

Geologischer Atlas der Schweiz

Atlas géologique de la Suisse

1:25 000

Feuille:

1185 Fribourg

Topographie: Carte nationale de la Suisse 1:25 000

(Feuille 98 de l'Atlas)

Notice explicative

par

CHANTAL PYTHON, JEAN-PIERRE BERGER
et **RAYMOND PLANCHEREL**

Avec contributions de D. WEIDMANN et I. RICHZOZ

Avec 2 figures, 2 tableaux et 2 planches

1998

Herausgegeben von der Landeshydrologie und -geologie
Publié par le Service hydrologique et géologique national

Recommandation pour la citation en bibliographie*Carte:*

PYTHON, C. (1996): Feuille 1185 Fribourg. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 98.

Notice explicative:

PYTHON, C., BERGER, J.-P. & PLANCHEREL, R. (1998): Feuille 1185 Fribourg. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 98.

Diffusion: Office fédéral de topographie, CH-3084 Wabern

© 1998, Service hydrologique et géologique national, Berne

ISSN 1420-2913

ISBN 3-906723-19-4

PRÉFACE

La feuille Fribourg de l'Atlas géologique de la Suisse au 1:25 000 couvre un territoire situé à la frontière linguistique entre Suisse romande et Suisse alémanique, ce qui a motivé une rédaction bilingue de sa légende. C'est une région qui depuis l'antiquité a fait le lien entre des pôles d'attraction économiques comme la Broye, la Gruyère et les pays de Morat et de Schwarzenburg. Les témoins préhistoriques et historiques de cette activité humaine ont donc tout naturellement trouvé place sur cette feuille et dans sa notice explicative.

En 1989, le Service hydrologique et géologique national (SHGN) a mandaté l'Institut de géologie et de paléontologie de l'Université de Fribourg d'entreprendre la révision des levés existants de MM. Roger Sieber (1959) et Charles Ulysse Crausaz (1959). Le travail a été effectué principalement par Mme Chantal Python sous la direction de M. Prof. Christian Caron et sous la responsabilité de M. Raymond Plancherel. Avec l'aide complémentaire de levés nouveaux dus surtout à Mme Python, et subsidiairement à M. André Pugin, et compte tenu des informations extraites d'archives publiques et privées, une minute originale précise a été dressée et déposée avec le manuscrit de la présente notice au SHGN à fin 1992.

Les levés ont été accompagnés par des campagnes de sondages peu profonds à la tarière, qui ont permis de mieux identifier la couverture morainique et d'en préciser l'importance, très irrégulière dans cette région.

Pour la rédaction de la notice, Mme Python a bénéficié des contributions importantes, de M. Prof. Jean-Pierre Berger traitant la Molasse, de M. Raymond Plancherel pour la tectonique, de M. Denis Weidmann sur le site romain d'Avenches, et de Mme Isabelle Richoz concernant les dépôts lacustres du bassin de Seedorf et leur niveau archéologique attribué au néolithique.

Le SHGN exprime sa reconnaissance à l'auteur de la feuille Fribourg pour son engagement et son travail précis et tient à remercier toutes les personnes qui, à un titre ou à un autre, ont contribué à la réalisation de cette carte par la fourniture d'informations ou l'expression de conseils critiques. Notre gratitude va également aux divers organismes officiels et aux bureaux privés qui ont bien voulu ouvrir leurs archives pour nous donner accès à de nombreuses données inédites.

Septembre 1998

Service hydrologique et géologique national

TABLE DES MATIÈRES

Préface	3
Introduction	5
Stratigraphie	7
Tertiaire	7
Molasse d'eau douce inférieure - USM	7
Molasse marine supérieure - OMM	12
Quaternaire	16
Pléistocène	16
Holocène	22
Archéologie	34
Tectonique	37
Matières premières exploitables	41
Géophysique	45
Hydrogéologie	46
Bibliographie	48
Liste des cartes	53

INTRODUCTION

Le territoire de la feuille CN 1185 Fribourg a été l'objet, jusqu'à ce jour, d'études thématiques et régionales couvrant des parties de la région concernée d'une part, ou englobées dans des investigations à plus grande échelle d'autre part.

Parmi les travaux de base, la remarquable étude de GILLIERON (1885) doit être citée par la qualité de son relevé cartographique au 1:100 000 et son ouvrage explicatif basé sur des observations toujours rigoureuses. Une carte au 1:25 000 du Plateau molassique fribourgeois et vaudois fut dressée, de 1936 à 1937, par plusieurs géologues de la «Petroleumexpertenkommission (PEK)» mandatée par la Confédération Suisse, essentiellement dans un but d'analyse structurale; elle fut synthétisée au 1:100 000 et rendue publique par SCHUPPLI, en 1950. En 1959, la cartographie de la feuille 1185 est exécutée au 1:10 000 dans le cadre de deux travaux de thèse de l'Institut de Géologie de l'Université de Fribourg, dirigés par le Prof. J. Tercier; ce sont les levés de SIEBER pour la partie occidentale et CRAUSAZ pour la partie orientale du territoire. PARRIAUX (1981) a étudié la plaine de la Broye, dans le cadre de son travail de doctorat, analysant les phénomènes hydrologiques avec l'appui de la synthèse géologique de la vallée de la Broye et des bassins affluents. Enfin, l'étude des dépôts quaternaires du Plateau fribourgeois a été le sujet du travail de doctorat de VAN DER MEER (1982).

En 1989, le Service hydrologique et géologique national confie à l'Institut de Géologie de l'Université de Fribourg, sous l'égide du Prof. Ch. Caron, la révision des travaux de SIEBER (1959) et CRAUSAZ (1959), dans le but d'établir une nouvelle cartographie au 1:10 000 et sa synthèse au 1:25 000. La révision cartographique sur le terrain, ainsi que les recherches bibliographiques et de documents inédits ont été effectuées par C. Python, avec l'aide temporaire d'A. Pugin pour les problèmes du Quaternaire, sous la responsabilité de R. Plancherel (coordinateur) et avec la collaboration de J.-P. Berger. Ce travail n'aurait pu voir le jour sous la forme présente sans la collaboration généreuse et la mise à disposition de leurs documents par les Archives géologiques suisses, les bureaux d'études géologiques et les administrations publiques. Il nous est agréable de pouvoir citer et remercier en particulier les bureaux d'études géologiques ABAGéol SA (Fribourg), A. Briel (Fribourg), CSD Ingénieurs conseils SA (Fribourg), Géolina SA (Fribourg), Soltechnique (Fribourg), les Entreprises électriques fribourgeoises, les bureaux des Autoroutes fribourgeoises et vaudoises, les hydrogéologues cantonaux fribourgeois et vaudois (F. Becker et J. Mautner), le Musée d'histoire naturelle de Fribourg (A. Fasel), les services archéologiques fribourgeois et vaudois (S. Menoud et D. Weidmann), la Swissspetrol Holding (Zürich) et la BEB (Hannover) pour la mise à disposition de profils sismiques, le Prof. J. von Raumer pour ses indications sur les blocs erratiques, le Prof. L. Pugin pour la mise à disposition des documents de J. Tercier, H. Jordi pour sa collaboration dans l'interprétation des données sismiques, les Services industriels pour des informations sur les sources alimentant en eau la ville de Fribourg. On ne peut oublier les conseils experts de M. Weidmann, auteur

des feuilles voisines Romont et Rossens. La rédaction de la notice explicative, coordonnée par R. Plancherel, est le fruit de la collaboration active entre C. Python, J.-P. Berger, R. Plancherel, I. Richoz et D. Weidmann.

Situation politique, géographique et géomorphologique de la feuille Fribourg

Le territoire de la feuille CN 1185 Fribourg appartient pour la majeure partie au canton de Fribourg, alors que les cantons de Vaud et très partiellement Berne occupent l'angle nord-ouest de la feuille.

Morphologiquement, la structuration du plateau fribourgeois suit à l'ouest de la Sarine (Saane) une orientation générale sud-ouest-nord-est, dessinée par la succession de collines Forêt du Grand Belmont - Bois de Châtel - Ausserholz, puis Piamont - Bois de Combes - Bois de la Corbaz/Grand Bois - Bulliardholz - Grossholz. Elle reflète par là le substratum molassique ondulé, sur lequel se sont moulés les effets des écoulements du Glacier du Rhône et ceux des périodes inter- et post-glaciaires, soulignant ou au contraire atténuant le relief quaternaires. Il en résulte un paysage au relief arrondi, ponctué de drumlins et entrecoupé de cuvettes peu profondes. Le territoire est incisé dans sa partie orientale du sud au nord par la vallée de la Sarine, qui délimite une zone est, recouverte d'importants dépôts morainiques et de retrait glaciaire, alors que le territoire situé à l'ouest laisse voir plus généreusement son substratum molassique. Une partie de la plaine alluviale de la Broye (la Basse-Broye) marque l'angle nord-ouest de la feuille par ses dépôts d'alluvions subrécents à récents. Le Plateau est drainé par de nombreux cours d'eau affluents d'une part de la Sarine et d'autre part du lac de Morat (Murtensee). Le lac de Schiffenfenen (Schiffenensee) et le petit lac de Pérolles (579.00/182.80) ont été formés artificiellement sur le cours de la Sarine. Les dépôts de la Molasse grise de Lausanne (USM) et des Couches de la Singine (Sense-Schichten; OMM) sont exposés alternativement, selon la structuration peu marquée du plateau en anticlinaux et synclinaux, en raison de la faible inclinaison des couches (généralement de l'ordre de 1-5°). Les fractures observées sont très rares, probablement en raison de la couverture quaternaire masquant les observations, alors que les structures déduites des données de la sismique profonde et de la sismicité historique laissent présager des accidents plus nombreux et importants.

STRATIGRAPHIE

TERTIAIRE

(par J.-P. BERGER)

Seuls le sommet de la Molasse d'eau douce inférieure (USM) et la base de la Molasse marine supérieure (OMM) représentent les sédiments tertiaires dans notre région.

En raison des nombreuses variations de faciès qui sont l'un des caractères typiques des sédiments molassiques, il est très difficile d'unifier la nomenclature stratigraphique ayant trait aux différentes formations. Dans le passé, chaque auteur ou presque a observé des différences lithologiques suffisantes permettant de proposer un nom nouveau pour les unités cartographiables rencontrées. Ceci nous a incité à élaborer un tableau comparatif des formations molassiques du sommet de l'USM et de la base de l'OMM (tabl. 1).

Molasse d'eau douce inférieure - USM

(Oligocène supérieur - Miocène inférieur)

m₁ **Molasse grise de Lausanne (Aquitainen)**
(NECKER 1841)

Les détails concernant la description, la localisation, les synonymies, ainsi que la littérature correspondante, sont donnés par HABICHT 1987. La localité-type est la «Ville de Lausanne» et les forages de Servion1 et Chapelle1 en donnent un profil complet.

La Molasse grise de Lausanne présente une suite de faciès correspondant à un régime fluvial:

- Chenaux gréseux (moyens-grossiers) à base ravinante, à nombreux galets mous et rares galets exotiques (taille maximale de la grosseur d'une noix).
- Dépôts gréseux (fins-moyens) de *crevasse splay* ou de levée, à base généralement plane.
- Dépôts de plaine d'inondation (*flood plain*) représentés surtout par des marnes et macignos bigarrés (rouges, verts, jaunes, beiges), sur lesquels on observe des traces d'exondations (alternance des couleurs due aux variations du degré d'oxydation du fer, présence de fissures de dessiccation, traces de racines). Les véritables paléosols sont rares, et toujours incomplètement développés. Ils se présentent généralement sous forme de niveaux silteux bruns, noirs ou rouges (BERGER 1985). Des épisodes palustres ou lacustres sont matérialisés

Tableau 1: *Tableau comparatif des unités molassiques du sommet de l'USM et de la base de l'OMM (* notice explicative de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000).*

	Feuille d'atlas topographique	Auteur	«Aquitania» (Oligocène sup. – Miocène inf.)	«Burdigalien» (Miocène inf.)
SW	CN 1243 Lausanne	M. WEIDMANN 1988*	Molasse grise de Lausanne	Molasse marine supérieure
	CN 1223 Echallens	A. BERSIER 1938	Molasse grise de Lausanne	Molasse du Mont et d'Epalinges
		A. BERSIER 1953*	Molasse d'eau douce Molasse grise de Lausanne	Molasse marine
	CN 1203 Yverdon-les-Bains	H. A. JORDI 1951, 1955	Untere Süswassermolasse Serie der oberen bunten Mergel	Marine Molasse Serie der plattigen marinen Sandsteine
		H. A. JORDI 1995*	Grès et marnes bigarrées	Grès marins
	CN 1224 Moudon	L. MORNOD 1949		Couches du Maussion
		J.-C. BOEGLI 1972		La formation gréseuse Couches du Maussion
	CN 1204 Romont	H. INGLIN 1960	L'Aquitainien supérieur La série de Marnand (= Grès de Clamagnaulaz)	Le Burdigalien
		A. BRIEL 1962	Molasse d'eau douce inférieure	Molasse marine supérieure
		M. WEIDMANN 1996*	Molasse d'eau douce inférieure (USM) Molasse grise de Lausanne	Couches de la Singine
	CN 1184 Payerne	J.-L. RUMEAU 1954	Molasse d'eau douce inférieure Grès de Clamagnaulaz	Molasse marine supérieure
	CN 1164 Neuchâtel	J. MEIA et F. BECKER 1976*	Molasse d'eau douce inférieure	Molasse marine supérieure
	CN 1205 Rossens	C. EMMENEGGER 1962		Molasse marine supérieure
		J.-P. DORTHE 1962	Molasse d'eau douce inférieure	La formation gréseuse de la MMS
	CN 1185 Fribourg	R. SIEBER 1959	Grès de Clamagnaulaz	Le Burdigalien inférieur
		C. U. CRAUSAZ 1959	L'Aquitainien	Le Burdigalien
		C. PYTHON et al. 1998*	Molasse grise de Lausanne	Couches de la Singine
	CN 1165 Murten	F. BECKER 1972	Molasse d'eau douce inférieure Formation de Gümnenen (Membre supérieur grés-marneux)	Molasse marine supérieure Formation de Burg
		F. BECKER 1973*	Molasse d'eau douce inférieure	Molasse marine supérieure
	CN 11206 Guggsberg	G. SCHMID 1970		Sandstein-Formation Bausandsteinschichten
NE	CN 1186 Schwarzenburg	B. A. FRASSON 1947	Untere Süswassermolasse	
		R. F. RUTSCH 1967*	Untere Süswassermolasse, Aquitainien	Obere Meeressmolasse, Burdigalien Senseschichten Scherlingaeflugh
		M.E. GERBER 1982	Serie der Sandsteine und bunten Mergel	
		E. M. BLUMER 1976	Gümnenen-Schichten	Sense-Schichten
Travaux de synthèse	J.-P. BERGER 1985	Grès et marnes bigarrées	OMM	
	P. SCHOEPFER 1990		Sense-Schichten	

par des marnes vertes ou noires, à mollusques. Ni calcaires lacustres, ni veines de charbon ne sont observables.

Les minéraux lourds n'ont pas été étudiés sur notre territoire (sauf dans les forages de Fendringen1 et de Courtion1, cf. ci-dessous). MAURER (1983 a, b) donne, pour cette formation, un spectre dominé par l'épidote et l'apatite, marquant son appartenance à la «Genfersee-Schüttung» (drainage axial du sud-ouest au nord-est).

Les meilleurs affleurements d'USM se trouvent dans la vallée du Gotteron, depuis la pisciculture (~580.80/183.50) jusqu'à Ameismühle (~582.70/183.70). Cette coupe laisse voir une épaisseur d'USM de 120 m. D'autres affleurements moins importants mais de très bonne qualité (plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur) peuvent être observés le long de la Sarine (Saane) en aval du barrage de Schiffenen, et dans la marnière de Wallenried.

L'épaisseur totale de la Molasse grise de Lausanne en région fribourgeoise est difficile à estimer, étant donné que seuls les 150 derniers mètres affleurent. Si l'on compare les résultats obtenus dans les forages pétroliers des régions adjacentes, la puissance de la Molasse grise de Lausanne passerait de plus de 1000 m en position proximale (Servion1, Linden1) à quelques centaines de mètres en position distale, au passage avec la «Obere bunte Molasse» de HEIM & HARTMANN (1919). Les deux forages situés sur la feuille Fribourg ont donné respectivement 600 m + x à Courtion1 et 910 m + x à Fendringen1. Nous reviendrons sur ces données dans le chapitre consacré à la recherche pétrolière (p. 41).

Contenu fossilifère et âge

A l'exception de quelques trouvailles isolées (débris d'hélicidés dans le ruisseau de Coussiberlé, hélicidés et fragments de mammifères près de Wallenried, cf. RAMSEYER 1952 p. 191-193), l'USM de la feuille Fribourg a longtemps été considérée comme azoïque (SIEBER 1959, CRAUSAZ 1959). Récemment pourtant, BERGER (1985) a mis au jour diverses microfaunes et microflores dans les profils du Gotteron, de Courmillens et de Schiffenen (cf. coordonnées et lithologies ci-dessous):

– Ameismühle1 et 2	Marnes argileuses grises	582.75/183.58
– Gotteron1 et 6	Marnes bleues (Gott.1) et noires (Gott.6)	580.94/183.70
– Courmillens6	Marnes vertes	574.88/189.60
– Schiffenen4	Marnes gréseuses noires	581.78/192.12
– Maison Rouge	Marnes vertes	569.36/181.81 (feuille Rossens)
– Wallenried	Grès et marnes	574.45/192.45

Parmi les fossiles mis à jour se trouvent des mollusques continentaux (hélicidés, limacelles) ou dulcicoles (*Hippeutis*), des ostracodes (*Neocyprideis* sp. 691, CARBONNEL et al. 1985), des dents pharyngiennes de poissons d'eau douce (*Squalius*, *Scardinius*, *Leuciscus*, *Serrodens*), des reptiles terrestres ou amphibiens (*Ophisaurus*, crocodiles) ainsi que quelques fruits et graines de plantes cyperacées palustres (*Cladium oligovasculare*, *Cladocarya trebovensis*) ou de plantes arborescentes

terrestres d'affinité subtropicale (*Saurauia*), et quelques charophytes («algues» d'eau douce: *Stephanochara rhabdocharoides*, BERGER 1983).

Ces organismes confirment la présence de milieux de dépôts terrestres et dulcicoles, non saumâtres. Il n'y a donc pas d'influences marines détectables au sommet de l'USM de la région fribourgeoise.

La marnière de Wallenried, qui représente le plus bel affleurement d'USM de la feuille Fribourg, a fait l'objet d'un travail de diplôme à l'Institut de Géologie de l'Université de Fribourg (BECKER 1996). Ce travail, postérieur à l'édition de la carte, a notamment mis à jour un riche gisement de vertébrés fossiles comprenant des reptiles (vertèbres et dents de crocodiles, carapaces de tortues) et des mammifères (os et mâchoires de cervidés, dents de micromammifères).

En plus des faunes et flores citées plus haut, des découvertes de micromammifères fournissent d'intéressantes données biostratigraphiques. BERGER (1985) a mis à jour les 4 gisements suivants:

— Gotteron1 & 6

Deux horizons, à 1 m l'un en dessus de l'autre; 160 kg prélevés, 25 molaires, 12 taxons parmi lesquels:

Glirudinus modestus

Peridyromys occitanus

Peridyromys brailloni

Peridyromys jaegeri

Pseudotheridomys parvulus (?*Ps.* aff. *lacombai* in ENGESSER 1990)

Eucricetodon sp.

Melissiodon sp.

Insectivores ind.

Lagomorphes: *Prolagus vasconiensis*

— Ameismühle2

90 kg prélevés; 12 molaires appartenant à 5 taxons, parmi lesquels:

Steneofiber eseri (castor)

Peridyromys murinus

Pseudotheridomys parvulus (?*Ps.* aff. *lacombai* in ENGESSER 1990)

Talpidés ind.

Lagomorphes ind.

