anticlinal principal*, se devine à peine dans les flancs sud et est du Gibloux, puis il traverse la Sarine vers Le Bry comme l'ont démontré les pendages anciennement mesurés dans les gorges de la Sarine avant la construction du barrage de Rossens. Cet anticlinal est ensuite rejeté vers le N par d'importants décrochements sénestres; il s'ennoie et disparaît vers Praroman-Le Mouret.
- Le secteur nord-est de la carte, de Marly à Plasselb, est occupé par le large flanc occidental de l'*anticlinal d'Alterswil*, localement affecté vers sa culmination d'un bombement transversal NE–SW, lequel s'ennoie très vite avant la Gérine.
- Un dernier pli anticlinal, non noté sur l'esquisse tectonique pour des raisons d'échelle, n'a pas plus de 300 m d'amplitude. Il se suit (ou plutôt se suivait) sur 1,5 km à peine depuis le canyon de la Sarine au-dessous de Vieux-Châtel, où GILLIÉRON (1885, p.401) avait observé «une voûte très

surbaissée», jusque dans la colline de Vers-les-Châteaux, à l'ouest de La Roche, où les bancs de poudingue dessinent une charnière bien visible.

Dans la Molasse du Plateau, les pendages ne dépassent normalement pas une dizaine de degrés; toutefois, dans la zone proche du chevauchement de la Molasse subalpine, le plongement général vers le S ou le SE s'accroît et peut atteindre 40°. Une autre exception se situe dans le ruisseau du Rialet, à l'ouest d'Épendes (576.730/178.080) où s'observe une flexure d'amplitude décimétrique avec des plongements de 40°; cette structure très locale est probablement causée par une faille, non visible ici.

Notons encore que les «plissements» et le «minuscule charriage» que DORTHE (1962, p. 377s) avait signalés dans le ruisseau de Villarlod (env. 568.30/172.20) n'existent pas: il s'agit d'une brèche de chenal très grossière, faite de volumineux éléments de grès et silts plaquetés basculés en tous sens. Ces couches se rattachent au «niveau supérieur des grès plaquetés et des grès à enclaves marneuses» de MORNOD (1949); de plus une faille et ses fractures satellites découpent le secteur en petits blocs diversement orientés.

Molasse subalpine

En surface, le contact chevauchant de la Molasse subalpine plonge de 60–70° vers le S; en profondeur, il devrait s'incurver et passer à l'horizontale pour venir s'insérer dans les assises basales de la série molassique. Partout où il est visible, ce contact est souligné par des replis métriques plus ou moins laminés, par de nombreuses failles satellites et par un clivage de fracture souvent bien développé; tous ces accidents affectent les terrains chevauchants (fig. 4). Les Couches du Belpberg chevauchées ne présentent par contre que quelques fractures et parfois des flexures et rebroussements très limités (à la Combert par exemple, voir EMMENEGGER 1961, p. 125). Exceptionnellement, on peut observer des paquets de couches anciennes entraînés et écrasés le long du plan de chevauchement: CARON et al. (1972, p. 245) ont signalé des Grès et Marnes de Vaulruz dans le ruisseau des Rontes à l'ouest de La Roche; j'ai aussi noté des Couches de Chaffa, plongeant de 65°, dans un torrent affluent du ruisseau du Pontet (579.50/173.95), là où devrait passer le chevauchement.

La Molasse subalpine s'organise en une succession d'écailles isoclinales en position normale; certaines se suivent sur de longues distances, d'autres sont plus lenticulaires. Elles sont décrites et dénommées en détail par EMMENEGGER (1961, p. 127ss). Les contacts entre les écailles sont très rarement visibles, si bien que leurs tracés sont souvent arbitraires et susceptibles de futures modifications. Là où ils affleurent, ces contacts sont toujours écrasés et redressés, parfois soulignés par des paquets de Couches de Chaffa entraînés le long du plan de chevauchement (581.100/173.435; 581.800/173.665).

TERCIER (1928, p. 81), puis EMMENEGGER (1961, p. 130), avaient signalé en plusieurs points du secteur de Tschärлуuschwand (env. 583.40/175.30 et 583.30/175.05) des blocs isolés et glissés d'un poudingue calcaire typique des Couches de Chaffa; j'en ai observé de semblables au nord-est de Gross Schwand (584.40/174.65). Dans les deux cas, il n'y a pas à proximité d'affleurement de Couches de Chaffa d'où pourraient provenir ces blocs, ce qui laisse supposer l'existence de complications supplémentaires dans l'arrangement des écaïlles molassiques.

Pour autant que les affleurements permettent de l'observer, toutes les écaïlles sont affectées de replis métriques à décamétriques aux styles variés: dans les Couches du Gériгноz, comprenant de nombreux et épais bancs de grès, les plis sont plutôt rares, à flancs non parallèles, avec plans axiaux subverticaux; dans les autres formations plus pélitiques, les replis sont courants, plus serrés, isoclinaux et parfois déversés. On observe très souvent des niveaux de décollement avec stries, des plans de chevauchement secondaires et des failles diversement orientées.

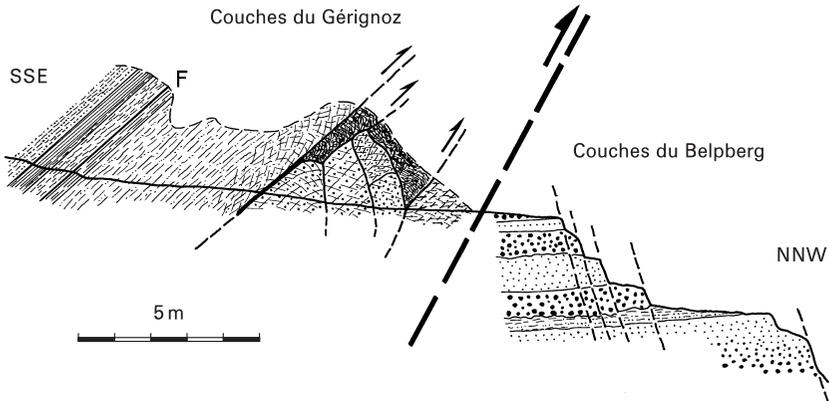


Fig. 4: Le plan de chevauchement de la Molasse subalpine dans le ruisseau de Montécú (582.025/174.720; voir aussi EMMENEGGER 1961, fig. 24).

F = niveau de marnes sombres palustres à mollusques et dents de micromammifères datant du niveau MP28 (Fornant 7 ou Fornant 6).

Nappe du Gurnigel

(par M. WEIDMANN & J. VAN STUIJVENBERG)

Le plan de chevauchement de la nappe s'exprime très clairement dans la morphologie, mais il n'est visible qu'en un seul point, dans la Joux-sous-le-Cousimbert (579.7/171.2): la Formation de Cucloz chevauchée est ici passablement replissée. Ailleurs, le contact est toujours recouvert par de la moraine, des éboulis ou des terrains glissés; il est très souvent tassé sur les Marnes de Cucloz sous-jacentes. Dans le secteur de la Chrüzflue–Crau, le contact est souligné par des écailles de wildflysch du Mélange infrapéalpin qui semblent aussi être emballées dans le Flysch 1+2a.

Le style de déformation de la nappe du Gurnigel est semblable à celui que VAN STUIJVENBERG (1979) et DE KAENEL et al. (1989) ont décrit plus à l'est: plusieurs écailles se succèdent transversalement et latéralement, séparées par des plans de chevauchement plongeant vers le S ou le SE. Chaque écaille comprend plusieurs formations en position normale qui sont isoclinales au front de la nappe (crête Cousimbert–Chrüzflue–Muschenegg), et ensuite plus ou moins replissées dans le secteur plus interne de la Gérine et du Torrygraben. Les replis internes serrés sont fréquents dans les formations à turbidites gréso-marneuses; leur amplitude est métrique à décamétrique, plus rarement hectométrique, pour autant que l'étendue des affleurements permette d'en juger. Les plans axiaux sont généralement subverticaux, mais il n'est tout de même pas exceptionnel d'observer dans les formations plus pélitiques des couches renversées et des plis déversés.

Nous proposons un essai d'interprétation structurale basé sur les données actuellement disponibles (Pl. III), essai très conjectural qui exige encore bien des vérifications et des corrections, surtout en fonction des données qui seront acquises sur les feuilles voisines 1225 Gruyères et 1206 Guggisberg. Le Flysch 1+2a paraît souligner les chevauchements majeurs qui séparent les écailles principales dans le corps de la nappe. En tenant compte des observations faites dans toute la nappe du Gurnigel (feuille Rossens et régions voisines), on peut supposer que plusieurs phases tectoniques se succèdent selon un scénario permettant de relier sédimentation et déformation dans un cadre alpin plus large:

1. Des déformations précoces, notamment des plis serrés de style très souple dans certains ensembles gréseux, ont probablement eu lieu avant la fin de la lithification diagénétique, lors de glissements sous-marins. Ce type de déformation est fréquent dans les Flysch 1 (Maastrichtien), 3 et 4 (Eocène).
2. Une deuxième phase a causé l'empilement des écailles, ainsi que les grands plis observés dans quelques écailles. Cette phase s'inscrirait ainsi dans un régime de subduction/accréation, situé encore dans le domaine sudalpin au cours de l'orogénèse paléogène et avec plus d'intensité au début du Lutétien (NP15 environ). En effet, dans les écailles externes, le Lutétien, lorsqu'il est

présent, atteint à peine 100 m d'épaisseur, alors que, dans le secteur interne, il dépasse 1000 m, voire 2000 m. Si on considère l'ensemble de la nappe, on remarque des différences similaires: le Lutétien est absent dans le Schlieren-Flysch, il mesure quelques centaines de mètres dans le massif du Gurnigel, environ 1000 m sur la feuille Rossens, autant ou davantage au Niremont, 3 ou 4 km dans les Voirons. Cette variation d'épaisseur et sa répartition spatiale suggèrent que, au début du Lutétien, les écaillés étaient déjà formées et empilées, édifiant ainsi un talus sous-marin sur lequel s'est accumulée pendant le reste du Lutétien une épaisse série de flysch surtout pélitique. L'hypothèse d'une phase tectonique au cours du Lutétien permettrait d'autre part d'expliquer pourquoi la datation isotopique de la glauconie du flysch paléocène de la carrière des Fayaux (base NP5 = env. 60 Ma) a donné un âge lutétien de 43,5 Ma (VAN STUIJVENBERG et al. 1976).

3. Au cours du Néogène, la nappe du Gurnigel gagne son emplacement actuel au-dessus et au front de l'édifice préalpin. Enfin, des décrochements sénestres subméridiens recourent et décalent toutes les unités structurales présentes dans la région (PLANCHEREL 1979 et chapitre suivant «Déformation cassante»).

Déformation cassante

Un important réseau de failles décrochantes plus ou moins méridiennes, en général sénestres, ainsi que leurs plans secondaires conjugués, affecte tous les terrains représentés sur la feuille. Ces accidents n'avaient guère été pris en compte cartographiquement jusqu'ici, car ils sont peu visibles sur le terrain. Toutefois, dès 1979, PLANCHEREL avait précisé leur extension, les avait datés du Miocène supérieur – Pliocène et avait souligné leur rôle lors de la structuration de l'ensemble Préalpes - Bassin molassique (voir aussi PLANCHEREL, in PYTHON et al. 1998 et PASQUIER 2005).

L'empâtement généralisé du territoire molassique par des dépôts quaternaires ne permet généralement pas à ces failles d'avoir une expression morphologique, si bien qu'on ne peut les observer que dans les vallées épigéniques profondes et dans les affleurements artificiels temporaires. Ailleurs, leur tracé figuré sur la carte ou sur l'esquisse tectonique est souvent hypothétique et probablement incomplet. Dans le Flysch du Gurnigel, les décrochements sont souvent bien visibles là où affleurent les grès massifs et épais du Flysch 2b qui déterminent un relief vigoureux, mais on perd très vite leur trace lorsqu'ils affectent des formations plus tendres.

Partout où les miroirs de ces failles sont bien conservés, ils présentent des stries subhorizontales (maximum observé du plongement des stries: 30° sur l'horizontale); leur rejet vertical apparent demeure faible (maximum observé: 3 m). Les plus importants de ces décrochements sont:

- la faille exposée dans le talus amont du parking du centre commercial de Matran (572.440/182.000, limite avec la feuille 1185 Fribourg), puis dans la tranchée de la voie CFF sise 450 m plus au sud (SIEBER 1959, fig. 18);
- le faisceau de failles décrochantes recoupé par les méandres de la Sarine entre le confluent de la Glâne et le barrage de Rossens. Quelques-unes de ces failles, orientées N120–140°E, avaient été soigneusement relevées par J. Tercier (divers rapports inédits) lors des travaux de terrassement du barrage et elles ont plus récemment soulevé quelques inquiétudes quant à sa stabilité (FLEURY 1987; voir le chapitre «Séismicité»);
- d'autres décrochements importants par leur rejet, mais peu ou pas visibles sur le terrain, sont supposés au sud de Pont-la-Ville, à l'ouest de La Roche, dans le vallon du ruisseau du Pontet;
- un nouveau couloir décrochant sénestre décale tous les contacts et hache une large bande de terrain depuis Crau-Chrüzflue au sud, passe par le secteur Rudigraben - St. Silvester, traverse la Gérine entre Chrüzrain et les nouveaux quartiers d'Oberdorf (Neustatt), et se prolonge peut-être encore plus loin vers le nord. C'est vraisemblablement à cet accident que l'on doit une série de séismes récents (FRÖHLICH 1991; voir aussi le chapitre «Séismicité»).

