

# Geologischer Atlas der Schweiz

## Atlas géologique de la Suisse

1:25 000

Feuille

### **1184 Payerne**

Topographie: Carte nationale de la Suisse 1:25 000

(Feuille 123 de l'Atlas)

## Notice explicative

par

MARC WEIDMANN

Avec 3 figures et 1 planche

2006

Herausgegeben vom Bundesamt für Topografie  
Publié par l'Office fédéral de topographie

**Recommandation pour la citation en bibliographie:**

*Carte:*

WEIDMANN, M. (2006): Feuille 1184 Payerne. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 123.

*Notice explicative:*

WEIDMANN, M. (2006): Feuille 1184 Payerne. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 123.

© 2006, Office fédéral de topographie, CH-3084 Wabern. – 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.

L'office fédéral de topographie swisstopo est un domaine d'armasuisse.

ISSN 1420-2913

ISBN 978-3-302-40002-0

## TABLE DES MATIÈRES

Préface .....	4
Introduction .....	5
Stratigraphie .....	8
Tertiaire .....	8
Molasse d'eau douce inférieure (USM).....	8
Molasse marine supérieure (OMM).....	14
Quaternaire .....	17
Pléistocène supérieur .....	17
Holocène.....	24
Pédologie.....	32
Archéologie .....	32
Tectonique .....	32
Matières premières exploitables .....	35
Hydrogéologie .....	38
Géophysique.....	40
Bibliographie.....	41
Cartes géologiques publiées .....	48

## PRÉFACE

La feuille N° 123 Payerne de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000 couvre un territoire situé dans les cantons de Fribourg et de Vaud. Elle vient combler une des dernières lacunes de la couverture du Plateau romand par les cartes de l'Atlas géologique.

En 1997, Monsieur le Dr M. Weidmann fut mandaté par le Service géologique national pour entreprendre le levé géologique de la feuille Payerne et d'en établir une minute originale, en tenant compte également des abondantes informations de subsurface rassemblées dans les archives publiques et privées.

La rédaction de la carte et de sa notice explicative a débuté en 2004. La parution de la nouvelle carte topographique en 2006 nous a amené à adapter la représentation des remblais à la nouvelle topographie. La même année, M. Weidmann nous a livré la mise à jour des données de subsurface due aux nombreux forages effectués ces dernières années.

Au sein de l'Atlas géologique de la Suisse, le raccord de cette feuille avec ses voisines déjà publiées est bon, tout en reflétant l'évolution des connaissances scientifiques. La rédaction de la feuille N° 114 Grandson ayant été effectuée en même temps que celle de la feuille Payerne, leur bordure commune a pu être unifiée.

Le Service géologique national – rattaché à l'Office fédéral de topographie depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2006 – exprime sa reconnaissance à M. Weidmann pour son immense travail de levé de terrain et de mise au net de la minute. Il remercie toutes les personnes, bureaux de géologues-conseils et organismes publics ou privés qui ont contribué à la réalisation de la feuille Payerne par la remise d'informations inédites ou de précieux conseils.

Notre gratitude va également à la Commission Géologique Suisse, à son président M. le Prof. A. Pfiffner qui a coordonné l'évaluation scientifique de la carte et de sa notice explicative, ainsi qu'aux relecteurs MM. le Prof. J.-P. Berger et le Dr H.A. Jordi.

Décembre 2006

Service géologique national

## INTRODUCTION

Le comte G. DE RAZOUMOWSKY (1789a) fut le premier naturaliste qui a parcouru notre territoire et qui en a décrit quelques traits significatifs dans sa monographie sur le Jorat et les lacs subjurassiens. Il s'est particulièrement intéressé à la Molasse marine supérieure, à ses carrières et aux fossiles qu'elles livrent. Ces derniers ont motivé plusieurs études dès le 19<sup>e</sup> siècle (WEIDMANN & GINSBURG 1999). La première carte de la région fut levée par GILLIÉRON, publiée au 1:100 000 en 1879 et accompagnée d'un volumineux mémoire explicatif (1885) qui demeure une référence irremplaçable. ROTHEY (1916, 1917) aborde l'étude de la morphologie et de quelques aspects particuliers de la géologie régionale. En 1935-1936, plusieurs géologues rattachés à la «Petroleum Experten Kommission» (P.E.K.), mandatée par la Confédération, cartographient à nouveau ce secteur du Plateau, mais leurs cartes au 1:25 000 et leurs rapports resteront confidentiels jusqu'en 1946, date à laquelle un résumé en est rédigé par KOPP. SCHUPPLI (1950) reprend ensuite cette documentation et dessine une carte structurale au 1:100 000. La première carte publiée au 1:25 000 est celle de RUMEAU (1954). Elle recouvre la moitié orientale de la feuille Payerne, alors que la cartographie géologique de la moitié occidentale ne sera entreprise plus tard que partiellement, dans le cadre de plusieurs études sectorielles restées inédites. Au cours du dernier quart de siècle, des travaux de diplôme et de thèse en géologie (BERGER 1979, 1985) et en géophysique (AXELROD 1978, KUNZ 1982, 1985, ZANI 1985, LAPAIRE 2000, CLAVIEN 2001) se sont attachés à notre région et ont apporté de nombreuses données nouvelles. Il faut citer tout particulièrement l'importante monographie de PARRIAUX (1978a, 1981), consacrée à l'hydrogéologie et au Quaternaire de la plaine de la Broye et accompagnée par une excellente carte au 1:25 000. Dès la fin des années 1950, les recherches pétrolières ont acquis plusieurs lignes sismiques à travers la feuille Payerne, permettant ainsi une bien meilleure connaissance de la structure profonde. Tous ces documents sont désormais accessibles.

Mandaté en 1997 par le Service hydrologique et géologique national (devenu ensuite l'Office fédéral des eaux et de la géologie, puis inséré dans l'Office fédéral de topographie), j'ai cartographié la feuille au 1:10 000 au cours des années 1998–2000, après avoir rassemblé une riche documentation tant géologique que géophysique qui fut mise à ma disposition par les Archives géologiques suisses à Berne, par les bureaux d'étude actifs dans le secteur, par diverses administrations publiques, par de nombreux collègues enfin qui ont toujours généreusement répondu à mes demandes. Pour leur aide précieuse et efficace, j'ai le plaisir de remercier:

- les bureaux A. Briel, CSD-FR, Géolina, Géotest, G. Schmutz, Ph. Zahner, tous à Fribourg, Müller & Perrottet (Marly), ABA-Géol (Payerne), J. Norbert

- (Lausanne), P. Blanc et CSD-VD (Le Mont/Lausanne), de Cérenville (Ecu-blens), Archeodunum (Gollion),
- les hydrogéologues cantonaux F. Becker à Fribourg et M. Marrel à Lausanne,
  - les Services archéologiques et les Bureaux de construction des autoroutes fribourgeoises et vaudoises,
  - les Instituts de Géologie des Universités de Fribourg (C. Caron, R. Plancherel, J.-P. Berger) et de Genève (A. Pugin et D. Morend),
  - l'Institut de Géophysique de l'Université de Lausanne (R. Olivier et D. Chapellier),
  - M. Bouzelboudjen (CHYN, Neuchâtel), B. Engesser (Musée d'Histoire naturelle, Bâle), L. Ginsburg (Muséum d'Histoire naturelle, Paris), M. Gratier (Lausanne), J.-P. Schaer (Neuchâtel).

Je suis particulièrement redevable à H. A. Jordi (Bremgarten) qui a suivi de près les travaux de construction de l'autoroute A1 de 1997 à 1999 et qui a pu ainsi dessiner des cartes et des profils de détail qui ont grandement facilité ma tâche (JORDI 1999). Il a également repris l'interprétation des lignes sismiques et en a généreusement mis les résultats à ma disposition.

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 les 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 (sondages «PAC») ou des calibrages sismiques (sondages «VT»). Il peut parfois en résulter une certaine approximation, tant en ce qui concerne la lithologie que les profondeurs indiquées.

### **Situation géographique et géomorphologique de la feuille 1184 Payerne**

Le territoire recouvert par la feuille est partagé entre les cantons de Fribourg et de Vaud selon une frontière au tracé fort complexe qui n'est pas dicté par les traits morphologiques. Ces derniers consistent essentiellement en deux larges et profondes fosses parallèles, d'origine glaciaire, orientées SW-NE: le bassin occupé par le lac de Neuchâtel et celui de la Basse-Broye en grande partie rempli de dépôts meubles tardi- et postglaciaires. Entre les deux s'étend un plateau au relief très doux modelé par l'érosion glaciaire dans les terrains tendres de la Molasse d'eau douce inférieure (USM).

Une dépression transversale peu marquée relie les deux fosses profondes entre Estavayer-le-Lac et Payerne; elle est due à la transfluence vers le sud-est de la branche «Thielle» du glacier du Rhône, alors que sa branche «Broye» avait déjà en partie fondu et que son front se situait au sud de Payerne.

La position de la bordure méridionale du couloir Estavayer–Payerne est dictée par un important accident: le décrochement de La Lance - Font - Fétigny. La Molasse marine supérieure (OMM) n'a pas été complètement érodée au sud-ouest du décrochement et elle y détermine des reliefs relativement importants, causés notamment par la présence de nombreux bancs et lentilles de grès coquilliers durs.

Au sud-est de la Broye, de basses collines modelées dans la Molasse d'eau douce inférieure sont en partie noyées dans des épandages fluvioglaciaires ou recouvertes par des moraines latérales ou frontales des stades successifs du retrait glaciaire. A une altitude un peu plus élevée et en position synclinale, la Molasse marine supérieure dessine des collines allongées qui ne dépassent pas 650 m et qui font la transition avec le Plateau fribourgeois voisin.

## STRATIGRAPHIE

Pour la description lithologique et l'épaisseur des formations, ainsi que pour des comparaisons à l'échelle régionale, il est recommandé de consulter également les cartes géologiques et notices explicatives des feuilles voisines: 1164 Neuchâtel (FREI et al. 1974), 1165 Murten (BECKER & RAMSEYER 1972), 1185 Fribourg (PYTHON 1996), 1203 Yverdon-les-Bains (JORDI 1994), 1204 Romont (WEIDMANN et al. 1995), 1205 Rossens (WEIDMANN et al. 2002).

### TERTIAIRE

#### Molasse d'eau douce inférieure (USM)

**m<sub>1</sub>**      **Grès et marnes bigarrés** (Aquitanien)  
(synonymie et discussion critique: voir HABICHT 1987: p. 293 ss)

Dans le bassin molassique de Suisse occidentale, la limite paléogéographique entre les deux formations contemporaines de la Molasse grise de Lausanne en position proximale et des Grès et marnes bigarrés en position distale n'est pas bien tracée, car les critères de différenciation ne sont pas clairement définis et, de plus, il n'existe pas de bons profils continus permettant la comparaison entre les deux formations. Si bien que, jusqu'ici, ce sont des impressions générales à l'échelle de la région qui ont prévalu pour une détermination, plutôt qu'une analyse rigoureuse. La dénomination de Grès et marnes bigarrés a été utilisée sur la feuille Payerne pour tenir compte des faciès présents sur la plus grande partie de la feuille (fig. 1). Il faut toutefois remarquer que, dans l'angle sud-est de la feuille (coupe de l'Arbogne: «Couches de l'Arbogne» de RUMEAU 1954), un rattachement à la Molasse grise de Lausanne pourrait se justifier, notamment pour faire suite à l'option choisie sur la feuille voisine 1185 Fribourg (voir le tableau comparatif dans PYTHON et al. 1998: p. 8).

Seule la partie supérieure de la formation (<200 m d'épaisseur) affleure sur la feuille Payerne, alors que son épaisseur totale varie d'après JORDI (1995) entre 750 m en zone proximale (sondage Chapelle-1) et environ 500 m dans le secteur plus distal de Cuarny.

### *Lithologie*

Les faciès dominants visibles sur la feuille Payerne sont:

- des dépôts de plaine d'inondation: marnes et marnes silteuses rouges, jaunes, vertes ou beiges montrant parfois des paléosols plus ou moins tronqués,
- des dépôts de «crevasse-splays» ou de levées: grès marneux fins peu épais à base généralement plane.

Dans le secteur sud-est de la feuille ainsi qu'au sommet de la formation entre Cheyres et Font, s'observent des faciès plus franchement fluviatiles, typiques de rivières à méandres: fréquents et épais bancs de grès moyens-grossiers à base ravinante contenant souvent des galets mous argileux et de rares petits galets exotiques. Ce sont les «Grès de Clamagnaule» de RUMEAU (1954), une dénomination que BERGER (1985: p. 31 s) propose d'abandonner.

Un seul banc de calcaire lacustre avait été signalé par RUMEAU (1954: p. 19) au Belmont (566.520/187.500): il n'a pas été retrouvé.

Si les calcaires d'eau douce semblent exceptionnels, des faciès lacustres (marnes calcaires ou argileuses vertes, grises ou rouges finement litées) sont courants, mais toutefois rarement visibles dans les conditions naturelles. Dans la profonde et longue tranchée temporaire de l'A1 au nord-est de Frasses (env. 556/186; JORDI 1999), on a pu observer une magnifique série péltique, épaisse d'environ 25 m, comprenant six couches palustres sombres enrichies en matière organique. Dans les nombreux sondages et dans la tranchée, les couches pouvaient se suivre sans changement de faciès ni d'épaisseur sur plus de 300 m. Cette séquence correspond à des lacs temporaires alternant avec des «mudflats» et des marécages, à l'écart de l'influence des systèmes détritiques fluviatiles.

### *Fossiles et âge*

La recherche de fossiles permettant une détermination précise de l'âge a été menée sur toute l'étendue de la carte et chaque niveau potentiellement fossilifère a été testé (surtout les marnes palustres sombres): une cinquantaine de volumineux échantillons (5 à 60 kg) ont ainsi été lavés, tamisés et triés. Mais le résultat fut décevant en ce qui concerne la biostratigraphie, puisque seules trois localités ont livré des dents de micromammifères déterminables, ce qui confirme les constatations faites par BERGER (1979, 1985) qui avait plus particulièrement étudié le sommet de l'USM dans notre région.

Dans presque tous les échantillons, on a pu isoler des fragments indéterminables de mollusques, d'os et parfois de dents (petits reptiles, rongeurs et insectivores), souvent des charophytes mal conservées, presque toujours des coprolithes

charbonneux et beaucoup plus rarement des dents pharyngiennes de poissons d'eau douce (Cyprinidés), ainsi que des ostracodes lacustres.

Les trois localités à micromammifères déterminables sont les suivantes (voir aussi fig. 1):

- 1) L'ancienne marnière de Rin/Vallon (562.300/192.700, en cours de comblement) montrait une succession d'environ 15 m de marnes silteuses et grès marneux fins comprenant 5 à 6 niveaux de marnes sombres à mollusques (Hélicidés, Unionidés, divers gastéropodes d'eau douce), dont deux étaient exposés sur une grande surface au fond de l'exploitation, permettant la recherche des fossiles dégagés par les agents météoriques. On a ainsi pu récolter sur place de très nombreux fragments de carapace de tortue, des os indéterminables, des dents de crocodiles et de mammifères, pour la plupart mal conservées. L. Ginsburg (Paris) a toutefois pu déterminer:

- *Steneofiber castorinus* POMEL (1 M<sub>2</sub> sin.)
- ? *Palaeogale* sp. (1 M<sup>1</sup> dext.)
- *Cainotherium laticurvatum laticurvatum* (GEOFFREY)  
(1 M<sup>2</sup> dext., 1 M<sub>2</sub> sin., 1 P<sup>3</sup> sin.)