— Schiffenen4

30 kg prélevés; 5-6 molaires appartenant à 4 taxons:

Gliridés ind.

Pseudotheridomys parvulus (?*Ps.* aff. *lacombai* in ENGESSER 1990)

Galerix sp.

Lagomorphes ind.

BECKER (1996) décrit à Wallenried les taxa de micromammifères suivants: cricétidés (*Eucricetodon* aff. *gerandianus*), gliridés (*Peridyromys murinus*), lagomorphes (*Prolagus praevasconiensis*). Age: MN2b (niveau de Mèbre 698).

Notons enfin que le cadastre des mammifères fossiles de Bâle signale la découverte, dans un sable à galets mous situé au-dessus des marnes bigarrées, d'un fragment de mâchoire de *Rhinocéros*, avec 2 dents (dossier 1185/2 Schiffenen, 581.35/192.30, alt. 495 m). Cette belle pièce, découverte en 1965 et déposée au

Musée d'histoire naturelle de Fribourg, a été déterminée par J. Hürzeler comme *Ceratorhinus* cf. *tagicus* ROMAN. Elle n'a pas fait l'objet d'une révision plus récente.

Conclusions biostratigraphiques: les faunes de mammifères connues dans diverses localités de la Molasse grise de Lausanne montrent que cette formation est généralement comprise entre les zones MN1 (niveau de Boudry²) et MN2b (niveau de La Chaux ou de Vully¹), ce qui correspond plus ou moins à «l'Aquitainien» (cf. discussion détaillée dans BERGER 1992). En ce qui concerne les gisements fribourgeois, deux remarques s'imposent:

1. Tous les gisements sont situés à l'extrême top de la formation. Ils datent le sommet de celle-ci entre les niveaux de La Chaux et de Brüttelen².
2. L'absence de *Rittereria manca*, très fréquent dans tous les gisements suisses datés du niveau de La Chaux, laisse supposer que le sommet de l'USM, en région fribourgeoise, pourrait être daté des niveaux de Vully¹ ou de Brüttelen², ce qui est légèrement plus jeune que le top de cette même «formation» dans la région de Romont ou de Lausanne.

Problème des «Couches de l'Arbogne» et des «Grès de Clamagnaulaz»

La distinction par RUMEAU (1954), au sommet de l'USM, d'un membre marneux («Couches de l'Arbogne») surmonté d'un membre plus gréseux («Grès de Clamagnaulaz»), ne se justifie pas, comme l'a montré BERGER (1985, p. 31-32). En effet, le rapport grès/marnes dans les Grès de Clamagnaulaz et dans les Couches de l'Arbogne ne montre aucune différence significative. D'autre part, CRAUSAZ (1959) rapportait au Grès de Clamagnaulaz les 120 m d'USM affleurant sur sa carte ainsi que les 167 m affleurant au Vully, alors que RUMEAU indiquait que Couches de l'Arbogne + Grès de Clamagnaulaz formaient un ensemble d'environ 130 m. Tout ceci démontre qu'une telle distinction est arbitraire et qu'il est préférable d'abandonner cette terminologie. De plus, une confusion a été faite par SIEBER (1959) qui a cartographié, sous le nom de Grès de Clamagnaulaz, non seulement des assises gréseuses du sommet de l'USM, mais aussi des bancs de Molasse marine (OMM). C'est ainsi qu'une grande partie de la zone cartographiée par SIEBER comme «Aquitainien, Grès de Clamagnaulaz» dans la région d'Oleyres est en réalité de l'OMM. Ceci explique aussi pourquoi cet auteur y avait trouvé des foraminifères et des mollusques marins.

Limite USM/OMM

La cartographie de la limite USM/OMM peut varier selon les auteurs: on y trouve en effet bien souvent des niveaux de transition marins-dulcicoles, marqués généralement sur le terrain par des alternances Marnes bigarrées (dulcicoles)/Grès marins. Comme l'a montré BERGER (1985), la limite peut être choisie soit au premier banc de grès marin, soit au dernier banc de marnes, soit à la morphologie (qui change lorsque les grès de l'OMM deviennent vraiment prédominants). Suivant

cet auteur, c'est ce dernier critère que nous avons adopté, car c'est le seul qui soit applicable à la cartographie.

Notons également qu'aucune discordance angulaire entre USM et OMM n'a été observée sur le territoire de la feuille Fribourg.

Molasse marine supérieure - OMM

(Miocène inférieur)

m₂ Couches de la Singine (Burdigalien)

(Sense-Schichten, RUTSCH 1966)¹⁾

Les faciès de l'OMM fribourgeoise présentent une base parfois conglomératique suivie par une série de grès dont les structures sédimentaires ont fait l'objet de nombreuses publications. Ils forment la quasi-totalité des dépôts sédimentaires de l'OMM affleurant dans notre région. Leur granulométrie varie de grès grossiers conglomératiques à des grès fins et des silts. Ils sont généralement glauconieux.

Les *grès grossiers*, *moyens* et *fins*, dont les structures sédimentaires variées ont été étudiées depuis des décennies, constituent la majorité des affleurements de l'OMM. A la fin des années 1950, SIEBER et CRAUSAZ ont décrit divers faciès (faciès à moellons, faciès à rides de plage, faciès à lentilles), qu'ils ont interprétés selon les connaissances de l'époque. Avec l'avènement de la sédimentologie «moderne», les interprétations se sont affinées au gré des modèles et des auteurs (voir notamment les publications de HOMEWOOD, ALLEN ou BERGER). LEJAY (1991a, b) a publié les résultats de l'analyse séquentielle qu'il a réalisée sur diverses coupes situées le long de la Sarine.

Sur les quatre principaux domaines distingués par HOMEWOOD (1981), les sédiments affleurant sur la feuille Fribourg appartiennent essentiellement à «l'ensemble de faciès côtiers», dont la puissance varie de 300-700 m d'épaisseur. LEJAY (1991a, b) y distingue et décrit plus d'une vingtaine de faciès, dont l'environnement principal est de type estuarien. La falaise de la Maigrage, par exemple (coord. 578.44/183.30) présente des chenaux de marées intertidaux majeurs marqués de barres d'accrétion latérale d'une dizaine de mètres d'épaisseur, accompagnés de *sand-waves* subtidales et de faciès d'estrans intertidaux aux structures bipolaires en arête de poisson (*herringbone structures*).

Dans certains cas, des cyclicités mensuelles vives-eaux/mortes-eaux analogues à celles de la région de Rossens (HOMEWOOD & ALLEN 1981, ALLEN & HOMEWOOD 1984) ont pu être observées et calculées (BERGER 1985, coupe du Gotteron, coord. 580.62/183.50).

¹⁾ Dans la notice explicative de la feuille Romont, WEIDMANN (1996) discute de la nomenclature des formations de l'OMM. Nous y renvoyons le lecteur et adoptons le choix de cet auteur en attribuant le nom de Couches de la Singine à l'OMM de la feuille Fribourg.

L'analyse des faciès permet de déduire, pour l'OMM fribourgeoise, des conditions de marées semi-diurnes asymétriques avec un marnage méso- à macrotidal moyen de 3,50 m (entre 2,50 m en périodes de mortes-eaux et 4,60 m en périodes de vives-eaux). La distance sur laquelle le vent souffle sur un plan d'eau, induisant des effets de houle (le *fetch*), est estimée à environ 100 km (HOMEWOOD & ALLEN 1981; ALLEN & HOMEWOOD 1984; HOMEWOOD et al. 1989).

Les *grès conglomératiques* se rencontrent généralement vers la base de la formation. Ils contiennent des galets de petite taille dont la composition a été discutée par CRAUSAZ (1959): il y dénombre des galets cristallins (granite, diorite, syénite, tufs andésitiques, porphyre, serpentine, diabase, gneiss, quartzite) et sédimentaires (calcaire oolithique, radiolarite, grès glauconieux, etc.). Selon cet auteur, les galets cristallins ont une affinité «grisonne», alors que la majorité des éléments sédimentaires sont attribués aux flysch paléocènes.

Dans certains cas, les grès conglomératiques laissent observer des empreintes de bivalves, passant imperceptiblement d'un grès à galets au «Muschelnagelfluh» ou au faciès coquillier. De tels affleurements ont été décrits par les anciens auteurs («Carrières de Combes et de Cormanon», cf. MUSY 1903, «à l'Est de Grolley», cf. GILLIÉRON 1885, p. 389, «Carrières de Combes et du Bois de Châtel», cf. ROTHEY 1917, «Forêt du Grand Belmont – Bois de Châtel et Forêt de Combes», cf. SIEBER 1959, «Grossguschelmuth – Bois de la Palud», cf. CRAUSAZ 1959). La majorité de ces affleurements ne sont hélas plus visibles aujourd'hui. Seule la carrière dans le Bois de Combes (coord. 571.92/185.66) est encore accessible et montre des mégarides coquillières plurimétriques mises en place sous l'influence des marées. C'est le seul affleurement noté en «faciès coquillier» (*grès coquillier*) sur la carte.

Les *marnes* sont pratiquement inconnues. CRAUSAZ (1959) en signale en un seul endroit: dans une fouille d'immeuble de la Vignettaz, à Fribourg. Il s'agit probablement d'un bref intermédiaire régressif analogue à ceux qu'a décrits WEIDMANN sur la feuille Romont. Nous n'avons pas retrouvé d'affleurements de ce type au cours de nos investigations.

Puissance

Les meilleurs affleurements d'OMM visibles sur la feuille Fribourg se trouvent dans la vallée de la Sarine entre Fribourg et Schiffenen. Diverses carrières (Beaugard, Oleyres, Courtepin-Les Roches, Seedorf, Bois de Combes) permettent également d'observer les structures sédimentaires dans de bonnes conditions. Une mention particulière doit être faite pour les grottes de la Madeleine (578.25/186.94): en plus de son intérêt esthétique et historique, cet ermitage creusé dans la Molasse au XVII^e siècle permet d'observer des structures sédimentaires particulièrement bien conservées dans les trois dimensions (HOMEWOOD et al. 1985).

L'épaisseur de la formation affleurant sur la feuille est difficile à cerner avec précision. CRAUSAZ (1959) l'estime à 330 m (région de Barberêche). Dans les ré-

gions voisines, l'OMM peut atteindre de 500 à 750 m, voire même près de 1000 m en position franchement proximale (forage Linden1 par exemple). Cette différence s'explique par le fait que toute la partie supérieure de la formation (et notamment tout le faciès «Helvétien») a été érodée sur le territoire de la feuille, ainsi que par une position relativement distale.

Minéraux lourds

Les minéraux lourds n'ont pas été étudiés sur le territoire de la feuille Fribourg. Toutefois, pour les faciès coquilliers de Suisse occidentale, le cortège est de type «Epidote-Apatite-Hornblende-Grenat», caractéristique de la «Southwestern Province» (ALLEN et al. 1985).

Paléontologie

Les macrofossiles sont très rares dans l'OMM fribourgeoise: quelques coquilles de bivalves, généralement déterminés comme «*Maetra*», «*Venus*» ou «*Tapes*», sont signalées ici et là (RAZOUKOWSKY 1789, LARDY 1822, TERCIER 1941, CRAUSAZ 1959, SIEBER 1959). En outre, quelques dents de requins ont été signalées dans les carrières de Cormanon (MUSY 1903, LERICHE 1927: *Odontaspis cuspidata*; près de Villars-sur-Glâne), de Beauregard («*Lamna*», TERCIER & MORNOD 1941; coord. 577.60/183.60) et du Bois de Combes (GILLIÉRON 1885; coord. 571.92/185.66). D'autre part, TERCIER (1941) cite «quelques feuilles du genre *Cinnamomum*» dans la vallée du Gotteron.

Récemment, BERGER (1985) a mis à jour divers microfossiles dans divers horizons du Gotteron, de Coussibertlé, d'Oleyres, de Romanex et de Schiffenen:

— Foraminifères benthiques:

<i>Lenticulina vortex</i>	<i>Elphidium ortenburgense</i>
<i>Stilostomella ottnangensis</i>	<i>Elphidium ungeri</i>
<i>Planulina wuellerstorfi</i>	<i>Cribronionion cryptostomum</i>
<i>Ammonia becarii</i>	<i>Cribronionion subnodosum</i>
<i>Bolivina fastigia</i>	<i>Protelphidium subgranosum</i>
<i>Elphidium crispum</i>	<i>Protelphidium tuberculatum</i>
<i>Elphidium glabratum</i>	<i>Cibicides perlucidus</i>
<i>Elphidium flexuosum subtypicum</i>	<i>Pullenia bulloides</i>
<i>Elphidium flexuosum flexuosum</i>	<i>Cibicoides pseudoungarianus</i>
<i>Elphidium macellum</i>	<i>Hanzawaia boueana</i>

— Ostracodes:

<i>Krithe</i> ou <i>Cushmanidea</i>	<i>Eucytherura textilis</i>
(à Oleyres)	(à Romanex)

Ces microfaunes appartiennent au Miocène inférieur (Eggenburgien-Ottanangien). Elles permettent de souligner un mélange de faunes téthysiennes (par ex. *Elphidium glabratum*, *Cribronionion subnodosum*, *Eucytherura textilis*) et paratéthysiennes (*Stilostomella ottnangensis*). D'autre part, si la majorité des microfaunes confirment les hypothèses sédimentologiques concernant la paléobathymétrie, à

savoir de 0 à 30 m environ, certains taxons (*Hanzawaia*, *Cibicidoides*, *Lenticulina*, *Pullenia*) laissent supposer l'existence de milieux plus profonds, de l'ordre de 50-100 m, dont la localisation reste énigmatique. Une discussion détaillée de ces problèmes est donnée par BERGER (1985).

Molasse sous couverture quaternaire peu épaisse

Le figuré de molasse sous couverture quaternaire peu épaisse a été utilisé pour représenter les surfaces dans lesquelles la molasse est «subaffleurante», recouverte seulement de ses produits d'altération in situ, parfois mêlés à une mince pellicule de moraine argileuse ou graveleuse. L'épaisseur de cette couverture ne devrait pas dépasser 1 m, mais ce n'est là qu'une indication assez approximative. Des précisions non négligeables ont été obtenues grâce à des sondages effectués à la tarière.

Gisements fossilifères

La majorité des macrofossiles trouvés par le passé l'ont été par hasard, et ne peuvent être considérés comme appartenant à des «gisements». De plus, la relative imprécision de leur localisation rend illusoire toute annotation sur la carte. Nous n'avons pas non plus mentionné comme gisements les grès coquilliers, étant donné qu'ils sont déjà soulignés par un figuré particulier (carrière du Bois de Combes).

Au niveau des microfaunes, les «gisements» à foraminifères ou ostracodes sont constitués par divers horizons prélevés dans les grès de l'OMM. La localisation précise de ces horizons peut être trouvée dans BERGER (1985).

Ainsi, seuls les gisements ayant fourni des micromammifères ont été désignés comme tels sur la feuille Fribourg: Ameismühle², Gotteron¹ et 6, Schiffenen⁴. Notons ici encore le gisement de Wallenried, découvert par BECKER (1996) après la publication de la carte. Il n'y figure donc pas.

QUATERNAIRE

(par C. PYTHON)

Les sédiments quaternaires constituent l'essentiel des dépôts recouvrant le territoire de la feuille. La succession observée, des niveaux les plus anciens aux plus jeunes, débute par des dépôts graveleux d'origine fluvio-glaciaire et localement deltaïque, ou limono-argileux d'origine aquatique. Ils ne sont pas datés, mais attribués à un interstade würmien ou à un interglaciaire plus ancien. Ces niveaux n'ont été que localement préservés par la dernière glaciation würmienne. Celle-ci a marqué son passage en déposant une moraine limoneuse, sableuse ou graveleuse, sur l'ensemble du territoire. La direction générale du déplacement du glacier du Rhône peut être reconstituée par l'orientation d'allongement des drumlins. Une sédimentation fluvio-glaciaire et glaciolacustre, essentiellement gravelo-sableuse et limoneuse, déposée lors du retrait glaciaire, repose sur la moraine. Des terrasses graveleuses tardi- et postglaciaires se sont localement formées en bordure d'un réseau fluvial naissant (celui de la Sarine/Saane). Des dépôts subrécents à récents terminent cette succession: les dépôts d'inondation du lac de Morat, les alluvions de la Basse-Broye et les dépôts lacustres du lac de Seedorf (particulièrement bien datés).

Pléistocène

q_{sv} Dépôts inframorainiques fluvio-glaciaires (Pré-/Eowürm)

Ce terme désigne les sédiments remplissant d'anciennes dépressions taillées dans le substratum molassique, et scellés par la moraine rhodanienne. Ils sont visibles dans la vallée du Chandon, la vallée de la Sarine et ses affluents en rive droite, principalement le Richterwilbach, le Horiabach et le Gotteron, de même que dans les affluents de ce dernier, la Galtera et le Tasbergbach, et localement dans la vallée de la Sonnaz. En dehors du réseau hydrographique actuel recoupant ces dépôts, ils sont mis à jour par l'exploitation de graviers, par exemple à Wittenbach, Räsch, Galmis, Fillistorf.

Les types de dépôts suivants ont été différenciés lors du levé de terrain, en fonction de leur composition:

Dépôts inframorainiques à prédominance graveleuse

Ils forment l'essentiel des dépôts inframorainiques. Ce sont des graviers, parfois très grossiers (p. ex. au Galmisberg), à stratifications le plus souvent planes, parfois obliques. Ils peuvent être cimentés soit partiellement, en fonction de la classe granulométrique, ce qui correspondrait à un début de la phase de cimentation (VAN DER MEER 1982), soit totalement, tels quelques beaux exemples affleurant en bordure du plateau de Fribourg (en rive gauche de la Sarine des Daillettes

jusqu'au sud des Grands-Places, en rive droite à la Porte de Bourguillon et sur les versants d'un affluent de la Sarine entre le Windig et Bellevue pt.623). L'épaisseur de ces dépôts est variable: de quelques mètres, par exemple 4 m au Stöckholz (à l'est de Schiffenen), ils peuvent atteindre une puissance supérieure à 20 m dans le bassin de Tavel (Tafers). Ils épousent les paléoreliefs molassiques, laissant ainsi supposer parfois la présence d'épaisseur exagérée de graviers (CRAUSAZ 1959).

La composition pétrographique des galets montre un mélange alpin et préalpin (PUGIN, communication écrite) et, selon SIEBER (1959) et CRAUSAZ (1959), comporte 70 à 90% d'éléments carbonatés. Dans son travail sur le Quaternaire de la région de Fribourg, VAN DER MEER (1982) reconnaît trois systèmes fluvioglaciaires antérieurs à la dernière glaciation (Sarine, Chandon, lac de Morat - Seeland): l'étude pétrographique sur la fraction fine (16-25 mm) semblerait démontrer que chacun de ces systèmes possède sa propre composition pétrographique, avec une augmentation générale des éléments cristallins du sud-est vers le nord-ouest (KELLERHALS & TRÖHLER in VAN DER MEER 1982, p.44). Cependant PORTMANN (in VAN DER MEER 1982, p.44) mentionne que la composition pétrographique varie selon la tranche granulométrique étudiée.

Interprétés comme matériel de remplissage des dépressions creusées avant la dernière avancée glaciaire, ces graviers ont comblé d'anciennes vallées par des dépôts de type sandur, et débordé pour former des terrasses de kames aujourd'hui érodées. Des sillons d'érosion glaciaire, laissant dans la molasse des parois verticales, ont été observés:

- au nord-ouest de Corsalettes, dans la gravière en exploitation de Malforin (570.95/188.80),
- à l'est d'Autafond, dans l'ancienne gravière des Moulins (572.93/184.55), décrite par SIEBER (1959),
- à Pensier, gravière mentionnée par CRAUSAZ (1959) et actuellement remblayée (577.20/188.25),
- dans la gravière d'Agy, d'exploitation récente (578.35/186.20).