Structure profonde

Sur tout le Plateau fribourgeois, les données de la sismique pétrolière et les résultats des forages profonds permettent de tracer relativement bien l'allure de la surface de base de la Molasse. Diverses interprétations sont publiées ou sont devenues accessibles (documents British Petroleum, FREAG, Elf Aquitaine; JORDI 1990, CHENEVART 1994, NAGRA 1994, PAOLACCI 2005); si elles sont semblables dans leurs grandes lignes, ces interprétations diffèrent cependant en ce qui concerne les failles d'une part, et les profondeurs d'autre part.

Les profils géologiques (pl. I et II) indiquent une profondeur hypothétique pour la base de la Molasse, profondeur calculée d'après des vitesses sismiques acquises dans les sondages de Courtion-1 et Romanens-1. On constate que les structures indiquées par les pendages mesurés sur le terrain diffèrent quelque peu de celles que dessine la surface de base de la Molasse (fig. 5).

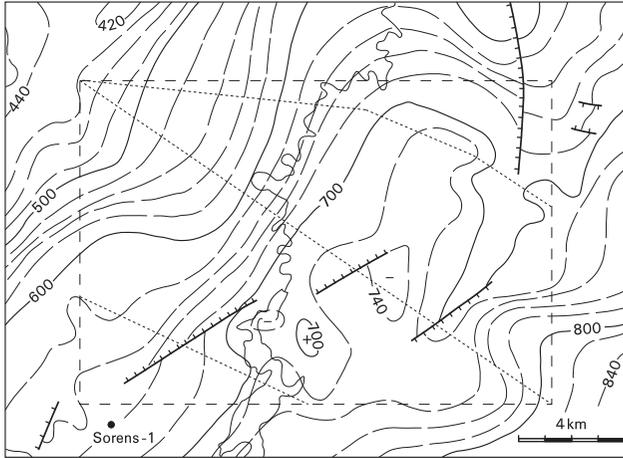


Fig. 5: Feuille Rossens (cadre intérieur avec situation des coupes, en pointillé) et régions voisines: carte schématique des isochrones de la base de la Molasse (en ms, temps simple, DP = +700 m). Les signes + et - indiquent respectivement des secteurs haut et bas. Lignes avec barbes: «failles chevauchantes», barbues du côté surélevé. Simplifié, d'après un rapport de Elf Aquitaine International daté de juillet 1982 (reproduit avec l'aimable autorisation de Elf Exploration, Paris, 2.11.1995). Comparer avec d'autres interprétations couvrant seulement une partie de la feuille et proposées par CHENEVART (1994, fig. 6) et NAGRA (1994, fig. A25.1).

MATÉRIAUX EXPLOITABLES

Pierre à bâtir

Comme on l'a vu plus haut, les blocs erratiques ont été recherchés depuis fort longtemps comme pierre de taille, pierre à chaux ou gravier d'empierrement: «...L'agriculture y gagnait à la fois du terrain et de la pierre à bâtir, précieuse surtout là où d'autres matériaux durs manquaient.» (DE GIRARD 1896).

Dans les grès des Couches de la Singine et, dans une moindre mesure, des Couches du Belpberg, plus d'une trentaine de carrières, en général de petite dimension, étaient ouvertes à la fin du 19^e siècle (MUSY 1884, DE GIRARD 1896, MOSER 1968) et il est fort probable que toutes n'ont pas été recensées, ni reportées sur la carte, car la plupart ont été remblayées ou sont en voie de l'être. Actuellement, seule celle de Villarlod demeure en activité (FÉLIX 1977); elle livre

un grès glauconieux gris verdâtre de faible cohésion et de porosité élevée, principalement utilisé comme pierre de taille, de fourneaux et de cheminées.

Dans la Molasse subalpine, on ne recense que de rares et très modestes carrières, toutes abandonnées.

Dans la nappe du Gurnigel, les turbidites gréseuses bien litées du Flysch 2b sont toujours exploitées dans le Plasselschlund, par exemple en 585.150/174.010 ou à Tâtüre (584.340/172.850).

Sable et gravier

Jusqu'à la fin des années 1950, on a exploité de manière intermittente de très nombreuses petites gravières communales ou privées pour satisfaire des besoins locaux. Ensuite, une demande de plus en plus pressante, la mécanisation des moyens d'exploitation et de transport, ainsi que les exigences de la protection des eaux souterraines, ont peu à peu condamné les exploitations artisanales dispersées qui pouvaient se satisfaire de gisements restreints livrant des matériaux de qualité souvent assez moyenne. Au cours des dernières décennies, l'effort de prospection fut et demeure intense (géoélectricité et sondages mécaniques) : il a révélé des réserves importantes qui, seules, ont été mises à contribution et souvent entièrement vidées. Cet épisode n'est pas terminé et la situation des exploitations est très fluctuante au gré de la conjoncture : en quelques années, un gisement peut être découvert, entièrement exploité, la gravière remblayée et les lieux remis en culture ou reboisés. C'est dire que la carte géologique sera très vite dépassée par les événements et qu'il est inutile de dresser la liste des exploitations en activité.

Toutes les formations graveleuses meubles ont été ou sont exploitées, quel que soit leur âge ou leur genèse.

Marne et argile

L'ancienne tuilerie du Mouret, active dès 1627, exploitait les limons argileux du lac tardiglaciaire (LETSCH 1907). DE GIRARD (1896) cite d'autres exploitations vers Montévraz et à Giffers : elles n'ont pas laissé de trace. Un important four à briques fonctionnait à Marly-le-Petit vers les 15-16^e siècles, mais on ignore d'où provenait sa matière première (MONTELEONE 1992).

Tuf calcaire

Le gisement de tuf de Posat, désormais épuisé, fut épisodiquement exploité dès 1408 d'après DE GIRARD (1896). L'exploitation de celui de la Tuffière (commune de Corpataux-Magnedens) a cessé en 1954 ; elle était attestée dès le Moyen Age et a peut-être débuté déjà à l'époque romaine. Au cours des dernières décennies, plusieurs tentatives de réouverture se sont succédées sans aboutir. Cette car-

rière avait fourni des matériaux de construction et d'isolation d'une remarquable qualité qui furent exportés loin à la ronde (PUGIN 1972). Le tuf y était aussi exploité comme pierre à chaux (FONTAINE 1808, in DAGUET 1852).

Tourbe

Elle fut extraite surtout au cours du 19^e siècle et, épisodiquement, pendant les deux guerres mondiales du 20^e siècle. Les principales tourbières exploitées, souvent sur plusieurs mètres d'épaisseur, furent celles de la Motta (Cottens), du Rosé, de Senèdes-Ferpicloz, du Marais de Treyvaux, de Montévraz-Dessus, de Farvagny-le-Petit, de Tentlingen, Schwand Cotting et Eggers Schwand (DE GIRARD 1896, 1901; TERCIER 1928).

Charbon et lignite

Comme on l'a vu plus haut, on avait tenté en vain d'exploiter en 1918 et en 1942 (TERCIER 1942) la mince couche de lignite interglaciaire du Creux d'Enfer de Bertigny. A diverses reprises, les accumulations de troncs charbonneux dans les Couches de la Singine ont excité l'imagination des prospecteurs amateurs: ainsi, les «lignites de Granges d'Illens» ont eu leur heure de célébrité (Bull. Soc. fribourgeoise. Sci. nat. 1880/1, 2 et 3, 1884/3), de même qu'une «poche de houille isolée» dans la Molasse qui fut signalée par DE GIRARD (1901) dans la galerie d'amenée Tusy–Hauterive (cf. p. 68), sous le bois des Côtes (env. 574.0/173.5). En 1888–1889, un entrepreneur audacieux tenta d'atteindre les charbons de l'USM en forant depuis le bord de la Sarine, à la Tuffière (commune de Corpataux-Magnedens): après avoir traversé une centaine de mètres de grès marins, il se découragea et transporta sa foreuse au Mouret pour un nouveau sondage aussi négatif que le premier (DE GIRARD 1888, 1896).

Gypse

Le gypse en lentille dans le Wildflysch du Burgerwald (env. 582.850/174.290) était exploité dès le début du 15^e siècle: c'était, avec la carrière du Lac Noir, la plus importante ressource de «pierre à plâtre» du canton de Fribourg (FONTAINE 1808, in DAGUET 1852). Le gypse était extrait en été, puis descendu l'hiver en traîneau jusqu'au pont du Pilon (581.720/174.930), ainsi nommé car le torrent actionnait ici une «mécanique» qui broyait les blocs de gypse préalablement triés. Le gypse en poudre était ensuite mis en sac et descendu en plaine par char (dossier «Bonfontaine», Service archéologique cantonal). L'exploitation a été abandonnée en 1848 à cause des éboulements provenant de la Chrüzflue (DE GIRARD 1896, DILLENUS 1911, TERCIER 1926).

Hydrocarbures et recherche pétrolière

Le «gaz inflammable du Burgerwald» a fait couler beaucoup d'encre depuis sa découverte en février 1840 par les ouvriers qui exploitaient le gypse dans la carrière du Burgerwald (COLLECTIF D'AUTEURS 1840; DILLENUS 1911; DE GIRARD 1896, 1913; TERCIER 1926). Le gaz sortait en plusieurs points par les fentes du gypse exploité; une fois enflammée, cette éruption de gaz aurait été visible la nuit depuis Fribourg (fig. 6). VON FELLEBERG a présenté une analyse sommaire de ce gaz (in COLLECTIF D'AUTEURS 1840). Après quelques semaines, le débit a fortement diminué et des éboulements ont recouvert le secteur. KOPP (1955, p. 20) estime que le gaz est d'origine profonde et qu'il provient de la Molasse chevauchée et non pas d'un hypothétique Trias comme on avait pu le supposer auparavant; il signale que la neige fond au printemps plus rapidement sur les éboulis recouvrant l'ancienne carrière de gypse que sur les terrains voisins, preuve d'après lui que l'éruption du gaz chaud d'origine profonde n'a pas cessé.

Au cours du 20^e siècle, l'ensemble du Plateau fribourgeois a souvent été prospecté pour y découvrir d'autres indices d'hydrocarbures (huile ou gaz), mais en vain, comme l'ont successivement souligné DE GIRARD (1913), puis les rapports inédits adressés au Gouvernement fribourgeois par R. de Girard en 1928 et par Arnold Heim en 1929, enfin les rapports de la P.E.K. (KOPP 1936, SCHUPPLI 1950, p. 25s).

Dès 1956, une filiale de la British Petroleum Exploration London, entreprit des recherches très poussées sur tout le Plateau fribourgeois: carte géologique, campagne de gravimétrie, étude sismique, sondages profonds de Courtion-1 et de Sorens-1. Le résultat négatif de ce dernier forage a motivé l'abandon des recherches en 1961. De 1981 à 1989, la FREAG associée à BP a repris les recherches sismiques sur la moitié nord-ouest du canton qui recoupe une petite partie de la feuille Rossens. De 1974 à 1989, Elf Aquitaine International a mené plusieurs campagnes sismiques sur le permis de Fribourg-Sud qui inclut presque toute la feuille Rossens, y compris le secteur préalpin. Les deux sondages pétroliers profonds proches de la feuille Rossens (Sorens-1, PT = 3165 m et Romanens-1, PT = 4022 m) n'ont rencontré que des modestes indices d'huile et de gaz. Une bonne partie des résultats acquis par les travaux de prospection d'hydrocarbures est désormais accessible.

Fig. 6: «Eruption de gaz dans une carrière de gypse située dans le Burgerwald, au pied des Alpes, à trois lieues de Fribourg, peint d'après nature.... en mars 1840». Dessin aquarellé, 18,5 x 12 cm, probablement par le peintre J. Reichlen (voir Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 1880/4, p. 23).



Orpillage

Bien qu'il n'y ait vraisemblablement jamais eu d'exploitation au cours des temps historiques, il est tout de même intéressant de citer les résultats des prospections menées par MÜLLER (1936) et par MÄDER (1986): quelques paillettes d'or ont été trouvées dans les alluvions de la Sarine, de la Longive, de la Glâne et du ruisseau de Copy. Il ne s'agit pas d'anomalies aurifères, mais seulement de petits indices isolés.