Le castor et le ruminant correspondent bien aux formes de l'Aquitainien de St-Gérard-le-Puy.

Les divers niveaux de marnes sombres ont tous été lavés au laboratoire et se sont souvent révélés fossilifères:

- charophytes: *Nitellopsis (Tectochara)* groupe *meriani*
- coprolithes charbonneux  
(anciennement nommés *Microcarpolithes hexagonalis* et désormais attribués à des termites xylophages, HOOKER et al. 1995)
- os de poissons indéterm. et dents pharyngiennes de Cyprinidés
- plaques dermiques et dents de Lacertiliens
- *Plesiosminthus myarion* SCHAUB
- *Piezodus* aff. *tomerdingensis* TOBIEN
- Gliridé indéterm.
- Erinacéidé indéterm.
- Dimylylidé cf. *Dimylus* sp.

Les dents de rongeurs et d'insectivores ont été déterminées par B. Engesser (Bâle). L'âge de cette faunule est MN1, zone de Boudry 2 ou zone de Fornant 11.

- 2) Dans le vallon de l'Arbogne (566.570/182.400), un niveau de marne silteuse brune, épais de 10 cm, a livré une M<sup>1</sup> dext. de *Eucricetodon* cf. *gerandianus*, ainsi que des fragments de dents de lagomorphes. Age MN2a, zone de La Chaux ou zone de la Mèbre 698.
- 3) Environ une quinzaine de mètres au-dessous de la limite USM-OMM, dans le talus amont de la route cantonale Cheyres–Font, en cours d'élargissement en 1998, un niveau de marne gréseuse brune riche en fragments de mollusques (éch. J.-P. Berger du 29.3.98, 551.310/186.080) contenait:
  - Soricidé indétt.
  - *Prolagus* sp. POMEL
  - *Eucricetodon* cf. *aquitanicus*

Age MN2a, zone de la Mèbre 698 ou un peu plus jeune.

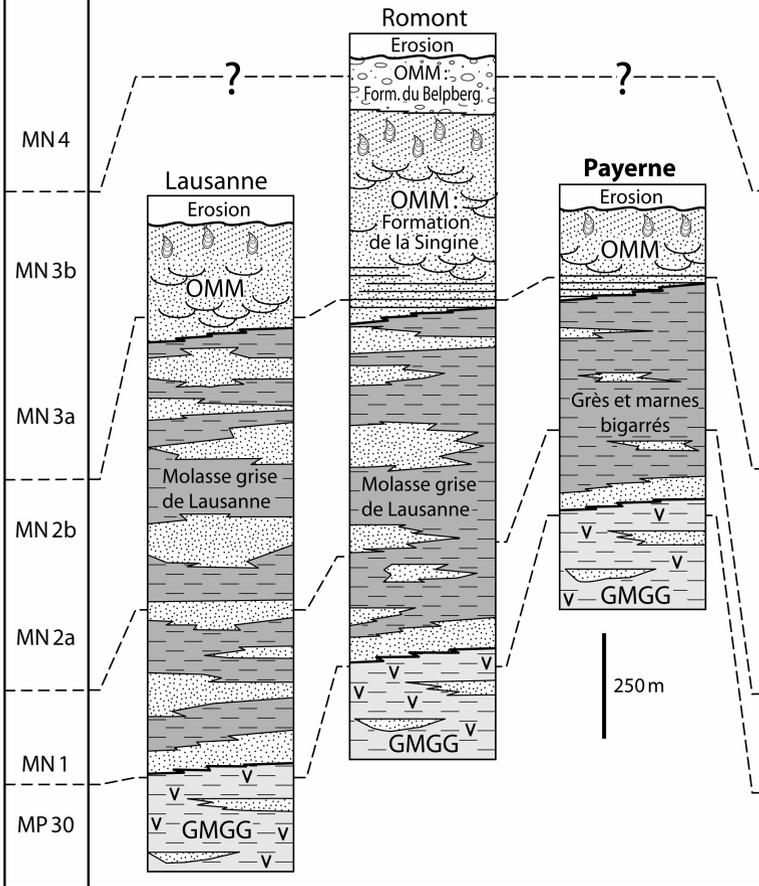
On mentionnera en outre le proche gisement de la marnière de Wallenried, sur la feuille voisine 1185 Fribourg (575.400/191.750), situé lui aussi juste au-dessous de la limite USM-OMM et également daté de la zone de la Mèbre 698 (ENGESSER & MÖDDEN 1997, BECKER et al. 2001). Rappelons enfin les rares découvertes anciennes de micro- et macromammifères faites sur le territoire de la feuille Payerne dont on trouvera les listes fauniques et les âges dans la monographie de BERGER (1985).

En résumé, l'âge de la formation des Grès et marnes bigarrés visible sur la feuille Payerne est l'Aquitanien, zones MN1, MN2a et peut-être MN2b.

Ma	Epoque	Age	Niveaux à mammifères			Formations et localités de la feuille Payerne
			Europe	Suisse	feuille Payerne	
16	MIOCÈNE	LANG.				
17		BURDIGALIEN	MN 4	Tägernastrasse Glovelier		Erosion
18			MN 3b	Trub-Sältenbach Goldingertobel 8		?
19			MN 3a	Bierkeller Goldingertobel 1	<b>La Molière</b>	Molasse marine supérieure (OMM) : Formation de la Singine
20						
21		AQUITANIEN	MN 2b	Vully 1 Mèbre 698	<b>Cheyres 550</b> <b>Cheyres 1998</b> <b>Béthanie 2 + 5</b> <b>Cheyres 28-29</b>	Arbogne
22			MN 2a	La Chaux 7 Les Bergières	<b>Arbogne</b>	Région de Cheyres
23						
23		OLIG. CHATTIEN	MN 1	Fornant 11 Boudry 2	<b>Rin/Vallon</b>	Rin/Vallon
24			MP 30	Brochene Fluh 53		

Fig. 1: Corrélation des niveaux à mammifères et extension stratigraphique des localités-types de la feuille Payerne, et colonnes synthétiques des formations de la Molasse sur les feuilles Lausanne, Romont et Payerne montrant le passage latéral de la Molasse grise de Lausanne aux Grès et marnes bigarrés (figure de J.-P. Berger, Univ. Fribourg).

Colonnes synthétiques des formations de la Molasse sur les feuilles Lausanne, Romont, Payerne



Légende:



Conglomerats

Grès coquilliers

Grès à stratification en auges

Grès à stratification plane parallèle



Grès

Marnes

Marnes à gypse

## Molasse marine supérieure (OMM)

### **m<sub>2</sub>**      **Formation de la Singine** («Sense-Formation»; Burdigalien inférieur) (synonymie et discussion critique: voir HABICHT 1987: p. 361)

Sur la feuille Payerne, seule la partie inférieure (env. 150 m) de cette formation est représentée. Au sud-est de la Broye, elle affleure fort mal, sauf dans le Creux de Nervaux au sud-est de Vers-chez-Savary. Par contre, elle est magnifiquement exposée le long de la route cantonale entre Cheyres et Font, dans les profonds ravins qui entaillent le versant raide dominant le lac de Neuchâtel, ainsi que dans les nombreuses carrières qui exploitaient le grès coquillier entre Murist et Châtillon. Les critères définissant la limite USM-OMM sont présentés et discutés par BERGER (1985) et par PYTHON et al. (1998); ils sont adoptés dans le présent travail.

### *Lithologie*

JACCARD (1869-1870: pl. V, fig. 3) avait déjà relevé un profil dans l'OMM au sud-est de Cheyres. Plus récemment, JORDI (1999) propose une division en trois parties de l'OMM dans laquelle les tranchées, tunnels et sondages de l'A1 ont permis des observations détaillées: un sondage de 160 m, entièrement carotté, a notamment traversé toute la série, ainsi que le sommet de l'USM (550.170/182.460).

*Partie inférieure:* Elle débute par une «zone transgressive» de 15–20 m de grès moyens gris à stratification entrecroisée, riches en débris charbonneux, avec galets mous et petits galets siliceux arrondis dispersés; fréquentes intercalations de lits marneux non bariolés. Suivent environ 40 m de grès fins, massifs, gris-vert, ne comprenant que de très rares épisodes de grès un peu plus grossiers en petits bancs.

*Partie moyenne:* 35 à 50 m de grès moyens et fins alternant avec quelques intervalles de grès glauconieux grossiers; stratification oblique presque plane en «festoon-bedding».

*Partie supérieure:* 40 à 60 m d'alternance de grès glauconieux fins, moyens et grossiers, gris ou gris-vert, à stratification entrecroisée. Il s'y intercale assez souvent des corps lenticulaires de grès coquilliers à stratification entrecroisée irrégulière, dont l'épaisseur peut varier rapidement de quelques décimètres à une dizaine de mètres. Ils correspondent à des dunes sous-marines qui se déplaçaient sur le fond sous l'influence de vigoureux courants de marée. Les corps contenant beaucoup de coquilles plus ou moins fragmentées sont des grès calcaires très durs, fins à moyens, avec une teneur en carbonates allant jusqu'à 60%, alors que les variétés plus grossières contiennent relativement peu de coquilles, sont moins calcaires et plus friables. Les grès coquilliers ont une porosité souvent élevée. Ils

comprennent toujours des petits galets siliceux ou parfois calcaires (ces derniers étant souvent perforés), ainsi que des débris de bois charbonneux ou pyritisés en général altérés (MEISSER & FREY 1996) et parfois des dents et os de poissons, reptiles et mammifères tant marins que terrestres. Les grès coquilliers exploités depuis deux millénaires dans de nombreuses carrières portent le nom local de «Grès de la Molière» (ROTNEY 1916, WEIDMANN & GINSBURG 1999).

### *Fossiles et âge*

A part d'assez fréquents troncs et branches flottés déjà signalés par DE RAZOUMOWSKY (1789a) et par DE DOMPIERRE (1824) et des moules internes de mollusques marins indéterminables, les grès de la Formation de la Singine sont peu fossilifères (voir la synthèse de BERGER 1985).

A la base de la série, on ne note dans notre région qu'une seule découverte importante: il s'agit de celle que fit en 1858 le pasteur Vionnet (Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 6: p. 30; Musée géologique Lausanne, n° MGL 5249) près de Cheyres, dans un grès dont la position n'est toutefois pas connue avec précision, mais que BERGER (1985: p. 71) attribue aux niveaux de base de l'OMM, c'est-à-dire à la «zone transgressive» de JORDI (1999). C'est une belle mandibule gauche avec P<sub>4</sub>-M<sub>3</sub> de *Steneofiber depereti janvieri* GINSBURG 1988, dont les dimensions sont intermédiaires entre celles des formes de l'Agénien de Saint-Gérard-le-Puy et celles des formes de l'Orléanien basal du Bassin de la Loire (détermination L. Ginsburg, 1990), ce qui correspond à la biozone MN2b.

Passablement plus haut dans la série et en position plus proximale, il faut signaler l'hémimandibule sin. avec P<sub>4</sub>-M<sub>3</sub> (MGL 5257) de *Procervulus dichotomus* (GERVAIS 1859), provenant de la carrière du Bochet (563.050/182.350) qui exploitait des grès calcaires à nombreuses empreintes de mollusques. Ce cervidé est une forme classique présente du sommet du Burdigalien basal au Burdigalien supérieur (détermination L. Ginsburg, 1990).

Les grès coquilliers ont livré divers mollusques (voir des listes fauniques dans GILLIÉRON 1885 et RUMEAU 1954), de nombreux restes de vertébrés: dents de squales (LERICHE 1927, PFEIL in BERGER 1985), tortues et crocodiles, dauphins (PILLERI 1986), divers mammifères terrestres (rhinocerotidés, cervidés, suidés), qui indiquent un âge allant de MN3 à la base de MN4 (WEIDMANN & GINSBURG 1999), ce qui correspond au Burdigalien inférieur.

### *Milieu de dépôt*

ALLEN et al. (1985) et HOMEWOOD et al. (1989) ont précisé les conditions paléomarines et la paléogéographie de l'OMM, dont la sédimentation uniquement détritique est gouvernée principalement par l'action des courants de marée qui s'exercent dans un bassin étroit, allongé et peu profond (généralement 20 à 50 m

d'après MARTEL et al. 1995). Il est toutefois vraisemblable que les grès de notre région ont été parfois sédimentés à une profondeur un peu plus grande.

Cependant, à l'époque du dépôt des grès coquilliers et suite à d'importantes fluctuations du niveau marin, l'épaisseur de la tranche d'eau était très variable et souvent faible. Les associations de fossiles, ainsi que les ciments carbonatés, indiquent que des émergences ont dû se produire à diverses reprises, permettant l'installation temporaire d'une flore et d'une faune terrestres.

Les directions de courant mesurées dans les grès coquilliers dessinent dans notre région un éventail allant du NNW au NE.

### *Molasse sous faible couverture*

BERSIER (1942), GRATIER & BARDET (1980) et 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 et des sols plus ou moins profonds qu'ils engendrent, soit d'une mince pellicule morainique, le plus souvent argilo-sableuse avec cailloux alpins. En principe, l'épaisseur de la couverture qualifiée de «faible» sur la carte ne devrait pas dépasser 2 m, mais cette valeur est assez approximative, d'une part parce qu'elle varie rapidement et d'autre part parce qu'elle n'a que rarement pu être vérifiée par un sondage ou par une fouille.

### *Gisements fossilifères*

Les grès coquilliers riches en mollusques plus ou moins bien conservés, ainsi que les grès à empreintes de mollusques ou à moules internes sont si répandus qu'ils n'ont pas été signalés sur la carte en tant que gisements de fossiles. Les rares localités ayant livré des mammifères sont citées dans la présente notice et dans WEIDMANN & GINSBURG (1999).

### *Diagenèse*

Elle est mesurée par le pouvoir réflecteur moyen de la vitrinite des bois fossiles contenus dans les sédiments molassiques. On se reportera aux valeurs acquises sur les feuilles voisines 1204 Romont (WEIDMANN 1996) et 1205 Rossens (WEIDMANN 2005) ainsi qu'aux synthèses régionales de SCHEGG (1993) et SCHEGG et al. (1997). Ces données montrent une légère anomalie positive axée sur la vallée de la Haute-Broye.

Rappelons que, d'après VOLLMAYR (1983, fig. 7), le gradient géothermique actuel est de 30–35 °C/km dans la Molasse de notre région; il est un peu plus élevé dans le Mésozoïque sous-jacent (35–40 °C/km); voir aussi MEDICI & RYBACH (1995).

Les mesures de température faites en 1991 dans un sondage profond de 250 m près de Payerne (562.200/184.700) mettent en évidence un gradient allant de 32,5 à 37,5°C/km entre 180 et 250 m de profondeur (mesures inédites de S. Eugster, ETHZ).