La majorité de ces dépôts serait ainsi d'origine fluvioglaciaire selon VAN DER MEER (1982) et PUGIN (1989). Cependant, il faut noter que dans deux gravières, situées sur les rives droite et gauche du Chandon (Champ du Bry à 571.05/189.75 et Moulin Neuf à 569.90/190.60), des dépôts sous-jacents aux graviers fluvioglaciaires ont été interprétés par VAN DER MEER (1982) comme témoins d'une sédimentation essentiellement fluviale en raison de la composition des graviers.

Les graviers inframorainiques situés sur le territoire de la feuille Fribourg, présentent des variations géométriques importantes; les observations y sont ponctuelles. Il est dès lors difficile d'esquisser des relations chronologiques entre ces dépôts. Stratigraphiquement, ces dépôts précèdent la dernière glaciation du Würm. Pour les anciens auteurs, ils appartiendraient à l'interglaciaire «Riss»-Würm et même au fluvioglaciaire «rissien». La tendance actuelle est de rajeunir ces dépôts. L'analyse au ¹⁴C effectuée sur un fragment de bois trouvé dans la gravière de

Champ du Bry (VAN DER MEER 1982) permet de fournir du moins localement une datation absolue: 55100 (+4500/-2900) BP, soit un interstade du Würm moyen.

La gravière de Wittenbach (578.20/187.60) a été récemment réexploitée et a atteint les couches inframorainiques fluvioglaciaires. Grâce à la collaboration de l'entreprise Grisoni & Zaugg SA, Domdidier, et avec l'aide du Musée d'histoire naturelle de Fribourg, nous avons pu examiner des fragments d'une défense de mammoth mis à jour en mai 1995: elle contenait encore quelques résidus de collagène et a pu être datée au ^{14}C de 45500 ± 1200 BP.

Il faut signaler que les graviers cartographiés à Menziswil (581.45/185.25), à la gravière de Hubel (583.55/189.90), et au village de Fillistorf (583.95/190.35), ont été attribués aux dépôts inframorainiques, suivant ainsi les auteurs, sans que le contact avec la molasse à la base ou la moraine au sommet ait cependant pu être observé.

Dépôts inframorainiques deltaïques

Ils forment, à la limite nord de la feuille, le soubassement des collines d'Overesses, du Bois de Rosset et du Bois de Motte (feuille N° 63 Murten).

Dépôts inframorainiques argileux

Ces dépôts, déjà signalés par MOLLET (1926), puis BÜCHI (1935, 1937), sont observés à l'extrémité sud-est du territoire de la feuille Fribourg: le long de deux branches du cours supérieur du Gotteron, soit sur les flancs de la Galtera (Hintergraben) et dans le cours de son affluent rive droite (au nord). Ils sont une des causes des instabilités de terrain observées sur les pentes de ces ruisseaux. Il s'agit de sédiments constitués de limons et marnes limoneuses, gris, à laminations, présentant de rares apparitions de galets; leur épaisseur atteint 3-4 m dans l'affluent nord et semble plus importante dans la Galtera. Ils reposent sur les graviers inframorainiques ou directement sur le soubassement molassique. Ils passent graduellement vers le haut à des limons argileux, présentant une nette augmentation de la teneur en galets.

Les auteurs semblent s'accorder pour attribuer les laminations observées à une formation d'origine aquatique. Certains (BÜCHI 1935, 1937; TERCIER & BIERI 1961) rapprochent ces dépôts des «argiles rubanées» du bassin de Plaffeien (feuille N° 36 Gurnigel). Pour d'autres cependant (TERCIER 1928, SCHMID 1970), les «Seetone von Plaffeien» seraient des dépôts de barrage contre les moraines rhodaniennes du maximum würmien; dans ce cas, il n'y aurait pas de relation avec les dépôts inframorainiques argileux de la feuille Fribourg.

Paléontologie

Les seuls fossiles rencontrés dans les graviers inframorainiques sont des fragments de défenses de mammoth (*Elephas primigenius* BL.). Ils sont déposés au Musée d'histoire naturelle de Fribourg. Pour la localisation des découvertes on

peut se rapporter à FAVRE (1878), GILLIÉRON (1885), CRAUSAZ (1959), WEIDMANN & MONBARON (1993).

q_{4 m} Moraine rhodanienne (Würm)

La moraine déposée lors de la dernière glaciation est d'origine rhodanienne.

A dominance limoneuse, sableuse ou graveleuse, la composition lithologique de la moraine est en partie dépendante du substrat sur lequel elle repose. En effet, elle s'alimente du matériel érodé et incorporé à la base du glacier. L'épaisseur de la couverture morainique est très variable: les sondages et forages montrent que sa puissance est généralement d'ordre métrique; elle n'atteint que rarement la quinzaine de mètres, et exceptionnellement une épaisseur de 33 m a été atteinte par forage (Hôpital cantonal, 577.10/183.42). La moraine repose sur les dépôts inframorainiques, ou est en contact direct avec la molasse lorsque le glacier a arasé ces dépôts; dans ce cas, le toit de la molasse a souvent été également érodé par processus d'arrachement et broyage à la base cisaillante du glacier.

Des sables stratifiés et glacictonisés présents parfois à la base de cette moraine indiquent également, selon A. PUGIN (comm. écrite), des écoulements d'eau.

Selon les répartitions granulométriques observées, deux types de dépôts ont été distingués au sein de la moraine: la moraine informe et la moraine graveleuse.

Moraine argileuse, limoneuse, sableuse

GILLIÉRON (1885) a utilisé le terme de Moraine informe pour ce type. Il s'agit d'une moraine de structure homogène, fréquemment massive et compacte, limono-sableuse, de teinte brune à grise, présentant des teneurs variables en blocs ou galets, souvent striés. Elle forme l'essentiel des dépôts morainiques rencontrés.

Localement, un type de moraine essentiellement argilo-limoneuse, de couleur gris-bleu, a été observé; il s'agit d'une masse généralement homogène, compactée, avec présence de galets. Elle n'a pas été cartographiée séparément en raison de son développement local et réduit en épaisseur; elle affleure le plus fréquemment dans le fond des ruisseaux. CRAUSAZ (1959) signale des dépôts de «moraine de fond argileuse» dans le bassin de Fribourg (de Fribourg à Grandfey), au sud de Guin (Düdingen), et dans la région située entre Stöckholz (581.80/191.80) et Riederberg (583.22/192.50). SIEBER (1959, p. 207) mentionne quelques observations de «moraine argileuse» ou «argile à blocs»: dans le Bois de la Faye (au sud de Léchelles), dans le Rio des Chaudières (= ancien nom utilisé par les auteurs d'après la Carte Siegfried N° 330; d'après la Carte Nationale N° 1185 = Les Chaudeires; région de Ponthaux), à l'ouest de Grolley dans l'affluent occidental du Rio de la Marèche, à l'est de Courlevon (colline d'Oberholz). En outre, ces dépôts ont été observés: à l'est de Courtaney (572.25/182.92); sur les versants du Tasbergbach et du Gotteron (Galtera), où ils présentent une épaisseur inférieure à 10 m.

Moraine graveleuse

Il est possible de distinguer dans certaines zones – sans que les limites soient toutefois nettement tranchées – un matériel morainique de composition essentiellement sablo-graveleuse, à matrice limoneuse. En section, cette moraine montre parfois des niveaux granoclassés, généralement associés à une stratification fruste et irrégulière. Les moraines sablo-graveleuses déterminent très fréquemment des reliefs positifs (p. ex. les reliefs sis au nord de la plaine Grolley-Cournillens, ainsi qu'à l'est de Guin, ou encore les collines entourant le marais drainé situé à l'est de Tavel).

La moraine sablo-graveleuse peut être interprétée comme un *lodgement-till* ou dépôt sous-glaciaire (VAN DER MEER 1982, PUGIN 1989).

Drumlins

Certaines collines cartographiées comme moraine sablo-graveleuse présentent les caractéristiques propres aux drumlins, particulièrement à l'est de Guin. La colline de Galmisberg en constitue un bel exemple.

VAN DER MEER (1982) reconnaît de très nombreux drumlins: de forme allongée, ils seraient concentrés le long d'un axe sud-ouest-nord-est depuis le sud d'Avenches, et seraient isolés et de forme plus irrégulière sur le plateau, toujours avec la même orientation. Ce dispositif peut être utilisé pour reconstruire le sens de déplacement du glacier.

Blocs erratiques

Les blocs erratiques furent intensément exploités par le passé et utilisés comme pierre de fondation de bâtiments ou pour d'autres applications (pierres à chaux, pierres à meules, etc.). En 1866-67, à la suite d'un intérêt nouveau pour l'étude des terrains glaciaires, un géologue adresse, par l'intermédiaire de la Commission géologique, un appel aux Suisses à conserver les blocs erratiques (GILLIÉRON 1885). BEHMER (1912) dresse un inventaire des blocs erratiques avec leur origine pour quelques localités du plateau fribourgeois (voir aussi BOLLIN 1995, 1997). On rencontre:

- des gneiss et migmatites provenant du Massif des Aiguilles Rouges,
- des gneiss d'Arolla, des granites du Mont-Blanc et des granodiorites de Fully,
- des grès et conglomérats de Vallorcine, du Carbonifère supérieur et du Permien,
- des grès et des calcaires siliceux de l'Helvétique,
- et enfin, en prédominance, des conglomérats du Mont-Pèlerin.

Aujourd'hui, les blocs préservés ont souvent été déplacés pour les besoins de l'agriculture ou servent d'éléments de décoration. Quelques blocs importants ont été cartographiés.

Datation

Le maximum de la glaciation würmienne est daté dans nos régions d'environ 23 000 ans BP (PUGIN 1989).

q_{4sR} Dépôts de retrait

Ces dépôts sont essentiellement constitués de matériel graveleux, sableux et limoneux. Morphologiquement, ces niveaux forment des terrasses de kames (VAN DER MEER 1982), s'étageant à des altitudes variant de 480 m au nord (Bösingen) à 720 m au sud (St-Ours/St. Ursen), ainsi que le placage de nombreux versants. On les rencontre sur l'ensemble du territoire de la feuille Fribourg, à l'exception de l'extrémité nord-ouest au nord d'une ligne Léchelles, Villarepos, Bois de Rosset. Ils se développent largement sur le plateau de Guin.

Des structures sédimentaires de types torrentielles ou deltaïques ont été observées (VAN DER MEER 1982; A. Pugin, comm. orale): les niveaux de sables ou graviers présentent parfois des inclinaisons de 15° à 45°. Des dépôts laminés de sables fins et limons, pouvant rappeler une sédimentation sous forme de varves, peuvent fréquemment s'observer, intercalés dans des niveaux plus grossiers. La plupart de ces dépôts présentent des déformations internes complexes et des microfractures. Ils ont été interprétés comme des dépôts fluvioglaciaires.

A l'ouest de Guin, une suite de collines, dont le flanc sud-ouest présente souvent des sédiments glacitectonisés, sont disposées sans alignements évidents: Balliswil, Wittenbach, Ottisberg, Balbertswil, Luggiwil. Les affleurements font apparaître des dépôts de graviers disposés en *foresets* et des sables déposés en turbidites attestant d'un milieu de dépôts dans des lacs supra- à intraglaciaires (A. Pugin, comm. écrite). A Fribourg également, à l'est de la voie ferrée actuelle, un lac de retrait glaciaire devait s'étendre de l'actuelle Place Georges Python (578.43/183.78) jusqu'au Plateau de Péroles au sud (578.62/182.50). D'autres lacs de faible extension et de même origine se sont formés lors de cette phase de retrait glaciaire (exemples: la dépression située entre les reliefs de moraine graveleuse de Schällenberg et Bodenholz au nord de Fillistorf; la région d'Engertswil au nord-ouest de St-Ours). La glacitectonisation avec failles inverses de compression démontre que l'activité du glacier était encore importante lors du dépôt de cette formation. Ainsi, l'édification du système de terrasses de direction sud-ouest-nord-est, qui se suit depuis Le Bry - La Roche - Le Mouret - Bonnefontaine (feuille Rossens) jusqu'à St-Ours - Tavel - Wünnewel, serait liée, selon KRAYSS (1989), aux écoulements d'eaux de fonte en bordure du glacier du Rhône, durant la phase attribuée au «Bernier Stadium».

Des dépôts de retrait glaciaire sont particulièrement bien développés sur le pourtour du lac de Seedorf, où des forages ont révélé une épaisseur supérieure à 35 m. De même, un front de taille de plus de 30 m de hauteur est ouvert dans les sables et graviers de retrait de la gravière de Gluntacher (angle sud-est de la feuille, à l'est de Wolgiswil à 584.82/182.70).

Paléontologie

Les seules découvertes paléontologiques connues dans le fluvioglacière de retrait sont celle d'un squelette de cerf (*Cervus elaphus* L.), découvert à Garmiswil, et d'os de marmotte (*Marmota marmota* L.) dans la région de Guin. Le matériel est déposé au Musée d'histoire naturelle de Fribourg.

q_{5s} Terrasses graveleuses tardi-à postwürmiennes

Des terrasses d'alluvions ont été cartographiées entre Kleinbösingén et Bösingén, à l'amont de la confluence de la Sarine (Saane) et de la Singine (Sense). Deux niveaux de terrasses, constituées de sables et graviers, sont superposés entre 495-505 m et 505-515 m. Au nord de Fribourg, des terrasses témoignant des stades d'enfoncement de la Sarine sont signalées sur la carte. Elles sont attribuées à l'époque tardi-à postglacière en raison de la composition de leur matériel et témoigneraient de la naissance du réseau fluvial de la Sarine (BECKER 1973).

Holocène

Dépôt d'inondation du lac de Morat

Limons d'inondation du lac de Morat / Murtensee (correspondant aux dépôts lacustres de la feuille N° 63 Murten de l'atlas géologique de la Suisse 1:25 000) s'étendant sur toute la plaine de la Basse-Broye.

Ils recouvrent, à une profondeur variable (0-6 m), un complexe palustre constitué d'un niveau de tourbe dont l'épaisseur varie de 30 cm à env. 1 m, lui-même sus-jacent à des alternances de sables et graviers (épaisseur supérieure à 30 m) qui constituent le sommet du remplissage alluvionnaire de la vallée de la Broye (voir ci-dessous).

Selon GILLIÉRON (1885), au nord d'Avenches, une élévation de 15 m de large et un mètre de hauteur est attribuée à un ancien cordon littoral, marquant un ancien rivage du lac de Morat, ennoyé par les alluvions récentes.

Alluvions anciennes de la Basse-Broye

Observable à l'affleurement plus en amont (feuille N° 99 Romont), le remplissage alluvionnaire de la vallée de la Broye n'est connu, dans le tronçon de la plaine occupant l'angle nord-occidental de la feuille Fribourg (rive droite de la Basse-Broye au nord-ouest d'une ligne Domdidier - Avenches - Le Russalet), que par des études géophysiques et quelques forages. Les alluvions anciennes y sont en effet partout recouvertes de dépôts récents d'inondation du lac de Morat, et partiellement d'alluvions récentes issues des cônes de déjection (voir les rubriques correspondantes).

La genèse de la vallée et les étapes de son comblement sont décrites dans les travaux de PARRIAUX (1978, 1981) – qui mettent en valeur l'influence du retrait différencié de deux branches tributaires du glacier du Rhône, le glacier de la Broye et celui de la Thielle – ainsi que dans la thèse de PUGIN (1989).

Les travaux et rapports entrepris pour le projet, puis la réalisation, de l'auto-route A1 traversant la Basse-Broye, n'ont pas apporté d'éléments nouveaux, les forages les plus profonds ne dépassant pas une trentaine de mètres.

Au pied du versant, on voit les dépôts de la plaine (altitude moyenne de 430–440 m) ennoyer un alignement de collines (Haut de Saumont – Avenches), résultant probablement d'un cordon morainique discontinu (PARRIAUX 1981). En aval d'Avenches, les collines de La Tornalla – Overesses et de Grangettes ou Bois de Rosset (feuille N° 63 Murten), sont interprétées par PARRIAUX (1981) comme moraine partiellement remaniée ou «moraine caillouteuse», bien qu'il reconnaisse la présence de terrains stratifiés graveleux; les observations de terrain et les résistivités électriques (PARRIAUX 1981) permettent de proposer un cœur constitué de dépôts inframorainiques graveleux de type deltaïque (voir q_{sv}) recouverts de moraine würmienne (A. Pugin, comm. orale).

La vallée elle-même a été creusée lors de la dernière glaciation, dans les dépôts molassiques (Molasse grise de Lausanne). Selon PARRIAUX (1978), l'entaille pourrait présenter une profondeur de 250 m au large d'Avenches. Le profil esquissé par PUGIN (1989) montre un surcreusement de la molasse de l'ordre de 100 à 150 m, sur laquelle se trouve directement superposé un dépôt morainique. L'essentiel du remplissage de l'auge est constitué de limons et de sables, recouverts d'un complexe palustre (de l'ordre de 5–7 m d'épaisseur).

Selon PARRIAUX (1978), le Chandon servait de vidange aux dépressions de Seedorf et de Léchelles (elles-mêmes alimentées latéralement par les eaux de fonte du glacier de la Broye), et trouvait son exutoire dans un ancien lac de 440 m par le delta de Greng (feuille N° 63 Murten), alors que la région située au sud-ouest d'Avenches était encore occupée par la langue glaciaire de la Thielle. L'abaissement du niveau de base coupa le cours supérieur du Chandon et entraîna la naissance de l'Arbogne. Puis le retrait du glacier de la Thielle, libérant la région d'Avenches, permit la capture du Chandon à son embouchure dans la plaine, qui prit son cours actuel entre les collines d'Overesses et de Grangette; à cette époque, l'ancien lac de Morat s'élevait à une altitude de 435 m. Au moment du retrait de la langue glaciaire de la Thielle, la plaine de la Broye fut occupée par un vaste lac (435 m) s'étendant jusqu'à Payerne. Il fut peu à peu comblé par alluvionnement depuis le sud. Rappelons qu'une évolution très comparable à celle décrite ici a été proposée par BÄRTSCHI (1913), sur la base d'arguments essentiellement morphologiques.

Le ruisseau de Coppet, pénétrant dans la plaine par une trouée entre les collines du Haut de Saumont et d'Avenches, trace un cône à peine marqué dans la topographie, amenant un matériel constitué essentiellement de sables graveleux et graviers sableux (PARRIAUX 1981). Selon les résistivités électriques, ce cône pourrait

s'étendre au large jusque dans la région de la Saugette. La Chandon a également édifié un cône de déjection étendu, qui semble avancer très loin dans la plaine; le matériel alluvionné (6-7 m) est ici de composition essentiellement sableuse, sous une couverture sablo-limoneuse (3 m).

A l'époque méso- et néolithique, le lac de Morat est comblé jusqu'à Avenches, et son niveau est proche de l'actuel, ce qui est démontré par des trouvailles archéologiques dans la région de Grandcour (feuille Payerne), alors qu'à l'époque romaine, il devait être à un niveau de nouveau sensiblement supérieur (voir chapitre Archéologie, p. 34). Le complexe palustre, constitué de sables, limons et tourbes, mentionné plus haut, s'est déposé durant les trois derniers millénaires et est attribué à des zones d'inondation des divers bras divaguants de la rivière.

La plaine de la Basse-Broye a été intensément modifiée par les interventions humaines. La Basse-Broye, jusqu'au XIX^e siècle, n'était qu'un vaste marais et la zone située au nord d'Avenches était fréquemment inondée. Ce n'est qu'avec les corrections successives des eaux du Jura (1^{ère} correction de 1869-1891, 2^e correction de 1962-1973), qui ont conduit à la canalisation de la Broye et à la déviation de l'Arbogne dans l'ancien cours de la Broye, et surtout grâce au dense réseau de drainage, que la plaine a pu être assainie.