HYDROGÉOLOGIE

Il importe de ne pas perdre de vue que le cycle naturel de l'eau a été profondément modifié par les interventions humaines, et ceci dès avant le Moyen Age, par une déforestation à grande échelle (MORARD 1981, p. 260; JUNGO 1940), puis surtout aux 19^e et 20^e siècles par l'extension des surfaces drainées (ZWAHLEN 1981, MORARD 1990) et par les cultures extensives modernes.

On trouvera dans la thèse de THIERRIN (1990), ainsi que dans la notice explicative de la Carte hydrogéologique de la Suisse, feuille 6 Sarine (PASQUIER et al. 1999), des données générales sur le territoire qui nous concerne: hypsographie, météorologie, climat, hydrologie de surface, occupation du sol, caractéristiques chimiques et isotopiques des eaux issues des divers types d'aquifères (voir aussi HESSKE 1995).

Sur le Plateau fribourgeois, on peut considérer que, d'un point de vue hydrogéologique très général et du fait de la composition essentiellement argilo-limono-sableuse des sols, les capacités d'infiltration de l'eau sont moyennes à faibles et sont restreintes à une tranche peu épaisse de terrain. Il en résulte que, le plus souvent, ces infiltrations alimentent un très grand nombre de petites nappes peu profondes et discontinues, dont sont issues une multitude de sources à débit faible et aux qualités chimiques et bactériologiques souvent médiocres: «les sources du Plateau sont plus nombreuses que remarquables par leur volume» (GILLIÉRON 1885, p. 502). Plusieurs points d'eau font toutefois exception et se signalent par des débits importants et des eaux d'une remarquable qualité.

Ces aquifères se situent d'une part dans les terrains meubles quaternaires et d'autre part dans la Molasse:

1. Anciennes vallées remplies de matériaux en partie perméables et ensuite scellées par une moraine imperméable; cette moraine est parfois absente, comme on l'a vu plus haut, ce qui détermine une fenêtre hydraulique per-

mettant l'alimentation directe du réservoir profond (par exemple entre le Chaney et Rossens: SIGNER & PUGIN 1994, SIGNER 1996). Ces réservoirs de très grandes dimensions fournissent des eaux abondantes et d'excellente qualité qui ne sont pas encore toutes inventoriées et exploitées. On citera ici, parmi d'autres, l'ancien cours de la Nesslera avec les puits du Moulin à Bentz (S de Praroman) et de la Nesslera (C.S.D.-Fribourg, rapports inédits), l'ancien cours de la Gérine avec les sources et puits des Pralettes (Géolina S.A., rapports inédits), l'ancien cours de la Sarine et les zones sourcières de la Baume, de la Tuffière et du Grabe, étudiés successivement par TERCIER (1955), SIEBER (1974), DORTHE (1986, 1990) et THIERRIN (1988a, 1990, 1999). Ce dernier auteur a présenté dans sa thèse une synthèse des observations et des mesures physiques et chimiques démontrant l'alimentation partielle de la nappe des «Graviers de la Tuffière» par les eaux du lac de barrage de la Gruyère.

2. Moraine graveleuse et moraine remaniée: modestes aquifères à faibles débits et eau de qualité souvent médiocre.
3. Formations sablo-graveleuses du Retrait würmien: très nombreux captages avec des débits souvent importants, par exemple les puits de Bouleires au nord-ouest du Bry ou de Kaisa d'Avau au sud-ouest de Farvagny-le-Grand. Citons aussi, près de l'église de Posat, la source «miraculeuse», vénérée depuis des temps immémoriaux.
4. Alluvions et terrasses fluviales postglaciaires: aquifères exploités par puits, notamment dans la vallée de la Gérine (SCHMID 1969).
5. Si les grès de l'OMM sont presque toujours imperméables en fond de vallée, ils sont par contre altérés et fracturés (fissures de décompression) sur plusieurs mètres d'épaisseur aux versants des vallons, sur les collines et les plateaux. Ces zones altérées sont poreuses et perméables; elles réalisent donc d'assez bons réservoirs d'extension locale, exploités par des galeries ou des puits qui en général ont été réalisés de façon artisanale il y a plus de 50 ans, en suivant les indications des sourciers (BUDMIGER 1967, SUSEDKA 1984, THIERRIN 1988b).
6. Les grès sains situés au-dessous d'une profondeur de 30–40 m présentent des circulations d'eau qui sont régies par des systèmes d'écoulement régionaux. Ces eaux possèdent des caractères isotopiques et géochimiques très particuliers (HESSKE 1995) tout en présentant une assez bonne potabilité; leur exploitation est encore peu développée (plusieurs forages profonds à Matran: voir THIERRIN 1988b, 1990).

Dans la Molasse subalpine et dans le Flysch du Gurnigel, les accumulations d'éboulis et de blocs réalisent des aquifères non négligeables. En outre, on observe presque systématiquement des venues d'eau, parfois importantes, le long des

contacts stratigraphiques ou tectoniques entre des formations gréseuses toujours plus ou moins fracturées et aquifères qui recouvrent des formations marneuses imperméables.

Les sources captées ou non captées ne sont pas toutes reportées sur la carte, car on ne dispose pas d'un inventaire régulièrement mis à jour. Ont été reportés: les points d'eau figurant sur les levés au 1:10 000 de DORTHE (1962) et EMMENEGGER (1961), ainsi que d'autres données plus récentes aimablement transmises par le Dr. M. Bouzelboudjen (CHYN, Université de Neuchâtel). La localisation de tous ces points d'eau est souvent imprécise, de même que les caractéristiques des captages (eau saisie en surface, en galerie ou par puits). On trouvera d'autres données (débits, chimie et température des eaux) dans les travaux de SCHMID (1969), THIERRIN (1990) et HESKE (1995), ainsi que dans les documents officiels des administrations communales et cantonales. Les sources privées ne sont en principe pas recensées.

Il n'y a pas de source d'eau minérale ou thermale sur le territoire de la feuille Rossens. En 1840, les premiers témoins de l'éruption de gaz du Burgerwald (voir plus haut) avaient signalé que de l'eau salée accompagnait le gaz, mais les analyses n'ont révélé que des sulfates (MEYER-AHRENS 1860, p. 81).

Aménagement hydroélectrique de la Sarine

Une première digue munie de 12 vannes avait été édifée sur la Sarine en 1902 à Tusy, entre Pont-la-Ville et Avry-devant-Pont (574.600/170.870, aujourd'hui noyée dans le lac de la Gruyère; COCHARD et al. 1988). Sans déterminer une retenue importante, cette prise d'eau détournait une petite partie du débit de la Sarine dans une galerie à écoulement libre, entièrement creusée dans la Molasse de la rive droite, jusqu'à l'usine d'Hauterive. En 1918 déjà (rapport géologique inédit de H. Schardt et SCHARDT 1920), on entreprit des études pour l'édification d'un barrage près de Rossens avec la création d'un vaste plan d'eau. D'autres expertises géologiques par M. Lugeon en 1942 et par J. Tercier de 1942 à 1944 ont précédé le début des travaux qui ont duré jusqu'en 1948 (BRUTTIN 1951). Une nouvelle galerie, sous pression cette fois, fut creusée dans la Molasse un peu à l'est de la première et l'usine d'Hauterive fut réaménagée.

Les conditions géologiques révélées par les études, puis par l'exécution, étaient bonnes en ce qui concerne la Molasse, avec toutefois quelques problèmes mineurs dus à des réseaux de fractures rencontrés aussi bien dans le secteur du barrage que dans la galerie d'amenée (rapports inédits de J. Tercier 1944–1948 et TERCIER 1947). Afin d'évaluer les risques de perte d'eau pouvant se faire par les «vallées interglaciaires», une étude régionale fut menée à bien par J. Tercier qui estimait que les terrains perméables remplissant la vallée de l'ancienne Sarine ne pouvaient guère drainer les eaux du futur lac, ce que les faits ont démenti par la suite.

Les agrégats nécessaires à l'usine à béton étaient exploités dans la gravière de Momont, au sud de Pont-la-Ville, puis transportés sur le site du barrage par un chemin de fer à voie étroite long de 4 km.

Après la mise en eau du lac de la Gruyère en 1948, l'érosion des rives et le déclenchement ou la réactivation de glissements de terrain se sont révélés plus importants que prévus et ne sont pas encore totalement maîtrisés (PYTHON 1993).

DONNÉES GÉOPHYSIQUES

Géoelectricité

Une partie du territoire de la feuille Rossens a fait l'objet d'une investigation géoelectrique à l'occasion de prospections de gravier ou pour la reconnaissance d'aquifères graveleux; la profondeur d'investigation est en général limitée à quelques dizaines de mètres. Ces études sont inédites, de même que le travail de diplôme de LIACI & MARESCOT (1998) axé sur le tracé du futur Swissmétré (voir aussi MARESCOT et al. 2003); j'ai pu les consulter et en tirer parti pour le dessin de la carte géologique. En effet, ces travaux donnent de précieuses indications concernant l'épaisseur et certains caractères lithologiques (porosité, granulométrie) des terrains meubles quaternaires.

Gravimétrie

Vu son échelle, la carte gravimétrique au 1:100 000 (OLIVIER 1983) ne comporte pas une densité suffisante de points de mesure pour permettre une analyse détaillée. Cependant les anomalies résiduelles soulignent certains traits de la structure profonde ou l'épaisseur des dépôts meubles quaternaires, par exemple vers La Roche ou sur le tracé d'anciennes vallées, comme celle de la Sarine qui fut étudiée en détail par POLACK (1980).

Séismicité

Les données historiques (VOLGER 1858) et celles plus récentes rassemblées par le Service sismologique suisse, ETH-Zurich (cartes de séismicité régulièrement publiées) ne révèlent pas d'activité sismique particulièrement forte sur le territoire de la feuille Rossens. En conséquence, notre région est classée dans la «zone sans risque sismique» (SÄGESSER & MAYER-ROSA 1978, RÜTTENER 1995).

Une succession de séismes de faible intensité a été enregistrée de 1972 à 1992 un peu au nord-ouest de Plasselb (env. 583–585/177–179). D'après

FRÖHLICH (1991) et PAVONI (1992), la distribution des hypocentres de ces séismes révèle l'existence d'un décrochement sénestre actif majeur, orienté N–S et qui devrait affecter autant le remplissage sédimentaire du bassin molassique que son substratum. Cette faille n'est pas clairement visible en surface ou sur les lignes de la sismique pétrolière, mais elle se rattache probablement à celles du secteur Crau-Chrüzflue.

D'après DEICHMANN et al. (2000), d'autres séismes de relativement faible intensité (magnitude 3,7 à 4,3) ont été enregistrés entre 1987 et 1999 le long d'une zone orientée N–S à quelques kilomètres au sud-est de Fribourg, près de Marly. L'hypocentre paraît être peu profond (env. 4 km). Ici aussi, la zone de fracture n'est pas visible en surface, mais elle pourrait se rattacher au prolongement vers le nord des décrochements méridiens mis en évidence dans le secteur de La Roche – Combert (voir l'esquisse tectonique en marge de la carte géologique).

Le système décrochant méridien de la Sarine, qui avait éveillé des craintes pour la stabilité du barrage de Rossens (FLEURY 1987), n'a quant à lui pas manifesté jusqu'ici d'activité sismique.

Géothermie

A Matran, dans deux sondages profonds respectivement de 100 et 120 m, THIERRIN (1990, p. 49) a mesuré un gradient géothermique de 27,5°C/km, alors qu'il est de 37,3°C/km dans le forage de Bulle, profond de 800 m et implanté dans la Molasse subalpine (GHIRLANDA 1993). Rappelons que, d'après VOLLMAYR (1983, fig. 7), le gradient géothermique actuel est de 30–35°C/km dans la Molasse du Plateau; il est un peu plus élevé dans le Mésozoïque sous-jacent (35–40°C/km). Sur un plan plus général, on consultera la carte de MEDICI & RYBACH (1995).

Anciens cours d'eau

Après les remarquables travaux de BÜCHI (1926, 1928, 1946) qui ont ouvert la voie et révélé les traits essentiels des anciens réseaux fluviaux, les publications d'EMMENEGGER (1961, 1992), DORTHE (1962), SCHMID (1969), PUGIN (1988), THIERRIN (1990) et SIGNER (1996), ont ensuite proposé des cartes du tracé des paléovallées. Les sondages récents, ainsi que la prospection géophysique (LIACI & MARESCOT 1998, MARESCOT et al. 2003), ont permis de préciser ou compléter ces tracés. Cette nouvelle image demeure néanmoins hypothétique et elle devra à son tour être corrigée au fur et à mesure qu'on acquerra de nouvelles données. Il faut notamment s'attendre à la découverte de nouveaux sillons, étroits et profonds, restés ignorés jusqu'ici. La documentation actuellement disponible ne permet pas encore d'aborder un problème crucial: quand et par qui (rivière ou

glacier ou torrent sous-glaciaire) furent creusées les anciennes vallées et à quelle(s) période(s) ont-elles été empruntées puis comblées?