## QUATERNAIRE

L'histoire et la nature des dépôts glaciaires, tardi- et postglaciaires de notre région sont dictées par les comportements différents, dans le temps et dans l'espace, des deux langues du glacier du Rhône (Thielle et Broye) qui l'ont envahie au cours du Würm. PARRIAUX (1978a, 1981) a élaboré un scénario détaillé et cohérent de ces événements, présentés dans le cadre d'une chronologie relative. Le présent travail n'a apporté que des retouches très mineures aux données et interprétations de Parriaux, qui seront reprises ici, mais sous une forme très abrégée (voir aussi WEIDMANN et al. 2002).

### Pléistocène supérieur

#### **q<sub>4g</sub> Dépôts fluvioglaciaires et glaciolacustres de progression ou d'interstade indéterminé (Pré-/Eowürm)**

Graviers souvent grossiers et sables peu ou pas limoneux, nettement stratifiés, avec nombreux blocs arrondis de diamètre >20 cm. Ils remplissent une ancienne vallée de direction méridienne, orientée vers le nord, qui dessine des méandres entre l'Arbogne et Léchelles, à l'est de Montagny-la-Ville. Il pourrait s'agir là du cours amont d'un ancien Chandon (RUMEAU 1954: p. 76ss, PARRIAUX 1981: p. 267, PYTHON et al. 1998). Ces graviers ont été étudiés notamment par KUNZ (1982, 1985) à l'aide de méthodes géophysiques (gravimétrie et profils géoélectriques VLF) et enfin reconnus par un sondage en 1987 (567.130/185.290, rapport inédit CSD-Fribourg). Les affleurements de cette formation sont en général médiocres et peu étendus, si bien que ses contacts inférieur et supérieur ne sont pas toujours clairs: les graviers semblent reposer partout directement sur la Molasse, sauf dans le sondage où 3 m de graviers très limoneux à blocs (moraine ?) soulignent leur base. Au sommet, ils paraissent bien être recouverts par de la moraine, mais il n'y a pas d'affleurement qui le montre sans ambiguïté. Les profils VLF révèlent une vallée creusée dans la Molasse, parfois étroite et profonde et parfois plus évasée, l'épaisseur du remplissage gravelo-sableux variant entre 30

et 60 m. Ce dernier est le siège d'une nappe phréatique importante qui se déverse en édifiant de volumineuses masses de tuf là où l'ancienne vallée nord-sud est recoupée par les cours transversaux postglaciaires de l'Arbogne et du R. des Chaudieres. RUMEAU (1954) avait attribué ces graviers à l'Interglaciaire Riss-Würm et les avait assimilés à des dépôts de progression du Würm. Il n'y a cependant rien qui le prouve et il pourrait tout aussi bien s'agir d'un interstade würmien.

Des sondages profonds ont parfois révélé des graviers sableux propres, d'épaisseur variable, reposant directement sur la Molasse et recouverts d'une moraine de fond, par exemple à La Vounaise (552.400/184.000) ou à Vers-chez-Perrin (562.160/182.960, voir PARRIAUX 1978b: p. 389). Ces données sont actuellement trop rares et dispersées pour démontrer la présence et le tracé d'anciennes vallées interglaciaires ou interstadias (voir aussi ci-dessous).

#### **q<sub>4m</sub> Moraine rhodanienne de la dernière glaciation (Würm)**

C'est la moraine dite «informe» (GILLIÉRON 1885: p. 422) qui recouvre les plus grandes surfaces. On trouvera dans la thèse de VAN DER MEER (1982: p. 49ss) une description complète des structures sédimentaires, de la composition et des conditions de gisement des moraines du Plateau fribourgeois et de la région broyarde. La provenance des matériaux composant la moraine est double: les galets et blocs, peu arrondis et souvent striés, sont principalement d'origine alpine, avec aussi des grès durs et des poudingues provenant de la Molasse sub-alpine. La fraction fine limono-sableuse est d'origine surtout molassique et locale (GASSER & NABHOLZ 1969): à prédominance argileuse au-dessus de l'USM et sableuse au-dessus de l'OMM. La teinte habituelle de la moraine est gris-bleu à l'état frais, gris jaunâtre une fois altérée par oxydation en surface. L'épaisseur de la couverture morainique est extrêmement variable et très difficile à estimer; les sondages ou fouilles profondes montrent qu'elle ne dépasse généralement pas quelques mètres, avec des accumulations locales atteignant 10–15 m, très exceptionnellement plusieurs dizaines de mètres.

Il faut relever que, sur toute l'étendue du couloir Estavayer-Payerne, les travaux de l'A1, ainsi que de nombreux sondages de prospection de gravier, ont montré que la moraine de fond argileuse compacte à blocs comprend assez souvent des lentilles peu épaisses (quelques mètres) et d'extension limitée (une vingtaine de mètres au plus) de sables stratifiés plus ou moins limoneux et de graviers propres bien arrondis. Si ces deux types de dépôt sont habituellement qualifiés de «glaciolacustre» et de «fluvioglaciaire», c'est ici à tort, car il s'agit de dépôts vraisemblablement sous-glaciaires ou intraglaciaires.

*Moraine sablo-graveleuse, moraine remaniée*

Sables et graviers souvent limoneux, le plus souvent mal triés, avec de gros blocs dispersés et une stratification fruste. La moraine sablo-graveleuse constitue fréquemment les vallums morainiques, qui sont toujours plus ou moins démantelés par l'érosion récente; elle peut aussi être le produit du remaniement de la moraine de fond par les eaux de fonte. Sur le terrain, la moraine sablo-graveleuse se distingue par des sols sableux, légers, perméables et par l'abondance des galets dispersés en surface des terres ouvertes. Synonymes: moraine superficielle, moraine caillouteuse de retrait.

*Moraine de fond*

Argile silteuse compactée, non stratifiée et imperméable, à blocs et galets striés. Elle n'affleure que rarement, dans les lits de ruisseaux ou dans des fouilles profondes. Synonymes: argile à blocs, moraine compacte, etc. Non cartographiée séparément.

*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 sable glauconieux mimant la molasse marine altérée. Cependant ce sable est peu compacté et, surtout, il contient de rares petits galets alpins striés. Cette couche ne s'observe bien que dans les coupes artificielles ou les sondages. Synonyme: le «matelas» de CHOFFAT & AUBERT (1983: p. 328). Non cartographié séparément.

*Mélange de molasse et de moraine dû à la glaciotectonique*

PARRIAUX (1981: p. 270–272) avait pu observer, à l'occasion de travaux de fouilles et de sondages, près de l'aérodrome de Payerne, des «grands paquets de strates molassiques pris dans la moraine». La molasse y est disloquée, parfois avec fractures ouvertes, les contacts moraine-molasse étant toujours des surfaces de cisaillement et d'écrasement. Des sondages plus récents ont précisé l'extension du phénomène qui se suit sur plusieurs centaines de mètres, toujours au même niveau proche de ou sur la surface de la molasse en place. A mon avis, il ne s'agit pas là, comme le supposait Parriaux, de tectonique récente et/ou de glissements de terrain pré-glaciaires en bordure de la plaine de la Broye, mais de cisaillements induits par le mouvement de la glace et affectant localement la tranche superficielle de la molasse sous-jacente à prédominance marneuse.

Dans la grande tranchée maintenant couverte de l'A1, à Frasses, on a pu observer des phénomènes identiques de cisaillement, fracturation et chevauchement à des échelles diverses, jusque vers 5 m au-dessous de la surface moraine-molasse (JORDI 1999; non reporté sur la carte).

### *Blocs erratiques*

Bien peu subsistent après des siècles d'exploitation en tant que pierre à bâtir, pierre à chaux ou gravier concassé (voir MUSY 1884, GILLIÉRON 1885, DE GIRARD 1906, BEHMER 1912, AUBERT 1989, BOLLIN 1995). Ils ne sont actuellement visibles que dans le fond des ravins ou en forêt. Seuls les plus volumineux ont été reportés sur la carte. On en observe souvent qui sont accumulés en lisière des champs cultivés après avoir été arrachés à la moraine lors des labours profonds. De plus, ils ornent très systématiquement les jardins 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».

Comme en témoignent les premières éditions de l'ancienne carte Siegfried au 1:25 000, les blocs erratiques étaient encore nombreux au bord du lac de Neuchâtel, sur les surfaces exondées à la suite de la première correction des eaux du Jura, mais ici aussi, beaucoup ont disparu (voir CASTELLA et al. 1996, PUGIN et al. 1998, PUGIN & CORBOUD 1999).

Les blocs erratiques encore présents sur la feuille Payerne sont le plus souvent des Grès et Poudingues de Vallorcine, des gneiss et granites divers, alors que les Poudingues du Mont-Pèlerin, les calcaires alpins et les grès de flysch sont beaucoup plus rares. Au nord-ouest de la Broye, on rencontre aussi quelques blocs erratiques en grès coquillier de l'OMM. Trois blocs erratiques sont dignes d'une mention particulière:

- La «Pierre du Mariage», sise entre Font et Estavayer (553.310/188.060); c'est une pierre à glissade en Poudingue de Vallorcine qui est protégée par classement et qui aurait été un monument préhistorique sacré (DELACRÉTAZ 1994: p. 54).
- La «Grosse Pierre» était un très gros bloc de granite dont il ne subsiste qu'un morceau déplacé et érigé en monument à la mémoire des soldats payernois morts au service de la patrie (CHESSEX 1952). Il se situait approximativement en 562.200/186.250, près du «Vieux Stand», et c'était un important repère cadastral, à l'origine du toponyme «A la Grosse Pierre» reporté sur d'anciens plans de la commune de Payerne. Morphologiquement, ce secteur se trouve dans la plaine alluviale de la Broye et, actuellement, il n'y a plus en surface de trace de moraine. Sur sa carte au 1:100 000, Gilliéron avait cependant dessiné à cet endroit une «île» morainique au milieu des dépôts alluviaux-lacustres (GILLIÉRON 1885: p. 462), ce qui fut récemment confirmé par une fouille pour immeuble qui montrait de la moraine à 2,4 m de profondeur, sous des remblais (562.250/186.160).
- La «Pierre du Ceresy» mentionnée par ROTHEY (1917) près des Cerisiers (env. 564.200/184.800) a elle aussi disparu.

### *Stries glaciaires*

Elles ne s'impriment et ne se conservent bien que sur le grès coquillier nous dit GILLIÉRON (1885) qui, après MORLOT (1854), les mentionne sans en donner l'azimut. Toutes celles que ROTHEY (1917) a mesurées étaient orientées SSW-NNE. Je n'ai pu en observer qu'en deux points seulement: 551.4/184.4 et 552.9/183.1.

### *Drumlins*

RUMEAU (1954: p. 84) et bien d'autres auteurs ont souligné qu'il est toujours difficile de distinguer un drumlin d'un vallum morainique court ou d'une banale butte rocheuse orientée sans affleurement. Un bon exemple de ce problème réside dans la colline du Petit Belmont (566.400/187.200) interprétée comme drumlin par Rumeau, mais que je crois être un relief rocheux. Un éventuel futur sondage tranchera!

VAN DER MEER (1982: fig. 3) a dessiné de très nombreux drumlins et «drumli-noïdes» au sud-est de la plaine de la Broye, mais tous n'ont pas été repris sur la carte. Parmi eux, les collines morainiques allongées de Dompierre et de Dommidier avaient été interprétées par PARRIAUX (1981: p. 268) comme étant des «crêtes morainiques bordières»; WAGNER (2001: fig. 8) estime à tort qu'il s'agit des restes d'une moraine médiane. Plusieurs forages profonds non carottés et des fouilles pour villas montrent que ces reliefs sont généralement faits de moraine de fond avec toutefois un coeur ou des lentilles de matériel sablo-graveleux, si bien que, sans grande conviction, je les ai considérés comme étant des drumlins.

### *Vallums morainiques*

Ils sont généralement édifîés par du matériel sablo-graveleux, du moins là où des fouilles ou des forages le montrent. Ils soulignent les stades de stationnement de la branche «Thielle» du glacier du Rhône lors de sa fonte, à différentes altitudes entre 650 m (Bois d'Aumont) et le niveau actuel du lac de Neuchâtel. La branche «Broye» n'a laissé qu'un seul vallum graveleux assez bien reconnaissable, vers Rueyres-les-Prés.

Les stades de retrait de la transfluence de la branche «Thielle» vers la vallée de la Broye, précocement libérée de glace (PARRIAUX 1978a), ont édifîé dans le couloir Estavayer-Payerne une succession de vallums frontaux et latéraux depuis le secteur sis au sud de Cugy-Vesin jusque vers Châtillon et un peu au sud d'Estavayer.

La moraine sur laquelle est bâtie la vieille ville de Payerne semble se prolonger en direction du nord-est par un relief morainique ennoyé sous les dépôts alluviaux-lacustres récents (voir plus haut: «Blocs erratiques»): peut-être s'agit-il des vestiges d'un vallum frontal externe du lobe glaciaire transfluent, dont le

prolongement en direction opposée, vers le vallum de la Petite Râpe, a été décelé par les mesures géoélectriques de PARRIAUX (1981: p.258; voir aussi GILLIÉRON 1885: p.462).

D'autres reliefs morainiques plus ou moins ennoyés, déjà signalés par GILLIÉRON (1885: p.462), ont été bien mis en évidence par sondages entre Morens et l'autoroute A1 (sortie de Payerne); ici aussi il s'agit vraisemblablement de vallums.

#### **q4.5 Dépôts du retrait würmien en général (Tardiglaciaire)**

Accumulations souvent importantes de graviers limono-sableux, plus ou moins bien triés et lavés, provenant du remaniement et du délavage des moraines et autres dépôts glaciaires. Ces sédiments sont toujours stratifiés, avec structures sédimentaires de types torrentiel ou deltaïque (fluvioglaciaire). Localement, il s'agit de dépôts à prédominance limono-argileuse qui toutefois sont moins épais (glaciolacustre). Les galets sont surtout alpins, repris de la moraine, mais on peut aussi trouver des galets molassiques indigènes (grès coquillier notamment). Des intercalations de moraine limoneuse à peine remaniée s'observent parfois, de même que des galets et blocs encore striés. Des 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. Les dépôts à prédominance graveleuse ont été et sont encore activement exploités en divers points.

Le plus souvent, les dépôts du retrait würmien édifient de vastes terrasses étagées, encore bien reconnaissables, qui ont été sédimentées dans des lacs péri-glaciaires barrés par le glacier au cours des étapes successives de sa fonte. Les terrasses de l'Arbogne en sont un excellent exemple, bien décrit et illustré par RUMEAU (1954: fig.21) et par KUNZ (1985). La terrasse supérieure (vers 620–630 m), dite «Terrasse de Grandsivaz», est perforée par de belles et vastes dolines glaciaires.

En rive gauche de la branche «Broye» du glacier rhodanien, une succession de terrasses s'édifie également, depuis la même altitude de 630 m au Bois d'Aumont, jusque vers 505–510 m. L'importante terrasse de Sur-le-Mont, exploitée dans la gravière de Ménières (557.5/182.0), est notamment édiflée par des apports provenant du nord et du nord-ouest, transportés par les eaux de fonte de la branche «Thielle» du glacier rhodanien, comme l'indiquent les figures de courant.