Dépôts lacustres du bassin de Seedorf

(par Isabelle Richoz)

Les données présentées sont basées sur une recherche paléocéologique effectuée au lac de Seedorf et financée par le Fonds National Suisse, requête N° 31-9125.87/3 (RICH0Z 1998). Cette étude, entreprise dans le but de reconstituer l'histoire du lac ainsi que son paléoenvironnement pendant l'Holocène (10000 BP¹⁾ à nos jours), comprend l'examen de 53 sondages, répartis sur 6 transects (T1-T6) dans la zone d'atterrissement sud du lac, et de deux sondages sous-lacustres (S22, S23) (pl. II). Le remplissage de la dépression de Seedorf, reposant sur les dépôts morainiques de la dernière glaciation würmienne, comprend des argiles, des craies, des gyttjas (boues lacustres organiques) et des tourbes d'âge tardiglaciaire, surmontés de craies, gyttjas et tourbes d'âge holocène.

La topographie de l'ancien bassin lacustre dans la partie sud-ouest de la zone d'atterrissement ainsi que l'étendue d'un site néolithique ont pu être reconstituées principalement sur la base de l'analyse pollinique et lithologique des transects T1, T2, T3 et T4. Les transects T1, T3 et T4 ainsi qu'un plan de situation font l'objet de la planche II. Quant aux sondages sous-lacustres S22 et S23, leur situation à l'abri des perturbations superficielles en fait de précieux jalons pour les corrélations de spectres polliniques à l'échelle régionale.

¹⁾ BP: before present. Date ¹⁴C non calibrée, âge avant 1950 après J.-C.

La zone d'atterrissement sud-ouest: topographie de l'ancien bassin lacustre vers 10000 BP, et étapes de son comblement

La chronologie proposée est une chronologie relative. Confirmée par quatre dates ^{14}C , elle a été établie par comparaison des zones polliniques locales du lac de Seedorf avec les zones polliniques de FIRBAS (1949, 1954) telles qu'elles ont été décrites et datées sur le Plateau suisse (AMMANN 1989, AMMANN et al. 1995).

Ces zones polliniques régionales sont représentées par des chiffres romains de III à X:

X	Subatlantique récent:	1000 BP	à nos jours
IX	Subatlantique ancien:	2500 BP	- 1000 BP
VIII	Subboréal:	5000 BP	- 2500 BP
VII	Atlantique récent:	6000 BP	- 5000 BP
VI	Atlantique ancien:	8000 BP	- 6000 BP
V	Boréal:	9500 BP	- 8000 BP
IV	Préboréal:	10000 BP	- 9500 BP
III	Dryas récent:	10700 BP	- 10000 BP (dernière période du Tardiglaciaire)

Le transect T1 (pl. II) permet de situer la transition Tardiglaciaire-Holocène (limite III/IV: 10000 BP) et par conséquent de préciser la forme du bassin à cette époque. Cette transition III/IV se situe entre 6 et 7 mètres dans la cuvette sud, où le remplissage est constitué principalement de craies. Elle n'a pas été atteinte au centre de la cuvette nord, beaucoup plus profonde, contenant essentiellement des gytjtjas, et où l'Atlantique ancien est encore représenté à 9 m. La limite III/IV se retrouve à une très faible profondeur en S8 (intersection avec transect T3), suggérant l'existence d'une arête molassique ou morainique séparant les deux cuvettes en cet endroit. Les zones palynologiques particulièrement bien développées sont le Boréal et l'Atlantique dans la cuvette sud à sédimentation crayeuse dominante, et le Subboréal dans la cuvette organique nord. Le début de la formation des tourbes dans la cuvette sud, soit le comblement définitif de cette partie du lac, est daté par la palynologie de la fin de l'Atlantique récent et du début du Subboréal. Un plan d'eau existait encore dans la cuvette nord pendant tout le Subboréal. L'atterrissement final de toute cette zone date de la fin du Subboréal.

Au début de l'Holocène, soit à la transition III/IV, la rive de l'ancien lac se situait à 60 m au nord et à 216 m au sud du Palon sur le transect T1, ainsi qu'à 150 m au sud-ouest de T1 sur le transect T2.

L'extension du lac vers le sud est limitée par une colline (éventuellement d'origine molassique). En T5 et T6, les sédiments holocènes sont inexistantes, seuls les sédiments tardiglaciaires ont été retrouvés. Ce fait indique que la position de la rive sud du lac au début de l'Holocène ne devait pas être différente de l'actuelle.

Le site néolithique

Les sondages des transects T1, T3 et T4 traversent des sédiments contenant une couche archéologique attribuée à un site Cortaillod classique (3840-3770 BC¹⁾).

¹⁾ BC: before Christ, âge dendrochronologique en années solaires avant J.-C.

Ce village Néolithique moyen devait se situer au niveau du point haut (S8) séparant les deux cuvettes. L'ancienne rive du lac au nord du site archéologique plonge abruptement (S7, S6), alors que la couche se prolonge en zone peu profonde dans la cuvette sud (pl. II, transect T1).

Le transect T3, perpendiculaire à T1, permet de suivre la couche archéologique en direction ouest-est. Celle-ci se prolonge sur 35 m et atteste d'une ancienne rive à faible pente qui semble former un plateau vers 2,8 m.

Le transect T4, partant du sondage A11 vers le nord-est en direction du lac actuel, montre la couche archéologique plongeant à 4,5 m s'amenuiser sur le sondage L1 situé à 5 m de A11. La limite du site pour son extension nord-est se situe sans doute au niveau du sondage A11.

Sondages sous-lacustres

Les sondages sous-lacustres S22 et S23 (profondeur 4,5 m et 6,5 m sous l'interface actuel eau-sédiment), constitués essentiellement de gyttja et prélevés respectivement sous 3,5 m et 6,9 m d'eau, ont été effectués dans le but d'obtenir des séquences holocènes complètes (zones IV à X de FIRBAS). En effet, les sondages prélevés dans la zone d'atterrissement peuvent présenter des hiatus (comme S6) en raison de leur situation en bordure de l'ancienne rive du lac (érosion, glissement de sédiments, ou arrêt de la sédimentation dû à une baisse du niveau du lac). De plus, ceux-ci ne contiennent pas les périodes les plus jeunes de l'Holocène (Subatlantique ancien et récent: zone IX et X), suite à l'exploitation de la tourbe lors des deux dernières guerres mondiales, ainsi qu'au drainage de la zone d'atterrissement pour le gain de pâturages, qui aurait provoqué une oxydation des tourbes de surface datant du Subatlantique. Les sondages S22 et S23 ont en fait fourni les diagrammes polliniques standards de référence pour l'étude de l'histoire de la végétation holocène dans le sud-est du Plateau romand (voir RICHOSZ et al. 1994). Ils permettent de mieux comprendre l'influence de l'Homme sur la végétation environnante (déforestation, agriculture, élevage). En effet, les spectres polliniques provenant du site Cortaillod ou de ses environs immédiats sont souvent perturbés par la surreprésentation de types polliniques liés aux activités humaines essentiellement locales (céréales, espèces rudérales par exemple), ce qui n'est pas le cas des sédiments sous-lacustres de Seedorf.

Les anciens cours d'eau

Le thème des anciens cours ou paléovallées ayant drainé le plateau fribourgeois fut un sujet très prisé des auteurs dès la fin du XIX^e siècle. On peut mentionner parmi eux le précurseur GILLIÉRON (1885, p. 482-485), qui ébauche quelques hypothèses, fondées sur ses excellentes observations, sur les tracés d'anciens cours interglaciaires de la Sarine (Saane), de la Singine (Sense), du Gotteron (Galtera),

du Chandon, de la Bibera et de l'Arbogne. Plus tard, on citera les interprétations assez contradictoires de MICHEL (1910) et BÄRTSCHI (1913) quant à la genèse interglaciaire ou périglaciaire de ces vallées. BÜCHI (1926a, b, 1946) a traité en particulier les anciens cours de la Singine, de la Sarine, et du Gotteron. SIEBER (1959) et CRAUSAZ (1959) sont à leur tour venus étoffer le choix des hypothèses déjà nombreuses sur le thème des anciens cours.

Actuellement, on doit cependant admettre que les informations concernant ces paléovallées sont généralement trop lacunaires pour qu'il soit possible de tracer des réseaux cohérents avec quelque degré de certitude. Aussi, dans le présent travail, seuls ont été signalés sur la feuille Fribourg les tronçons d'anciens cours antéwürmiens directement observables sur le terrain, ou que les résultats de sondages géophysiques permettent de déduire.

Le Chandon: comme le fait remarquer SIEBER (1959), un paléo-Chandon devait s'écouler selon un cours sensiblement parallèle à l'actuel, comme en témoignent les dépôts de graviers inframorainiques formant des terrasses de kames s'étaguant depuis le plateau du Vuaty (569.30/187.80, 600 m), en passant par Cornau (570.40/189.70) et Champ du Bry (571.05/189.75, env. 545 m), Moillesin (572.06/191.65) et Villarepos (572.00/192.32, env. 500 m), jusqu'à l'Enclose (573.00/193.36, env. 480 m). L'embouchure du paléo-Chandon dans le lac de 440 m devait exister sous la forme d'un vaste delta, comme en témoignent les graviers inframorainiques de type deltaïque de la colline d'Overesses et – sur la feuille N° 63 Murten de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000 – au nord, des collines du Bois de Rosset et du Bois de Mottey.

La Sonnaz: le creusement de paléovallées dans la molasse, comblées ensuite de graviers, a été observé également au Moulin (à l'est d'Autafond), ainsi qu'à la Sonnaz (SIEBER 1959, CRAUSAZ 1959; gravière aujourd'hui remblayée) et attribué par ces auteurs sans réels arguments (cf. VAN DER MEER 1982; A. Pugin, comm. écrite) à un cours pré-«rissien». SCHARDT (1918), puis BÜCHI (1926b) ont fait s'écouler dans la vallée de la Sonnaz une ancienne Sarine, dont le tracé rejoignait Belfaux et Pensier en passant par Moncor-Corminbœuf depuis Moulin Neuf (Matran, feuille Rossens). Selon nos connaissances actuelles, il est difficile de démontrer le parcours d'un ancien cours sur ce tronçon. Le façonnement de la vallée de la Sonnaz est essentiellement d'origine post- à tardiglaciaire.

La Singine, la Taverna, le Tasbergbach: aussi bien GILLIÉRON (1885), MICHEL (1909), BÜCHI (1926a), que CRAUSAZ (1959) font passer un ancien cours de la Singine en direction de Tavel (Tafers) et Guin (Düdingen), déduit de la présence de graviers inframorainiques au sud de Tavel et à l'est du Maggenberg, puis dans le bassin de Guin. Le parcours exact ne peut cependant être précisé; les données géophysiques laissent supposer son passage par Angstorf. Au nord de Guin, sa prolongation relève du domaine purement hypothétique avec les informations existantes. Relevons que CRAUSAZ (1959) postule, dès le retrait würmien, l'existence d'une seule rivière comprenant la Taverna, la vallée morte de Tavel et le Tasbergbach, évoluant en lac à l'époque tardiglaciaire.

La Bibera: selon CRAUSAZ (1959), la vallée de la Bibera aurait fonctionné en tant qu'épanchement de la Sarine vers le nord, à l'époque postglaciaire, au même titre que le Bodenzelg, au nord-ouest de Schiffenen (GILLIÉRON 1885, CRAUSAZ 1959), avant le creusement de l'actuel canyon.

La Sarine: BÜCHI (1926b) fait l'inventaire des différents tracés d'anciens cours de la Sarine proposés par ses prédécesseurs. Lui-même admet trois anciens tracés sariniens, chacun né lors d'un interstade glaciaire. Le premier cours, repris de AEBERHARDT (1908), et décrit sous l'appellation de «Hochterrasse», se serait écoulé à l'altitude de 650–640 m sur les terrasses des Daillettes–Montorge (Lorette)–Chastelsberg, puis jusqu'à Fillistorf (625 m). Le second, «tiefstes Saanetal» (BÜCHI 1926b), présenté plus haut (Matran–Corminbœuf–Belfaux–Pensier), n'a laissé cependant aucune trace de son passage. Le troisième, dénommé «Niederterrasse» (AEBERHARDT 1908), aurait édifié les terrasses de Pérolles, Grand-Place, Porte de Morat, Grandfey, et aurait poursuivi son cours vers le nord, où une entaille dans le Horiabach à 550 m marquerait son passage, en direction du Richterwilbach.

CRAUSAZ (1959) reprend partiellement BÜCHI (1926b). A un stade anté-würmien, il fait s'écouler, dans un tracé proche de l'actuel, une Sarine avec un lit de plusieurs centaines de mètres de large rejoignant une ancienne Singine vers Guin, puis divaguant vers l'aval par une large plaine alluviale. Dès le dernier retrait glaciaire, la Sarine réinvestit la région de Fribourg, et se serait écoulée dans un premier temps à la fois vers Courtepin et Bösingens–Gurmels (Cormondes), avant de dériver vers l'est lors de son enfoncement.

Coudes de capture et ravins

Les coudes de capture ont été étudiés par MICHEL (1910) et par BÄRTSCHI (1913). Ils sont essentiellement causés par des variations de régime hydrographique, par abaissement du niveau de base. Le coude du Chandon au nord de Chandossel, marquant un virage vers l'ouest, a été créé lors de l'abaissement du niveau du lac de Morat (vallée de la Basse-Broye, cf. p. 22). MICHEL (1910) mentionne en outre le coude de capture du Rio du Tiguelet (575.47/185.00) qui aurait été détourné du Lavapesson (au sud de Granges-Paccot), et celui de la Crausaz (au sud de Courtepin) coupé de la Bibera en faveur de la Sonnaz/la Sarine.

La Sarine, en creusant son lit actuel sous forme de canyon, entraîna le ravinement du lit de nombreux affluents: par exemple le Gotteron, le Lavapesson, etc.

Les terrasses de Fribourg

L'analyse des terrasses de Fribourg a été déjà esquissée par AEBERHARDT (1908), puis MICHEL (1910), ZIMMERMANN (1935), GIRARDIN (1907, 1927, 1945) et CRAUSAZ (1959). BALMELLI (1959), dans le cadre de son étude sur les méandres de la Sarine, a publié une carte montrant les différents niveaux de terrasses de la région de Fribourg. MONBARON & INDERMÜHLE (1987) analysent leurs stades de

formation: ainsi, une terrasse supérieure (595–600 m au sud de Pérolles, 575–580 m vers le Château de la Poya) serait due à des accumulations sédimentaires d'une ancienne vallée de la Sarine (pré-würmienne), et une terrasse moyenne (590 m au sud, 575–580 m au nord) à ses aires de dégagement. Une terrasse inférieure, présentant elle-même deux niveaux séparés par un palier de 5–10 m (couvent de la Maigrauge, Neuveville (578.78/183.68), Planche supérieure (pt.549), quartier de l'Auge (579.36/183.64), Petit Windig et le cours actuel), marquerait les stades finaux d'enfoncement de la Sarine. Lors du levé cartographique, ce dernier stade a été observé par la présence, dans les falaises de molasse du canyon de la Sarine, de petites terrasses de graviers entre 570 et 550 m, en rive droite, à l'ouest des Rittes et au sud de l'usine électrique de la Maigrauge, et en rive gauche à l'est de Grandfey.

q_L Limons de pente, colluvions

Ces dépôts sont constitués de sables et silts, plus ou moins argileux, parfois un peu graveleux, dont l'épaisseur est difficile à estimer. Il s'agit du produit de l'altération des niveaux molassiques, de la moraine ou d'anciens sols, remaniés et accumulés par le ruissellement sur ou au bas des versants, recouvrant parfois le fond des vallonnements.

Terrain en glissement

Terrain tassé, tassement

Les glissements de terrain sont relativement fréquents, mais localisés et peu profonds. Ils affectent essentiellement les dépôts marneux ou limoneux des formations quaternaires (dépôts inframorainiques argileux, moraine limoneuse ou argileuse, limons des dépôts post- à tardiglaciaires). On les observe dans des situations morphologiques présentant une inclinaison suffisante, par exemple sur les versants bordant les rivières (Galtera, Horiabach, etc.). La présence des niveaux marneux ou limoneux dans la Molasse grise de Lausanne occasionne fréquemment des tassements qui évoluent en glissements. Ces phénomènes sont causés par les eaux circulant dans les grès et par les eaux de ruissellement, imprégnant les marnes argileuses, qui perdent leur cohésion en surface et se mettent à glisser sur la pente par gravité; les bancs gréseux sont déchaussés et désagrégés, et leurs débris incorporés aux masses en glissement. Il s'agit de phénomènes continus, en moyenne lents, mais sujets à des accélérations périodiques en fonction des conditions hydrogéologiques saisonnières; ces glissements ou tassements engendrent ainsi des versants assez doux, ou encore en gradins, selon les proportions relatives des bancs gréseux et des intercalations marneuses. Ces phénomènes sont observés par exemple dans la vallée du Chandon, dans les versants du Rio des Chaudeires (à l'ouest de Ponthaux), dans les gorges du Gotteron.

Eboulis, blocs éboulés

Seuls quelques dépôts observés très localement peuvent obtenir le qualificatif d'éboulis: on peut citer un exemple cartographié, observé sur la rive gauche de la Sarine au sud-ouest de Fribourg (les Charmettes), et formé par la désagrégation des niveaux de graviers inframorainiques. Généralement peu actifs, des cônes d'éboulis, de peu d'ampleur et donc non reportés sur la carte géologique au 1:25 000, se sont formés au pied des falaises de molasse, et sont constitués soit de matériel molassique désagrégé (cônes et talus «sableux»), soit de la chute de matériaux graveleux, coiffant le sommet des versants, comme dans l'exemple ci-dessus.

Des blocs ou des bancs de grès éboulés sont fréquemment observés le long des falaises de molasse marine (Couches de la Singine). Des éboulements, mentionnés entre autres par KUENLIN (1832), GIRARDIN (1918), se sont produits dans les gorges de la Sarine; GIRARDIN mentionne l'éboulement de l'enclos des Cordeliers, des Grottes de la Madeleine et celui du Breitfeld (rive droite de la Sarine, au sud de l'usine électrique de la Maigrage), en 1917, où une masse de molasse estimée à 2000 m³ s'est effondrée dans le lit de la Sarine (lac de Pérolles), obstruant partiellement son cours, et provoquant une vague de fond de plus de 2 m d'amplitude. Aujourd'hui encore, le sentier longeant la falaise du Breitfeld est occasionnellement interdit en raison de dangers d'éboulements. La falaise de la Porte de Bourguillon, dominant la centrale électrique de l'Oelberg (579.30/183.43) et le quartier de l'Age (579.36/183.64), fait l'objet d'une surveillance attentive.

Les gorges du Gotteron – dont l'accès avait dû être interdit temporairement dès 1981 en raison d'écroulements de pans de falaises et de glissements ayant emporté une partie du sentier – posaient un problème intéressant par la combinaison de facteurs d'instabilité liés à la Molasse d'eau douce, marno-gréseuse (talus en glissement), et à la Molasse marine, gréseuse (falaises avec tendance à l'écroulement) (PLANCHEREL 1983).

Cônes de déjection

Quelques cônes d'alluvions, généralement peu marqués dans la morphologie, ont été cartographiés en bordure de la plaine de la Basse-Broye, dans les vallées de la Sonnaz, de la Sarine, de la Bibera, du Chandon, etc. Ces dépôts sont observés le plus fréquemment au débouché de ruisseaux ayant creusé leur cours dans les formations molassiques, créant souvent des vallées en V. Le matériel alluvionnaire est ainsi le plus souvent constitué de sédiments sableux ou limoneux fins.

Tuf calcaire

Les accumulations de tuf calcaire sont localisées aux zones d'émergence, le plus fréquemment à la limite entre les dépôts de molasse et de graviers inframorainiques. Le dépôt de tuf de la vallée du Gotteron, par ailleurs protégé, mérite d'être signalé. On peut également observer des tufs calcaires au Moulin de Prez (567.60/

182.64, Rio des Longes Rayes); au sud de Villarepos dans la vallée inférieure du Chandon (SIEBER 1959), sur les rives gauche et droite de la Sarine au nord du pont de Grandfey; le long du Horiabach (CRAUSAZ 1959); à Staad (à l'ouest de Guin) actuellement recouvert par le lac de Schifflenen (577.84/188.50; GILLIÉRON 1885). DE GIRARD (1901) mentionne également le dépôt de tuf d'Ottisberg.