Dans chaque cas, le tracé reporté sur la carte est celui de l'axe supposé le plus profondément enfoncé dans la molasse. Il faut cependant relever que les principales vallées anciennes présentent un fond rocheux large et relativement plat, surcreusée de sillons peu profonds en V ou en cuvette (SIGNER & PUGIN 1994, SIGNER 1996). D'autres paléovallées s'apparentent davantage à des canyons étroits et souvent profonds, dont les parois molassiques escarpées s'observent parfois à leur débouché dans les gorges actuelles de la Sarine ou de la Glâne. On donnera ci-dessous quelques commentaires sur les anciens cours plus ou moins bien reconnus, et notamment sur leur profondeur:

Prez-vers-Noréaz: Plusieurs sondages implantés un peu au sud du village ont révélé, sous 10 à 30 m de moraine, la présence d'un sillon profond de plus de 50 m, comblé par des graviers, des sables limoneux gris, et des silts argileux sombres; c'est probablement un affluent de la cuvette de Seedorf.

Tourbière de Lentigny: Cette dépression surcreusée avec écoulement probable vers l'W (feuille 1204 Romont) est encore mal connue; elle devrait se prolonger en direction du NE sur la feuille Rossens.

Ruisseau du Glêbe: Son ancien cours passait un peu au nord de Villarsel-le-Gibloux (voir la feuille 1204 Romont), avant de rejoindre l'actuelle Glâne au sud du Moulin de Lentigny, où le fond rocheux se situe vers 40 m de profondeur.

Glâne: Des sondages électriques et un profil sismique suggèrent entre Autigny et Estavayer-le-Gibloux, au sud du cours actuel, un ancien lit de la Glâne orienté E–W, avec fond rocheux vers 590–600 m (?); en 569.3/175.2, un sondage a traversé, de haut en bas: 8 m de sable et gravier, puis 5 m de limon sableux, puis 14 m de moraine et enfin 13 m de gravier avant de toucher la molasse à la cote 625 m. Peut-être cet ancien cours rejoignait-il ensuite le cours actuel de la Glâne vers Posat, où l'on a reconnu sous la moraine würmienne (VAN DER MEER 1982, p. 24) des sédiments quaternaires anciens qui pourraient appartenir au remplissage d'une ancienne vallée. A une altitude plus élevée, un autre cours ancien est supposé au nord-ouest de l'actuel (DORTHE 1962, fig. 32), par Cornau, Copy et le ruisseau de Cottens; en ce dernier point, son fond rocheux serait vers 625 m d'après la géoélectricité. Au nord d'Ecuvillens, l'ancienne Glâne devrait ensuite obliquer vers l'est, puis contourner par le nord la bosse molassique de La Palla – Le Sapex (Posieux) pour rejoindre finalement la paléo-Sarine à Grange-neuve. Un autre tracé moins profond est suggéré par la géoélectricité au nord de La Pala: il passerait par les Muéses et Froideville avant d'atteindre la dépression du Moulin Neuf (LIACI & MARESCOT 1998, MARESCOT et al. 2003). L'ancienne et large vallée de la Glâne, au tracé encore très hypothétique, est remplie par les «Graviers de la Tuffière» qui sont ici localement limoneux; son fond rocheux

devait se situer à 20–30 m au-dessus du niveau de la Glâne actuelle. En deux points (amont et aval du Vieux Moulin de Neyruz), on observe sous les «Graviers de la Tuffière» des sillons étroits et profonds respectivement de 20 et 35 m, comblés par des sables et limons glaciolacustres; ces sillons devraient se rattacher à un système fluvial antérieur, au tracé encore inconnu.

Sarine: Le réseau des anciens cours et de leurs affluents est ici mieux documenté par de nombreux sondages profonds, des profils de sismique haute résolution (SIGNER 1996, fig. 2.5a) et de la sismique pétrolière sur les terrains de surface («weathered zone»), des profils gravimétriques, géoélectriques et électromagnétiques VLF-R (THIERRIN 1990). Plusieurs tracés d'âges, d'altitudes et de remplissages apparemment différents se recourent localement, notamment dans le secteur de Pont-la-Ville et de Bertigny où s'observe un profond bassin surcreusé avec un seuil situé vers le nord, et dont l'exutoire demeure inconnu (SIGNER 1996).

Sur le tracé occidental de l'ancienne Sarine, le fond rocheux se situe vers 625 m sous Le Bry et devrait s'abaisser ensuite régulièrement: il est à 610–615 m à Rossens et de <570 m dans le grand méandre de la Cua au sud de Posieux. THIERRIN (1990, fig. 2.3) donne de ce tronçon une carte en isohypses de la base des «Graviers de la Tuffière» qui est le niveau aquifère principal. Le tracé de l'ancienne Sarine devient ensuite mal connu: il passerait par Grangeneuve pour rejoindre le cours actuel en face de Au Port, avec un fond rocheux vers 560 m (?). Sa prolongation septentrionale par Matran et Rosé (DORTHE 1962) est très incertaine, bien qu'un sillon profond ait été prouvé par sondages sous les anciennes gravières de Châtillon, mais avec un fond rocheux probable vers 560–570 m. La suite du tracé avec fond rocheux vers 550–560 m devrait passer par la Léchire, Marly-le-Petit, les Daillettes avant d'obliquer vers le nord par les Rittes pour rejoindre la vallée actuelle mais, ici aussi, les profondeurs sont conjecturales.

Quelques affluents de la paléo-Sarine peuvent être mis en évidence (voir aussi SIGNER 1996, fig. 2.5a):

- l'ancienne *Serbache* montre un cours dirigé vers le sud-ouest avec un fond rocheux vers 720 m devant le Haut, 700 m au Tsubel, 680 m sous l'église de La Roche, probablement <650 m au confluent du ruisseau de Stoutz;
- le ruisseau des *Amaris* dévalant du Gibloux vers Le Bry, dont l'ancien cours est identique au cours actuel, mais à près de 80 m de profondeur d'après les profils de la sismique pétrolière;
- l'ancien ruisseau des *Arbagny* qui coulait à 735 m à Treyvaux, passait par le Plan, le Crau vers 640 m et rejoignait la paléo-Sarine vers 610 m.

Ruisseau du Pontet-Nessler: Tout à l'amont, au point culminant des Che-nalettes (578.425/173645), la sismique pétrolière ne montre qu'un très faible surcreusement d'une quinzaine de mètres au plus: il n'y aurait donc pas ici le canyon

étroit et profond que les anciens auteurs ont parfois supposé (par exemple GREMAUD 1887a). Le cours actuel du ruisseau du Pontet suit le tracé du cours ancien, lequel devient rapidement très profond: plus de 60 m au Mouret (<690 m), avant de rejoindre la Nesslera, puis la Gérine.

Un autre cours pourrait se diriger depuis Nesslera vers le nord-est (Unterbuech), à travers la crête Brand–Oberbuech: en effet, il n’y a plus ici d’affleurement molassique et un sondage électrique pratiqué sur la crête indique plus de 60 m de graviers sablo-limoneux sous 5 m de moraine. Par contre, la sismique pétrolière ne révèle rien de particulier! Le doute subsiste donc.

A la suite d’autres auteurs, BÜCHI (1946) prolongeait vers le nord l’ancienne Nesslera par Tentlingen–Fromatt–Ober Tasberg–Schwandbach, avant de la faire rejoindre une paléo-Singine près de Tafers. Ce que confirmait EMMENEGGER (1961, p. 142) grâce à un profil de sismique pétrolière tiré en 1959, lequel aurait décelé un peu à l’est de Tentlingen un ancien cours taillé dans la molasse et profond de 50 m; SCHMID (1969) ajoute qu’il s’agit d’un canyon très étroit, à parois verticales. Cependant un nouveau profil de vibrosismique pétrolière le long de la route cantonale Marly–Giffers (ligne FS 19-1975) n’a pas montré un tel accident. Plus récemment, trois sondages implantés dans l’agglomération de Tentlingen ont mis en évidence un sillon profond de 70 m au moins en 581.830/179.650 et large de 50 à 100 m (?), dont l’orientation pourrait être méridienne. Toutes ces données demeurent contradictoires si bien que, dans le doute, je n’ai pas reporté ce tracé méridien sur la carte. Toutefois son existence est fort probable.

Gérine: D’après la sismique et les sondages, le fond rocheux de l’ancienne Gérine devrait se situer vers 780 m en amont (Muelers), 690 à l’ouest de Tschüpru, 625 m à la Rossmatte, 620 m aux Pralettes, 580 m à Marly-le-Grand, 575 m à la Vernaie. Un certain nombre de ses affluents ont été repérés en rive gauche, mais aucun en rive droite. Dans le Tschärllaawald (583.8/177.2), la molasse occupe des positions à première vue étranges: ceci est dû à l’interférence des topographies d’anciens sillons affluents et diversement orientés avec le tracé récent de la Gérine.

Ruisseau de Copy: Le fond rocheux de l’ancien ruisseau de Copy se situe exactement à 20 m au-dessous du lit actuel, qu’il recoupe transversalement.

Moosbach-Fromattbach (= *Kinkenrain-Tasbergbach* selon BÜCHI 1946): Les sondages et la sismique confirment parfaitement le tracé de l’ancien cours dessiné par BÜCHI (1946, p. 111). Dans la petite plaine alluviale de Fromatt, son fond rocheux serait vers 625 m sous 15–20 m de graviers surmontés de 50 m de limons et sables (SIGNER & PUGIN 1994 et comm. orale). A l’amont et au sud de Rechthalten, en limite de la feuille, il est à 810 m.

BIBLIOGRAPHIE

- AGBA A.G. (1977): Carte des aptitudes agricoles du canton de Fribourg. Feuille Rossens au 1:25 000. – Département de l'Agriculture et Office de l'aménagement régional, Fribourg.
- ALLEN, P. A., MANGE-RAJETZKY, M., MATTER, A. & HOMEWOOD, P. (1985): Dynamic palaeogeography of the open Burdigalian seaway, Swiss Molasse basin. – *Eclogae geol. Helv.* 78/2, 351–381.
- AMMANN, B., EICHER, U., GAILLARD, M.-J., HAEBERLI, W., LISTER, G., LOTTER, A.F., MAISCH, M., NIESSEN, F., SCHLÜCHTER, C. & WOHLFARTH, B. (1994): The Würmian Late-glacial in lowland Switzerland. – *J. quatern. Sci.* 9/2, 119–125.
- ARN, R. (1984): Contribution à l'étude stratigraphique du Pléistocène de la région lémanique. – Thèse Fac. Sci. Univ. Lausanne.
- (1992): Les invasions glaciaires dans la région lémanique. Vision d'hier et d'aujourd'hui. – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 81, 21–33.
- AUBERT, D. (1981): Géomorphologie du Gros-de-Vaud. – *Mém. Soc. vaud. Sci. nat.* 17/2 (100), 57–116.
- BALMELLI, E. (1959): L'evoluzione dei meandri della Sarina tra la diga di Rossens e il ponte SFF di Grandfey. – Thèse Inst. Géogr. Univ. Fribourg. Casagrande, Bellinzona.
- BARTSCHI, E. (1913): Das westschweizerische Mittelland. Versuch einer morphologischen Darstellung. – *Nouv. Mém. Soc. helv. Sci. nat.* 47/2, 153–309.
- BEHMER, C. A. K. (1912): Die erratischen Blöcke in der Freiburger Ebene. – Inaug.-Diss. Univ. Freiburg. Druckerei Hieronymus, Neumünster.
- BERGER, J.-P. (1983): Charophytes de l'«Aquitaniens» 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. – *Münchener Geowiss. Abh. (A)* 5, 1–208.
- (1992a): Correlative chart of the European Oligocene and Miocene: application to the Swiss Molasse Basin. – *Eclogae geol. Helv.* 85/3, 573–609.
- (1992b): Paléontologie de la Molasse de Suisse occidentale. – Thèse d'habilitation Fac. Sci. Univ. Fribourg (manuscrit inédit).
- BERSIER, A. (1942): L'origine structurale des collines et alignements morphologiques orientés du Plateau vaudois. – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 62 (258), 135–158.
- BETZ, D. (1990): Neue Massstäbe durch geowissenschaftliche Hochtechnologie. – *Erdöl, Erdgas, Kohle* 106/12, 471–477.
- BEZAT, E. (1994): Analyse palynologique des lignites de Marly et du Creux d'Enfer. – *Serv. hydrol. géol. natl.* (rapport inédit).
- BLAU, R. V. (1966): Molasse und Flysch im östlichen Gurnigelgebiet (Kt. Bern). – *Beitr. geol. Karte Schweiz* 125, 1–151.
- BLUMER, R. & BRAILLARD, L. (2004): La Tour-de-Trême, Les Partsis: une nouvelle séquence mésolithique en Suisse romande. – *Cah. Archéol. fribourg.* 6, 66–81.
- BOLLIN, R. (1995): Blocs erratiques du Canton de Fribourg. – *Musée Hist. nat. Fribourg.*
- BRUTTIN, J.-F. (1951): L'aménagement hydroélectrique de Rossens-Hauterive après deux ans d'expérience. – *Bull. techn. Suisse romande* 77/6, 69–85.
- BÜCHI, O. (1926): Das Flussnetz der Saane und ihren Nebenflüsse während den Interglacialzeiten (ausgenommen die Sense). – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 28, 128–148.
- (1929): Das Becken von Marly. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 29, 135–149.
- (1931): Rapport du conservateur du Musée. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 30, 171.
- (1946): Beiträge zur Entwicklung des Flussnetzes zwischen Nesslera-Ärgera und Galternbach. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 37, 237–251.