Les vallées préexistantes de la Petite Glâne et du Bainoz, précocement libérées de glace, ont vu leur débouché aval barré par la moraine latérale de la branche transfluente «Thielle» du glacier rhodanien: dans les lacs ainsi formés se sont

déposés jusqu'à une vingtaine de mètres de gravier et de sable plus ou moins limoneux.

En résumé, PARRIAUX (1978a: fig. 2 et tabl. 1) a distingué dans la vallée de la Broye une série de lacs périglaciaires successifs à des altitudes décroissantes jusque vers 505–510 m. La carte géologique n'a pas séparé les dépôts de chacun de ces lacs situés, au début et pour les terrasses élevées, en bordure de la branche «Broye» du glacier rhodannien et ensuite dans le lac de 510 m barré en aval par la branche «Thielle» transfluente et qui baignait en amont le front de la branche «Broye» stationné vers Lucens.

Jusqu'ici, on ne dispose pas de datation en âge absolu pour les dépôts du retrait würmien.

#### **q4.5T      Dépôts glaciolacustres liés aux stades de retrait de la transfluence glaciaire Thielle–Broye (Tardiglaciaire)**

On a regroupé sous cette rubrique tous les sédiments déposés dans un lac dont le niveau s'est abaissé à 480 m, suite à la fonte rapide de la langue «Thielle» du glacier rhodanien transfluent qui le barrait à l'aval, alors que la branche «Broye» ne dépassait pas Moudon à l'amont. Il s'agit surtout de sédiments glaciolacustres argilo-limoneux ou sableux, finement stratifiés et quasiment pas déformés, qui contiennent parfois de fins débris organiques et quelques galets isolés (dropstones). Ce sont, notamment, les «Marnes de Fétigny» de RUMEAU (1954), dont l'épaisseur peut dépasser 50 m et qui colmatent une gorge profonde taillée dans la Molasse à environ 500 m à l'ouest de l'actuel cours épigénique de la Broye. Une douzaine de récents sondages profonds à Fétigny permettent de situer cette gorge avec plus de précision que ne l'indiquait la modélisation gravimétrique proposée par WEIDMANN et al. (2002).

Ces dépôts glaciolacustres fins sont aussi les limons parfois assez épais (jusqu'à 10 m) qui colmatent les zones déprimées entre les cordons morainiques occupant le couloir Estavayer–Payerne.

Des graviers n'existent que dans les secteurs proches des sources du matériel détritique fourni par le lessivage des dépôts meubles plus anciens (moraine et dépôts du retrait würmien), par exemple sur les parties haute et moyenne de la terrasse de Cousset. Les graviers et sables peu épais (< 5 m) observés en placage sur la moraine ou sur des limons argileux stratifiés entre Payerne et Corcelles, ainsi qu'au sud-est de Dompierre, appartient peut-être à la même formation. Tous ces dépôts ne sont pas précisément datés.

## **q<sub>ST</sub> Dépôts glaciolacustres sablo-graveleux de la branche «Thielle» du glacier rhodanien (Tardiglaciaire)**

Reposant sur de la moraine et localement surmontés de sables limoneux, des graviers sableux atteignant 20 m d'épaisseur édifient une terrasse bien marquée à Cheyres. On note également des sables et graviers en placage résiduel en général peu épais entre Font et Estavayer. Ils ont été sédimentés dans un ou des lacs barrés par la branche «Thielle» lors d'un stade tardif, non daté, de sa fonte.

## **Holocène**

### **Dépôts lacustres (lac de Neuchâtel, Postglaciaire–actuel)**

La configuration actuelle des rives du lac de Neuchâtel est récente, postérieure aux deux corrections des eaux du Jura (1868–1888 et 1965–1973). Auparavant, les eaux baignaient le pied de la falaise molassique comme le montrent des vues anciennes (voir par exemple dans R. BERGER 1985) ainsi que la carte géologique au 1:100 000, feuille XII de 1879, ou encore RITTER (1902).

L'abaissement artificiel du niveau de l'eau a exondé au-devant de la falaise une large bande de terrain qui fut occupée par un marais, actuellement en voie de boisement. La molasse aquitanaïque y est souvent affleurante ou recouverte de quelques décimètres de sol palustre. Ailleurs, ce sont des sédiments lacustres meubles, épais de moins de 10 m, qui recouvrent la molasse ou parfois une mince couche de moraine. Il s'agit de limon plus ou moins argileux et de sable, les graviers étant très rares et la craie lacustre apparemment absente (CUCCODORO 1990). De minces couches riches en matière organique se rencontrent très localement au sommet de la série: il s'agit le plus souvent de couches d'origine anthropique dues à la présence de villages palafittiques datés de diverses périodes du Néolithique et de l'Age du Bronze (environ 3000–1000 ans av. J.C; CASTELLA et al. 1996, PUGIN et al. 1998, PUGIN & CORBOUD 1999, CORBOUD & PUGIN 2002).

Une campagne de mesures géoélectriques, ainsi que deux sondages sous-lacustres implantés au bord de la beine, entre Cheyres et Font, ont montré que les dépôts lacustres augmentaient très rapidement d'épaisseur en allant vers le large et que, en profondeur, ils sont faits de sable plus ou moins limono-argileux comprenant un épisode de craie argileuse. Ces sédiments n'ont pas été datés, ni étudiés en détail.

Sur la rive actuelle, le mouvement des vagues édifie un ou des cordons littoraux en général bien marqués, quoique fort étroits et peu élevés (CUCCODORO 1990). Ils n'ont pas été cartographiés car ils sont sans cesse modifiés.

Il faut noter que, depuis l'abaissement des eaux dès 1880, une très importante érosion due à l'impact des vagues a déplacé la ligne de rivage de 100 à 200 m selon les secteurs: HUBER (1993) estime que le recul de la rive est de 1 à 2 m par année entre Yverdon et Estavayer, nettement moins entre Estavayer et l'embouchure de la Broye (voir aussi CORBOUD & PUGIN 2002). Cette érosion remanie et accumule des millions de mètres cubes de sédiments dans la fosse lacustre (LAMBERT 1999).

### *Sédiments du lac de Neuchâtel*

Les données acquises jusqu'ici au fond du lac sont trop ponctuelles et ne permettent donc pas de dessiner une carte des sédiments sur le territoire de la feuille Payerne. Toutefois et sur l'ensemble du lac, la chimie et la dynamique des eaux, ainsi que la nature et la répartition des sédiments actuels ont été étudiées par SOLLBERGER (1974). LAMBERT (1999) a ensuite précisé, à l'aide de nombreuses carottes courtes (plusieurs furent prélevées sur la feuille 1184 Payerne), la minéralogie, la granulométrie et l'évolution des conditions de dépôt des sédiments récents (1500 dernières années), sur lesquels les influences anthropiques sont prépondérantes: deux phases majeures de déforestation vers 600–700 AD et vers 1200–1400 AD diminuent le caractère généralement carbonaté des sédiments et augmentent le détritisme. Plus récemment, au cours du 20<sup>e</sup> siècle, l'eutrophisation croissante a élevé le taux de carbone organique.

Les sédiments plus anciens ont été étudiés seulement dans la moitié septentrionale du lac, où plusieurs sondages profonds ont permis à RICHOSZ & GAILLARD (1989), puis à SCHWALB (1992) et SCHWALB et al. (1998) de retracer leur histoire depuis le Tardiglaciaire. Dans ce secteur, la sédimentation fut principalement influencée par les variations des conditions climatiques et par les apports détritiques épisodiques de l'Aar qui fut temporairement et à plusieurs reprises un affluent du lac de Neuchâtel.

La répartition spatiale et l'épaisseur des formations sédimentaires successivement glaciaires, proglaciaires puis lacustres, ainsi que de la forme du substratum rocheux, ont été mises en évidence grâce aux profils sismiques acquis par FINCKH et al. (1984), puis par GORIN et al. (2003 et travaux en cours).

On trouvera une synthèse de toutes ces données dans la récente monographie consacrée au lac de Neuchâtel (PERSOZ et al. 2004).

### **q<sub>L</sub> Limons de pente, colluvions**

Ce terme volontairement assez imprécis désigne des dépôts meubles généralement stratifiés, le plus souvent limoneux et pauvres en cailloux, mais aussi sableux, qui s'accumulent au fond des dépressions allongées ou recouvrent les surfaces planes ou concaves au pied d'une pente. Leur épaisseur est variable,

mais dépasse rarement 2 m. Ils ont probablement deux origines (GRATIER & BARDET 1980):

- 1) remaniement de la moraine et du fluvioglaciaire 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 BP);
- 2) érosion 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 (GUÉLAT 1999). Les pratiques culturelles contemporaines, surtout les champs de maïs, ont considérablement amplifié cette érosion des sols cultivés et leur accumulation dans les dépressions.

### **Masses glissées, masses en glissement**

#### **Masses tassées, masses en tassement**

Peu fréquents et de faible étendue, les glissements et les tassements affectent surtout les terrains marneux de l'USM, dans les versants raides des vallons encaissés, par exemple de l'Arbogne ou des ruisseaux qui dévalent du relief dominant le lac de Neuchâtel entre Châtillon et Cheyres.

### **Dépôts d'éboulement, dépôts d'écroulement**

Ils n'existent quasiment pas sur la feuille, seules les modestes parois de grès coquilliers de l'OMM pouvant être localement frangées d'un peu d'éboulis ou de quelques blocs isolés, la plupart du temps non notés sur la carte.

Un écroulement doit cependant être signalé sur la rive du lac de Neuchâtel: c'est celui qui est survenu en 1888 au pied de l'ancienne falaise côtière (551.500/186.500; fig. 2 et 3), lorsque la paroi molassique s'est abattue sur la voie de chemin de fer, faisant dérailler un train et tuant deux personnes (HEIM 1932: p. 139). A la suite de cet accident, le tracé de la voie fut modifié et éloigné de la paroi.

### **Tuf calcaire**

Des imprégnations ou des petits amas de tuf sont courants au griffon de nombreuses sources, surtout lorsque les eaux ont circulé dans des sables et graviers riches en matériaux calcaires, par exemple dans la vallée de la Petite Glâne ou au Moulin de Prez-vers-Noréaz. Tous n'ont pas été notés sur la carte. Des accumulations relativement étendues, mais pas très épaisses, existent là où l'ancien cours méridien du Chandon est recoupé par l'Arbogne et par le ruisseau des Chaudeires

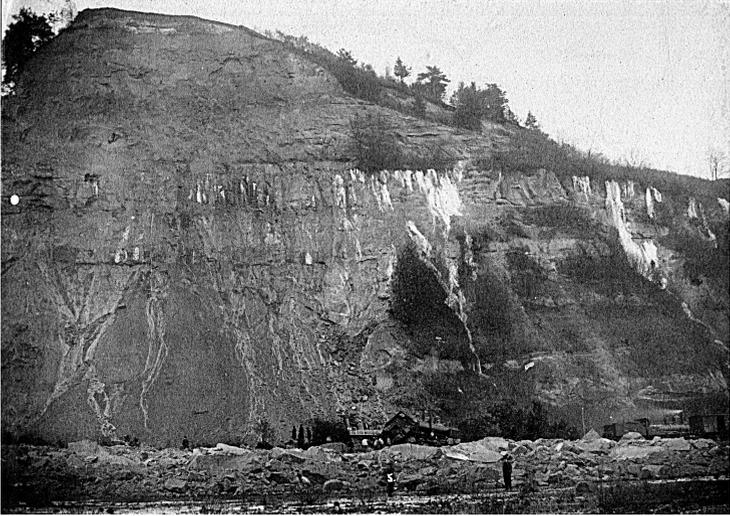


Fig. 2: Vue sur l'éroulement de Châbles (à l'ouest d'Estavayer-le-Lac), 1888.



Fig. 3: Détail de l'éroulement de Châbles, cause du déraillement d'un train.

### **Cônes d'alluvions**

Au versant nord-ouest de la plaine de la Broye, plusieurs petits cônes peu importants soulignent l'arrivée des ruisseaux dans la plaine. Ils ont été explorés par sondages électriques et/ou mécaniques dans l'espoir d'y trouver de l'eau, mais leurs graviers sont passablement limoneux, si bien que les débits sont médiocres. Depuis son débouché dans la plaine à 1 km au sud de Payerne, la Broye a édifié un vaste cône surbaissé de graviers sableux qui fut ensuite partiellement ennoyé dans les dépôts fins plus récents du «Complexe palustre». Un autre cône important est celui de l'Arbogne, sur lequel est bâti le village de Corcelles-près-Payerne, et dont les graviers sableux aquifères ont été largement reconnus par sondages.

On trouvera une description détaillée de tous ces cônes dans la monographie de PARRIAUX (1981).

### **Marais, marécages**

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 aussi de diverses cartes topographiques datant du milieu du 19<sup>e</sup> siècle; à cette époque, on n'avait pas encore entrepris l'assainissement des marais sur une grande échelle (BIERMANN 1910: p. 30). On sait en outre que dans notre région, l'extension des bas-fonds marécageux non cultivables pouvait facilement atteindre, au cours du Moyen-Age, 20 % de la surface (MORARD 1990).

Cet antique paysage de marais, dont le souvenir s'est parfois conservé dans la toponymie, est un héritage direct de l'époque glaciaire: dans les dépressions plus ou moins fermées abandonnées par le glacier se sont accumulés des sédiments (argile, craie lacustre, gyttja, tourbe) qui ont enregistré, grâce aux pollens fossiles qui y sont conservés, 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 (GAILLARD 1993).

Les marais ne contiennent pas que des pollens ou d'autres fossiles végétaux, mais aussi les restes des animaux qui sont venus s'y enliser: lors de l'exploitation de la tourbe dans le marais de Moraye (559.6/190.7), un squelette d'élan *Alces alces* L. a été trouvé en 1903 (SCHNORF 1954, CHAIX & DESSE 1981).

Comme on l'a vu plus haut, une bonne partie de la plaine de la Basse-Broye était marécageuse jusque vers la fin du 19<sup>e</sup> siècle. Les travaux de drainage y ont localement débuté en 1856 (CHUARD 1931) et se sont poursuivis pendant plus d'un siècle.

### Anciens lits de cours d'eau avant correction

Les inondations lors des crues de la Broye ont ravagé la plaine à de très nombreuses reprises comme en témoignent les archives qui mentionnent notamment celles de 1555, 1587, 1602, 1690, 1749, 1751, 1876, 1888, 1895, 1910, 1944. Le débit des crues majeures est d'environ 500–700 m<sup>3</sup>/s, alors qu'une crue annuelle moyenne est de 40–150 m<sup>3</sup>/s (ROTHEY 1917). Depuis très longtemps, on avait tenté de maîtriser le phénomène et les premiers travaux d'endiguement datent du 17<sup>e</sup> siècle, mais les corrections du tracé n'ont commencé qu'en 1853 et se sont poursuivies jusqu'en 1911 (GONIN 1865, 1890, MOTTAZ 1914, art. Broye). Le nouveau lit de la Petite Glâne date de 1913–1917 (MARCARD-GUËX 1923) et il fut à nouveau modifié lors du dernier allongement de la piste de l'aérodrome de Payerne.