Marais, le plus souvent drainé

Les marais et zones marécageuses se sont formés dans des dépressions comblées de moraine limono-argileuse ou dépôts de retrait constitués de matériel fin, peu favorable à une bonne infiltration des eaux. Ces cuvettes, abandonnées par les glaces, ont elles-mêmes enregistré une sédimentation constituée de matériel siliciclastique fin (limon, argile), de craies (à Seedorf), de gyttja et de tourbe. Ces terrains ont été drainés pour les besoins de l'agriculture, mais relativement récemment. Les cartes topographiques du XIX^e siècle (Atlas Siegfried) et la carte des marais de FRÜH (1904) permettent de visualiser la densité des marais et zones marécageuses couvrant le territoire étudié. On peut citer à cet effet la phrase de MICHEL (1910) - «les noms de Marais, Mauvais Pré, Moos, etc., que portent certaines parties des cuvettes de la Bibera, rappellent un état de chose récent mais à peu près disparu» -, qui peut s'appliquer aux observations de l'ensemble du terrain étudié.

GILLIÉRON (1885) mentionne le marais boisé de St. Ursen (St-Ours; vallée du Gotteron), les marais situés à l'ouest et l'est de Guin formés dans des dépressions tardi-glaciaires (culots de glace morte, CRAUSAZ 1959), le marais bombé anciennement exploité de Seedorf. Les sols marécageux et tourbeux sont largement répandus dans la plaine de la Basse-Broye: le lieu-dit «Les Tourbières» a été exploité (569.95/193.45).

a Alluvions récentes

Il s'agit de dépôts graveleux, sableux et limoneux, sédimentés dans les cours d'eau ou sur leurs berges en fonction du courant (matériaux grossiers dans la partie externe du méandre, matériaux fins dans sa partie interne), formant alors des terrasses. Selon CRAUSAZ (1959), la Sarine postwürmienne aurait déposé jusqu'à 4 à 5 m d'alluvions.

Dépôts artificiels, excavations remblayées

Sur le site de Fribourg, il est intéressant de noter l'existence de plusieurs ravins, remblayés afin de faciliter l'expansion de la ville (ROMAIN 1910, GIRARDIN 1907, 1945; ZIMMERMANN 1935): les ravins du Petit Rome et du Mont-Revers, de St-Pierre, du Pré d'Alt, de Pérolles, des Pilettes et du Varis. Les comblements des ravins de Pérolles et des Pilettes cubaient à eux seuls plus de 500 000 m³, pour des

remblais présentant une extension respectivement de 105 m de long sur 45 m de large pour le premier, et 110 m sur 34 m pour le second (Société des Ingénieurs et Architectes Suisses 1901).

Ces dépôts ont pris de l'ampleur ces dernières années, sur l'ensemble de la feuille, en raison du développement galopant de la construction et plus spécifiquement de l'extension des zones industrielles: talus artificiels créés autour des bâtiments récents, comblement de petites dépressions pour faciliter l'exploitation agricole, mouvements de terrain pour l'implantation de conduites. Le récent développement du quartier des Dailles à Villars-sur-Glâne donne une image des bouleversements provoqués: modification de la morphologie par l'installation de talus artificiels, du réseau d'évacuation des eaux, assainissement et remblayage d'une zone marécageuse dans la partie inférieure, etc. Récemment, la partie amont du Lavapesson, à Granges-Paccot, a été remblayée. Les anciennes gravières ou carrières sont utilisées malheureusement trop souvent comme décharges sauvages. Actuellement, dans les gravières récentes, le remblayage suit la progression de l'exploitation.

Pédologie

GILLIÉRON (1885) pense que «le tertiaire forme à lui seul la base minéralogique du sol du plateau». Son attention s'attarde principalement sur les problèmes de fertilité des sols produits: «... la molasse d'eau douce donne des terres fertiles, ... la molasse pure n'est pas productive, ... les dépôts glaciaires ... donnent les terrains les plus fertiles ...».

VAN DER MEER (1976, 1982) a étudié le développement des sols sur le territoire étudié et en a dressé une carte. Il estime le début de la formation des sols à environ 16 000 ans BP, avec les processus d'homogénéisation (mise en place du matériel sur les pentes sous climat froid et apparition des premières flores et faunes avec le début d'un climat plus tempéré) et de décalcification par percolation des eaux de fonte et de pluie, qui ont duré environ 6000 ans. En fonction de l'analyse du degré d'illuviation des argiles, VAN DER MEER (1982) pense que la plupart des sols lessivés rencontrés seraient d'âge holocène.

Actuellement, l'école d'agriculture de Grangeneuve s'attache à l'analyse des sols: selon un réseau défini, des échantillons de sols sont systématiquement prélevés afin d'en examiner la nature et la qualité, et de prescrire le type d'engrais et son dosage le plus approprié pour sa fertilisation. On peut mentionner l'existence d'une carte des sols du canton au 1:25 000, publiée par l'école de Grangeneuve.

Morphologie

Selon GILLIÉRON (1885), la morphologie du Plateau est essentiellement due à des phénomènes d'érosion, alors que pour BÄRTSCHI (1913), ce sont des phénomènes glaciaires qui sont prépondérants. Elle est décrite comme un «paysage en esca-

lier» par GIRARDIN (1927). Selon GERBER (1927), qui subdivise la bordure alpine comprise entre l'Aar et la Sarine en trois paliers, le domaine étudié correspondrait au premier palier, où l'effet des glaciers se fait ressentir sur l'orientation des cours d'eau et des reliefs, de direction sud-ouest-nord-est. Toujours selon cet auteur, «Moränenlandschaften, Rundbuckelbildungen (Drumlins), plumpe plateauförmige Berge, verlassene alte Flusstäler (Trockentäler)» caractérisent le relief. Les buttes reliant la «chaîne de Seedorf» (~730 m) à Kleinbösinggen (~510 m) sont données par GIRARDIN (1927) comme exemple du travail d'érosion du glacier. GERBER (1927) module ces théories en ajoutant que l'effet des glaciers pourrait être renforcé par des dislocations épirogéniques ou un abaissement du niveau de base d'érosion au pied du Jura.

Selon VAN DER MEER (1982), le domaine étudié est constitué de trois unités, reflet de trois processus de façonnement: lacustre pour la plaine de la Basse-Broye, glaciaire (y compris fluvioglaciaire) pour le plateau, fluvial pour le creusement des canyons (Sarine et quelques-uns de ses affluents, principalement en rive droite). La morphologie observée sur le plateau résulte d'un façonnement par le glacier du Rhône, bien que le déplacement de ce dernier soit forcé par les structures tectoniques. Il ajoute que les drumlins ou drumlinoïdes sont les formes glaciaires prédominantes. D'autre part, les larges vallées à fond plat (vallées de la Bibera, de la Sonnaz) résultent de l'érosion glaciaire ou fluvioglaciaire, probablement facilitée par des fractures dans le soubassement molassique. Les larges vallées, selon VAN DER MEER (1982), font partie d'un système formé de trois éléments: un bassin peu profond au sud-ouest (Seedorf, Courtepin), la vallée elle-même et ses basses terrasses (la Sonnaz, la Bibera), et une plaine comblée avec ses dépôts fluvioglaciaires. La plaine de la Basse-Broye et l'enfoncement de la Sarine dans son cours actuel ont fait l'objet d'un paragraphe particulier (voir p. 26 ff.).

Divers

Le Musée d'histoire naturelle de Fribourg possède dans ses collections une météorite pierreuse tombée à Menziswil près de Tavel en juillet 1903, et certifiée comme météorite par une analyse du Swiss Meteo Lab, Glaris, en 1991: chondrite L5, poids initial: 24,8 g (poids actuel après prélèvement pour analyse: 17 g).

ARCHÉOLOGIE

Les sites archéologiques existant sur le territoire étudié sont d'une part la cité romaine d'Avenches, et d'autre part les tombes sous terre (tumulus), ainsi que deux fortifications et un palafitte.

Tumulus Palafitte

Seuls sont reportés les tumulus ayant marqué, de façon plus ou moins visible la topographie. Le tumulus de la forêt de Moncor (575.26/182.92), fouillé partiellement en 1983 (RAMSEYER 1985), est un site de l'époque de Hallstatt final (Age du fer, VI^e ou V^e siècle avant J.-C.) dont les dimensions impressionnantes en font un objet d'importance internationale; il semble qu'il puisse s'agir d'une sépulture princière, liée à l'habitat hallstattien de Châtillon-sur-Glâne. A noter que des fragments de céramique de l'époque de Hallstatt (750-450 avant J.-C.), ont été découverts à Russy et à Guin; ils attestent également d'une occupation des lieux à cette époque. Des pilotis (palafitte) ont été découverts à proximité de l'embouchure du Palon dans le lac de Seedorf. Au même lieu, plusieurs fouilles ont mis au jour une couche archéologique attribuée à un site Cortaillod classique (3840-3770 BC, voir p.25).

Site d'Avenches (par D. Weidmann)

Dans la partie nord-ouest de la carte, sur le territoire de la Commune d'Avenches, trois sites présentent des traces marquantes dans le paysage, dues à l'activité humaine. Dans l'ordre chronologique: le site fortifié du Bois-de-Châtel, Aventicum (fig. 1), et le castrum du Bois-de-Châtel.

1. A l'extrémité nord-est du *Bois-de-Châtel*, des reliefs marquent la présence d'un ouvrage fortifié (oppidum) occupé dès le milieu du 1^{er} siècle avant J.-C. (KAENEL & VON KAENEL 1983).
2. La ville romaine d'*Aventicum* (BÖGLI 1989) relaie le site précédent dès les premières années de notre ère jusqu'à la fin du 3^e siècle. Les fondateurs ont choisi un site favorable et abrité, sur une terrasse légèrement surélevée par rapport à la plaine marécageuse. Une soixantaine de quartiers d'habitation (insulae) de 75 sur 110 m ont été développés selon un plan orthogonal régulier. Six aqueducs, dont un est long de plus de 17 km, alimentent les quartiers, qui sont équipés également d'un réseau complet d'égouts, dont une partie est encore fonctionnelle (drains). Le réseau de la voirie et les remblais de construction des diverses époques (niveaux archéologiques) atteignent une épaisseur de 3 m par endroit.

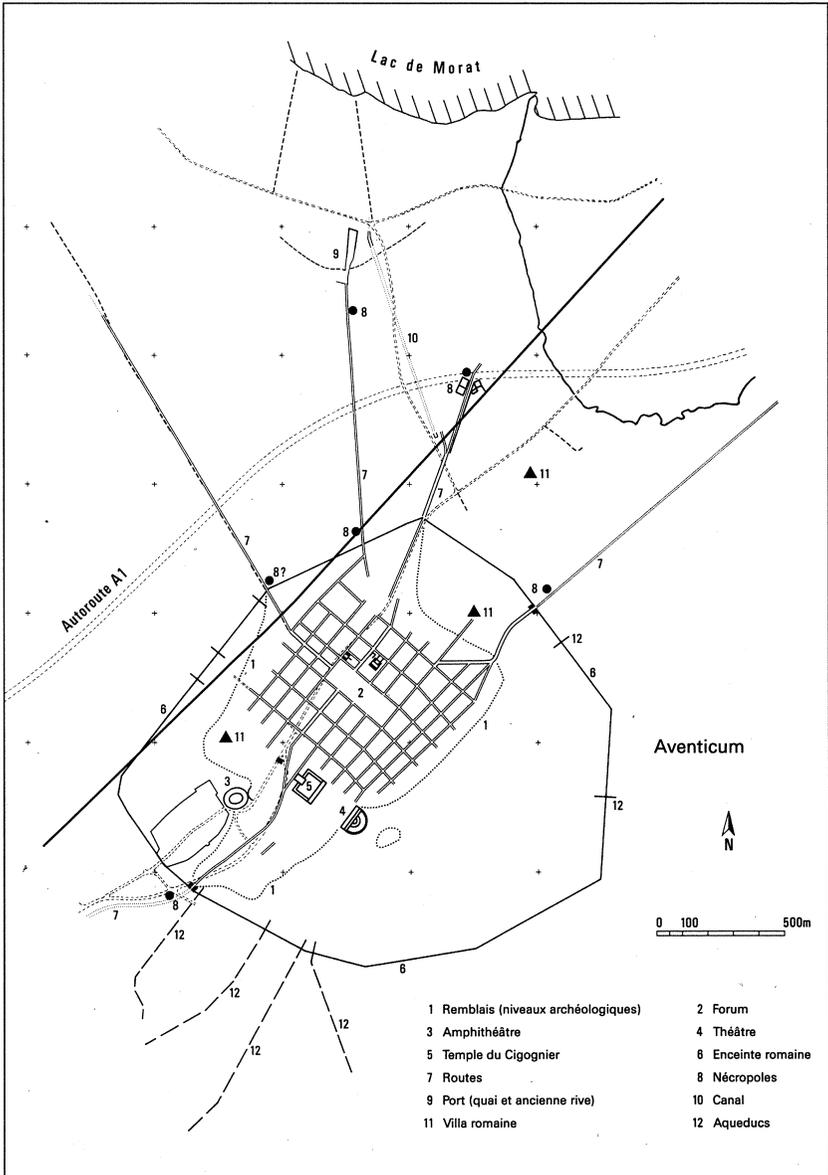


Fig. 1: Esquisse des vestiges romains d'Avenches

Les principaux monuments publics sont érigés sur le forum, au centre de la ville (non fouillée), et à la périphérie (amphithéâtre, théâtre, temple du Cigognier), où ils présentent encore d'importants vestiges. Le mur d'enceinte a été construit dans les années septante après J.-C. Il mesure 5,5 km de longueur et représente un volume de maçonnerie de plus de 200 000 m³, fondé sur un pilotage en chêne dans les zones tourbeuses et humides. De grands tronçons sont encore visibles en élévation.

Autour de la ville rayonne un réseau de routes dont les remblais supportent encore certains chemins et routes modernes. Les matériaux de construction (calcaires de la rive septentrionale du lac de Neuchâtel) ont été amenés par voie d'eau à un port dont le quai est conservé sous le camping-caravaning des Joncs, à 1 km de la ville romaine. Dès le 2^e siècle, un canal navigable a été creusé du lac de Morat jusqu'aux abords de la route du nord-est.

Deux dépressions, proches de la porte de l'est, à l'intérieur du mur d'enceinte, correspondent probablement à des exploitations de gravier d'époque romaine.

3. Au milieu de la colline du *Bois-de-Châtel*, une forteresse (castrum) a été construite au Bas-Empire romain (4^e siècle après J.-C.). On ne connaît qu'une partie de son mur d'enceinte, construit en blocs calcaires récupérés dans les monuments abandonnés d'Aventicum (KAENEL & VON KAENEL 1983).

TECTONIQUE

(par R. PLANCHEREL)

«Die Alterswilkulmination ist eine ganz eigenartige Erscheinung im Faltenbau der mittelländischen Molasse»
(KOPP 1936)

Considérations générales

Les grandes lignes de la structure du plateau molassique compris entre l'Aar et la Broye, qui englobe la région fribourgeoise, sont connues depuis les travaux que KOPP effectua en 1936 pour le compte de la Petroleum-Expertenkommission (PEK). Comme les géologues qui l'ont précédé et suivi dans l'étude de ces terrains (cf. GILLIÉRON 1885, SCHUPPLI 1950, entre autres), KOPP relève la difficulté d'obtenir de bonnes mesures de pendages dans les assises molassiques, difficulté due à diverses causes: rareté et/ou mauvaise qualité des affleurements (couverture morainique étendue, altération), ou encore impossibilité de mesures directes par inaccessibilité (falaises), imprécision inhérente à la mesure de pendages faibles (souvent inférieurs à 5°), interférence fréquente et gênante de pendages sédimentaires (stratifications obliques, en auge, en chenaux, etc.). Son interprétation, proposée dans les rapports internes de la PEK dès 1936, et publiée en 1946, n'en a que plus de mérite. KOPP réussit en effet à mettre en évidence une très nette culmination axiale de l'«anticlinal principal», centrée sur Alterswil (peu en dehors de l'angle sud-est de la feuille Fribourg) et prolongée au nord par un pli anticlinal transversal (Querfalte). Il montre que cette structure exerce une profonde influence sur le tracé des ondulations molassiques situées plus à l'ouest, dont les axes, sur une transversale Fribourg - lac de Morat, tendent à dévier systématiquement vers le N, et donc à devenir très obliques par rapport à la direction structurale générale du sillon molassique (Querzone von Freiburg, SCHUPPLI 1950).

Les travaux de prospection ultérieurs (forages de Courtion¹ et Fendingen¹, campagnes vibro-sismiques) ont amplement confirmé le bien-fondé des vues de KOPP, tout en permettant de préciser le tracé de certains axes, et surtout de mettre en évidence le rôle probable joué par les failles et les chevauchements, généralement mal décelables en surface (pour les raisons évoquées à propos des mesures de pendages), si ce n'est éventuellement par leur influence sur certaines lignes du relief (par exemple la direction de certains tronçons de cours d'eau, tels le cours moyen du Chandon ou le cours supérieur de la Bibera).

C'est ainsi que les profils sismiques qui ont pu être consultés (campagne de 1985, secteurs ouest et nord de la feuille) font apparaître plusieurs accidents redressés, à rejet vertical apparemment faible, mais à caractère probablement décrochant (et sénestre selon le contexte structural général), affectant à la fois les assises molassiques et le substratum mésozoïque. On peut les corrélérer de manière plus ou moins

fiable entre les divers profils, ce que tente de montrer à titre d'hypothèse l'interprétation donnée sur l'esquisse tectonique. La torsion d'axe constatée serait ainsi le résultat de mouvements cisailants subméridiens dans le substratum. Le resserrement général des structures qui en découle est accommodé par des relais de plis «en échelon» et localement par des accidents à composante chevauchante qui semblent s'aplatir vers le bas et naître dans les assises basales de la molasse (accidents «listriques» du Chandon, de la Bibera). Pour ce qui est de l'insertion de ces structures transversales dans un contexte plus large, on y a vu l'influence de la réactivation d'accidents anciens de direction rhénane d'une part (SCHUPPLI 1950), et on les a reliés à une structuration tardive de même direction affectant les Préalpes d'autre part (PLANCHEREL 1979).

Description des structures

De manière générale, les Couches de la Singine (OMM) affleurent en cuvettes synclinales, parfois «perchées» (Synklinalberge de KOPP: Grand Belmont, Bois de Châtel, Le Mont), alors que la Molasse grise de Lausanne (USM) est amenée au jour à la faveur de «vallées anticlinales» («demi-fenêtres» du Chandon et de Tavel). Le canyon de la Sarine, taillé dans la molasse marine gréseuse, représente un cas à part, puisqu'il serpente le long du fond de la «cuvette synclinale de Fribourg» sur une bonne partie de son parcours (en gros de Corpataux à Pensier).

Les structures affectant le territoire de la feuille Fribourg seront décrites d'ouest en est (cf. esquisse tectonique de la feuille Fribourg et pl. I).

L'anticlinal de Payerne, prolongement probable de celui d'Essertines - Chêne Pâquier (JORDI 1990), doit se poursuivre dans l'angle nord-ouest de la carte, mais ne se marque que par son flanc E, sa région axiale étant entièrement enfouie sous les alluvions de la plaine broyarde.

Le synclinal de Moudon - Bois de Châtel, avant de s'éteindre semble-t-il aux environs de Villarepos à l'approche d'un des accidents décrochants mentionnés, se subdivise en deux tronçons en relais, soulignant respectivement les axes des collines du Grand Belmont et du Bois de Châtel, couronnées par les bancs résistants de la molasse marine gréseuse.