- BUDMIGER, G. (1967): Die Quellstollen in der mittelländischen Molasse. – Jb. Oberaargaus 1967, 52–73.
- BUESS, H. (1927): Über die subalpine Molasse im Kanton Freiburg. – Mém. Soc. fribourg. Sci. nat. 9, 1–105.
- CALCIATI, C. (1910): Les méandres de la Sarine. – Mém. Soc. fribourg. Sci. nat., Sér. géol.-géogr. VII/4, 85–148.
- CARBONNEL, G. (1982): Ostracodes. In: JUNG, P. (éd.): Nouveaux résultats biostratigraphiques dans le bassin molassique, depuis le Vorarlberg jusqu'en Haute-Savoie (p. 47–53). – Docum. Lab. Géol. Lyon, h.s. 7.
- 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.
- CARON, C., EMMENEGGER, C. & PUGIN, L. (1972): Compte rendu de l'excursion de la Société géologique suisse dans la Molasse et les Préalpes fribourgeoises du 11 au 13 octobre 1971. – Eclogae geol. Helv. 65/1, 243–253.
- CHANET, B. & BERGER, J.-P. (1995): Présence de *Solea kirchbergana* (VON MEYER) (Pisces, Pleuronectiformes) dans la Molasse marine supérieure (OMM, Miocène inférieur, «Burdigalien») de Villarod. (Fribourg, Suisse). – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 83, 36–45.
- CHENEVART, C.J. (1994): Le synclinal de Fribourg-en-Nuithonie et son contexte structural. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 61, 75–88.
- CHOFFAT, P.† & AUBERT, D. (1983): Erosion et morphologie glaciaires de la molasse. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 76/4 (364), 321–340.
- COCHARD, L., GUYOT, J., MONNARD, I., MOULLET, N. & SCIBOZ, G. (1988): La construction du barrage de Rossens. – Ed. La Sarine, Fribourg.
- COLLECTIF D'AUTEURS (1840): Affaire du gaz inflammable au Canton de Fribourg. – Acta Soc. helv. Sci. nat., Session de Fribourg, 79–95.
- CORMINBOEUF, P. (1959): Sur les couches de Cucloz-Villarvolard en Suisse occidentale. – Eclogae geol. Helv. 52/1, 271–294.
- CRAUSAZ, C.U. (1959): Géologie de la région de Fribourg. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 48, 1–117.
- CRIMES, T.P., GOLDRING, R., HOMEWOOD, P., STUIJVENBERG, J. VAN & WINKLER, W. (1981): Trace fossil assemblages of deep-sea fan deposits, Gurnigel and Schlieren flysch (Cretaceous–Eocene), Switzerland. – Eclogae geol. Helv. 74/3, 953–995.
- DEY, J.-J. (1854): Un menhir. – Mémorial de Fribourg I, 17–18.
- DAGUET, A. (1852): Lettres sur l'histoire naturelle du canton de Fribourg par le Chanoine Fontaine. – L'Emulation, nouvelle revue fribourgeoise I, 129–207.
- DEICHMANN, N., BAER, M., BRAUNMILLER, J. et al. (2000): Earthquakes in Switzerland and surrounding regions during 1999. – Eclogae geol. Helv. 93/3, 395–406.
- DEMARCO, G. & SCHOEPFER, P. (1990): Les Pectinidés du Miocène de Suisse occidentale. – Eclogae geol. Helv. 83/3, 751–791.
- DEWARRAT, J.-P. (1992): Les voies de communication historiques. In: MONTELEONE, L. (éd.): Marly, son histoire. Une monographie d'histoire locale (p. 197–225). – Soc. développement de Marly et environs. Impr. St Paul, Fribourg.
- DILLENIUS, E. (1911): Neuere Untersuchungen im Tertiärgebiet am Nordrand der Freiburger Alpen. – Inaug.-Diss. Univ. Freiburg. Armbruster, Bern.
- DORTHE, J.-P. (1962): Géologie de la région au Sud-Ouest de Fribourg. – Eclogae geol. Helv. 55/2, 327–406.

- DORTHE, J.-P. (1986): Excursion à la Tuffière: schéma géologique et hydrogéologique. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 75/1–2, 19–25.
- (1990): Les sources de la Ville de Fribourg à la Tuffière, commune de Corpataux. – Soc. suisse Industrie Gaz et Eaux, Journées techniques de Fribourg, octobre 1990, 210–223. Kasper Druck AG, Wädenswil.
- DURUZ, A. (1952): Analyse pollinique de la tourbière de Lentigny. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 42, 141–148 (résumé d'un travail de thèse présenté en 1950 à l'Université de Milan).
- EMMENEGGER, C. (1961): Géologie de la région sud de Fribourg. Molasse du Plateau et Molasse subalpine. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat., 51, 5–166.
- (1992): Le passé géologique. In: MONTELEONE, L. (éd.): Marly, son histoire. Une monographie d'histoire locale (p. 1–15). – Soc. développement de Marly et environs. Impr. St Paul, Fribourg.
- ENGESSER, B. (1990): A preliminary mammal zonation of the Upper Marine Molasse of Switzerland. In: LINDSAY, E., FAHLBUSCH, V. & MEIN, P. (eds.): European Neogene mammal chronology (p. 177–180). – Nato ASI, ser. A: Life sci. 180. Plenum Press, New York.
- ENGESSER, B., MAYO, N. & WEIDMANN, M. (1984): Nouveaux gisements de mammifères de la Molasse subalpine vaudoise et fribourgeoise. – Schweiz. paläont. Abh. 107, 1–39.
- ENGESSER, B., GINSBURG, L., WEIDMANN, M. & BUCHER, H. (1993): Les faunes de mammifères et l'âge de la Molasse grise de Lausanne (Aquitaniens). – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 82/3, 209–259.
- FASEL, J.-M. (1986): Sédimentologie de la Molasse d'eau douce subalpine entre le Léman et la Gruyère. – Thèse Fac. Sci. Univ. Fribourg 907. Quick-Print, Fribourg.
- FÉLIX, C. (1977): Molasses et grès de Villarlod (Fribourg). – Inventaire des carrières suisses de pierre de taille, Fiche tech. 1 – Lab. Matér. pierreux, EPF-Lausanne.
- FISCHER, H. (1988): Isotopengeochemische Untersuchungen und Datierungen an Mineralien und Fossilien aus Sedimentgesteinen. – Diss. ETH-Zürich.
- FLEURY, P. (1987): La faille mène au barrage. – La Suisse, 23 septembre 1987, 39.
- FONTAINE, C. (1964): Sites fribourgeois: Pierrafortscha. – La Liberté, 9 avril 1964, 13.
- FRÖHLICH, A. (1991): Seismotektonik der Westschweiz unter Berücksichtigung der Bebenserien von Freiburg (1987), Romont (1988) und Boltigen (1989). – Diplomarbeit Inst. Geophys. ETH-Zürich.
- FRÜH, J. (1890): Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz. – N. Denkschr. schweiz. Ges. Natw. 30.
- FÜRST, D. (1993): Geologie zwischen La Feyla und Plasselschlund. – Diplomarbeit in Geologie-Mineralogie, Univ. Freiburg.
- GABUS, J.H. (2000): Feuille 1224 Moudon. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 103.
- GABUS, J.H., BOEGLI, J.-C., MORNOD, L. & PARRIAUX, A. (2000): Feuille 1224 Moudon. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 103.
- GAGNEBIN, E. (1920): Description géologique détaillée des Préalpes bordières entre Montreux et Semsales. 1913–1920. – Mém. de thèse dactylogr. (178 p.) avec corrections manuscrites, mais sans les figures. Archives Musée géol. Lausanne.
- GAILLARD, M.-J. (1981): Sondages et analyses polliniques préliminaires des marais du Moyen-Pays romand. – Appendice II au Mémoire de thèse manuscrit; Inst. botanique systém. Univ. Lausanne.
- (1984): Etude palynologique de l'évolution tardi- et postglaciaire de la végétation du Moyen-Pays romand (Suisse). – Diss. bot. 77.
- (1993): Quinze mille ans de paysage végétal en Suisse romande. – Paysages découverts (G.R.E.A.T.) 2, 37–60.

- GASSER, U. & NABHOLZ, W. (1969): Zur Sedimentologie der Sandfraktion im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes. – *Eclogae geol. Helv.* 62/2, 467–516.
- GHIRLANDA, F. (1993): Géologie des terrains subalpins du versant Nord du Cousimbert. – Travail de diplôme, Inst. Géol. Univ. Fribourg.
- GILLIÉRON, V. (1885): Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne compris dans la feuille XII entre le lac de Neuchâtel et la crête du Niesen. – Matér. Carte géol. Suisse 18.
- GIRARD, R. DE (1888): Course au sondage entrepris à Corpataux. – Archives Inst. géol. Univ. Fribourg (rapport manuscrit inédit).
- (1896): Notice géologique et technique sur les produits minéraux bruts du Canton de Fribourg. – Impr. Rey & Malavallon, Genève.
- (1901): Tableau des terrains de la région fribourgeoise. – Mém. Soc. fribourg. Sci. nat., Sér. géol.-géogr. II/2.
- (1913): Les gîtes d'hydrocarbures de la Suisse occidentale. – Mém. Soc. fribourg. Sci. nat. 8/1.
- GORIN, G. E., SIGNER, C. & AMBERGER, G. (1993): Structural configuration of the western Swiss Molasse Basin derived from reflection seismic. – *Eclogae geol. Helv.* 86/3, 693–716.
- GRATIER, M. & BARDET, L. (1980): Les sols du plateau vaudois. – Mém. Soc. vaud. Sci. nat. 16/3 (99), 89–188.
- GREMAUD, A. (1880): Courte notice sur les mouvements de terrains. – *Rev. scientifique suisse*, 4/4, 73–79.
- (1887a): Quelques données sur les vallées primitives et les vallées d'érosion dans le canton de Fribourg. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 4, 25–30.
- (1887b): Notice sur le projet d'endiguement de la Gérine. – Impr. St Paul, Fribourg.
- HABICHT, J. K. A. (1987): Lexique stratigraphique international, vol. I: Europe, Fasc. 7 Suisse, Fasc. 7b: Plateau suisse (Molasse). – *Comm. géol. suisse et Serv. hydrog. géol. natl.*
- HANTKE, R. (1980): Eiszeitalter (Bd. 2). – Ott, Thun.
- HESSKE, S. (1995): Typologie géochimique des eaux souterraines du bassin molassique de Chambéry (France) à Linz (Autriche). – Thèse EPF-Lausanne 1417. Dépt. de Génie Civil.
- HOMEWOOD, P. (1981): Faciès et environnement de dépôt de la Molasse de Fribourg. – *Eclogae geol. Helv.* 74/1, 29–36.
- HOMEWOOD, P., KELLER, B., SCHÖPFER, P. & YANG, C. S. (1989): Faciès, processus de sédimentation et reconstitution des conditions paléomarines dans la Molasse marine supérieure suisse. – *Bull. Soc. géol. France* (8) 5/5, 1015–1027.
- JORDI, H. A. (1990): Tektonisch-strukturelle Übersicht Westschweizerisches Molassebecken. – *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 56, 1–11.
- JUNGO, J. (1940): Fünfzig Jahre Aufforstung in den Tälern der Aergera, des Höllbachs und der Sense. – C.-R. séances Soc. fribourg. Sci. nat. 1, séance du 14 mars 1940, 1–15.
- KAENEL, E. DE, PERCH-NIELSEN, K. & LINDIGER, M. (1989): The Cretaceous-Tertiary boundary in the Gurnigel Flysch (Switzerland). – *Eclogae geol. Helv.* 82/2, 555–581.
- KÄLIN, D. (1997): The mammal zonation of the Upper Marine Molasse of Switzerland reconsidered. A local biozonation of MN2–MN5. In: AGUILAR, J.-P., LEGENDRE, S. & MICHAUX, J. (éd.): Actes du Congrès Biochrom'97 (p. 515–535). – Mém. Trav. Ecole pratique Hautes Etudes, Inst. Montpellier 21.
- KAPPELLOS, C. C. (1973): Biostratigraphie des Gurnigelflysches. – *Schweiz. paläont. Abh.* 96, 1–128.
- KASTRUP, U. (2002): Seismotectonics and stress field variations in Switzerland. – Diss. Natw. ETH-Zürich 14527.