Les documents cartographiques levés dans la plaine de la Basse-Broye avant les travaux de correction ne permettent pas toujours de dessiner avec précision les anciens cours de la Broye, de l'Arbogne, de la Petite Glâne et de leurs affluents (WILLOMET 1745, carte cantonale vaudoise 1:25 000 de 1850, carte Dufour au 1:100 000, plans communaux d'échelles et de dates diverses, tous conservés aux Archives Cantonales Vaudoises). Les tracés reportés sur la carte géologique sont donc parfois approximatifs. S'ils sont localement encore visibles sur le terrain ou sur les anciennes photos aériennes, le plus souvent la restructuration des terres agricoles et les remaniements parcellaires modernes ont effacé toute trace de ces anciens cours.

En dehors de la plaine de la Basse-Broye, quelques cours d'eau peu importants ont aussi été détournés; ils ne sont pas précisés sur la carte, mais sont présentés ci-dessous:

Le *Corrençon*, au sud de Payerne, est un ruisseau artificiel mentionné au 14<sup>e</sup> siècle déjà: détourné depuis le Creux Pélissier (feuille Romont), il faisait tourner tout au long de son cours de nombreux moulins, battoirs et foules avant de remplir les fossés de la ville.

Le *ruisseau des Moulins* d'Estavayer est issu du détournement à Mussillens (554.100/186.200) d'une partie de l'eau du Bainoz, qui est conduite vers le nord par un tunnel percé en 1770–1780, afin d'actionner les moulins de Châtillon, de Lully et enfin d'Estavayer.

Le *ruisseau de Grandvau* est détourné en amont d'Aumont vers le ruisseau du Creux, également pour faire tourner un moulin.

### q<sub>a</sub> Alluvions récentes et dépôts de plaine d'inondation (Broye)

La première étude des alluvions de la plaine de la Basse-Broye est due à BESSARD (1858). On trouvera dans la monographie de PARRIAUX (1981) et dans

WEIDMANN et al. (2002) une description détaillée de la forme et du remplissage de l'auge glaciaire, description que les plus récents sondages reportés sur la carte modifient quelque peu dans le détail. Ces sondages profonds, non carottés, semblent montrer qu'une épaisse moraine («water-laid till») recouvre la surface molassique, comme l'avaient supposé HAEBERLI & SCHLÜCHTER (1987). Ce que ne confirment toutefois pas certaines données géophysiques. Au-dessus viennent des dépôts glaciolacustres, puis lacustres, à prédominance limoneuse, qui sont un peu plus sableux vers l'amont et vers les bords du bassin. Dans l'axe de la plaine, l'épaisseur de ces dépôts se situe entre 50 m à l'amont et probablement plus de 200 m à l'aval. Ils ont été déposés dans un lac de Morat qui occupait tout le bassin jusqu'à Payerne, et dont la cote était probablement bien inférieure à 430 m. Ils ne sont pas précisément datés, mais remontent certainement au Dryas ancien (avant 13 000 ans BP).

Les limons lacustres passent ensuite, graduellement semble-t-il, à des sables dans lesquels l'influence fluviale est évidente: une rivière tressée occupe alors toute la largeur de la plaine et dépose entre 10 et 40 m de sable fin-moyen en aval et de sable grossier souvent graveleux en amont. L'âge de ces sables est vraisemblablement le Bölling (environ 13 000 à 12 000 ans BP; STRASSER et al. 1999). Le niveau de base était alors passablement plus bas que l'actuel.

La série se termine par le «Complexe palustre» (PARRIAUX 1981), épais de moins de 10 m, qui comprend des tourbes, des limons organiques argileux et parfois crayeux, des sables fins, ainsi que des amas lenticulaires de sable fluviale localement graveleux déposés par les rivières qui méandraient dans la plaine d'inondation marécageuse. Au cours des 12 000 dernières années, les fréquentes et rapides variations du niveau de base (lac de Morat, voir MAGNY & RICHOSZ 2000 et travaux en cours), ainsi que les modifications du climat, ont dicté la succession des dépôts variés du «Complexe palustre» et des multiples érosions qui affectent cette série.

Dans les vallées de la Petite Glâne et de l'Arbogne, la rivière coule parfois sur ses propres alluvions et non sur la molasse ou sur la moraine. Un système de terrasses s'y développe localement. Les alluvions de l'Arbogne sont nettement plus graveleuses que celles de la Petite Glâne qui sont plutôt sableuses.

### **Terrains modelés artificiellement**

Mentionnons tout d'abord un trait «micro-morphologique» très fréquent qui perturbe parfois l'analyse du relief naturel: les terrasses de culture (GRATIER & BARDET 1980: p. 167). Elles ont été aménagées, dès la fin du 18<sup>e</sup> siècle et surtout au cours du 19<sup>e</sup> siècle, dès que la pente dépassait 20 % en moyenne; leur largeur est presque toujours un multiple de 5 m, le plus souvent 20 m, car la bande de ter-

rain que l'on peut ensemer à la volée en un passage mesure environ 5 m de large. Les terrasses de culture ne sont pas notées sur la carte géologique.

Plus récemment, à la fin du 20<sup>e</sup> siècle, les remaniements parcellaires ont souvent motivé de notables modifications de la morphologie naturelle: tracé de nouveaux chemins, mise sous tuyau des ruisseaux et comblement de leur vallon. La comparaison des plans cadastraux récents avec les cartes Siegfried 1:25 000 des années 1890 est édifiante et permet d'apprécier l'ampleur de ces bouleversements morphologiques. Seuls les remblayages les plus volumineux sont reportés sur la carte.

Enfin, au cours des dernières décennies, des moyens de creuse et de transport de terres très performants et relativement peu coûteux ont permis de créer un nouveau relief sur de très grandes surfaces, qui sont figurées sur la carte. C'est le résultat des travaux liés à la construction de l'autoroute A1, de la route de contournement de Payerne, de l'aménagement d'un terrain de golf au sud-est de Payerne, de l'hippodrome de l'IENA à Avenches, d'une vaste zone de camping et de récréation en bordure du lac à Cheyres.

### **Dépôts artificiels, remblais**

Beaucoup de remblais peu volumineux ont été omis sur la carte, notamment le long des voies de chemin de fer, des routes et des chemins. Par contre, la construction de l'autoroute A1 a motivé d'importants mouvements de terre. Il en est de même lors de la restructuration des terres agricoles dans le cadre des remaniements parcellaires, lors de la mise sous tuyau d'un ruisseau et du comblement de son vallon (voir ci-dessus).

De très fréquentes accumulations «sauvages» d'ordures, de matériaux de démolition et de déchets divers ont déjà comblé 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 et carrières épuisées soient remblayées sans délai à l'aide de matériaux appropriés et que les surfaces ainsi récupérées soient remises 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 des années 1998–1999; une révision partielle a été effectuée en 2006.

## PÉDOLOGIE

VAN DER MEER (1977, 1982: p.122ss) et GRATIER & BARDET (1980) ont donné un aperçu très clair de l'histoire et de la répartition des sols sur le Plateau fribourgeois et vaudois. Ces sols ont commencé à se former et à évoluer immédiatement après la fonte du dernier glacier würmien, il y a environ 18 000 ans.

Les sols de notre région ont été cartographiés au 1:10 000 par M. Gratier sur territoire vaudois et, sur territoire fribourgeois, par L.-F. Bonnard et d'autres collaborateurs de la Station fédérale de recherche en agroécologie et agriculture de Zürich-Reckenholz. Ces cartes inédites m'ont aimablement été transmises par leurs auteurs et ont souvent permis de préciser la cartographie géologique. La notice explicative inédite de BONNARD et al. (2001) présente les différents types de sols, leur genèse et leur évolution, leurs relations avec la végétation ainsi que les contraintes liées à la mise en valeur agricole et forestière.

## ARCHÉOLOGIE

Les données archéologiques sont tirées des cartes et fichiers des Services archéologiques cantonaux fribourgeois et vaudois et ne comprennent ni les trouvailles isolées, ni les sites imparfaitement documentés. La situation des palafittes est présentée schématiquement d'après les rapports de CASTELLA et al. (1996), PUGIN et al. (1998), PUGIN & CORBOUD (1999), CORBOUD & PUGIN (2002). Le tracé de l'aqueduc romain menant à Avenches les eaux de la source du Moulin de Prez est repris de la carte d'AUBERT (1969).

## TECTONIQUE

RUMEAU (1954) a déjà souligné les difficultés que la région de Payerne présente pour l'étude de la tectonique: rareté et médiocrité des affleurements, lithologies ne comportant pas de niveau-repère et ne permettant que rarement la mesure de pendages significatifs. C'est en partie pourquoi les schémas tectoniques successivement présentés sont variés et passablement divergents: MEYER (1936), KOPP (1936, 1939, 1946), SCHUPPLI (1950), RUMEAU (1954), AXELROD

(1978), NAGRA (1994), JORDI (1990, 1999). Celui qui est proposé ici est basé en partie sur les mesures de pendage, mais surtout sur l'examen des profils sismiques disponibles dans la région, dont la calibration s'appuie sur les données acquises dans le sondage pétrolier tout proche de Courtion-1 (572.410/189.420). L'image de la surface sous-tertiaire y est clairement visible et ses déformations se reflètent dans les couches molassiques.

Les plis ainsi identifiés sur la feuille Payerne se suivent relativement bien sur les territoires voisins des feuilles 1164 Neuchâtel (FREI et al. 1974), 1185 Fribourg (PYTHON 1996), 1203 Yverdon-les-Bains (JORDI 1994), 1204-Romont (WEIDMANN et al. 1996) et, dans une moindre mesure, sur la feuille 1165 Murten (BECKER & RAMSEYER 1972). Du sud-est au nord-ouest, on rencontre les plis suivants:

- L'*anticlinal de Corserey-Courtion*, dont la charnière est partiellement visible dans l'Arbogne, au Moulin de Prez.
- Le *synclinal de Moudon - Bois de Châtel*, dont l'axe s'abaisse vers le sud-ouest depuis Montagny jusque vers Mannens, et dont la position n'est ensuite pas clairement définie sur la limite avec la feuille Romont, cet axe ayant vraisemblablement été déplacé par le décrochement de La Lance - Font - Fétigny.
- L'*anticlinal de Payerne*, suite probable de celui d'Essertines - Chêne-Pâquier (JORDI 1990, 1999), ne semble pas se prolonger vers le nord au-delà de Domdidier. Son flanc sud-est présente quelques faibles ondulations, d'après les pendages mesurés entre Corcelles et Dompierre.
- Le *synclinal de Cronay-Morens* n'est bien documenté en surface qu'au sud-ouest du décrochement de La Lance - Font - Fétigny. Le rejet de son axe vers le sud-est dans le couloir décrochant est hypothétique et repose uniquement sur une interprétation des lignes sismiques. Il en est de même de son prolongement septentrional sous la plaine de la Broye.

Le large secteur sis entre la plaine de la Basse-Broye et le lac de Neuchâtel montre de faibles ondulations (*anticlinal de Montbrelloz-Delley*, *synclinal de Forel*) dont le tracé en surface est esquissé par quelques pendages. Près de Missy et de St-Aubin, de forts pendages divergents (20–30°) suggèrent des complications dont la nature n'a pas été élucidée.

Sous le lac de Neuchâtel, on ne dispose pas de données sismiques profondes. Une ligne toutefois a suivi la digue du débarcadère de Chevroux (558/194, feuille 1164 Neuchâtel) et paraît montrer une charnière anticlinale à son extrémité: peut-être s'agit-il du prolongement de l'*anticlinal de Cuarny* selon l'interprétation de JORDI (1999).

Plus au large, dans l'axe de la dépression lacustre, devrait passer un synclinal relativement profond, le *synclinal d'Yverdon - lac de Neuchâtel* (JORDI 1993), qui se suit peut-être jusqu'au *synclinal de Jolimont* (SCHUPPLI 1950).

L'élément structural le plus important visible sur la feuille Payerne est le *décrochement de La Lance - Font - Fétigny*. Cet accident profond est bien connu dans le Jura (MEIA 1966, SOMMARUGA 1997). Son prolongement au sud-est du lac de Neuchâtel avait été supposé par KIMMEIER et al. (1976), AXELROD (1978) et PARRIAUX (1981). Plus récemment, l'analyse morphologique et la cartographie de détail de la feuille Payerne m'ont permis de préciser son tracé. Ce qui fut confirmé par une nouvelle interprétation des lignes sismiques (P. Allenbach et H.A. Jordi, comm. pers. 1998), laquelle montre par ailleurs qu'il s'agit d'un large couloir décrochant qui a également joué en faille inverse. Cet accident ne peut être observé en surface que près de Font, dans la falaise molassique qui est hâchée sur une largeur de plus d'un kilomètre par de nombreuses fractures sub-verticales, dont les plans diversement orientés portent parfois des stries horizontales encore visibles. De plus, les pendages de la Molasse dessinent dans ce secteur un petit anticlinal transversal orienté NW-SE, serré entre deux fractures interprétées comme majeures. La suite vers le large des deux fractures et de ce curieux pli a été observée en sismique-réflexion lacustre de haute résolution jusque vers la limite occidentale de la feuille Payerne (GORIN et al. 2003), de même qu'une activité sismique quaternaire et actuelle de cet accident est désormais démontrée (DEICHMANN et al. 2004).

La largeur du couloir décrochant varie de 600 à 900 m sous le lac; elle diminue en allant vers le sud-est (200-300 m à la hauteur de Montet-Vesin), pour s'estomper finalement entre Etrabloz et Mannens. Son éventuel prolongement sur la feuille voisine 1204 Romont (WEIDMANN et al. 1995) n'a pas été mise en évidence jusqu'ici. Le déplacement horizontal dextre semble être d'un peu moins de 1 km sur la feuille Payerne. Les plans de faille sont bien visibles en profondeur jusque dans le Trias sur une ligne sismique perpendiculaire à l'accident; ils ont un regard nord-est, avec abaissement de près de 200 m du compartiment méridional.

Les exceptionnelles conditions d'observation offertes par la vaste tranchée de Frasses sur l'A1 ont permis de bien observer une importante faille verticale N25°W avec compartiment ouest abaissé de plus d'une dizaine de mètres, dont les couches sont un peu redressées contre le plan de faille (556.9/186.7). Le prolongement de cet accident vers le sud jusqu'au couloir décrochant est tout à fait hypothétique.

Toujours dans la tranchée de Frasses, à 300 et 500 m plus loin en direction d'Yverdon (km 114.280 et 114.040), deux failles verticales méridiennes montraient un rejet de respectivement 0,5 et 1,0 m avec le compartiment oriental abaissé.

Trois zones très fracturées N15°W à N10°E, larges de 1 à 10 m et sub-verticales, ont été recoupées par les deux tubes du tunnel des Arrissoules de l'A1 (550/183). Une interprétation erronée de diagraphies gamma-ray dans les sondages encadrant ce secteur avait incité VALZINO (1992) à imaginer ici, à tort, un chevauchement plongeant vers le sud d'une dizaine de degrés.