L'anticlinal de Corserey - Courtion (Misery-Antiklinale de KOPP) détermine en gros la «demi-fenêtre du Chandon», caractérisée par ses affleurements de molasse marno-gréseuse aquitannienne. En y regardant de plus près, on constate qu'il se subdivise lui aussi en plusieurs segments sous l'influence probable du jeu d'accidents profonds (? p.p. Courtion-Bruchzone de JORDI 1990). Venant depuis le SW, après une première culmination vers Noréaz (KOPP 1936) et un décalage probable aux environs du cours supérieur du ruisseau de Grolley, on rencontre une deuxième culmination à l'est de Misery (forage Courtion1), puis cet axe semble s'envoyer entre Wallenried et Courlevon en s'infléchissant au nord. Mais il est relayé à partir de Courtion par un autre axe situé plus à l'ouest, qui culmine aux

alentours de La Fulateire - Creux-Maringou avant de sortir de la carte vers Courlevon-Coussiberlé. Ces deux branches de l'anticlinal enserrant la petite cuvette synclinale burdigalienne de la colline de Cormérod - Le Mont. Cette structure de plusieurs culminations anticlinales en relais avait déjà été pressentie par SCHUPPLI (1950, p. 21). Vers l'ouest, cet «anticlinorium» de Courtion est séparé du «synclinorium» Grand Belmont - Bois de Châtel par des accidents chevauchants «d'ajustement» de la couverture molassique (? p.p. Courtion-Bruchzone de JORDI 1990), éventuellement soulignés en partie par le cours du Chandon.

Le synclinal de Fribourg se présente sous forme d'une large cuvette occupant pratiquement tout le bord sud de la carte et se rétrécissant environ de moitié au bord opposé. Venant du SW par Villarlod et Corpataux (feuilles Romont et Rossens; synclinal de Villarlod, WEIDMANN 1996), son axe s'infléchit progressivement et a atteint, à son entrée sur la feuille Fribourg, une direction à peu près méridienne qu'il gardera, en ondulant légèrement, jusque dans la région de Galmiz (feuille N° 63 Murten; Fribourg-Galmiz-Synklinale de JORDI 1990). Longitudinalement, l'axe plonge d'environ 2° vers le N à Fribourg, s'horizontalise vers Pensier, avant de replonger faiblement sur une dépression axiale à la traversée de la Bibera (p.p. dépression Monterschu-Cressier de KOPP 1936). La région axiale de la cuvette apparaît clairement à la limite des feuilles Fribourg et Rossens, dans les falaises des deux rives de la Sarine au sud des Daillettes. L'espace triangulaire occupé par le flanc W, entre l'axe synclinal et l'anticlinal de Courtion, semble être accidenté, d'après la sismique, de faibles ondulations, marquées comme plis sur l'esquisse tectonique, mais qui ne sont guère que de légères flexures monoclinales. Vers le nord cependant, par suite du rapprochement de l'axe de Courtion, ces structures pourraient s'accroître et passer éventuellement à un chevauchement intramolassique émergeant à hauteur du cours supérieur de la Bibera. A l'est de Fribourg, la montée du flanc E en direction d'Alterswil est très régulière et s'observe aisément à distance depuis les promontoires de la ville, dans les falaises de rive droite de la Sarine dominant la vieille ville (CRAUSAZ 1959).

Plus au nord, le flanc E du synclinal de Fribourg s'anime de quelques ondulations, desquelles naissent, à hauteur du barrage de Schiffenen, *l'anticlinal de Niederried* et *le synclinal de Laupen*. A peine sensibles sur la feuille Fribourg, ces deux structures alignées sur de probables accidents NNE (faille de Düdingen, JORDI 1990; direction de la vallée de la Sarine à l'aval de Laupen) prennent leur développement plus au nord en retrouvant peu à peu la direction SW-NE «normale» du plateau molassique.

A noter que notre anticlinal de Niederried (SCHUPPLI 1950; = anticlinal de Kleingurmels, CRAUSAZ 1959; = Biberen-Antiklinale, JORDI 1990) ne correspond pas à la Niederried-Antiklinale de KOPP (1936), qui reliait les structures observées près de Niederried (feuille N° 76 Lyss de l'atlas géologique de la Suisse 1:25 000) à celles connues près de Sassel au sud-ouest de Payerne (anticlinal de Cheiry, WEIDMANN 1996; Cheiry-Antiklinale, JORDI 1990) par un axe hypothétique désigné plus tard (KOPP 1946) par Broye-Antiklinale. Quant au synclinal de Laupen, il correspond à la Friesberg-Synklinale de KOPP.

Les axes de l'*anticlinal d'Alterswil* et de son prolongement nord, l'*anticlinal de Wohlen*, dessinent au bord est de la carte un dispositif en arc ouvert à convexité tournée vers l'W. Leurs tracés sont cependant assez incertains, car la région de la «demi-fenêtre» aquitanienne de Bösinggen-Schmitten-Tavel qu'ils déterminent est largement voilée par des dépôts quaternaires. La structure qui apparaît avec le plus de netteté est l'*anticlinal d'Alterswil* au passage de la colline de Brunnenbergrain, qui a conservé paradoxalement sa couverture de molasse marine gréseuse, dont les bancs soulignent bien l'allure en voûte surbaissée. De là, l'axe plonge au N dans la dépression de Ried, située d'une part au droit du *synclinal d'Albligen* (de direction E-W; feuille N° 26 Schwarzenburg), d'autre part dans le prolongement SE d'une ligne passant par la dépression de Cressier (synclinal de Fribourg) et la terminaison méridionale des plis de Niederried et de Laupen. Dès Berg, l'axe remonte au NNE (forage de Fendingen¹) pour former l'*anticlinal de Wohlen*, dont le flanc W se complique de quelques ondulations probablement induites par des accidents décrochants (Fendingen-Anticlinorium de JORDI 1990).

En ce qui concerne la *déformation cassante* observable en surface, mises à part de modestes fractures et fissures sans signification précise relevées en divers points, les seules failles dignes de ce nom rencontrées sur la feuille Fribourg sont celles dégagées dans le talus amont du parking du centre commercial d'Avry-sur-Matran. Il s'agit d'une famille de 2 ou 3 plans subverticaux de direction N10° E et N10° W, et plans secondaires conjugués N120°, portant des stries subhorizontales. Ces failles sont les mêmes que celles recoupées 500 m plus au sud (feuille Rossens) par la tranchée de la voie CFF, où elles ont été décrites par SIEBER (1959). Elles se situent approximativement au droit d'un accident profond repéré en profil sismique (? cours de la Sonnaz entre Chésopelloz et Autafond).

MATIÈRES PREMIÈRES EXPLOITABLES

Grès molassique

Les grès utilisés sont ceux des Couches de la Singine. Les carrières exploitant la molasse sont rares actuellement, elles ne font généralement l'objet que d'exploitation occasionnelle. Autrefois cependant, les lieux d'extraction étaient fort nombreux, quoique d'importance très variable. On peut citer notamment l'importante carrière de Beauregard (577.66/183.50), déjà mentionnée par MUSY (1884), ainsi que les carrières du Bois de Combes (571.92/185.66), Bois de Châtel (570.60/191.10); MUSY (1884) note également celles du Gotteron, de Granges-Paccot (Grandfey) exploitée pour la construction du chemin de fer et du viaduc, de La Corbaz, et de nombreuses anciennes carrières de moindre importance. Il est intéressant de noter la mention de trois carrières de grès coquillier: celle du Bois de Combes d'une part, livrant aujourd'hui un remarquable exemple de ce type de sédimentation par ailleurs unique sur le territoire étudié; d'autre part celles de Bois de Châtel et Nierlet-les-Bois (570.76/184.72 - cette dernière dès l'origine probablement peu importante), dont l'exploitation intensive n'a plus laissé subsister traces de ce matériel à l'exception de leur mention dans la littérature! La carrière de Bois de Châtel aurait été déjà exploitée au temps des Romains (GILLIÉRON 1885, ROTHEY 1917). Les ouvrages de MUSY (1884) et de DE GIRARD (1896) énumèrent les principales exploitations observées à leur époque.

Les grès ont été utilisés comme pierre de construction, remplaçant peu à peu le bois, ainsi que comme pierres réfractaires pour fours et fourneaux, ou comme pierres à meules.

Marnes et argiles

Actuellement, les marnes de la Molasse grise de Lausanne sont exploitées à Wallenried. DE GIRARD (1896) mentionne l'exploitation du Maggenberg (au sud de Tavel, dans la vallée du Gotteron) et celle de Tavel.

Les argiles morainiques ont été anciennement exploitées au Stöckholz (581.80/191.80).

Graviers et sables

Ces dépôts ont été autrefois l'objet de nombreuses petites exploitations et sont toujours très recherchés. La Direction des travaux publics du Canton de Fribourg a publié en 1991 les résultats d'une étude intitulée «Plan sectoriel des aires de matériaux exploitables - grands gisements», sur les domaines prévisibles d'exploitation de sablières ou gravières pour les prochaines années. Ce même office avait dressé en 1989 l'inventaire des exploitations de matériaux (débutant en 1975),

établissant la liste des sablières et gravières en exploitation ou à restituer. On peut mentionner quelques gravières, importantes quant au volume de matériel exploitable ou intéressantes par les structures sédimentaires que présentent ces dépôts:

- exploitation dans les dépôts inframorainiques: Pensier, plateau de Fribourg (Champ des Alouettes, Fin de Morat), Grandfeymatta, Wittenbach, Galmis (base de l'exploitation),
- exploitation dans les dépôts de moraine würmienne graveleuse: Galmis (partie supérieure de la gravière), Richterwil, Corsalettes, Courtion, Moulin Neuf,
- exploitation dans les dépôts tardi- à postglaciaires: intense exploitation à l'ouest de Guin (Wittenbach-Chiemi-Zehnthölzli), à St. Ursen, à Wolgiswil.

Combustibles minéraux

La recherche de combustibles, causée par l'essor économique au siècle dernier, a motivé diverses études particulières: la tourbe, déjà utilisée comme combustible, fut exploitée dans les tourbières et des niveaux de lignite furent intensivement recherchés dans le canton de Fribourg.

Tourbe

DE GIRARD (1896) qualifie la tourbe du lac de Seedorf comme étant de bonne qualité. Elle fut exploitée essentiellement au siècle dernier. A Garmiswil, plusieurs bassins fermés ont été exploités à l'aide de puits perdus (DE GIRARD, 1896): une production annuelle de 4000-5000 m³ était estimée à l'époque.

Lignite

Dans le ravin du Gotteron, DE GIRARD (1896) signale quelques filets de lignite atteignant au maximum l'«épaisseur du bras».

Pétrole

Deux forages destinés à l'exploration pétrolière ont été implantés sur notre territoire, sur la base des études préliminaires de la PEK et de plusieurs campagnes sismiques des années 1950 à 1980: ni l'un ni l'autre de ces forages n'a révélé d'indices d'hydrocarbures intéressants.

Le premier, Courtion 1, coordonnées 572.41/189.42, a été foré à partir du 16 juin 1960 par la compagnie BP, dans l'espoir de cerner de plus près le biseau de l'UMM sous le Plateau et de découvrir des traces d'hydrocarbures dans l'Oligocène ou le Mésozoïque. N'ayant pu atteindre le Buntsandstein, le forage est arrêté dans le Muschelkalk, le 22 novembre 1960, à une profondeur de 3083,80 m.

Grâce à une excellente collaboration entre BP et diverses Universités (Fribourg et Bâle notamment), les données de ce forage sont relativement bien connues. La description du Mésozoïque en a été publiée par FISCHER & LUTERBA-

CHER (1963) et les associations de minéraux lourds du Tertiaire par MAURER (1983 a). Il est à relever que divers échantillons paléontologiques ont été étudiés dans l'USM, notamment les charophytes. Malheureusement, la liste des espèces mises à jour (déterminées à l'époque par J. Klaus, Fribourg) ne permet pas une interprétation de ces microflores sans un réexamen des spécimens: ceux-ci ayant malheureusement disparu, il n'est donc plus possible de contrôler les implications stratigraphiques tirées de ces espèces. Or ces implications sont importantes: c'est en effet sur la base de l'apparition de *Tectochara tornata* qu'a été placée la limite Chattien-Aquitaniens (à 780 m de profondeur, selon le rapport interne de PERRY 1960). Cependant, des traces de gypse ont déjà été découvertes à 630 m de profondeur, ce qui suggère que l'on est en présence des Grès et Marnes Gris à Gypse du «Chattien supérieur». La limite «Chattien-Aquitaniens» proposée par MAURER (1983 a) à environ 600 m, sur la base des minéraux lourds, paraît donc plus vraisemblable.

En ce qui concerne le forage de Fendringen1, lui aussi exécuté par la BP en automne 1982 (coord. 585.16/192.46; prof. 1970 m), les renseignements sont considérablement plus maigres: seuls les minéraux lourds du Tertiaire ont été publiés par MAURER (1983 b).

En l'absence d'autres données, les seules possibilités de corrélations des formations molassiques entre les différents forages sont celles proposées par MAURER dans diverses publications, basées sur les associations de minéraux lourds (MAURER 1983 a, b, MAURER, et al. 1978, MAURER & NABHOLZ 1980). Nous en donnons une synthèse concernant les principaux forages situés sur et autour de la feuille Fribourg (fig. 2).

En utilisant les corrélations proposées par MAURER & NABHOLZ (1980) entre lithostratigraphie et zonation de minéraux lourds, et en les intégrant aux données fournies par le forage de Courtion1, nous pouvons estimer les épaisseurs des différentes unités du Tertiaire de la feuille Fribourg (tabl. 2).

Tableau 2: *Interprétation des épaisseurs des différentes unités du Tertiaire de la feuille Fribourg d'après les forages de Courtion1 et de Fendringen1 (GMGG=Grès et Marnes Gris à Gypse).*

	Courtion1	Fendringen1
OMM	absente	absente
USM type «Molasse grise de Lausanne»	600 m + x	910 m + x
USM type «GMGG plus Calc. et Dolomies»	250 m	280 m
USM type «Untere bunte Mergel s. l.» (incl. les Marnes Rouges)	480 m	560 m
UMM	absente	absente (1-2 m ?)
Soubassement (avec profondeur du toit)	Hauterivien (1330 m)	«Mésozoïque» (1781 m)

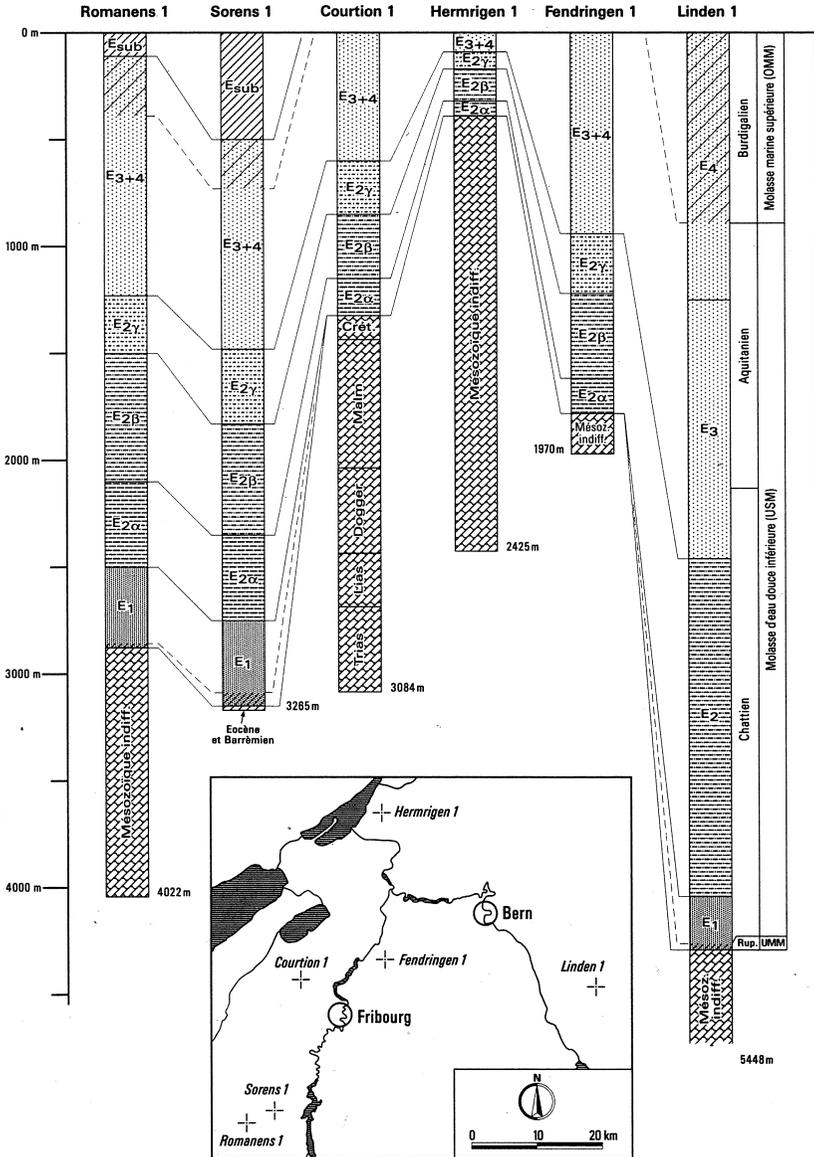


Fig. 2: Compilation des associations de minéraux lourds (E) dans les principaux forages situés dans et autour de la feuille Fribourg (selon des publications de MAURER).

Blocs erratiques

Les nombreux blocs ont été intensément exploités comme pierre à bâtir, comme soubassement des constructions, comme pierres à meule, ou comme pierre à chaux.

Orpillage

Quelques paillettes d'or, qui pourraient provenir de la Molasse grise de Lausanne, ont été découvertes par MÄDER (1983) dans plusieurs affluents du Chandon. MÄDER mentionne qu'une exploitation rentable n'est toutefois pas envisageable.

GÉOPHYSIQUE

Gravimétrie

Les anomalies gravimétriques résiduelles du territoire étudié permettent d'observer, à partir de l'Atlas gravimétrique du plateau suisse, partie ouest (OLIVIER 1983), deux anomalies négatives dont l'axe présente une direction N-S ou sensiblement N10°, séparées par deux anomalies positives: ces anomalies semblent correspondre aux structures profondes (synclitorium de Fribourg: anomalie négative; anticlinoria de Corserey-Courtion et d'Alterswil: anomalies positives). D'autres anomalies, selon KLINGELÉ (1972), reproduisent la dépression de la plaine de la Basse-Broye avec une surépaisseur de terrain quaternaire léger. Cet auteur fait mention d'un accident, qu'il nomme «décrochement Morat-Fribourg», qui pourrait constituer la limite est d'un vaste compartiment effondré ou soulevé.

Séismicité

Le territoire correspondant à la feuille Fribourg fait partie de la zone II (région 3), attribuée à un domaine de séismicité relativement forte au sens de PAVONI (1977), par rapport aux domaines adjacents. Dans cette zone, le soubassement paraît intensément déformé, et semble avoir subi une élévation (PAVONI 1977). Les intensités sismiques enregistrées pendant une période de 12 siècles atteignent le degré VII et localement VIII sur l'échelle MSK (dont le maximum est XII).

On peut signaler trois tremblements de terre récents dans la région de Marly (à la marge sud de la feuille). Un premier de magnitude 4 sur l'échelle de Richter, ressenti dans notre région le 20 septembre 1987, et dont l'épicentre est situé à une profondeur de 7 km. Deux autres tremblements de terre, tous deux d'une intensité de 3,5 sur l'échelle de Richter, se sont produits le 17 septembre et le 7 octobre 1995; leurs épicentres étaient situés à 15 km de profondeur.