- KELLER, B. (1989): Fazies und Stratigraphie der Oberen Meeresmolasse zwischen Napf und Bodensee (Schweiz). – Diss. Univ. Bern.
- KEMPF, O., BOLLIGER, T., KÄLIN, D., ENGESSER, B. & MATTER, A. (1997): New magnetostratigraphic calibration of early to middle Miocene mammal biozones of the North Alpine foreland basin. In: AGUILAR, J.-P., LEGENDRE, S. & MICHAUX, J. (éd.): Actes du Congrès Biochrom'97 (p. 547–561). – Mém. Trav. Ecole pratique Hautes Etudes, Inst. Montpellier 21.
- KEMPF, O., MATTER, A., BURBANK, D.W. & MANGE, M. (1999): Depositional and structural evolution of a foreland basin margin in a magnetostratigraphic framework: the eastern Swiss Molasse Basin. – *Int. J. Earth Sci.* 88, 253–275.
- KLINGELÉ, E. (1982): Carte aéromagnétique de la Suisse 1:500 000 (Carte géophysique N° 9). – Comm. suisse Géophys.
- KOPP, J. (1936): Petrolgeologische Untersuchungen in der Berner und Freiburger Molasse zwischen Aare und Broye (rapport inédit adressé à la P.E.K.). – Archives géologiques suisses (Service d'Informations Géologiques, OFEG).
- (1946): Zur Tektonik der westschweizerischen Molasse. – *Eclogae geol. Helv.* 39/2, 269–274.
- (1955): Erdgas und Erdöl in der Schweiz. – Räber, Luzern.
- KRÄHENBÜHL, H. (1988): Bernsteinvorkommen in der Schweiz. – *Bergknappe* 12/46, 23–26.
- KRAYSS, E. (1989): Modelle zu hochwürmzeitlichen Rückzugsphasen des Rhone-Aaregletschers. – *Mitt. natf. Ges. Bern [N.F.]* 46, 109–118.
- (1992): Hochwürmzeitliche Eisrandlagen des Rhonegletschers zwischen Saane und Sense. – Livret-guide de l'excursion du 26 octobre 1992, SANW-Kommission für Quartärforschung, 1–5.
- KÜBLER, B., PITTION, J.-L., HEROUX, Y., CHAROLLAIS, J. & WEIDMANN, M. (1979): Sur le pouvoir réflecteur de la vitrinite dans quelques roches du Jura, de la Molasse et des Nappes préalpines, helvétiques et penniques (Suisse occidentale et Haute-Savoie). – *Eclogae geol. Helv.* 72/2, 347–373.
- KURBERG, H. (1919): Neuere Untersuchungen über die tertiäre Nagelfluh im Gebiete zwischen der Aare und dem Genfersee. – Inaug.-Diss. Univ. Freiburg. Coleman, Lübeck.
- LATELTIN, O. (1988): Les dépôts turbiditiques oligocènes d'avant-pays entre Annecy (Haute-Savoie) et le Sanetsch (Suisse). – Thèse Fac. Sci. Univ. Fribourg. Impr. St Paul, Fribourg.
- LEJAY, A. (1992): Stratigraphie haute-résolution des dépôts de marées du bassin molassique suisse. – Thèse Univ. L. Pasteur, Strasbourg.
- LERICHE, M. (1927): Les poissons de la Molasse suisse. – *Mém. Soc. paléont. suisse* 46, 1–119.
- LETSCH, E. (1907): Die schweizerische Tonlager. – *Matér. Géol. Suisse, Sér. géotech.* 4/1, 1–433.
- LIACI, S. & MARESCOT, L. (1998): Etude géoélectrique en milieu quaternaire complexe. Paléogéographie des anciens cours d'eau sur le tracé de Swissmetro dans la région de Matran (FR). – Diplôme Inst. Géophys. Univ. Lausanne (inédit).
- LÜDI, W. (1953): Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters im nördlichen Vorland der Schweizer Alpen. – *Veröff. geobotan. Inst. Rübel, Zürich* 27.
- MÄDER, F. (1986): Seifengold aus dem Kanton Freiburg (Schweiz). – Rapport inédit, 42 p.
- MARESCOT, L. (2000): La molasse de la région de la Sense (Cantons de Berne et de Fribourg, Suisse). Tectonique du contact molasse du plateau et molasse subalpine. Paléontologie de l'USM. Pétrographie des conglomérats de l'OMM (couches du Belpberg). – Travail de diplôme, Sci. Terre Univ. Lausanne.
- MARESCOT, L., LIACI, S. & CHAPPELLIER, D. (2003): Etude géoélectrique des cours d'eau interglaciaires à l'Ouest de la ville de Fribourg (Suisse). – *Eclogae geol. Helv.* 96/2, 261–273.

- 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 I und in der benachbarten subalpines Molasse (Kt. Fribourg). – *Eclogae geol. Helv.* 73/1, 205–222.
- MAUVILLY, M., AFFOLTER, J., BOISAUBERT, J.-L., BRAILLARD, L., CHAIX, L., HELFER, M., MENOUD, S. et PILLOUD, P. (2002): Du Paléolithique final à la fin du Mésolithique dans le canton de Fribourg. – *Ann. Soc. suisse Préhist. Archéol.* 85, 23–44.
- MAUVILLY, M., MENOUD, S., BRAILLARD, L., CHAIX, L. & BOISAUBERT, J.-L. (2000): La Sarine, un pôle dynamique de peuplement au Mésolithique. – *Cah. Archéol. fribourg.* 2, 52–59.
- MEDICI, F. & RYBACH, L. (1995): Geothermal map of Switzerland 1995 (heat flow density). – *Beitr. Geol. Schweiz, Geophys.* 30.
- MEER, J.J.M. VAN DER (1977): Résultats d'une étude des sols entre Fribourg et Anet. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 66/2, 107–115.
- (1982): The Fribourg area, Switzerland, a study in Quaternary geology and soil development. – *Publ. Fys.-Geogr. Bodemk. Lab. Univ. Amsterdam* 32, 1–203.
- MENOUD, S. (2000): St Silvester FR, Fifermoos. – *Annuaire Soc. suisse Préhist. Archéol.* 83, 197.
- MEYER-AHRENS, C. (1860): Die Heilquellen und Kurorte der Schweiz. – Orell Füssli.
- MICHEL, G. (1910): Les coudes de capture du pays fribourgeois. – *Mém. Soc. fribourg. Sci. nat., Sér. géol.-géogr.* 7/3, 1–84.
- MONBARON, M. & INDERMUEHLE, P.-F. (1987): Fribourg et son site morphologique: entre terrasses et falaises. – *Ukpik, Cah. Inst. géogr. Univ. Fribourg* 5, 49–57.
- MONTELEONE, L. (1992): Marly, son histoire. Une monographie d'histoire locale. – *Soc. développement de Marly et environs. Impr. St Paul, Fribourg.*
- MORARD, N. (1981): Une réussite éphémère: l'économie fribourgeoise aux XIV^e et XV^e siècles. In: COLLECTIF D'AUTEURS: Histoire du canton de Fribourg (t. 1, p. 241–283). – Impr. Fragnières SA, Fribourg.
- (1990): Esquisse pour un paysage. In: ANDENMATTEN, B. & RAEMY, D. DE (éd.): La Maison de Savoie en Pays de Vaud, (p. 115–118). – Payot, Lausanne.
- MOREL, R. (1978): Géologie du massif du Niremont (Préalpes romandes) et de ses abords. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 69, 99–207.
- MORNOD, L. (1945): Molasse subalpine et bord alpin de la région de Bulle (Basse-Gruyère). – *Eclogae geol. Helv.* 38/2, 441–452.
- (1947): Sur les dépôts glaciaires de la vallée de la Sarine en Basse-Gruyère. – *Eclogae geol. Helv.* 40/1, 15–35.
- (1949): Géologie de la région de Bulle (Basse-Gruyère): Molasse et bord alpin. – *Matér. Carte géol. Suisse* 91.
- MOSER, A. (1968): Prodomus eines westschweizerischen Steinbruchverzeichnisses. – *Lab. Conservation de la Pierre, EPF-Lausanne* (manuscrit dactylographié).
- MÜLLER, A. (1936): Die mechanische und mineralogische Konstitution der Saanesande. – *Ber. schwyz. natf. Ges.* 2 (1936/1938).
- MUSY, M. (1884): Notice géologique et technique sur les carrières du canton de Fribourg. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 3-4, 21–51.
- (1910): Sur deux crânes de marmottes de l'époque quaternaire (Treyvaux et Tavel). – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 19, 18.
- (1913): Un poisson fossile de la Molasse marine fribourgeoise (*Solea antiqua* H. v. MEYER). – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 21, 36.

- MUSY, M. (1923): Les restes de mammoth trouvés près de Fribourg. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 26, 54–55.
- (1925): La marmotte en Suisse et spécialement dans le canton de Fribourg. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 27, 58–61.
- NAGRA (1994): Sedimentstudie. Zusammenfassende Übersicht der Arbeiten von 1990 bis 1994 und Konzept für weitere Untersuchungen. – NAGRA Techn. Ber. NTB 94-10.
- NECKER, L. A. (1841): Etudes géologiques dans les Alpes. – Pitois, Paris.
- NOVERRAZ, F. (1995): Glissement de Chlöwena/Falli Hölli (commune de Plasselb, FR): examen des conditions de stabilité en amont du glissement dans la perspective de la formation d'un lac de retenue sur le cours du Höllbach. – Institut des Sols, Roches et Fondations, EPF-Lausanne.
- NUSSBAUM, F. (1906): Die eiszeitliche Vergletscherung des Saanegebietes. – Inaug. Diss. Univ. Bern. Haller'sche Buchdruckerei, Bern.
- (1939): Über Eiszeiten und Flussverlegungen in der Westschweiz. – Mitt. natf. Ges. Bern (1938), Sitzber. 8–10.
- OLIVIER, R. (1983): Atlas gravimétrique du Plateau suisse, partie Ouest, au 1: 100 000. – Bull. Inst. Géophys. Univ. Lausanne 5.
- PAOLACCI, S. (2005): Etude du bassin molassique de Suisse occidentale basée sur la sismique-réflexion. – Terre et Environnement, Genève (à paraître).
- PASQUIER, J.-B. (2004): Feuille 1225 Gruyères. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 115.
- (2005): Feuille 1225 Gruyères. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 115.
- PASQUIER, F., BOUZELBOUDJEN, M. & ZWAHLEN, F. (1999): Carte hydrogéologique de la Suisse 1:100 000, N°6, feuille 36 Sarine/Saane. Notice explicative. – Comm. géotech. suisse et Serv. hydrol. géol. natl.
- PAVONI, N. (1992): Seismoactive fault systems in the basement and sedimentary cover of the Swiss Plateau and the Jura Mountains. – Eclogae geol. Helv. 85/3, 781–784.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1909): Die Alpen im Eiszeitalter (in 3 Bänder). – Tauchnitz, Leipzig.
- PERRY, J. T. O'B. (1961): Geological completion report for Sorens 1, Switzerland. – Unpubl. Report JTO'BP. 8, BP Exploration Cy Ltd, Geol. Division.
- PLANCHEREL, R. (1979): Aspects de la déformation en grand dans les Préalpes médianes plastiques entre Rhône et Aar. – Eclogae geol. Helv. 72/1, 145–214.
- POLACK, P. (1980): Etude gravimétrique de la Tuffière. – Travail de diplôme, Inst. Géophys. Univ. Lausanne.
- PUGIN, A. (1988): Carte des isohypses de la base des sédiments du Quaternaire en Suisse occidentale, avec quelques commentaires. – Rapp. Géol. Serv. hydrol. géol. natl. 3.
- (1989a): Déglaciation dans la vallée préalpine de la Sarine en Gruyère: une analyse sédimentologique. – Eclogae geol. Helv. 82/1, 285–324.
- (1989b): Facies model for deglaciation in an overdeepened alpine valley (Bulle area, Western Switzerland). – Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 70, 235–248.
- PUGIN, L. (1972): La carrière de tuf de la Tuffière (commune de Corpataux). Etude qualitative, quantitative, technologique et économique. – Archives Inst. Géol. Univ. Fribourg (rapport inédit).
- PYTHON, A.-F. (1993): Lac de la Gruyère: et si une étude d'impact avait été faite... – Ukpik, Cah. Inst. géogr. Univ. Fribourg 9, 247–248.
- PYTHON, C., BERGER, J.-P. & PLANCHEREL, R. (1998): Feuille 1185 Fribourg. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 98.
- RIGASSI, D. (1977): Subdivision et datation de la Molasse «d'eau douce inférieure» du Plateau suisse. – Paleolab news 1, 1–42.