Ces quelques exemples, ainsi que les autres failles reportées sur la carte ou celles qui avaient été relevées par les anciens auteurs dans les carrières encore en activité, montrent bien que la fracturation de la Molasse est beaucoup plus importante que ce que laissent voir les médiocres affleurements naturels.

## MATIÈRES PREMIÈRES EXPLOITABLES

### Pierre à bâtir

Les grès de l'USM, bien que de qualité médiocre, furent exploités jadis dans de nombreuses petites carrières villageoises (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, il n'y en a plus en activité.

Par contre, les grès coquilliers de l'OMM ont fait dès l'époque romaine (BISE 1910, ANDERSON et al. 1999) et font encore l'objet d'une exploitation soutenue sous la dénomination de «Grès de la Molière» (NIGGLI et al. 1915, ROTHEY 1916, KÜNDIG et al. 1997, WEIDMANN & GINSBURG 1999). Les autres grès peu ou pas coquilliers de l'OMM ont aussi été exploités anciennement, notamment par la Ville de Payerne au Bochet et au Creux de Nervaux.

Rappelons que, pendant longtemps, les blocs erratiques ont été partout débités comme pierre de taille, pierre à chaux ou gravier d'empièremment (DE GIRARD 1896).

### Gravier et sable

Jusqu'à la fin des années 1950, on a exploité de manière intermittente de nombreuses petites gravières communales ou privées pour satisfaire des besoins locaux de matériaux, dont la qualité était souvent assez moyenne. Par la suite, une demande de plus en plus exigeante, la mécanisation des moyens d'exploitation et de transport, ainsi que les nécessités de la protection des eaux souterraines ont peu à peu condamné les exploitations artisanales dispersées. Au cours des dernières décennies, l'effort de prospection fut intense (géoelectricité et sondages mécaniques): il a révélé des réserves importantes qui, seules, ont été mises à contribution. 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.

Si diverses formations graveleuses meubles ont été ou sont exploitées, quel que soit leur âge ou leur genèse, il faut relever que presque toutes les gravières importantes se situent dans les dépôts du retrait würmien: terrasses de l'Arbogne, de Ménières, de Vesin, de Granges-de-Vesin, de Mussillens.

Un seul site d'extraction de sable est connu: aux Longs Prés (commune d'Avenches, env. 566.900/192.400), où le sable fluviatile du Bölling a été exploité en 1998, après décapage des terrains palustres plus récents. Cette vaste sablière est désormais occupée par un lac (STRASSER et al. 1999).

### **Limon, argile et marne**

Dans la plaine de la Basse-Broye, les limons argileux ou silteux appartenant au «Complexe palustre» ont été exploités depuis longtemps par des tuileries. Celles de la ville de Payerne ont successivement occupé divers lieux autour de l'agglomération: en Glatigny au 16<sup>e</sup> siècle, à la Grange des Terrages vers 1845, au Creux des Pacottes en 1905 (LETSCH 1907, ISCHI 1995).

Entre la fin du 19<sup>e</sup> siècle et 1976, l'importante tuilerie-briquetterie de Corcelles-près-Payerne a tiré sa matière première de plusieurs sites échelonnés entre Payerne (Palaz), Corcelles (Rosex, Troches) et Dompierre (Terrailles); on trouvera dans SIGG et al. (1986) des descriptions, profils d'excavation et analyses des matériaux provenant de ces divers sites, lesquels ne sont pas tous reportés sur la carte géologique. Après 1976, l'usine a exploité les marnes de l'USM, notamment celles de la carrière de Rin/Vallon (562.300/192.700, en cours de comblement, voir MUMENTHALER et al. 1977).

Sur la frontière Vaud-Fribourg au nord de Fétigny, les «Marnes de Fétigny» ont été exploitées pendant presque tout le 20<sup>e</sup> siècle par une briquetterie.

Une des tuileries qui fournissaient anciennement Estavayer-le-Lac et sa région se situait aux Moyers (ou Moillets 556.700/189.800; R. BERGER 1985) où étaient extraits les colluvions argileux d'une dépression marécageuse. L'autre tuilerie, sise entre Lully et Sévaz (GILLIÉRON 1885), exploitait les limons glaciolacustres tardiglaciaires liés au retrait de la transfluence Thielle-Broye.

### **Tuf**

L'amas de tuf du Moulin de Prez aurait été exploité de longue date, et notamment à l'époque romaine pour construire les voutes de l'aqueduc allant à Avenches (AUBERT 1969). On ne sait pas si les autres accumulations de tuf furent exploitées.

### **Tourbe et charbon**

Des exploitations temporaires de tourbe ont été signalées dans d'anciens marais à Fétigny et à Moraye près de Grandcour; elles n'ont pas laissé de trace. Pas plus d'ailleurs que l'extraction de charbon molassique mentionnée par DE RAZOUMOWSKY (1789a: tome 2, p. 134) dans le lit de la Glâne entre Montet et Granges-de-Vesin; cette exploitation semble avoir duré fort longtemps puisque KÜNDIG & DE QUERVAIN (1953: p. 53) mentionnent une extraction de charbon en 1880 dans le même secteur. S'agit-il de quelques troncs fossiles charbonneux dans un banc de grès (DE DOMPIERRE 1824) ou d'un véritable filon de charbon dans l'USM? On n'observe plus rien sur le terrain.

### **Hydrocarbures**

DE RAZOUMOWSKY (1789a: tome 2, p. 93) avait signalé près de Grandcour une source accompagnée d'un dégagement de gaz inflammable. Ce dernier a fait l'objet de bien des spéculations au cours du 19<sup>e</sup> siècle et même après, sans que l'on sache exactement où était la source et de quel type de gaz il s'agissait (WEIDMANN 1991: p. 387). En fait, SCHMIDT (1918) avait précisé la localisation (561.490/191.290) et le destin de cette source. Son eau avait acquis la réputation de guérir les affections oculaires et, vers 1850, le propriétaire du terrain, excédé par l'afflux des amateurs d'eau, a fait détruire le captage et combler la petite mare décrite par de Razoumowsky. Le mystère de la nature et de l'origine du gaz demeurera donc entier.

Comme toutes les régions voisines du Plateau vaudois et fribourgeois, le territoire de la feuille Payerne a été prospecté à diverses reprises pour y découvrir des indices d'hydrocarbures ou des structures tectoniques ou stratigraphiques favorables à leur accumulation, mais en vain jusqu'ici, comme l'avaient déjà successivement souligné DE GIRARD (1913), puis les rapports inédits adressés au gouvernement fribourgeois par de Girard en 1928 et par Arnold Heim en 1929, enfin les rapports de la P.É.K. (LAGOTALA 1937, KOPP 1936, SCHUPPLI 1950: p. 25s).

Dès 1956, une filiale de la British Petroleum Exploration Cy London entreprit des recherches très poussées sur le territoire fribourgeois: carte géologique, campagne de gravimétrie, étude sismique, sondages profonds; le résultat négatif de ces derniers a motivé l'abandon des recherches en 1961. Par la suite, de 1981 à 1989, la FREAG associée à BP a repris les recherches sismiques sur la moitié nord-ouest du canton de Fribourg.

Sur le territoire vaudois de la feuille, la S.A.d.H. a acquis trois lignes sismiques en 1979 et 1986. Une bonne partie des résultats de ces travaux est désormais accessible.

### Orpillage

Il n'y a vraisemblablement jamais eu d'exploitation au cours des temps historiques, mais il est tout de même intéressant de signaler les quelques paillettes d'or trouvées dans des alluvions récentes et analysées par MEISSER & BRUGGER (2000). Il ne s'agit pas d'anomalies aurifères, mais seulement de petits indices isolés.

## HYDROGÉOLOGIE

On trouvera dans la thèse de PARRIAUX (1981), 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 HESKE 1995).

J'ai reporté sur la carte tous les points d'eau figurant sur les documents officiels des cantons de Vaud et Fribourg (BADOUX & MAUTNER 1977, OPEN 1997), tout en prenant en compte la «Carte de base» publiée par PARRIAUX (1981), ainsi que de nombreuses autres données aimablement transmises par le Dr M. Bouzelboudjen (CHYN, Université de Neuchâtel), par les hydrogéologues cantonaux et par divers bureaux d'étude.

Dans les dépôts meubles, sous la plaine de la Basse-Broye, les réserves en eau sont considérables et se situent principalement dans les sables fluviaux, épais de 5 à 40 m environ et datés du Bölling, mais dont les eaux ne sont pas utilisables, étant en général réduites et ferrugineuses. Par contre, les cônes sablo-graveleux de la Broye à Payerne et de l'Arbogne à Corcelles sont largement exploités, même si leur eau est très dure. Le long de la bordure nord-ouest de la plaine, une frange de sédiments un peu plus graveleux et perméables est aussi aquifère et localement exploitée.

Dans la plaine, suite à la correction des eaux du Jura, à l'établissement des nouveaux cours des rivières et à la creuse de nombreux canaux de drainage comprenant des stations de relevage, les inondations saisonnières ont cessé et le niveau de la nappe est normalement maintenu au-dessous du sol. La nappe est le plus souvent captive en amont, mais devient libre en aval d'une ligne Avenches – St-Aubin. Ses fluctuations piézométriques montrent une variation annuelle asymétrique d'une amplitude de 1 à 2 m (JATON 1987, ABA-GÉOL 1988, 1995, PASQUIER et al. 1999).

En dehors de la plaine, on peut considérer que, d'un point de vue hydrogéologique très général et du fait de la composition essentiellement argilo-limonosableuse 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 des petites nappes peu profondes et discontinues, dont sont issues des sources à débit faible et aux caractéristiques bactériologiques et chimiques souvent médiocres, notamment à cause de leur teneur en nitrates.

Plusieurs points d'eau font toutefois exception et se signalent par des débits assez importants et des eaux d'une bonne qualité. On peut citer :

- L'ancienne vallée méridienne du Chandon, remplie de matériaux perméables et aquifères, est exploitée par un puits (567.130/185.290).
- Dans les formations sablo-graveleuses du retrait würmien et dans les diverses terrasses sont implantés d'assez nombreux captages ou puits.
- Les grès molassiques, surtout ceux de l'OMM, sont souvent fracturés et toujours altérés sur plusieurs mètres d'épaisseur dans les versants des vallons, sur les collines et les plateaux. Ces zones altérées sont devenues poreuses et perméables; elles réalisent donc d'assez bons réservoirs d'extension très locale, exploités par des galeries ou des puits qui furent creusés à la main par les agriculteurs au cours des siècles passés, en suivant les indications des sourciers (BUDMIGER 1967, SUSEDKA 1984, THIERRIN 1988).
- Le contact entre l'USM à prédominance argileuse et les grès de l'OMM tassés et fracturés qui les surmontent est souvent souligné par une ligne de sources, notamment dans les versants abrupts au-dessus de Cheyres, où une partie de ces eaux est captée.
- Assez fréquemment, les sondages profonds non carottés pour pompes à chaleur («PAC») révèlent des venues d'eau dans les grès de l'USM; mais on n'en connaît ni les débits, ni les caractéristiques chimiques et bactériologiques.

S'il n'y a pas actuellement de source d'eau minérale ou thermale sur le territoire de la feuille Payerne, la tradition locale en signale toutefois une, qualifiée de «miraculeuse», celle de St-Eloi près d'Estavayer (555.280/188.480), qui fut analysée par DE RAZOUMOWSKY (1789b), mais qui est aujourd'hui perdue (R. BERGER 1985). Une autre source «miraculeuse», lieu de pèlerinage fréquenté depuis des siècles, est la Bonne-Fontaine au-dessus de Cheyres (551.320/185.330), dont la réputation s'est maintenue jusqu'à nos jours (R. BERGER 1985).

Les sources sulfureuses et/ou salées que GILLIÉRON (1885) et ROTHEY (1917) mentionnent à Cheyres et à Estavayer n'existent plus et n'ont vraisemblablement jamais existé.

## GÉOPHYSIQUE

### Géoelectricité

La plus grande partie de la feuille Payerne a fait l'objet d'investigations géoelectriques: le territoire vaudois est couvert par la carte des résistivités apparentes mesurées en  $AB = 60$  m (MEYER DE STADELHOFEN 1973), reprise et complétée en diverses longueurs de ligne par PARRIAUX (1981: Annexe III). Le territoire fribourgeois a été partiellement couvert dans le cadre de prospections de gravier, pour la reconnaissance d'aquifères graveleux ou lors de la délimitation des zones de protection des sources; ces études ne sont pas publiées, mais j'ai pu les consulter et en tirer parti pour le dessin de la carte géologique. Si leur profondeur d'investigation est en général limitée, ces travaux donnent de précieuses indications concernant l'épaisseur et certains caractères lithologiques (porosité, granulométrie) des terrains meubles superficiels. De très nombreux sondages électriques furent en outre réalisés par AXELROD (1978), PARRIAUX (1981), KUNZ (1985), ZANI (1985).

### 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 comme, par exemple, «l'axe négatif de Bollion» (AXELROD 1978) qui correspond à l'accident de La Lance - Font - Fétigny. Les épais dépôts meubles quaternaires dans la Basse-Broye déterminent une importante anomalie négative. Plus récemment, cette dernière région a fait l'objet d'une modélisation gravimétrique par LAPAIRE (2000) et par CLAVIEN (2001), publiée dans WEIDMANN et al. (2002).

### Séismicité

Les données anciennes et récentes rassemblées par le Schweiz. Erdbeben-dienst, ETH-Zürich (cartes de séismicité régulièrement publiées) ne révèlent pas d'activité sismique particulière sur le territoire de la feuille Payerne. Toutefois, de faibles séismes sont enregistrés le long du décrochement de La Lance - Font - Fétigny (DEICHMANN et al. 2004: p. 450). Un seul séisme relativement important est signalé dans les archives de la Ville de Payerne, celui du 15 janvier 1817 (ISCHI 1995). En conséquence, notre région est classée dans la «zone sans risque sismique» (RÜTTENER 1995).