HYDROGÉOLOGIE

Sources et captages

Plus de 1400 sources ou captages ont été recensés sur les 210 km² de la feuille Fribourg. Dans de nombreux cas, il s'agit d'anciens puits ou sources abandonnés. Les éléments ont été reportés en fonction de l'inventaire au 1:10 000 effectué par l'Office de la Protection de l'Environnement du Canton de Fribourg. Dans l'ensemble, les débits relevés sont inférieurs à 50 l/min; quelques captages enregistrent des valeurs de l'ordre de 200 l/min, exceptionnellement 5000 l/min (Belfaux, Noréaz). Les sources proviennent soit de l'interface molasse/couverture quaternaire, soit de l'une ou l'autre de ces formations. En liaison avec les récentes lois sur la protection des eaux (LPEP de 1971, LAPE de 1971, OPEL de 1981), une carte des zones de protection des eaux a été publiée en 1986 (feuille 1185 Fribourg). De même, une carte des duretés de l'eau pour l'ensemble des communes du canton de Fribourg a été éditée en 1978, dans un but préventif (dosage approprié d'adoucisseurs et lessives selon la dureté de l'eau): seules deux communes (Fribourg, Corminbœuf) possèdent une eau mi-dure (16-25°); les autres communes possèdent soit une eau assez dure (26-32°) ou dure (>32°). L'ensemble des terrains quaternaires de la Basse-Broye est aquifère et constitue une vaste nappe, localement semi-captive (PARRIAUX 1981).

A la fin du siècle dernier, la ville de Fribourg était alimentée essentiellement par les eaux de la Sarine (CRAUSAZ 1888) et par différentes sources captées lors de la construction de l'usine hydraulique, puis amenées en galerie et filtrées. L'eau était amenée au Guintzet depuis le niveau de la Sarine (barrage de la Maigrage), par un système de trois pompes permettant l'élévation de l'eau de 150 m; le réservoir du Guintzet alimentait la ville en eau par canalisation. En outre, FRAISSE (1888) mentionne l'existence de la source de Beauregard (110-120 l/min), captée dans la molasse, alimentant quelques fontaines de la ville (Grand-Places, rue St-Pierre, rue des Alpes, Hôtel-de-Ville); à la suite de la pollution de ces eaux, des travaux importants furent entrepris pour l'assainissement, par la réfection et la prolongation de l'ancien tunnel, dont la longueur totale atteindra 279 m, et élèvera le débit à 200 l/min. Jusqu'en 1959, la Ville était en outre alimentée par les pompes de la Pisciculture (situés anciennement sous le pont de Pérolles), abandonnés en raison de la mauvaise qualité de ces eaux. Aujourd'hui, Fribourg est essentiellement alimentée par les eaux des sources de la Tuffière (en moyenne 12000 l/min), celles de la Hofmatt d'Alterswil (8000 l/min), et par adduction directe des eaux de la Sarine (15000 l/min en faveur d'un consortium groupant plusieurs communes).

Sources minérales

KUENLIN (1932) et GILLIÉRON (1885) mentionnent l'existence de deux sources minérales (eaux sulfureuses): Garmiswil et Bad Bonn près de Guin, où existait un ancien établissement de bains, aujourd'hui noyé sous les eaux du lac de Schiffenen. KOPP (1936), qui en cite une troisième (Schönberg près du pont de Zaehringen), attribue à ces venues d'eau minéralisées «une origine tectonique».

Barrages

Deux barrages ont été construits sur la Sarine dans le périmètre concerné: le barrage de la Maigrauge et celui de Schiffenen. Les travaux du premier ont duré de 1870 à 1872 et le parachèvement date de 1877 (CRAUSAZ 1888, RITTER 1903); sa fonction première fut l'alimentation en eau de la ville de Fribourg, puis des travaux supplémentaires permirent de fournir la ville en électricité dès 1885-87. Il a été surélevé en 1910 de 2,5 m (dimensions: hauteur 16 m; longueur du couronnement 120 m; vol. du lac 0,4 mio m³; les eaux sont actuellement turbinées à l'usine de l'Oelberg). Le barrage de Schiffenen a été achevé en 1964 (dimensions: hauteur 47 m; longueur du couronnement 417 m; vol. du lac 66 mio m³, vol. utile 35 mio m³).

BIBLIOGRAPHIE

- AEBERHARDT, B. (1908): Note préliminaire sur les terrasses d'alluvions de la Suisse occidentale. - *Eclogae geol. Helv.* 10/1, 15-28.
- ALLEN, P. A. & HOMEWOOD, P. (1984): Evolution and mechanics of a Miocene tidal sandwave. - *Sedimentology* 31, 63-81.
- ALLEN, P. A., MANGE-RAJETZKY, M., MATTER, A. & HOMEWOOD, P. (1985): Dynamic palaeogeography of the open Burdigalian seaway, Swiss Molasse basin. - *Eclogae geol. Helv.* 78/2, 351-381.
- AMMANN, B. (1989): Late-Quaternary Palynology at Lobsigensee. Regional Vegetation History and Local Lake Development. - *Diss. Bot.* 137.
- AMMANN, B., GAILLARD, M.-J. & LOTTER, A. F. (1995): Switzerland. In: BERGLUND, B. E., BIRKS, H. J. B., RALSKA-JASIEWICZOWA, M. & WRIGHT, H. E. (Eds.): Palaeoecological Events during the last 15'000 years: Regional syntheses of palaeoecological studies of lakes and mires in Europe (p. 647-666). - John Wiley & Sons, Chichester.
- BALMELLI, E. (1959): L'evoluzione dei meandri della Sarine fra il diga di Rossens e il ponte CFF di Grandfey. - Thèse Univ. Fribourg.
- BÄRTSCHI, E. (1913): Das westschweizerische Mittelland. - *N. Denkschr. schweiz. natf. Ges.* 47/2.
- BECKER, D. (1996): Géologie de la région de Cornaux (Jura/NE) et des marnières de Cornaux et Wallenried (USM). - *Dipl. Univ. Fribourg* (inééd.).
- BECKER, F. (1972): Géologie de la région du lac de Morat entre la Vallée de la Sarine et le lac de Neuchâtel. - Thèse Univ. Fribourg (API, Fribourg).
- (1973): Feuille 1165 Murten. - *Atlas géol. Suisse* 1:25 000, Notice expl. 63.
- BEHMER, C. A. K. (1912): Die erratischen Blöcke in der Freiburger Ebene. - *Diss. Univ. Freiburg.*
- BERGER, J.-P. (1983): Charophytes de l'«Aquitaniens» de Suisse occidentale. Essai de taxonomie et biostratigraphie. - *Geobios* 16/1, 5-37.
- (1985): La transgression de la Molasse marine supérieure (OMM) en Suisse occidentale. - *Münchener geowiss. Abh. (A)* 5, 1-208.
- (1986): Biozonation préliminaire des charophytes oligocènes de Suisse occidentale. - *Eclogae geol. Helv.* 79/3, 897-912.
- (1992): Correlative chart of the European Oligocene and Miocene: application to the Swiss Molasse Basin. - *Eclogae geol. Helv.* 85/3, 573-609.
- BERSIER, A. (1938): Recherches sur la géologie et la stratigraphie du Jorat. - *Bull. géol. Univ. Lausanne* 63, 1-128.
- (1953): Feuille 1223 Echallens. - *Atlas géol. Suisse* 1:25 000, Notice expl. 27.
- BLUMER, E. M. (1976): Geologie und Hydrogeologie des Senseales zwischen Thörishaus und Laupen. - *Diss. Univ. Bern.*
- BOEGLI, J. C. (1972): Géologie de la région au SE de Romont. - Thèse Univ. Fribourg.
- BÖGLI, H. (1989): Aventicum. La ville romaine et le musée. - *Guides archéol. de la Suisse* 19.
- BOLLIN, R. (1995): Blocs erratiques du Canton de Fribourg - Findlinge des Kantons Freiburg. Recensement. - *Mus. Hist. nat. Fribourg.*
- (1997): Blocs erratiques. Dossier pédagogique pour les écoles primaires et secondaires à l'occasion de l'exposition temporaire du 25.10.1997 au 11.1.1998. - *Mus. Hist. nat. Fribourg.*
- BRIEL, A. (1962): Géologie de la région de Lucens (Broye). - *Eclogae geol. Helv.* 55/1, 189-274.
- BÜCHI, O. (1926a): Interglaciaire Senseläufe. - *Eclogae geol. Helv.* 20/2, 226-229.
- (1926b): Das Flussnetz der Saane und ihrer Nebenflüsse während den Interglacialzeiten (ausgenommen die Sense). - *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 28, 128-148.

- (1935): Geologische Resultate der Wasserbohrung von der Hofmatt bei Alterswil (Kt. Freiburg). – *Eclogae geol. Helv.* 28/2, 536–539.
 - (1937): Die neue Trinkwasserversorgung der Stadt Freiburg. Geologie und Hydrologie der Hofmattquellen (Alterswil). – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 33, 46–58.
 - (1946): Beiträge zur Entwicklung des Flussnetzes zwischen Nesslera-Ärgera und Galternbach. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 37, 109–123.
- CARBONNEL, G., WEIDMANN, M. & BERGER, J.-P. (1985): Les ostracodes lacustres et saumâtres de la molasse de Suisse occidentale. – *Rev. Paléobiol.* 4/2, 215–251.
- CRAUSAZ, C. U. (1959): Géologie de la région de Fribourg. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 48, 1–119.
- CRAUSAZ, S. (1888): Note sur les installations hydrauliques de la Société des eaux et forêts à Fribourg. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 4, 30–44.
- Direction des travaux publics du Canton de Fribourg (1989): Carte et liste d'inventaire des exploitations de matériaux. – Direction des travaux publics du Canton de Fribourg.
- (1991): Plan sectoriel des aires de matériaux exploitables. Grands gisements. – Direction des travaux publics du Canton de Fribourg.
- DORTHE, J. P. (1962): Géologie de la région Sud-Ouest de Fribourg. – *Eclogae geol. Helv.* 55/2, 327–406.
- EMMENEGGER, C. (1962): Géologie de la région Sud de Fribourg. Molasse du Plateau et Molasse subalpine. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 57, 3–166.
- ENGESSER, B. (1990): Die Eomyidae (Rodentia, Mammalia) der Molasse der Schweiz und Savoyens. Systematik und Biostratigraphie. – *Mém. suisses Paléont.* 112.
- FAVRE, M. A. (1878): Une défense d'éléphant trouvée dans le bois de la Bâtie, près de Genève et sur les éléphants fossiles recueillis en Suisse. – *Arch. Sci. phys. nat. (Genève)* 64/250, 1–10.
- FIRBAS, F. (1949): Waldgeschichte Mitteleuropas I und II. – Fischer, Jena.
- (1954): Die Synchronisierung der mitteleuropäischen Pollendiagramme. – *Danm. geol. Unders.* 2/80, 12–21.
- FISCHER, H. & LUTERBACHER, H. P. (1963): Das Mesozoikum der Bohrungen Courtion I und Altishofen I. – *Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.]* 115.
- FRAISSE, A. (1888): Captation des eaux de la carrière de Beauregard près Fribourg. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 49, 45–57.
- FRASSON, B. A. (1947): Geologie der Umgebung von Schwarzenburg. – *Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.]* 88.
- FRÜH, J. (1904): Die Moorkarte der Schweiz. In: FRÜH, J. & SCHRÖTER, C.: Die Moore der Schweiz. – *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 3.
- GERBER, M. E. (1982): Geologie des Berner Sandsteins. – *Diss. Univ. Bern.*
- GERBER, P. (1927): Morphologische Untersuchungen am Alpenrand zwischen Aare und Saane. – *Mém. Soc. fribourg. Sci. nat.* 10/2 (Géol. et Géogr.), 125–151.
- GILLIÉRON, V. (1885): Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne compris dans la feuille XII entre le lac de Neuchâtel et la crête du Niesen. – *Matér. Carte géol. Suisse* 18.
- GIRARD, R. DE (1896): Notice géologique et technique sur les produits minéraux bruts du Canton de Fribourg. – Rey & Malavallon, Genève.
- (1901): Tableau des terrains de la région fribourgeoise (3^e édition). – *Mém. Soc. fribourg. Sci. nat. (Géol. et Géogr.)* 2/2.
- GIRARDIN, P. (1907): Le modelé du Plateau suisse à travers les quatre glaciations. – *Rev. Géogr. annu.* 1, 339–371.
- (1918): L'éboulement du Breitfeld, le 31 mai 1917, dit éboulement du barrage de Pérolles. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 24, 76–84.

- (1927): Le paysage du plateau fribourgeois. – Mém. Soc. fribourg. Sci. nat. (Géol. et Géogr.) 9/2, 107–130.
- (1945): Le site géographique de Fribourg. – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 37, 210–235.
- HABICHT, J. K. A. (1987): Lexique stratigraphique international, Vol. I: Europe, Fasc. 7 Suisse, 7b Plateau suisse (Molasse). – Comm. géol. suisse et Serv. hydrol. et géol. natl.
- HEIM, ARN. & HARTMANN, A. (1919): Untersuchungen über die petroführende Molasse der Schweiz. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 6.
- HOMEWOOD, P. (1981): Faciès et environnements de dépôt de la Molasse de Fribourg. – Eclogae geol. Helv. 74/1, 29–36.
- HOMEWOOD, P. & ALLEN, P. (1981): Wave-, tide-, and current-controlled sandbodies of Miocene Molasse, Western Switzerland. – Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol. 65/12, 2534–2545.
- HOMEWOOD, P., ALLEN, P., WEIDMANN, M., FASEL, J.-M. & LATELTIN, O. (1985): The Swiss Molasse Basin. In: ALLEN, P., HOMEWOOD, P. & WILLIAMS, W. (Ed.): Foreland Basins: Excursion guidebook (p. 5–39). – Int. Symp. on Foreland Basins, Fribourg, 2.–4.9.1985.
- HOMEWOOD, P., KELLER, B., SCHOEPFER, 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.
- INGLIN, H. (1960): Molasse et Quaternaire de la région de Romont. – Thèse Univ. Fribourg.
- JORDI, H. A. (1955): Geologie der Umgebung von Yverdon. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 99.
- (1990): Tektonisch-strukturelle Übersicht. Westschweizerisches Molassebecken. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 56/130, 1–11.
- (1995): Feuille 1203 Yverdon-les-Bains. – Atlas géol. Suisse 1:25 000, Notice expl. 94.
- KAENEL, G. & VON KAENEL, H.-M. (1983): Le Bois de Châtel près d'Avenches à la lumière de trouvailles récentes. – Archéol. suisse 6.
- KLINGELÉ, E. (1972): Contribution à l'étude gravimétrique de la Suisse romande et des régions avoisinantes. – Matér. Geol. Suisse, Géophys. 15.
- KOPP, J. (1936): Petrogeologische Untersuchungen in der Berner und Freiburger Molasse zwischen Aare und Broye. – Unveröffentl. Ber. Petroleum-Expertenkommission für Erdölforschung (PEK).
- (1946): Zur Tektonik der westschweizerischen Molasse. – Eclogae geol. Helv. 39/2, 269–274.
- KRAYSS, E. (1989): Modelle zu hochwürmzeitlichen Rückzugsphasen des Rhone/Aare-Gletschers. – Ref. 4. Treffen S-Quat, Bern, 28.1.1989.
- KUENLIN, F. (1832): Dictionnaire géographique, statistique et historique du canton de Fribourg. – Eggendorfer, Fribourg (réimpression Slatkine, Genève, 1987).
- LARDY, G. (1822): Note sur les Grès molasse, faisant suite à la notice sur le végétal fossile trouvé à Mon-Repos. – Bibl. universelle (Genève) 19, 181–184.
- LEJAY, A. (1991a): La Molasse de Fribourg: sédimentologie et stratigraphie haute résolution des dépôts de marées. – Guide d'excursion pour Swiss Sed (non publ.).
- (1991b): Stratigraphie haute-résolution des dépôts de marées du bassin molassique suisse. – Thèse Univ. Strasbourg.
- LERICHE, M. (1927): Les Poissons de la Molasse suisse. – Mém. Soc. Paléont. suisse 47.
- MÄDER, F. (1983): Goldspuren in den Sanden einiger Bäche des Einzugsgebietes der Broye (Kt. Freiburg). – Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 72, 56–74.
- MAURER, H. (1983a): Sedimentpetrographische Analyse an Molasse-Abfolgen der Westschweiz. – Jb. geol. Bundesanst. (Wien) 126/1, 23–69.
- (1983b): Sedimentpetrographische Ergebnisse der Bohrung Fendingen I. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 49/117, 61–69.

- MAURER, H., FUNK, H. P. & NABHOLZ, W. K. (1978): Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molasse-Abfolgen der Bohrung Linden 1 und ihre Umgebung. – *Eclogae geol. Helv.* 71/3, 497–516.
- MAURER, H. & NABHOLZ, W. K. (1980): Sedimentpetrographie in der Molasse-Abfolge der Bohrung Romanens 1 und in der benachbarten subalpinen Molasse. – *Eclogae geol. Helv.* 73/1, 205–223.
- MEER, M. VAN DER (1976): Cartographie des sols de la région de Morat (Moyen-Pays suisse). – *Bull. Soc. neuchâtel. Géogr.* 55/5, 5–52.
- (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.
- MEIA, J. & BECKER, F. (1976): Feuille 1164 Neuchâtel. – *Atlas géologique suisse 1:25 000*, Notice expl. 67.
- MICHEL, G. (1909): Contribution à l'étude des cours d'eau du Plateau fribourgeois. Gêrine, Gotteron, Taferna. – *Bull. Soc. neuchâtel. Géographie* (1909), 88–97.
- (1910): Les «coudes de capture» du pays fribourgeois. Contribution à l'étude des cours d'eau du plateau suisse. In: *Etudes de géographie physique sur le canton de Fribourg* (p. 1–84). – *Mém. Soc. fribourg. Sci. nat.* 7/3.
- MOLLET, H. (1926): Ein alter Senselauf. – *Eclogae geol. Helv.* 20/2, 190–191.
- MONBARON, M. & INDERMÜHLE, P. F. (1987): Fribourg et son site morphologique: entre terrasses et falaises. – *Cah. Inst. Géogr. Fribourg* 5, 49–57.
- MORNOD, L. (1949): Géologie de la région de Bulle (Basse-Gruyère). Molasse et bord alpin. – *Matér. Carte géol. Suisse [NS]* 91.
- MUSY, M. (1884): Notice géologique et technique sur les carrières du canton de Fribourg. – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 3–4, 21–47.
- (1903): La carrière de Cormanon (grès coquillier). – *Bull. Soc. fribourg. Sci. nat.* 11, 20–21.
- NECKER, M. L. A. (1841): *Etudes géologiques dans les Alpes*. – Pitois, Paris.
- OLIVIER, R. (1983): *Atlas gravimétrique du Plateau Suisse, partie ouest, au 1:100 000*. – *Bull. Inst. Géophys. appl. Univ. Lausanne* 5.
- PARRIAUX, A. (1978): Quelques aspects de l'érosion et des dépôts quaternaires du bassin de la Broye. – *Eclogae geol. Helv.* 71/1, 207–217.
- (1981): Contribution à l'étude des ressources en eau du bassin de la Broye. – *Thèse EPF-Lausanne*.
- PAVONI, N. (1977): Erdbeben im Gebiet der Schweiz. – *Eclogae geol. Helv.* 70/2, 351–370.
- PERRY, J. T. O'B. (1960): Geological completion report for Courtion 1. – *Rapport interne BP, London*, non publ.
- PLANCHEREL, R. (1979): Aspects de la déformation en grand dans les Préalpes médianes plastiques entre Rhône et Aar. Implications cinématiques et dynamiques. – *Eclogae geol. Helv.* 72/1, 145–214.
- (1983): Projet de remise en état du sentier du Gotteron. *Avis géologique*. – *Rapport inédit UFT, Fribourg*.
- PUGIN, A. (1989): Analyse sédimentologique des dépôts du glacier du Rhône sur le Plateau suisse. – *Thèse Univ. Genève*.
- RAMSEYER, D. (1985): Epoche de Hallstatt. In: SCHWAB, H. (Ed.): *Chronique archéologique 1983* (p. 21–29). – *Serv. archéol. cant. Fribourg (Éd. univ. Fribourg)*.
- RAMSEYER, R. (1952): Geologie des Wistenlacherberges (Mt. Vully) und der Umgebung von Murten. – *Eclogae geol. Helv.* 45/2, 165–219.