- RAETZO, H. & LAETELIN, O. (1996): Rutschung Falli Hölli, ein ausserordentliches Ereignis? – Int. Symp. INTERPRAEVENT. Garmisch-Partenkirchen, Tagungspubl. 3, 129–140.
- RUTSCH, R. F. (1926): Zur Stratigraphie und Tektonik der Molasse südlich von Bern. – *Eclogae geol. Helv.* 19/3, 673–678.
- (1933): Beiträge zur Geologie der Umgebung von Bern. – *Beitr. geol. Karte Schweiz* 66.
- (1966): Proceedings third Session CMNS (Comm. Mediterr. Neogene Stratigraphy) Berne 1964. Bericht über die Exkursion. – Proc. 3^d Session CMNS 1964, 1–8, Brill, Leyden.
- (1967): Blatt 1186 Schwarzenburg [332–335 Neuenegg-Oberbalm-Schwarzenburg-Rüeggisberg]. – *Geol. Atlas Schweiz* 1:25 000, Erläut. 26.
- RÜTTENER, E. (1995): Earthquake hazard evaluation for Switzerland. – *Beitr. Geol. Schweiz, Geophys.* 29.
- SÄGESSER, R. & MAYER-ROSA, D. (1978): Erdbebengefährdung in der Schweiz. – *Schweiz. Bauztg.* 78/7, 3–18.
- SCHARDT, H. (1920): Sur les cours interglaciaires et préglaciaires de la Sarine dans le canton de Fribourg. – *Eclogae geol. Helv.* 15/4, 466–471.
- SCHEGG, R. (1993): Thermal maturity and history of sediments in the North Alpine Foreland Basin (Switzerland, France). – *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève* 15, 1–194.
- SCHERRER, F. (1964): Ostrakoden aus der subalpinen Oligozän-Molasse der Schweiz. – *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 31, 10–24.
- SCHMID, G. (1969): Rapport hydrogéologique sur les nappes souterraines du bassin de la Gérine entre Plasselb et Marly. – Direction des Travaux publics du canton de Fribourg (rapport inédit, avec carte géologique au 1:5 000).
- (1970): Geologie der Gegend von Guggisberg und der angrenzenden Molasse. – *Beitr. geol. Karte Schweiz* 139.
- SCHMIDT, B. (1985): Etude palynologique de la tourbière d'Echarlens (Fribourg). – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 77/4 (368), 305–325.
- SCHNORF, A. (1963): Sur un gisement de marmottes dans le Quaternaire du pied du Jura vaudois. – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 68, 291–293.
- SCHOEPFER, P. (1986): Sur l'âge de l'«Helvétien» du Guggisberg (BE): premières données micropaléontologiques. – *Eclogae geol. Helv.* 79/3, 913–916.
- (1989): Sédimentologie et stratigraphie de la Molasse marine supérieure entre le Gibloux et l'Aar. – Thèse Fac. Sci. Univ. Fribourg. Impr. St Paul, Fribourg.
- SCHOEPFER, P. & BERGER, J.-P. (1989): Burdigalian and Helvetian in Western Switzerland. – *Geologica carpathica* 40/1, 17–21.
- SCHUPPLI, H. M. (1950): Oelgeologische Untersuchungen im Schweizer Mittelland zwischen Solothurn und Moudon. – *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 26/3, 1–41.
- SIEBER, R. (1974): Formations de graviers présentes dans le Canton de Fribourg. – *Bull. ARPEA* 11, 21–44.
- SIGNER, C. (1996): Géométrie sédimentaire des bassins glaciaires péri-alpins (Quaternaire, Suisse): étude par sismique réflexion haute résolution. – *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève* 21, 1–236.
- SIGNER, C. & PUGIN, A. (1994): Sismique haute résolution pour connaissances complémentaires des dépôts quaternaires sur la feuille Rossens de l'Atlas géologique de la Suisse au 1:25 000. – *Serv. hydrod. géol. natl* (rapport inédit).
- SOOM, M. (1981): Kleinmineralien aus dem Gurnigelflysch. – *Schweizer Strahler* 5/9, 388–395.
- STRUNCK, P. (2001): The Molasse of Western Switzerland. – Inaug.-Diss. phil.-naturw. Fakultät Univ. Bern.
- STUDER, B. (1825): Beyträge zu einer Monographie der Molasse. – Jenni, Bern.

- STUIJVENBERG, J. VAN (1979): Geology of the Gurnigel area (Prealps, Switzerland). – Beitr. geol. Karte Schweiz 151.
- STUIJVENBERG, J. VAN, MOREL, R. & JAN DU CHÈNE, R. (1976): Contribution à l'étude du flysch de la région des Fayaux (Préalpes externes vaudoises). – *Eclogae geol. Helv.* 69/2, 309–326.
- SUSEDKA, U. (1984): Die Quellstollen in der mittelländischen Molasse. – Diplomarbeit Geogr. Inst. Univ. Bern (unpubliziert).
- TERCIER, J. (1928): Géologie de la Berra. – Matér. Carte géol. Suisse 60.
- (1942): Les charbons feuilletés de Pont-la-Ville (Fribourg). – Archives géologiques suisses (Service d'Informations Géologiques, OFEG) 24'407 (rapport inédit).
- (1947): Les conditions géologiques du barrage de Rossens, au S de Fribourg. – Mitt. Natf. Ges. Bern [N.F.] 5, 18–21.
- (1955): Rapport géologique du 30 mars 1955 sur les sources de la Tuffière, près Corpataux. – Archives Inst. géol. Univ. Fribourg (rapport inédit).
- TERCIER, J.† & BIERI, P. (1961): Feuille 1206 Guggisberg [Gurnigel; 348–351 Guggisberg-Rüscheegg-Plasselb-Gantrisch]. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 36.
- THIERRIN, J. (1988a): Présentation du système hydrogéologique Lac de la Gruyère – Sources de la Tuffière. – Bull. Centre Hydrogéol. Univ. Neuchâtel 8, 179–199.
- (1988b): L'eau de la Molasse marine supérieure en Suisse occidentale. – Bull. Centre Hydrogéol. Univ. Neuchâtel, 8, 93–120.
- (1990): Contribution à l'étude des eaux souterraines de la région de Fribourg (Suisse occidentale). – Thèse Fac. Sci. Univ. Neuchâtel, Centre Hydrogéol.
- (1999): Les aquifères liés aux anciennes vallées sur le Plateau fribourgeois. In: PASQUIER, F., BOUZELBOUDJEN, M. & ZWAHLEN, F. (1999): Carte hydrogéologique de la Suisse 1:100 000, N°6, feuille 36 Sarine/Saane. Notice explicative (p. 94–95). – Comm. géotech. suisse et Serv. hydrol. géol. natl.
- TSCHIRCH, A. & KATO, X. (1925): Plaffeit, das fossile Harz des Flysch von Plaffeien. – Mitt. natf. Ges. Bern 2, 1–7.
- UJETZ, B., KINDLER, P. & WERNLI, R. (1994): Oligocene foraminifera from the Val d'Illeiz Formation (Haute-Savoie, France): refined biostratigraphy and paleoecological analysis. – *Rev. Micropaléont.* 37/4, 275–287.
- VOLGER, G.H.O. (1857): Untersuchungen über das Phänomen der Erdbeben in der Schweiz. I: Chronik der Erdbeben in der Schweiz. – J. Perthes, Gotha.
- VOLLMAYR, T. (1983): Temperaturmessungen in Erdölbohrungen der Schweiz. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 49/116, 15–27.
- WEIDMANN, M. (1996): Feuille 1204 Romont. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 99.
- WEIDMANN, M., BRIEL, A. & INGLIN, H. (1995): Feuille 1204 Romont. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 99.
- WEIDMANN, M. & GINSBURG, L. (1999): Sur le Grès de la Molière. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 86/4, 213–228.
- 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.
- WEIDMANN, M. & MONBARON, M. (1993): Le mammoth de la Tuffière et les autres mammoths fribourgeois. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 82 (1994), 51–63.
- WEIDMANN, M., MOREL, R. & STUIJVENBERG, J. VAN (1977): La nappe du Gurnigel entre la Baye de Clarens et la Veveysse de Châtel. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 65, 182–196.
- WELTEN, M. (1981): Verdrängung und Vernichtung der anspruchsvollen Gehölze am Beginn der letzten Eiszeit und die Korrelation der Frühwürminterstadiale in Mittel- und Nordeuropa. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* 31, 187–202.

- WINKLER, W. (1984): Palaeocurrents and petrography of the Gurnigel-Schlieren flysch: a basin analysis. – *Sediment. Geol.* 40, 169–189.
- WINKLER, W., GALETTI, G. & MAGGETTI, M. (1985): Bentonite im Gurnigel-, Schlieren- und Wägital-Flysch: Mineralogie, Chemismus, Herkunft. – *Eclogae geol. Helv.* 78/3, 545–564.
- WOHLFARTH, B., SCHWALB, A. & SCHNEIDER, A.-M. (1993): Seen- und Flussgeschichte im Westschweizer Seeland zwischen 5 000 und 12 000 Jahre vor heute. – *Mitt. natf. Ges. Bern, [N.F.]* 50, 45–59.
- WOHLFARTH, B., GAILLARD, M.-J., HAEBERLI, W. & KELTS, K. (1994): Environment and climate in Southwestern Switzerland during the last termination, 15–10 ka BP. – *Quatern. Sci. Rev.* 13, 361–394.
- ZWAHLEN, F. (1981): Contribution à l'étude hydrologique de la Mentue. – Thèse Fac. Sci. Univ. Lausanne. Impr. CopyQuick, Lausanne.

Texte déposé le 12.12.1996
Révision partielle 14.12.2004

CARTES GÉOLOGIQUES PUBLIÉES
(avec fond topographique)

Carte géologique générale de la Suisse 1:200 000

- Flle 1 Neuchâtel, par P. CHRIST, 1944.
 Flle 2 Basel–Bern, par P. CHRIST, 1942.
 Flle 5 Genève–Lausanne, par P. CHRIST, 1948.
 Flle 6 Sion, par P. CHRIST, 1942.

Carte géologique de la Suisse 1:100 000

- Flle XII Freyburg–Bern, par V. GILLIÉRON, A. JACCARD & I. BACHMANN, 1879.

Atlas géologique de la Suisse 1:25 000

- N° 26 Neueneq–Oberbalm–Schwarzenburg–Rüeggisberg (AS 332–335) [Schwarzenburg (CN 1186)], par F. RUTSCH & B. A. FRASSON, 1967.
 N° 36 Gurnigel [Guggisberg–Rüschegg–Plasselb–Gantrisch (AS 348–351); Guggisberg (CN 1206)], par J. TERCIER † & P. BIERI, 1961.
 N° 98 Fribourg (CN 1185), par C. PYTHON, 1996.
 N° 99 Romont (CN 1204), par M. WEIDMANN, A. BRIEL & H. INGLIN, 1995.
 N° 103 Moudon (CN 1224), par J.-H. GABUS, J.-C. BOEGLI, L. MORNOD et al., 2000.
 N° 105 Rossens (CN 1205), par M. WEIDMANN, J.-P. DORTHE & C. EMMENEGGER, 2002.
 N° 115 Gruyères (CN 1225), par J.-B. PASQUIER, 2004.

Carte hydrogéologique de la Suisse 1:100 000

- N° 6 Sarine/Saane, par F. PASQUIER, M. BOUZELBOUDJEN & F. ZWAHLEN, 1999.

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).
N₁ NUSSBAUM, F. (1922): Exkursionskarte der Umgebung von Bern, 1:75 000 1. Auflage). – Kümmerly & Frey, Bern.
N₂ NUSSBAUM, F. (1936): Exkursionskarte der Umgebung von Bern, 1:75 000 2. Auflage). – Kümmerly & Frey, Bern.
N₃ NUSSBAUM, F. (1956): Karte der Eiszeitlichen Gletscher [Schweinsberg–Schwarzenburg–Gantrisch–Rüeggisberg], ca. 1:112 000. In: Über die geologisch-geographische Beschaffenheit des Amtsbezirkes Schwarzenburg. – Jb. Guggisberg 1954–1956 (fig. p. 23)
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

1184 – 1186	} Feuilles de la Carte nationale de la Suisse 1:25 000
1204 – 1206	
1224 – 1226	
334, 348	} Feuilles de l'Atlas Siegfried 1:25 000
350	