## BIBLIOGRAPHIE

- ABA-GÉOL (1988): Etude d'impact de la N1 entre Payerne et Avenches. Eaux souterraines. – Bureau des Autoroutes, Dépt. Trav. publ. Cant. Vaud.
- (1995): Etudes hydrogéologiques sur le tracé de l'autoroute N1 Payerne-Avenches. – Bureau des Autoroutes, Dépt. Trav. publ. Cant. Vaud.
- 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.
- ANDERSON, T., VILLET, D. & SERNEELS, V. (1999): La fabrication des meules en grès coquillier sur le site gallo-romain de Châbles-Les Saux (FR). – *Archéologie suisse* 22, 182–189.
- AUBERT, D. (1981): Géomorphologie du Gros-de-Vaud. – *Mém. Soc. vaud. Sci. nat.* 17/2, 57–116.
- (1989): La protection des blocs erratiques dans le canton de Vaud. – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 79/3, 185–207.
- AUBERT, J.-P. (1969): Les aqueducs d'Aventicum. – *Bull. Assoc. Pro Aventico* 20, 23–36.
- AXELROD, A. (1978): Contribution à l'étude géophysique de la région des lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat. – Thèse Fac. Sci. Univ. Lausanne, Juris-Verlag, Zürich.
- BADOUX, H. & MAUTNER, J. (1977): Cadastre des sources du Canton de Vaud; feuille 1184 Payerne, 1:25 000, avec notice explicative. – Dépt. Trav. publ., Serv. Aménag. rég. et Serv. Eaux.
- BECKER, D., RÖSSNER, G. E., PICOT, L. & BERGER, J.-P. (2001): Early Miocene ruminants of Wallenried (USM, Aquitanian/Switzerland): Sedimentology, Biostratigraphy, and Paleocology. – *Eclogae geol. Helv.* 94/3, 547–564.
- BECKER, F. (1973): Feuille 1165 Murten. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 63.
- BECKER, F. & RAMSEYER, R. (1972): Feuille 1165 Murten. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 63.
- BEHMER, C. A. K. (1912): Die erratischen Blöcke in der Freiburger Ebene. – Inaug.-Diss. Univ. Freiburg, Druckerei Hieronymus, Neumünster.
- BERGER, J.-P. (1979): La transgression de la Molasse marine supérieure dans la région fribourgeoise. Biostratigraphie, paléocéologie, sédimentologie. – Diplôme Inst. Géol. Univ. Fribourg (inédit).
- (1985): La transgression de la Molasse marine supérieure (OMM) en Suisse occidentale. – *Münchner Geowiss. Abh. (A)* 5, 1–208.
- BERGER, R. (1985): Estavayer hier et aujourd'hui. – Editions du Château, Pully (2<sup>ème</sup> éd.).
- BERSIER, A. (1942): L'origine structurale des collines et alignements morphologiques orientés du Plateau vaudois. – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 62, 135–158.
- BESSARD, M. (1858): Sur les alluvions de la vallée de la Broie. – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 6, 27–28.
- BIERMANN, C. (1910): Le Jorat, esquisse géographique. – *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 20, 1–119.
- BISE, E. (1910): Notice sur la paroisse de Murist et la seigneurie de la Molière. – Impr. Butty & Cie, Estavayer.
- BOLLIN, R. (1995): Blocs erratiques du Canton de Fribourg - Findlinge des Kantons Freiburg. Recensement. – *Mus. Hist. nat. Fribourg*.
- BONNARD, L.-F., GRATIER, M., BRUNNER, J., PEYER, K. & RUEF, A. (2001): Carte des sols de la feuille Payerne au 1:25 000, avec notice explicative. – Document inédit déposé à la Station fédérale de recherche en agroécologie et agriculture de Zürich-Reckenholz.

- BUDMIGER, G. (1967): Die Quellstollen in der mittelländischen Molasse. Funktion, Konstruktion und historische Bedeutung. – Jb. Oberaargaus, 52–73.
- CASTELLA, A.-C., PUGIN, C. & CORBOUD, P. (1996): Inventaire et étude des stations littorales, rive fribourgeoise du Lac de Neuchâtel. Travaux réalisés en 1995. – Groupe Rech. Archéol. préhist., Dépt. Anthropol. Ecol., Univ. Genève (rapport inédit).
- CHAIX, L. & DESSE, J. (1981): Contribution à la connaissance de l'élan (*Alces alces* L.) post-glaciaire du Jura et du Plateau suisse. – Quartär 31-32, 139–190.
- CHESSEX, P. (1952): Deux mégalithes vaudois non mentionnés. – Rev. hist. vaud. 60, 41–44.
- CHOFFAT, P. & AUBERT, D. (1983): Erosion et morphologie glaciaires de la molasse. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 76/4, 321–340.
- CHUARD, E. (1931): Les premières entreprises de drainage dans le canton de Vaud. – Ann. agric. vaud. 9, 109–117.
- CLAVIEN, D. (2001): Modélisation gravimétrique de la région de Fétigny (FR). – Diplôme Inst. Géophys. Univ. Lausanne (inédit).
- CORBOUD, P. & PUGIN, C. (2002): Les sites littoraux du lac de Morat et de la rive sud du lac de Neuchâtel. – Cah. Archéol. frib. 4, 6–19.
- CUCCODORO, S. (1990): Etude géophysique et commentaires hydrologiques sur la rive sud du lac de Neuchâtel. Annexe à l'étude de BUTTLER, A., CORNALLI, P. & BUECHE, M. (1995): Etude des effets de la régulation des lacs subjurassiens sur la végétation et le milieu. – Lab. Ecol. végét. & phytosociol. Univ. Neuchâtel, sur mandat de l'Office féd. Environ., forêts et paysage. Rapport final.
- DEICHMANN, N., BAER, M., BRAUNMILLER, J. et al. (2004): Earthquakes in Switzerland and surrounding regions during 2003. – Eclogae geol. Helv. 97/3, 447–458.
- DELACRÉTAZ, P. (1994): Pierres mystérieuses. Histoires, légendes, énigmes. – Cabédita, Yens/Morges.
- DOMPIERRE, F.-R. DE (1824): Tronc d'arbre carbonisé. – Feuille du Canton de Vaud 11, 290.
- ENGESSER, B. & MÖDDEN, C. (1997): A new version of the biozonation of the Lower Freshwater Molasse (Oligocene and Aagenian) of Switzerland and Savoy on the basis of fossil mammals. In: AGUILAR, J.-P., LEGENDRE, S. & MICHAUX, J. (ed.): Actes Congr. Biochrom'97 (p. 475–499). – Mém. Trav. E.P.H.E. Montpellier 21.
- FINCKH, P., KELTS, K. & LAMBERT, A. (1984): Seismic stratigraphy and bedrock forms in perialpine lakes. – Bull. geol. Soc. America 95, 1118–1128.
- FREI, E., MEIA, J., BECKER, F., BÜCHI, O., BUXTORF, R., RYNICKER, K. & SUTER, H. (1974): Feuille 1164 Neuchâtel, avec notice explicative par J. MEIA & F. BECKER (1976). – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 67.
- GAILLARD, M.-J. (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.
- 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.
- GINSBURG, L. (1988): La faune des mammifères des sables miocènes du synclinal d'Esvres (Val-de-Loire). – C. R. Acad. Sci. (Paris) 307, s. III, 319–322.
- GIRARD, R. DE (1896): Notice géologique et technique sur les produits minéraux bruts du Canton de Fribourg. – Impr. Rey & Malavallon, Genève.
- (1906): Sur les blocs erratiques dans le canton de Fribourg. – Mém. Soc. fribourg. Sci. nat. 14, 97–118.

- GIRARD, R. DE (1913): Les gîtes d'hydrocarbures de la Suisse occidentale. – Mém. Soc. fribourg. Sci. nat. 8/1.
- GONIN, L. (1865): Mémoire sur l'assainissement de la plaine de la Broye. – G. Bridel, Lausanne.
- (1890): Mémoire sur la correction fluviale de la Broye. – Impr. Borgeaud, Lausanne.
- GORIN, G., MOREND, D. & PUGIN, A. (2003): Bedrock, Quaternary sediments and recent fault activity in central Lake Neuchâtel, as derived from high-resolution reflection seismics. – *Eclogae geol. Helv.* 96, suppl. 1, 3–10.
- GRATIER, M. & BARDET, L. (1980): Les sols du Plateau vaudois. – Mém. Soc. vaud. Sci. nat. 16/3, 89–188.
- GUÉLAT, M. (1999): Frasses-Praz au Doux. Etude géologique. – Rapp. final Serv. Archéol. Fribourg (inédit).
- HABICHT, J. K. A. (1987): Lexique stratigraphique international. vol. I: Europe, Fasc. 7: Suisse, 7b: Plateau suisse (Molasse). – Comm. géol. suisse et Serv. hydrol. géol. natl.
- HAEBERLI, W. & SCHLÜCHTER, C. (1987): Geological evidence to constrain modelling of the Late Pleistocene Rhonegletscher (Switzerland). – Proc. Vancouver Sympos.: The physical basis of the ice sheet modelling, IAHS Publ. 170, 333–346.
- HEIM, A. (1932): Bergsturz und Menschenleben. – *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 77, Beiblatt. 20, 1–218.
- HESSKE, S. (1995): Typologie géochimique des eaux souterraines du bassin molassique de Chambéry (France) à Linz (Autriche). – Thèse EPF-Lausanne 1417, Dépt. Génie Civil.
- HOMWOOD, P., KELLER, B., SCHOEPPER, 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.
- HOOKE, J. J., COLLINSON, M. E., VAN BERGEN, P. F., SINGER, R. L., DE LEEUW, J. W. & JONES, T. P. (1995): Reconstruction of land and freshwater palaeoenvironments near the Eocene-Oligocene boundary, southern England. – *J. geol. Soc. (London)* 152, 449–468.
- HUBER, A. (1993): Ufererosion am Neuenburgersee. In: OSTENDORP, W. & KRUMSCHEID, P. (eds): Seufestörung und Seeufertarnaturierung in Mitteleuropa (p. 93–102). – *Limnologie Aktuell* 5.
- ISCHI, E. (1995): Annales de Payerne. – Chez l'auteur, Payerne.
- JACCARD, A. (1869-1870): Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois (avec Supplément). – Matér. Carte géol. Suisse 6.
- JATON, J.-F. (1987): Les problèmes relatifs aux eaux de surface dans la région de la Broye moyenne et de la Broye aventicienne. – Rapport inédit, I.G.R.H.A.M., EPF-Lausanne.
- JORDI, H. A. (1990): Tektonisch-strukturelle Übersicht Westschweizerisches Molassebecken. – *Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing.* 56, 1–11.
- (1994): Feuille 1203 Yverdon-les-Bains. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 94.
- (1995): Feuille 1203 Yverdon-les-Bains. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 94.
- (1999): Autobahn N1. Geologische Beobachtungen entlang der Baustellen zwischen Arri-soules und Payerne. – Rapport inédit, Centre Inf. géol., Office féd. Topogr., Wabern.
- KIMMEIER, F., MANDELBAUM, P., MARREL, M. & PALECZEK, P. (1976): Essai de détermination de la profondeur des calcaires crétacés au sud-est du lac de Neuchâtel. – Diplôme Inst. Géophys. Univ. Lausanne (inédit).
- KOPP, J. (1936): Petrologische Untersuchungen in der Berner und Freiburger Molasse zwischen Aare und Broye. – Petroleumexpertenkommission (PEK), rapport inédit 70, Centre Inf. géol., Office féd. Topogr., Wabern.
- (1939): Zur Tektonik des Gebietes zwischen Payerne und Yvonand. – Petroleumexpertenkommission (PEK), rapport inédit 303, Centre Inf. géol., Office féd. Topogr., Wabern.

- KOPP, J. (1946): Zur Tektonik der westschweizerischen Molasse. – *Eclogae geol. Helv.* 39/2, 269–274.
- KÜNDIG, E. & DE QUERVAIN, F. (1953): Fundstellen mineralogischer Rohstoffe in der Schweiz. – Kümmerly & Frey, Bern.
- KÜNDIG, R., MUMENTHALER, TH., ECKARDT, P., KEUSEN, H.-R., SCHINDLER, C., HOFMANN, F., VOGLER, R., GUNTLI, P. (1997): Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz. – Schweiz. geotechn. Komm., ETH-Zürich.
- KUNZ, F. (1982): Etude géophysique de la région de Corcelles-près-Payerne. – Diplôme Centre Hydrogéol. Univ. Neuchâtel (inédit).
- (1985): Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin inférieur de l'Arbogne. – Diplôme Centre Hydrogéol. Univ. Neuchâtel (inédit).
- LAGOTALA, H. (1937): Rapport général de la Commission pour les recherches de pétrole en Suisse. Partie 6: Région Morges–Yverdon–Estavayer–Lucens, résumé de nos connaissances. – Petroleumexpertenkommission (PEK), rapport inédit, Centre Inf. géol., Office féd. Topogr., Wabern.
- LAMBERT, P. (1999): La sédimentation dans le lac de Neuchâtel (Suisse): processus actuels et reconstitution paléoenvironnementale de 1500 BP à nos jours. – Thèse Fac. Sci. Univ. Neuchâtel.
- LAPAIRE, F. (2000): Etude gravimétrique de la morphologie du fond molassique de la vallée de la Basse-Broye entre Payerne et Avenches. – Diplôme Inst. Géophys. Univ. Lausanne (inédit).
- LERICHE, M. (1927): Les poissons de la Molasse suisse. – *Mém. Soc. paléont. suisse* 46.
- LETSCH, E. (1907): Die schweizerische Tonlager. – *Matér. Carte géol. Suisse, sér. géotechn.* 4/1.
- MAGNY, M. & RICHOUZ, I. (2000): Late glacial lake-level changes at Montilier-Strandweg, Lake Morat, Switzerland, and their climatic significance. – *Quaternaire* 11, 129–144.
- MARCUARD-GUËX, C. (1923): *Annales de Grandcour*. – Impr. Ere Nouvelle, Lausanne.
- MARTEL, A. T., ALLEN, P. A. & SLINGERLAND, R. (1995): Use of tidal-circulation modeling in paleogeographical studies: an example from the Tertiary of the Alpine perimeter. – *Geology* 22, 925–928.
- MEDICI, F. & RYBACH, L. (1995): Geothermal map of Switzerland 1995 (heat flow density). – *Beitr. Geol. Schweiz, Geophys.* 30, 1–36.
- 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.
- MEIA, J. (1966): Un accident tectonique sur le flanc Sud du Mont Aubert (Jura vaudois oriental, Suisse). – *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 89, 129–134.
- MEISSER, N. & BRUGGER, J. (2000): Alluvial native gold, tetraauricupride and AuSn<sub>2</sub> from Western Switzerland. – *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 80, 291–298.
- MEISSER, N. & FREY, A. (1996): Présence d'halotrichite à la Tour de la Molière. – *Schweizer Strahler* 10/10, 25.
- MEYER, E. (1936): Rapports finaux sur les feuilles Estavayer-le-Lac et Lully. – Petroleumexpertenkommission (PEK), rapports inédits, 145 et 151, Centre Inf. géol., Office féd. Topogr., Wabern.
- MEYER DE STADELHOFEN, C. (1973): Atlas des résistivités électriques apparentes du Moyenn-Pays vaudois. – *Cah. Aménag. rég.* 15, Serv. cant. vaud. Urbanisme, Lausanne.
- MORARD, N. (1990): Esquisse pour un paysage. In: ANDENMATTEN, B. & RAEMY, D. DE (ed.): *La Maison de Savoie en Pays de Vaud* (p. 115–118), Payot, Lausanne.