- RAZOUKOWSKY, G. DE (1789): Histoire naturelle du Jorat et de ses environs; et de celle des trois lacs de Neuchâtel, Morat et Bienne; 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 (tomes I+II). - Mourer, Lausanne.
- RICHOZ, I. (1998): Etude paléocécologique du lac de Seedorf (Fribourg, Suisse). Histoire de la végétation et du milieu durant l'Holocène: le rôle de l'homme et du climat. - Diss. Bot. 293.
- RICHOZ, I., GAILLARD, M.-J. & MAGNY, M. (1994): The influence of human activities and climate on the development of vegetation at Seedorf, southern Swiss Plateau during the Holocene: a case study. - Diss. Bot. 234, 423-445.
- RITTER, G. (1903): Observation et particularités techniques, géologiques et hydrologiques relatives à l'établissement du grand barrage de la Sarine à Fribourg. - Bull. Soc. neuchât. Sci. nat. 30.
- ROMAIN, L. J. (1910): Ravins et têtes de ravins. Opposition topographique et relation morphologique de ces deux modèles à leur point de contact. In: Etudes de géographie physique sur le canton de Fribourg (p. XV-XXXIV). - Mém. Soc. fribourg. Sci. nat. Géol. et Géogr. 7/2.
- ROTHEY, P. L. (1917): La plaine aventicienne. Etudes de géologie, de géographie physique et de géographie humaine. - Messeiller, Payerne.
- RUMEAU, J. L. (1954): Géologie de la région de Payerne. - Thèse Univ. Fribourg.
- RUTSCH, R. F. (1966): Tagungsprogramm und Bericht über die Exkursion I-III. - Proc. 3^d Sess. Comm. Mediterr. Neogene Stratigraphy (Bern, 1964), 1-8 (Brill, Leyden).
- (1967): Blatt SA 332-335 Neuenegg-Oberbalm-Schwarzenburg-Rüeggisberg. - Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Erläut. 26.
- SCHARDT, H. (1918): Sur les cours interglaciaires et préglaciaires de la Sarine dans le canton de Fribourg. - Eclogae geol. Helv. 15, 465-471.
- SCHMID, G. (1970): Geologie der Gegend von Guggisberg und der angrenzenden subalpinen Molasse. - Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 139.
- SCHOEPPER, P. (1989): Sédimentologie et stratigraphie de la Molasse Marine Supérieure entre le Gbloux et l'Aar. - Thèse Univ. Fribourg.
- SCHUPPLI, H. M. (1950): Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, III. Teil. - Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 26/3.
- SIEBER, R. (1959): Géologie de la région occidentale de Fribourg. - Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 48, 115-229.
- Société des Ingénieurs et Architectes Suisses (1901): XXXIX^e assemblée générale, Fribourg 1901, Album de fête. - Labastrou, Fribourg.
- TERCIER, J. (1928): Géologie de la Berra. - Matér. Carte géol. Suisse [NS] 60.
- + (1941): La molasse de la région de Fribourg. - Eclogae geol. Helv. 34/2, 185-187.
- TERCIER, J. & BIERI, P. (1961): Feuille 1206 Gurnigel. - Atlas géol. Suisse 1:25 000, Carte 36.
- TERCIER, J. & MORNOD, L. (1941): La molasse de la vallée du Gotteron près Fribourg: faciès et gisement de fossiles. - Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 36 (1943), 46-55.
- TROELS-SMITH, J. (1955): Characterization of unconsolidated sediments. - Danm. geol. Unders. 3/10.
- WEIDMANN, M. (1988): Feuille 1243 Lausanne. - Atlas géol. Suisse, Notice expl. 85.
- (1996): Feuille 1204 Romont. - Atlas géol. Suisse, Notice expl. 99.
- WEIDMANN, M. & MONBARON, M. (1993): Le mammouth de la Tuiffière et les autres mammouths fribourgeois. - Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 82, 51-63.
- ZIMMERMANN, P. (1935): Les anciens ravins de Fribourg et leur rôle dans le développement de la Cité. - Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 32, 96-114.

LISTE DES CARTES ¹⁾

Cartes topographiques

1164-1166	
1184-1186	Feuilles de la Carte nationale de la Suisse 1:25 000
1204-1206	
332-335	
348-351	Feuilles de l'Atlas Siegfried 1:25 000

Cartes géologiques

Carte géologique générale de la Suisse 1:200 000

File 1	Neuchâtel
File 2	Basel-Bern
File 5	Genève-Lausanne
File 6	Sion

Carte géologique de la Suisse 1:100 000

File VI	Besançon-Le Locle, 1870.
File VII	Porrentruy-Solothurn (2 ^e édition), 1904.
File XI	Pontarlier-Yverdon (2 ^e édition), 1893.
File XII	Freyburg-Bern, 1879.

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

N° 26	Schwarzenburg (CN 1186), 1953 (par R. F. RUTSCH et B. A. FRASSON).
N° 36	Guggisberg (CN 1206), 1961 (par J. TERCIER † et P. BIERI).
N° 63	Murten (CN 1165), 1972 (par F. BECKER et R. RAMSEYER).
N° 67	Neuchâtel (CN 1164), 1974 (par E. FREI, J. MEIA., F. BECKER, O. BÜCHI †, R. BUXTORF, K. RHYNIKER et H. SUTER).
N° 99	Romont (CN 1204), 1996 (par M. WEIDMANN).
N°100	Bern (CN 1166), en préparation.

Carte géologique spéciale

10	Geologische Excursionskarte der Umgebung von Bern 1:25 000, 1896 (par F. JENNY, A. BALTZER et E. KISSLING).
----	---

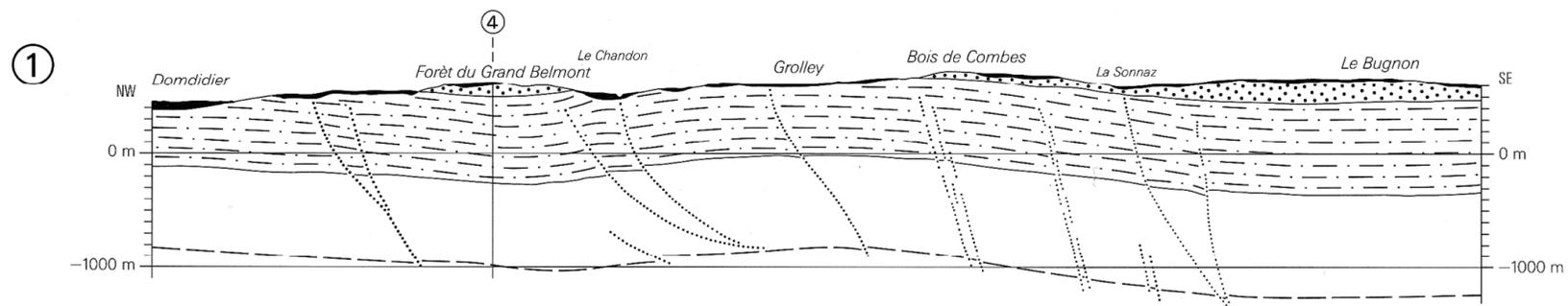
Carte géologique de la France 1:50 000

File XXXV-24	Morteau, 1968.
--------------	----------------

¹⁾ La carte d'assemblage s'y rapportant se trouve dans la légende de la feuille Fribourg, en haut à gauche.

Autres publications

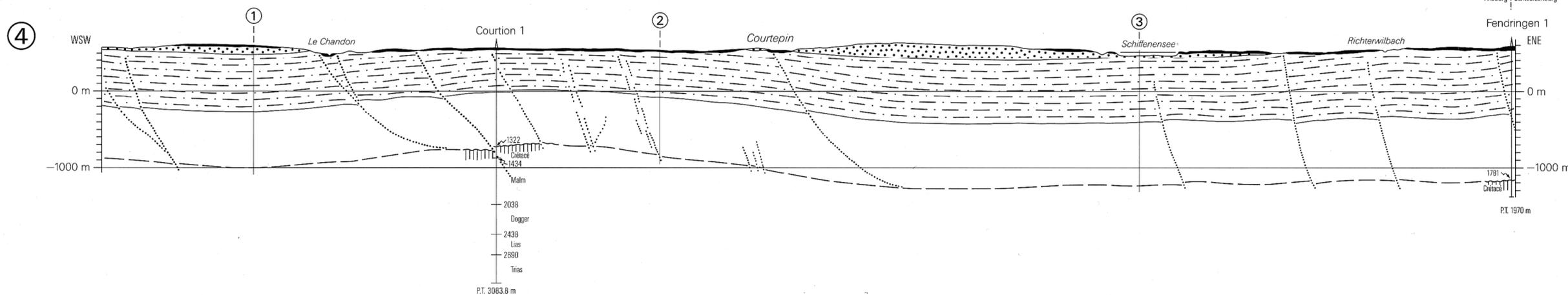
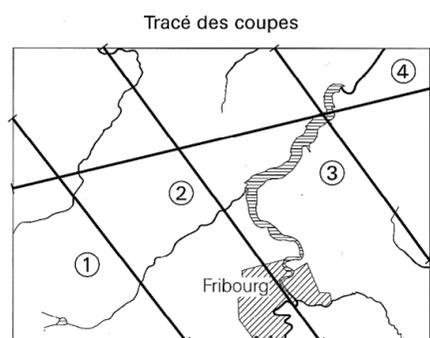
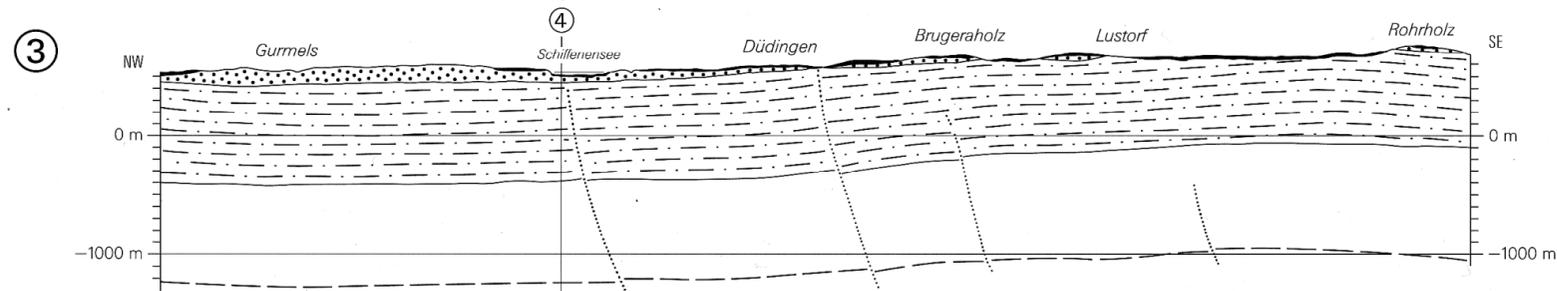
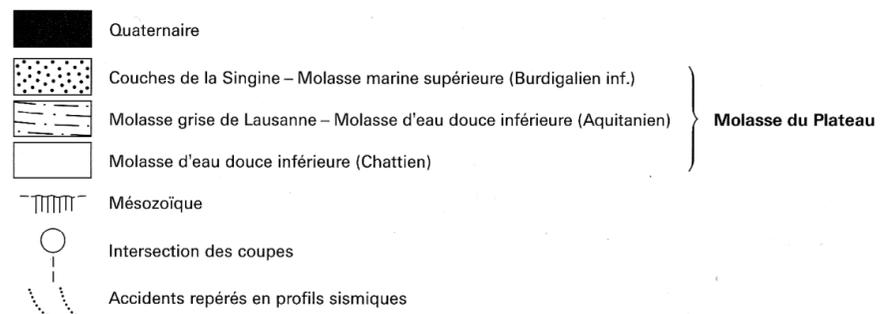
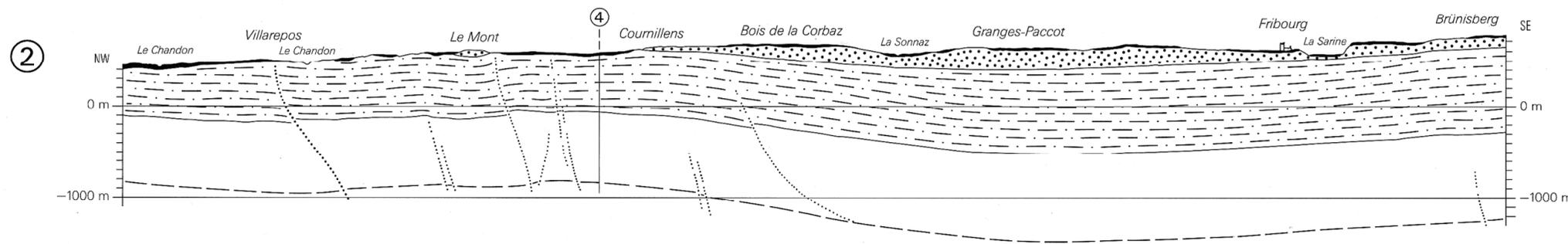
- G GERBER, E.: Geologische Karte von Bern und Umgebung, 1:25 000. - Kümmerly & Frey, Bern, 1927.
- K KIRALY, L., SIMÉONI, G.-P., KERRIEN, Y. & DREYFUSS, M. M.: Carte hydrogéologique du Canton de Neuchâtel, 1:50 000. Dans: KIRALY, L.: Notice explicative de la carte hydrogéologique du canton de Neuchâtel. - Bull. Soc. neuchât. Sci. nat., 96, Suppl., 1973.
- M MEIA, J.: Carte géologique de la région des Gorges de l'Areuse, 1:25 000. Dans: GREZET, J.-J.: Les Gorges de l'Areuse. - La Baconnière, Neuchâtel.
- N₁ NUSSBAUM, F.: Exkursionskarte der Umgebung von Bern, 1:75 000, 1. Aufl. - Kümmerly & Frey, Bern, 1922.
- N₂ NUSSBAUM, F.: Exkursionskarte der Umgebung von Bern, 1:75 000, 2. Aufl. - Kümmerly & Frey, Bern, 1936.
- P PARRIAUX, A.: Broye Hydrogéologie: Carte hydrogéologique, 1:25 000. Dans: Contribution à l'étude des ressources en eau du bassin de la Broye. - Thèse EPF-Lausanne, 1981.
- S SCHARDT, H.: Carte Hydrologique de la Région tributaire des Sources de l'Areuse, 1:100 000. Dans: Origine de la source de l'Areuse (la Doux). - Bull. Soc. neuchât. Sci. nat. 32, 118-128, 1905.
- SD SCHARDT, H. & DUBOIS, A.: Carte [géologique] des Gorges de l'Areuse, 1:50 000. Dans: Description géologique de la région des Gorges de l'Areuse (Jura neuchâtelois). - Eclogae geol. Helv. 7, 367-476, 1903.



Coupes géologiques à travers la région de la feuille Fribourg

par
Raymond Plancherel

Echelle 1: 50 000



Feuille Fribourg | Feuille Schwarzenburg

Fendingen 1

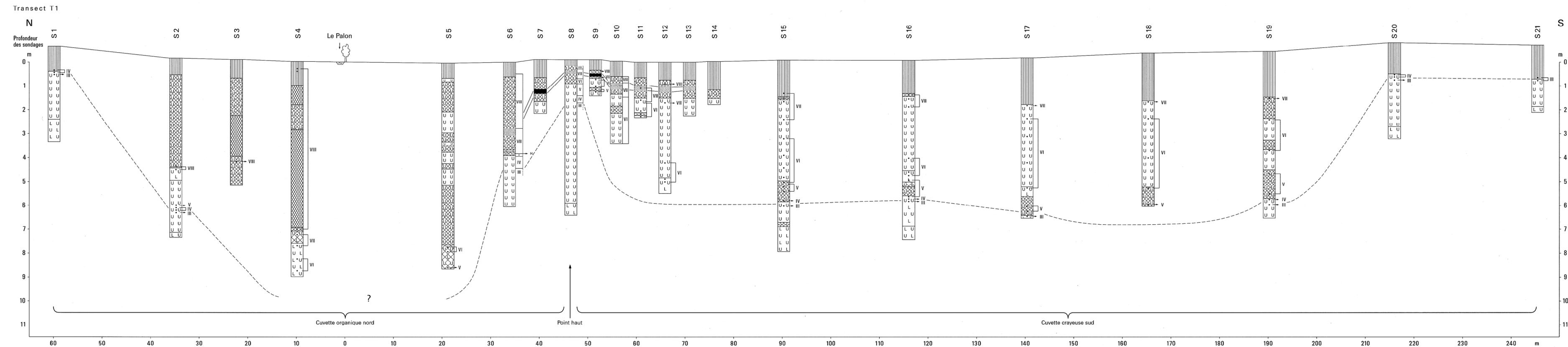
ENE

0 m

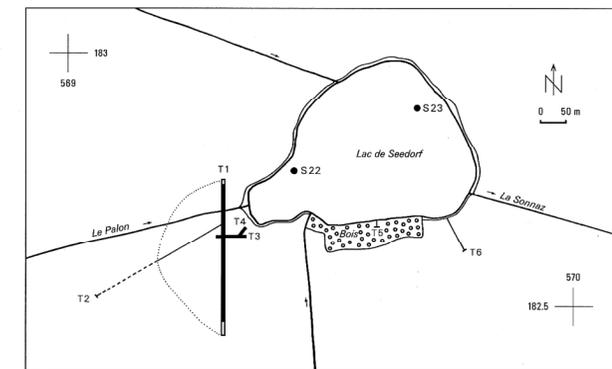
-1000 m

P.T. 1970 m

P.T. 3083.8 m



Situation des transects et des forages lacustres



----- Tardiglaciaire (T2)

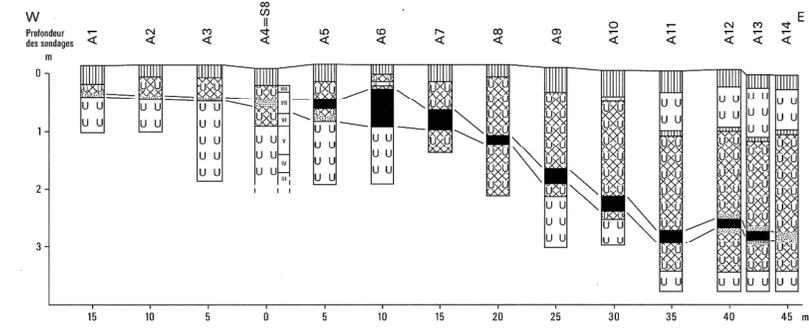
----- Préboréal

----- Subboréal

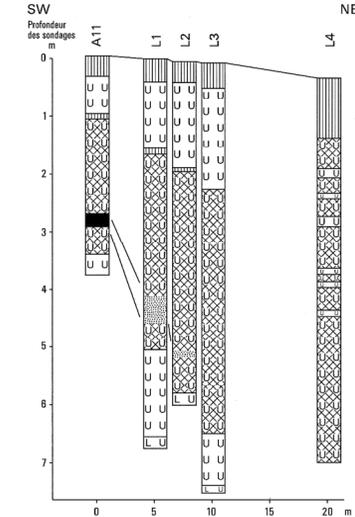
----- Extension ouest approximative du lac au début de l'Holocène (10'000 BP)

Atterrissement du lac à différentes périodes

Transect T3



Transect T4



Légende des profils de sondage

- Tourbe
- Gytija
- Gytija crayeuse
- Gytija crayeuse et argileuse
- Craie
- Craie argileuse
- Argile crayeuse
- Couche archéologique
- Couche archéologique diluée¹⁾
- H
- III - VIII Zones polliniques
- Datation palynologique

Les séquences stratigraphiques sont représentées par les symboles TROELS-SMITH (1955), excepté pour symboliser la couche archéologique.

¹⁾ Couche archéologique diluée: l'apport anthropique (essentiellement des charbons de bois) est dilué dans des dépôts lacustres naturels (ici de la gyttja crayeuse).

Dépôts lacustres du bassin de Seedorf

Sondages des transects T1, T3 et T4

dressés par
Isabelle Richoz