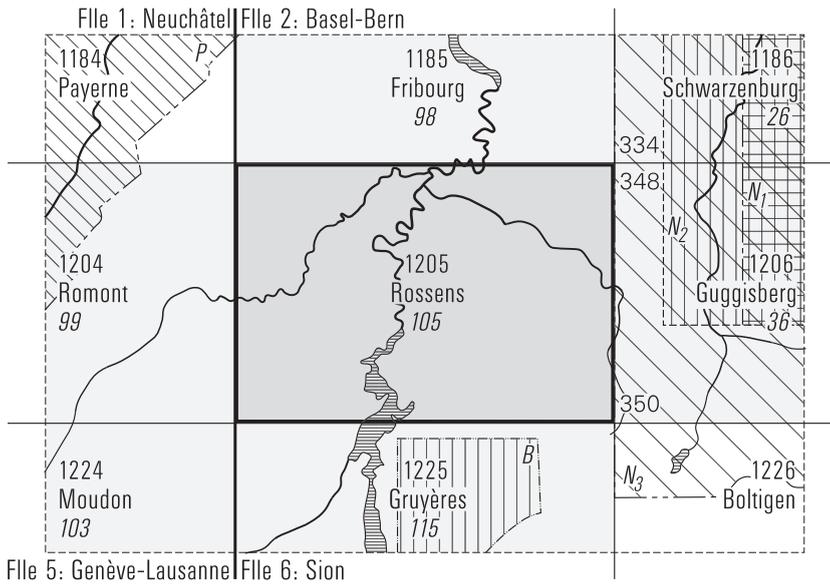
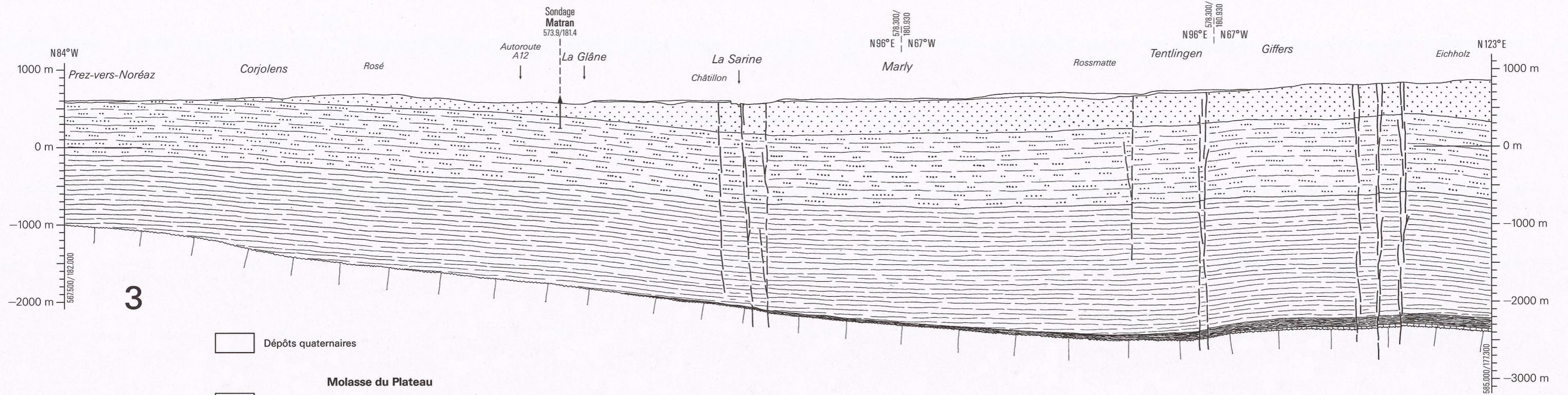


Fig. 7: Répartition des cartes géologiques publiées avec fond topographique.

ANNEXES

- Planche I: Coupes géologiques à travers la région de la feuille Rossens (I)
- Planche II: Coupes géologiques à travers la région de la feuille Rossens (II)
- Planche III: Essai d'interprétation structurale de la nappe du Gurnigel dans la région de la feuille Rossens



Tracé de la coupe:
voir Planchet I

- Dépôts quaternaires

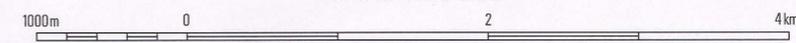
- Molasse du Plateau**
- | | | | |
|---|---|---------------------------------|--------------------------------------|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> 00 00 </div> | Couches du Belpberg – Burdigalien moyen | } | Molasse marine supérieure (OMM) |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> •• •• </div> | Couches de la Singine – Burdigalien inférieur | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> •••• •••• </div> | Molasse grise de Lausanne – Aquitanien | } | Molasse d’eau douce inférieure (USM) |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> — — — — — — — — </div> | Formation non nommée – Chattien | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> — — — — — — — — </div> | Formation de Vaulruz – Rupélien supérieur | Molasse marine inférieure (UMM) | |

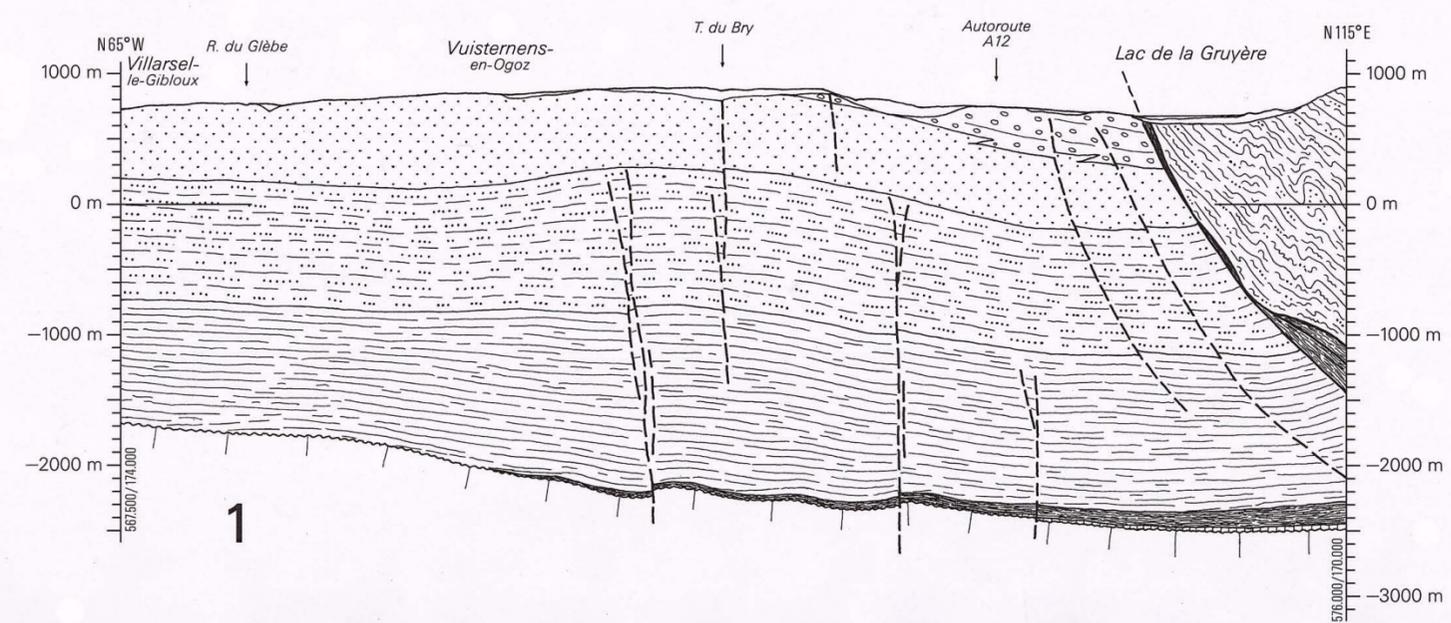
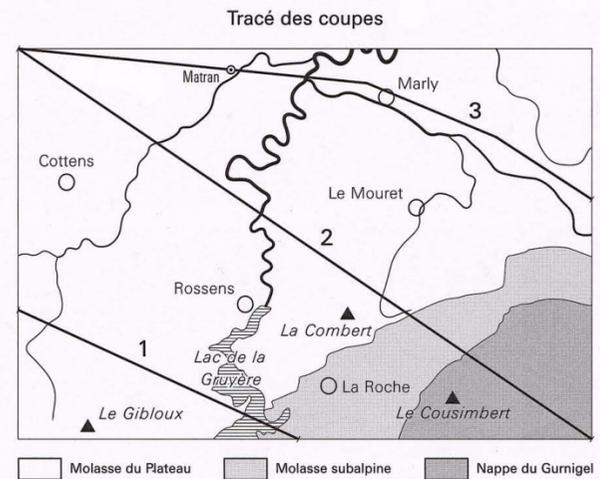
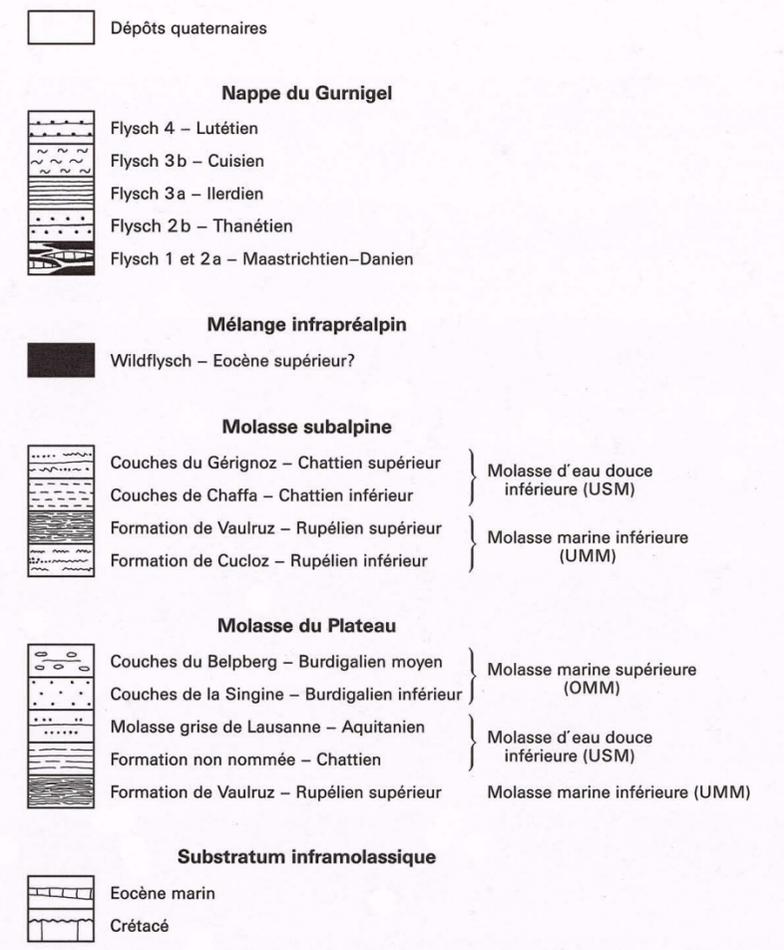
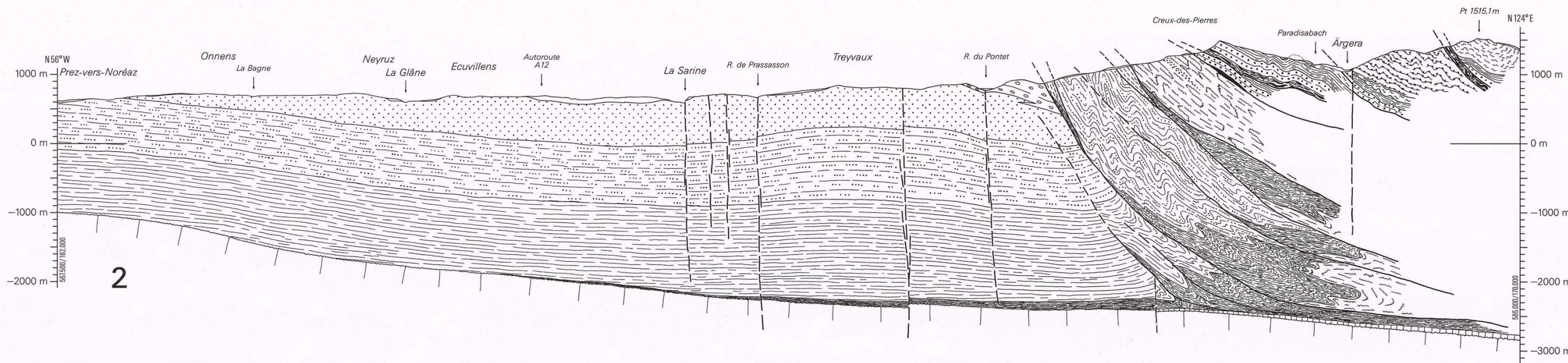
- Substratum inframolassique**
- | | |
|---|--------------|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> — — — — — — — — </div> | Eocène marin |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> — — — — — — — — </div> | Crétacé |

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

par
Marc Weidmann

Echelle 1: 50 000

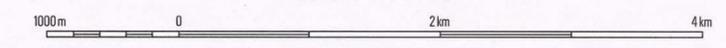




Coupes géologiques à travers la région de la feuille Rossens (I)

par
Marc Weidmann

Echelle 1: 50 000



Essai d'interprétation structurale de la nappe du Gurnigel dans la région de la feuille Rossens

par
Marc Weidmann



□ Dépôts quaternaires

Nappe du Gurnigel

- Flysch 4, à turbidites silto-marneuses
- Flysch 3b, à dominance pélitique
- Flysch 3a, à turbidites gréseuses
- Flysch 2b, à turbidites gréseuses
- Flysch 1–2a, à pélites variées, turbidites siliceuses et calcaires fins

Mélange infrapréalpin

- Wildflysch, à matrice de schistes noirs et éléments à faciès d'affinité sudalpine

Molasse subalpine

Molasse d'eau douce inférieure – USM

- Formation de Cucloz

- — — Chevauchement
- - - + - - - Axe anticlinal
- - - - - - - Axe synclinal
- - - - - - - Plongement axial