- MORLOT, A. (1854): Sur les polis glaciaires de roches en place. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 4, 38.
- MOSER, A. (1968): Prodrum eines westschweizerischen Steinbruchverzeichnis. – Lab. Conserv. Pierre, EPF-Lausanne (Manusc. dactylogr.).
- MOTTAZ, E. (1914): Dictionnaire historique, géographique et statistique du Canton de Vaud. – Rouge & Cie, Lausanne.
- MUMENTHALER, T., MEYER, C. & SIGG, J. (1997): Rohstoffe für die Ziegelindustrie. In: KÜNDIG, R. et al. (ed.): Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz (s. 24–63), Schweiz. geotechn. Komm., ETH-Zürich.
- MUSY, M. (1884): Notice géologique et technique sur les carrières du canton de Fribourg. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 3-4, 21–51.
- NAGRA (1994): Sedimentstudie. Zusammenfassende Übersicht der Arbeiten von 1990 bis 1994 und Konzept für weitere Untersuchungen. – NAGRA Technischer Bericht 94–10.
- NIGGLI, P., GRUBENMANN, U., JEANNET, A. & MOSER, R. (1915): Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 5.
- OPEN (1997): Carte des secteurs de protection des eaux du Canton de Fribourg, feuille 1184 Payerne, 1:25 000. – Office Protect. Environ., Fribourg.
- OLIVIER, R. (1983): Atlas gravimétrique du Plateau suisse, partie Ouest, 1:100 000. – Bull. Inst. Géophys. Univ. Lausanne 5.
- PARRIAUX, A. (1978a): Quelques aspects de l'érosion et des dépôts quaternaires du bassin de la Broye. – Eclogae geol. Helv. 71/1, 207–217.
- (1978b): Le gîte des eaux minérales d'Henniez: état des connaissances et données nouvelles sur sa prolongation. – Eclogae geol. Helv. 71/2, 377–395.
- (1981): Contribution à l'étude des ressources en eau du bassin de la Broye. – Thèse n° 393, Dépt. Génie Civil, EPF-Lausanne.
- PASQUIER, F., BOUZELBOUDJEN, M. & ZWAHLEN, F. (1999): Carte hydrogéologique de la Suisse au 1:100 000, feuille 6: Sarine/Saane, avec notice explicative. – Comm. géotechn. suisse, Zürich, et Serv. hydrol. géol. natl., Berne.
- PERSOZ, F., SCHAER, J.-P., BESSON, O. & ROBERT-CHARRUE, C. (2004): Le cadre physique. In: Le lac de Neuchâtel. Miroir d'une région (p. 11–31). – Assoc. du livre du millénaire de Cudrefin & Ed. G. Attinger, Hauterive.
- PILLERI, G. (1986): The Denticeti of the Western Paratethys (Upper Marine Molasse of Switzerland). – Investigations on Cetacea 19, 11–78.
- PUGIN, C. & CORBOUD, P. (1999): Inventaire et étude des stations littorales, rive fribourgeoise du Lac de Neuchâtel. Travaux réalisés en 1998. – Groupe Rech. Archéol. préhist., Dépt. Anthropol. Ecol., Univ. Genève (rapport inédit).
- PUGIN, C., CORBOUD, P. & CASTELLA, A.-C. (1998): Inventaire et étude des stations littorales, rive fribourgeoise du Lac de Neuchâtel. Travaux réalisés en 1997. – Groupe Rech. Archéol. préhist., Dépt. Anthropol. Ecol., Univ. Genève (rapport inédit).
- PYTHON, C. (1996): Feuille 1185 Fribourg. – Atlas géol. Suisse 1:25 000. Carte 98.
- PYTHON, C., BERGER, J.-P. & PLANCHEREL, R. (1998): Feuille 1185 Fribourg. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 98.
- RAZOUROWSKY, G. DE (1789a): Histoire naturelle du Jorat et de ses environs; et de celle des trois lacs de Neuchâtel, Morat et Bienné; précédées d'un essai sur le climat, les productions, le commerce, les animaux de la partie du Pays de Vaud ou de la Suisse romande, qui entre dans le plan de cet ouvrage – J. Mourer, Lausanne, 2 vol.
- (1789b): Analyse de la source de St Eloi près d'Estavayer. – Mém. Soc. phys. Lausanne 2/1.

- RICHOZ, I. & GAILLARD, M.-J. (1989): Histoire de la végétation de la région neuchâteloise de l'époque néolithique à nos jours. Analyse pollinique d'une colonne sédimentaire prélevée dans le lac de Neuchâtel (Suisse). – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 79/4, 355–377.
- RITTER, G. (1902): Sur la disparition des falaises de la rive sud du lac de Neuchâtel. – *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 31, 362–367.
- ROTHEY, P.-L. (1916): Le grès coquillier, son origine et ses divers usages. – *Ann. fribourg.* 4, 179–188.
- (1917): La plaine aventicienne. – Impr. Messeiller, Payerne.
- RUMEAU, J.-L. (1954): Géologie de la région de Payerne. – Thèse Fac. Sci. Univ. Fribourg, Crépin-Leblond, Paris.
- RÜTTENER, E. (1995): Earthquake hazard evaluation for Switzerland. – *Beitr. Geol. Schweiz, Geophys.* 29.
- SCHEGG, R. (1993): Thermal maturity and history of sediments in the North Alpine Foreland Basin (Switzerland, France). – *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève* 15.
- SCHEGG, R., LEU, W., CORNFORD, C. & ALLEN, P. A. (1997): New coalification profiles in the Molasse Basin of Western Switzerland: Implications for the thermal and geodynamic evolution of the Alpine Foreland. – *Eclogae geol. Helv.* 90/1, 76–96.
- SCHMIDT, C. (1918): Die Gasquelle von Grandcour. – Rapport inédit 1442, Centre Inf. géol., Office féd. Topogr., Wabern.
- SCHNORF, A. (1954): Sur deux élan trouvés dans des tourbières. – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 66, 55–58.
- SCHUPPLI, H.M. (1950): Oelgeologische Untersuchungen im Schweizer Mittelland zwischen Solothurn und Moudon. – *Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser.* 26/3.
- SCHWALB, A. (1992): Die Sedimente des Lac de Neuchâtel (Schweiz): Rekonstruktion spät- und postglazialen Klima- und Umweltveränderungen. – Thèse Fac. Sci. Univ. Neuchâtel.
- SCHWALB, A., HADORN, O., THEW, N. & STRAUB, F. (1998): Evidence for Late-Glacial and Holocene environmental changes from subfossil assemblages in sediments of Lake Neuchâtel, Switzerland. – *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 140, 307–323.
- SIGG, J., MAGGETTI, M. & GALETTI, G. (1986): Contribution à l'étude des terres argileuses de la région de Payerne. – *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 78/2, 159–193.
- SOLLBERGER, H. (1974): Le Lac de Neuchâtel (Suisse). Ses eaux, ses sédiments, ses courants sous-lacustres. – Thèse Fac. Sci. Univ. Neuchâtel.
- SOMMARUGA, A. (1997): Geology of the central Jura and the Molasse Basin: New insights into an evaporite-based foreland fold and thrust belt. – *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 12.
- STRASSER, A., WEIDMANN, M. & HOCHULI, P. A. (1999): Sédimentation postglaciaire fluviale et palustre près d'Avenches (Suisse): implications climatiques. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 88, 5–26.
- SUSEDKA, U. (1984): Die Quellstollen in der mittelländischen Molasse. – *Diplom geogr. Inst. Univ. Bern* (unpubl.).
- THIERRIN, J. (1988): L'eau de la Molasse marine supérieure en Suisse occidentale. – *Bull. Centre Hydrogéol. Univ. Neuchâtel* 8, 93–120.
- VALZINO, J.-P. (1992): Essais de corrélation à l'aide des diagraphies dans la Molasse burdigalienne des Arrossoules. – *Diplôme Inst. Géophys. Univ. Lausanne* (inédit).
- VOLLMAYR, T. (1983): Temperaturmessungen in Erdölbohrungen der Schweiz. – *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 49/116, 15–27.
- WAGNER, G. (2001): Mittelmoränen eiszeitlicher Alpengletscher in der Schweiz. – *Eclogae geol. Helv.* 94/2, 221–235.

- WEIDMANN, M. (1991): Histoire de la prospection et de l'exploitation des hydrocarbures en Pays vaudois. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. *80*, 365–402.
- (1996): Feuille 1204 Romont. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. *99*.
- (2005): Feuille 1205 Rossens. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. *105*.
- WEIDMANN, M., DORTHE, J.-P. & EMMENEGGER, C. (2002): Feuille 1205 Rossens. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte *105*.
- 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*, 213–228.
- WEIDMANN, M., CLAVIEN, D. & LAPAIRE, F. (2002): Les dépôts quaternaires du bassin de la Basse-Broye. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. *88*, 143–173.
- WILLOMET, P. (1745): Carte du Baillage d'Avenche avec la Baronnie de Grandcour et le Gouvernement et Avoyerie de Payerne. Echelle d'environ 1:35 000. – Arch. Cant. vaud., cote GC 499.
- ZANI, F. (1985): Etude géophysique de la zone de Lully (Fribourg, Suisse). – Diplôme Inst. Géophys. Univ. Lausanne (inédit).

## CARTES GÉOLOGQUES PUBLIÉES

### Carte géologique générale de la Suisse 1:200 000

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

### Carte géologique de la Suisse 1:100 000

- File XI Pontarlier–Yverdon, par A. JACCARD, 1868.  
 File XII Freyburg–Bern, par V. GILLIÉRON, A. JACCARD & I. BACHMANN, 1879.

### Atlas géologique de la Suisse 1:25 000 (feuilles adjacentes)

- N° 63 Murten (CN 1165), par F. BECKER & R. RAMSEYER, 1972.  
 N° 67 Neuchâtel (CN 1164), par E. FREI, J. MEIA, F. BECKER, O. BÜCHI †, R. BUXTORF, K. RYNIKER & H. SUTER, 1974.  
 N° 94 Yverdon-les-Bains (CN 1203), par H.A. JORDI, 1994.  
 N° 98 Fribourg (CN 1185), par C. PYTHON, 1996.  
 N° 99 Romont (CN 1204), par M. WEIDMANN, A. BRIEL & H. INGLIN, 1995.  
 N° 105 Rossens (CN 1205), par M. WEIDMANN, J.-P. DORTHE & C. EMMENEGGER, 2002.

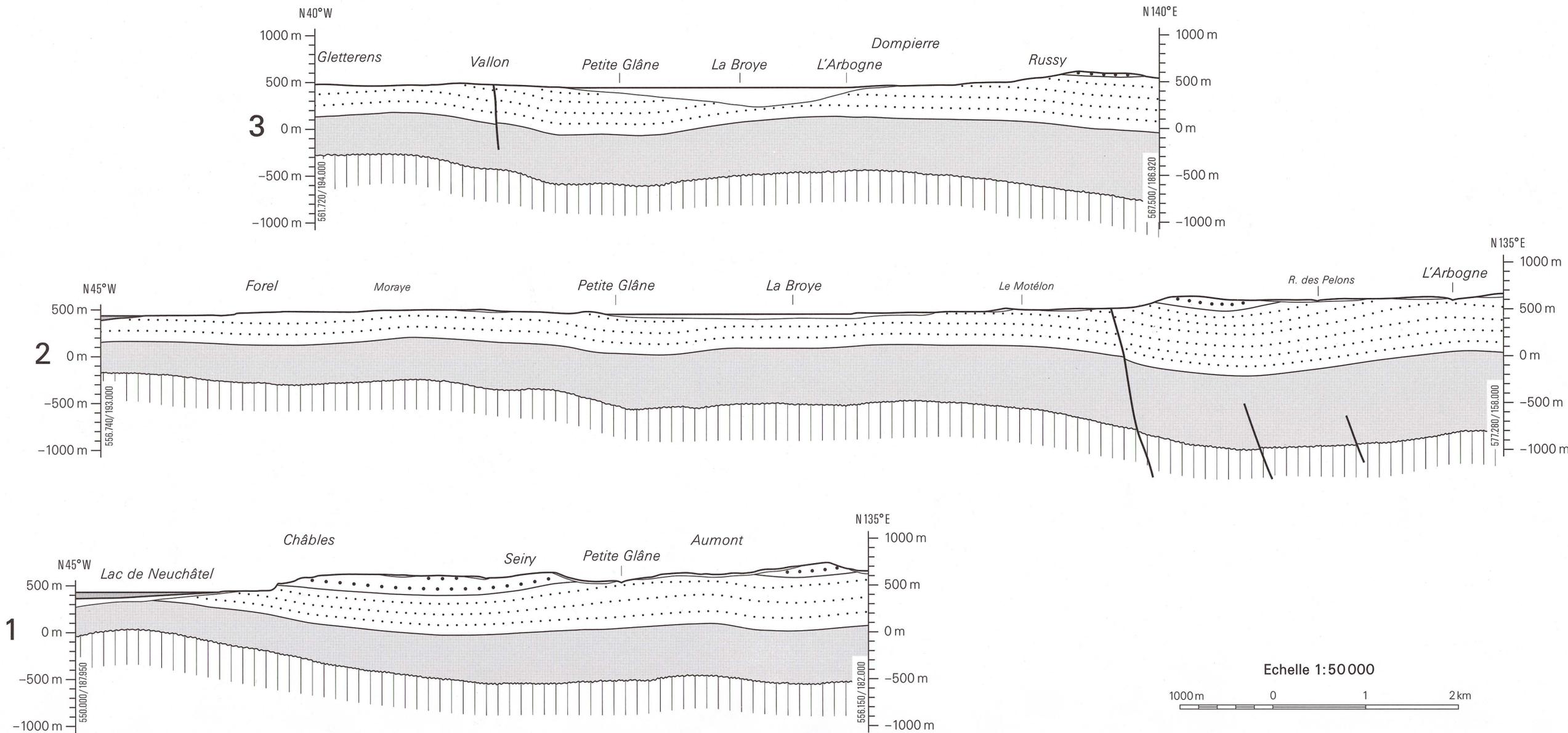
### Autres cartes (depuis 1900, avec fond topographique)

- Br BRIEL, A. (1962): Carte géologique de la région de Lucens, 1:25 000. In: Géologie de la région de Lucens (Broye). – *Eclogae geol. Helv.* 55/1, 189–274.  
 K KIRALY, L., SIMÉONI, G.-P. KERRIEN, Y. & DREYFUSS, M.M. (1973): Carte hydrogéologique du Canton de Neuchâtel, 1:50 000. – *Dépt. Trav. Publ. Canton Neuchâtel*.  
 P PARRIAUX, A. (1981): Broye Hydrogéologie: Carte hydrogéologique, 1:25 000. In: Contribution à l'étude des ressources en eau du bassin de la Broye. – *Thèse EPF-Lausanne 393*.  
 S SCHARDT, H. (1905): Carte hydrologique de la Région tributaire des Sources de l'Areuse, 1:100 000. In: Origine de la source de l'Areuse (la Doux). – *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 32, 118–128.  
 SD SCHARDT, H. & DUBOIS, A. (1903): Carte [géologique] des Gorges de l'Areuse, 1:50 000. In: Description géologique de la région des Gorges de l'Areuse (Jura neuchâtois). – *Eclogae geol. Helv.* 7, 367–476.

### Coupes géologiques à travers la région de la feuille Payerne

par

Marc Weidmann



-  Lac de Neuchâtel
  -  Quaternaire
  -  Formation de la Singine
  -  Grès et marnes bigarrés
  -  Grès et marnes gris à gypse
  -  Marnes bariolées inférieures
  -  Mésozoïque
- } Molasse marine supérieure (OMM)
- } Molasse d'eau douce inférieure (USM)

Tracé des coupes

